Umweltforschungsplan
des Bundesministeriums für Umwelt,
Naturschutz und Reaktorsicherheit

Förderkennzeichen 380 01 005

„Modellhaftes technologisches Konzept für die Verbesserung der Sicherheit bei der Chlorlagerung am Beispiel eines Moskauer Großwasserwerkes in Verbindung mit Maßnahmen zur Verbesserung des anlagenbezogenen Gewässerschutzes“

von
Dr. Klaus Ritter
Dr. Michael König

Euro Institute for Information and Technology Transfer
in Environmental Protection GmbH,
Hannover

Geschäftsführer
Dr. Klaus Ritter

Anteilfinanzierung durch das
UMWELTBUNDESAMT

November 2002

Mitglieder der Projektgruppe:

DI P. Schottlaender	TÜV Rheinland, Autor für den Sicherheitsbericht und den Leitfaden Sicherheitstechnik
Dr. B. Ju. Jagud	Chlorbesopasnost AG, für die russische Sicherheitsdeklaration
Dr. M. Schindler	Autor für den betrieblichen Alarm- und Gefahrenabwehrplan
Dr. Ussova	Chlorbesopasnost AG, Gefahrenanalyse
DI Ju. Schimjakin	Mosvodokanal, Leiter der Wasserstation Rubljovo
Dr. Spieß	GEW Köln AG, Betriebsleiter Wasserwerke
DI G. Csontos	EITEP GmbH
Dr. A. Lein	IRB GmbH
Dr. L. Karsten	EITEP GmbH
Dr. V. Perevoschikov	IRB GmbH
Hr. N. Nefedjev	Ministerium für nat. Ressourcen, Moskau
Fr. A. Becker	EMCO Wheaton GmbH
Dr. Baumgärtner	Fa. ProMinent GmbH
DI W. Roeske	Fa. USF Wallace & Tiernan GmbH

Projektbegleitende Expertengruppe:

Hr. G. Winkelmann-Oei	Umweltbundesamt
Dr. H.-J. Pettelkau	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
Dr. A.A. Schatalov	Gosgortekhnadsor, Leiter des Sektors Chemie
Hr. I. V. Melnikov	Emercom, Abteilungsleiter Prävention
Hr. W. Reinhard	RP Darmstadt
Hr. V. Podkovyrov	Mosvodokanal, Moskau
Prof. E.I. Gratsijanskj	Ministerium für Wissenschaft und Schwerindustrie
Hr. Kuttler	EMCO Wheaton GmbH
DI R. Leipnitz	TÜV Bayern

Beteiligte Ministerien, Behörden und Institutionen:

Staatliche Überwachungsbehörde *Gosgortekhnadsor Rossii, Moskau*
Ministerium für Katastrophenschutz und Zivilverteidigung (EMERCOM), Moskau
Ministerium für nat. Ressourcen, Moskau
Ministerium für Wissenschaft und Schwerindustrie, Moskau
Stadtregierung von Moskau
RAWW, Russische Vereinigung für Wasserversorgung und Abwasserableitung, Moskau
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Berlin
Umweltbundesamt, Berlin
Regierungspräsidium Darmstadt
DVGW, Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfachs, Bonn
FIGAWA, Bundesvereinigung der Firmen im Gas- und Wasserfach, Köln

***Beteiligte Unternehmen**:*

EITEP GmbH, Hannover
Mosvodokanal, Staatliches Unternehmen , Moskau
Chlorbesopasnost AG, Moskau
Vodokanal, Staatliches Unternehmen, Koroljov
Vodokanal, Staatliches Unternehmen, Serpuchov
IRB GmbH, Moskau
UCB GmbH, Berlin
TÜV Anlagentechnik GmbH, Berlin
GEW, Gas-, Elektrizitäts- und Wasserwerke, Köln
EMCO Wheaton GmbH, Kirchhain

Hannover, den 25.11.2002

Inhaltsverzeichnis:

		Seite
1.	**Ausgangssituation und Zielsetzung des Projekts**	6
1.1	Notwendigkeit der Trinkwasserdesinfektion	6
1.2	Ziele des Projekts	8
2.	**Vorgehensweise**	12
2.1	Zusammensetzung und Einbindung von Expertenkreisen sowie Unternehmen und Institutionen	12
2.2	Übersetzung von Dokumenten	13
3.	**Begehung und Beschreibung der untersuchten Wasserstationen**	14
3.1	Die Chloranlage der Wasserstation Rubljovo	14
3.2	Vergleichende Begehung weiterer Wasserwerke	20
3.3	Verbesserung der Anlagensicherheit als Teil des Transformprozesses der russischen Wasserwirtschaft	23
4.	**Arbeitsschritte und Teilergebnisse des Vorhabens**	24
4.1	Gefahrenanalyse Chloranlage	24
4.2	Sicherheitsbericht gem. 12. BImSchV	25
4.3	Maßnahmenkatalog zur Erhöhung der Anlagensicherheit in der Chlorungsstation Rubljovo	26
	4.3.1 Kurzfristig zu realisierende Maßnahmen	
	4.3.2 Mittelfristige Maßnahmen	
	4.3.3 Langfristige Maßnahmen	
4.4	Betrieblicher Alarm- und Gefahrenabwehrplan	28
4.5	Gemeinsames deutsch-russisches Dokument zu Sicherheitsmanagementsystemen	29
4.6	Gemeinsames deutsch-russisches Dokument zum Stand der Sicherheitstechnik	33

Seite

5. Präsentation und Diskussion der Ergebnisse 36

5.1 Seminare in Moskau 36
5.2 Informationsreise russischer Experten in Deutschland 37

6. Umwelt-Technologie-Transfer im Projekt 39

6.1 Chancen und Wege des Technologie-Transfers 39
6.2 Lieferung eines Drehgelenkarms für die Chlorverladung aus Eisenbahnkesselwagen 43
6.3 Technologie-Transfer mit der Schulungs- und Informationsbroschüre Desinfektionsverfahren 48

7. Zusammenfassung und Ausblick 49

Verzeichnis der Anlagen 53

1. Ausgangssituation und Zielsetzung des Projekts

Die Versorgung der russischen Bevölkerung mit qualitativ gutem Trinkwasser in ausreichender Menge ist in Russland seit geraumer Zeit ein aktuelles Problem. Dies liegt vor allem an den häufig stark verschmutzten Rohwasserquellen und den daraus resultierenden Problemen bei der Wasseraufbereitung und –verteilung sowie bei der Abwasserbehandlung.

Rund 85 % der Wasserversorgung wird aus Oberflächenwasser (Flüsse und Seen) gedeckt (offizielle Angaben schwanken zwischen 62 % und 95 %). Diese sind schon seit längerer Zeit starken anthropogenen, organischen und toxischen Belastungen (Verschmutzungen) ausgesetzt.

Die Qualität des Grundwassers, das für die Trinkwasserversorgung genutzt wird, ist oft besser als die der Oberflächengewässer. Allerdings sind in einigen Regionen die Grundwässer ebenfalls mit Sulfaten, Chlor-, Eisen- und Stickstoffverbindungen, Ölprodukten, Phenolen und Schwermetallen verunreinigt.

Wegen der hohen Belastungen der Rohwasserquellen sind die traditionellen Technologien der Wasseraufbereitung meistens nicht effektiv genug.

Wegen der langen Rohrleitungsnetze für Trinkwasser und auch aufgrund der schlechten Rohwasserqualität ist in der Russischen Föderation und speziell in den großen Städten eine hohe Chlordosierung erforderlich, um eine entsprechende Langzeitwirkung der Desinfektion zu erzielen. Diese starke Chlorung führt neben der Beeinträchtigung des Genusses zu einer hohen Fracht an Chlorabbauprodukten in den Flüssen - insbesondere in den Unterläufen der Städte - mit den bekannten negativen Umweltauswirkungen (z.B. die Bildung von chlororganischen Verbindungen). Da in Russland das Abwasser vor Einleitung in die Gewässer oftmals ebenfalls gechlort wird, verstärkt sich dieser Effekt deutlich.

1.1 Notwendigkeit der Trinkwasserdesinfektion

Das DVGW-Arbeitsblatt W 296 „Moderne Verfahren der Trinkwasserdesinfektion“ stellt fest, dass die Desinfektion dazu geführt hat, dass mit dem Wasser übertragene Krankheiten nicht mehr bzw. nur noch unter besonderen Umständen auftreten. In einigen Ländern, wie Großbritannien und Japan, besteht grundsätzlich die Pflicht zur Desinfektion des Trinkwassers. Andere

Länder, wie Finnland und die USA, schreiben die Desinfektion nur für aus Oberflächenwasser gewonnenes Trinkwasser vor (mit bzw. auch ohne Aufbereitung), während die Verteilung von hygienisch-mikrobiologisch einwandfreiem Grundwasser ohne eine Desinfektion statthaft ist. Für viele Länder, wie Deutschland oder Frankreich, richtet sich die Notwendigkeit einer Desinfektion allein nach der mikrobiologischen Beschaffenheit des Wassers.

Ein Nachteil bei der Desinfektion mit Mitteln auf Chlorbasis besteht darin, dass durch Reaktionen mit Wasserinhaltsstoffen unerwünschte, unter bestimmten Voraussetzungen die Gesundheit belastende, Nebenprodukte gebildet werden können. Desinfektionsnebenprodukte im Trinkwasser haben weltweit aufgrund von Grenzwertvorgaben neben den seuchenhygienischen Aspekten besondere Bedeutung erlangt. Als Leitparameter für halogenierte Desinfektionsnebenprodukte gelten die Trihalogenmethane (THM), die charakteristische Nebenprodukte bei der Desinfektion mit Chlor oder Hypochlorit sind.

Die deutsche Trinkwasserverordnung – TrinkwV ist aufgrund der neuen „EG-Richtlinie über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch“ ebenfalls überarbeitet worden. Sie setzt den Grenzwert für Trihalogenmethane nach Abschluss der Aufbereitung auf 0,005 mg/l fest. Nur in den Fällen, in denen aus seuchenhygienischen Gründen die Chlordosierung 1,2 mg/l vorübergehend übersteigt, beträgt der Grenzwert 0,025 mg/l.

Trinkwasser muss gemäß § 1 TrinkwV frei von Krankheitserregern sein, was bei Nichteinhalten der dort genannten Anforderungen als nicht erfüllt gilt. Die Abgabe von Wasser als Trinkwasser, das diese Forderungen nicht erfüllt, ist gemäß § 23 TrinkwV auf Grundlage von § 64 des Bundes-Seuchengesetzes <u>strafbar</u>.

Demgegenüber ist die Abgabe von Trinkwasser mit höheren THM-Konzentrationen gemäß § 23 (1) TrinkwV weder strafbar noch ordnungswidrig. Der Gesetzgeber stellt damit die uneingeschränkte seuchenhygienische Sicherheit vor die Notwendigkeit, den THM-Grenzwert der TrinkwV einzuhalten. Dessen ungeachtet ist der Unternehmer oder sonstige Inhaber der Wasserversorgungsanlage nach § 2 (3) TrinkwV gehalten, die Konzentrationen an Stoffen, die das Trinkwasser verunreinigen oder nachteilig beeinflussen, so niedrig zu halten, wie dies nach dem Stand der Technik mit vertretbarem Aufwand möglich ist. Er ist nach § 15 TrinkwV

verpflichtet, Maßnahmen zur Vermeidung der Grenzwertüberschreitungen herbeizuführen.
Nach Meinung der russischen Verantwortlichen ist das Chlor als Desinfektionsmittel für die Wasserversorgung in der Russischen Föderation nicht kurzfristig ersetzbar. Zur Versorgung großer Ballungszentren mit keimfreiem Trinkwasser müssen in Russland daher weiterhin große Chloranlagen bei den Wasserversorgern (auch Abwasserentsorgung) betrieben werden.

Die dafür erforderliche Lagerung großer Mengen der hochtoxischen Chlorverbindung stellt ein hohes Gefahrenpotenzial für die Schutzgüter menschliche Gesundheit und Umwelt dar, insbesondere wenn sie sich in der Nähe von dicht besiedelten Gebieten, Verkehrswegen oder von Naturschutzgebieten befinden.

1.2 Ziele des Projekts

Im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung in der Russischen Föderation sollten deshalb im Rahmen dieses Projektes das Gefahrenpotenzial ermittelt und Maßnahmen zur Verringerung der Gefahren durch Chlorgaseinsatz und zur möglichen Substitution des Chlors entwickelt und ergriffen werden. Exemplarisch sollten die Untersuchungen in einem Wasserwerk des Moskauer Wasserwerkes Mosvodokanal durchgeführt werden.

Die Zielvorgabe und Arbeitsschritte des Projekts sah deshalb folgendermaßen aus:

> In einem für die gesamte Russische Föderation modellhaften Vorhaben bei den Moskauer Großwasserwerken sollten Untersuchungen mit dem primären Ziel der Verringerung der von den Wasserchlorungsanlagen ausgehenden Öko- und Humangefährdung durch ein deutsch-russisches Expertenteam durchgeführt werden.
>
> Gemäß der Zielstellung werden Sicherheitsbetrachtungen zu einer ausgewählten Chloranlage bei Mosvodokanal entsprechend den in Deutschland geltenden gesetzlichen Grundlagen durchgeführt und in einem Sicherheitsbericht dargelegt. Durch ein Team bestehend aus deutschen und

russischen Experten erfolgt die systematische Analyse der sicherheitstechnisch relevanten Anlagenteile, der potenziellen Gefahrenquellen, der relevanten Stoffströme, der Eintrittsvoraussetzungen für Störfälle und der Auswirkungen potentieller Störfälle.

Es erfolgt eine vergleichende Betrachtung des bestehenden Alarm- und Gefahrenabwehrplanes mit der Herangehensweise nach deutschem Recht. Daraus leiten sich Hinweise für die Qualifizierung des bestehenden Alarm- und Gefahrenabwehrplanes bei Mosvodokanal ab. Darüber hinaus werden Unterlagen zu den Technologien der in Deutschland angewandten Trinkwasserdesinfektions-verfahren (Chlorung, Verwendung von Chlordioxid, Wasserstoffperoxid, UV etc.) und zum Stand der Sicherheitstechnik für gefährliche Anlagenteile vorgestellt und übergeben (z.B. das technologische Schema für eine Chlorabfüllstation).

Basierend auf diesen Untersuchungen wird ein Maßnahmekatalog für kurz-, mittel- und langfristig zu realisierende Maßnahmen zur Erhöhung der Anlagensicherheit in den Wasserchlorungsanlagen bei Mosvodokanal abgeleitet und Vorschläge für notwendige Geräteinstallationen (Mess-, Steuer- und Regelungstechnik, Einsatz von Flüssigchlorpumpen, notwendige Absperrvorrichtungen, Spezialventile) sowie für sonstige sicherheitstechnische Investitionen in Spezialausrüstungen erarbeitet.

Weiterhin wird für eine der Wasserstationen auf der Basis einschlägiger deutscher Verordnungen ein Alarm- und Gefahrenabwehrplan erarbeitet.

Die Durchführung von gemeinsamen Seminaren mit ausgewählten Referenten hat die Verbreitung der Aufgaben und der Ergebnisse des Vorhabens bei den Experten der Russischen Föderation zum Ziel. Diesem Anliegen dienen auch die Einsetzung des fachbegleitenden Expertenausschusses, die Veröffentlichung der Schulungs- und Informationsbroschüre „Leitfaden Trinkwasserdes-

infektionsverfahren“ sowie die Durchführung einer Informationsreise russischer Experten durch deutsche Wasserwerke.

Durch ein Bündel von Maßnahmen (Präsentationsveranstaltung für relevante deutsche Firmen, Verbreitung der Vorhabensergebnisse durch eine Informations- und Schulungsbroschüre sowie die Vermittlung deutscher Firmen für Vorträge bei Veranstaltungen in Moskau) wird das Potenzial deutscher Lieferanten für Trinkwasseraufbereitungsverfahren sowie sicherheitstechnischer Ausrüster beim anlagenbezogenen Gewässerschutz einem breiten Publikum russischer Experten aus der Region bekannt gemacht.

Die derzeit bestehenden Möglichkeiten für die Verbesserung der Rahmenbedingungen zum Technologie-Transfer werden abschließend auf einem gemeinsamen deutsch-russischen Seminar diskutiert.

Im Einzelnen wurden zum Erreichen der Ziele folgende Projektschritte eingeplant:

1. Projektstart und Präzisierung der Aufgabenstellung / Erstes Treffen des Expertenausschusses

2. Durchführung von Sicherheitsbetrachtungen für ausgewählte Anlagen bei Mosvodokanal / Erstellung eines Sicherheitsberichts

3. Erstellung eines Maßnahmekatalogs / Abstimmung im Expertenausschuß

4. Übersetzung einschlägiger Gesetze, Verordnungen und Regeln

5. Vergleichende Betrachtung von Wasserwerken in der russischen Region

6. Informationsreise russischer Experten bei Trinkwasserversorgern und Institutionen in Deutschland

7. Erarbeitung und Herausgabe einer Schulungs- und Informationsbroschüre zu Desinfektionsverfahren

8. Deutsch-russisches Seminar zu den Vorhabensergebnissen (mit Expertenausschuß)

9. Fertigstellung des Abschlußberichtes

2. Vorgehensweise

Ein derart komplexes Projekt im Spannungsfeld von zwei nationalen Fachbereichen, die sich unterschiedlich entwickelt haben, erfordert eine intensive Teamarbeit von gut ausgebildeten, motivierten und flexiblen Fachleuten auf beiden Seiten. Es verlangt eine hohe Konsequenz in der Bereitschaft zur Kommunikation und ein ausgeprägtes Gefühl dafür, was politisch machbar und dem Partner zumutbar ist. Besondere Bedeutung fiel dabei dem Projektleiter und dem russischen Koordinator zu, da sie nicht nur einen großen Teil der Inhalte entwickelten sondern auch die am Detail arbeitenden Teammitglieder immer wieder zusammenführten.

2.1 Zusammensetzung und Einbindung von Expertenkreisen sowie Unternehmen und Institutionen

Auf russischer Seite waren sechs Ministerien, Behörden und Verbände eingebunden:

Alle Institutionen waren erforderlich, um die nötigen Unterlagen zu erhalten. Auch für die nahtlose Einfügung der gewonnenen Erkenntnisse in die russischen Regeln und Praxis ist deren Beteiligung erforderlich.

Auf deutscher Seite waren fünf Ministerien, Ämter und Verbände beteiligt.

Dadurch konnte die Kontinuität und Abstimmung zu weiteren bilateralen Projekten auf dem Gebiet des Gewässerschutzes und der Umwelttechnologien zwischen der Bundesrepublik Deutschland und der Russischen Föderation sichergestellt werden sowie praktische Erfahrungen mit der Störfallverordnung, dem Sicherheitsbericht und der Gewässerschutz-Alarmrichtlinie in das Projekt eingebracht werden. Durch die Verbände konnten die jeweils geeigneten deutschen Partner benannt und dem Technologie-Transfer bedeutende Impulse gegeben werden.

Fünf russische und fünf deutsche Unternehmen wurden in das Projekt eingebunden. Einerseits waren spezifische unternehmerische Leistungen gefragt, andererseits läuft über die Unternehmen der Technologie Transfer bereits im laufenden Projekt.

Die aus neun Personen bestehende begleitende Expertengruppe wurde laufend über den Projektfortschritt informiert und zu einigen wichtigen Meilensteinen (z.B. Seminare) hinzugezogen. Bei einigen speziellen Fragestellungen wurden einzelne Experten direkt eingebunden.

Alle Mitglieder der 14-köpfigen Projektgruppe haben innerhalb des Projektes Teilaufgaben durchgeführt. Die Koordination der Arbeiten sowie deren Verknüpfungen erfolgte über das deutsch-russische Projektleitungsteam.

2.2 Übersetzung von Dokumenten

Für die permanenten Gespräche und sonstige Korrespondenz zur Entwicklung des Projekts wurden laufend deutsche Gesetze, Verordnungen, Technische Regeln oder sonstige Schriftstücke hinzugezogen (Anlage 11) – in der Regel nur in den für das Projekt relevanten Teilen übersetzt und den Partnern zugängig gemacht. Dadurch konnten alle Beteiligten auf einen vergleichbaren Wissensstand gebracht werden, was dem Projekt insgesamt zugute kam.

3. Begehung und Beschreibung der untersuchten Wasserstationen

Die detaillierten Untersuchungen (Sicherheitsbetrachtungen, Gefahrenabwehrplan usw.) wurden im Wasserwerk Rubljovo von Mosvodokanal durchgeführt. Um aber einschätzen zu können, ob die Aussagen übertragbar sind auf andere Wasserwerke in der Russischen Förderation, wurden auch noch die Anlagen von Koroljov und Serpuchov untersucht, und es wurden flankierende Gespräche mit der Russian Association for Water Works geführt.

3.1 Die Chloranlage der Wasserstation Rubljovo von Mosvodokanal

Mosvodokanal – das Wasserversorgungsunternehmen für Moskau und das größte Wasserwerk der Russischen Föderation - zählt zu den weltweit größten Wasserversorgungs- und Abwasserentsorgungsunternehmen überhaupt. Mosvodokanal mit seinen 16.000 Mitarbeitern versorgt die 11 Millionen Bewohner Moskaus mit jährlich 2,3 Milliarden Kubikmetern Trinkwasser. Die Trinkwasserbereitstellung durch Mosvodokanal entspricht somit nahezu der Hälfte des gesamten in Deutschland erzeugten Trinkwassers.

Mosvodokanal bezieht sein Oberflächenwasser aus den Reservoiren der Flüsse Volga und Moskva und versorgt die Städte über vier, am Rande der Stadt gelegenen Wasserwerke die Stadt Moskau mit Trinkwasser (*Bild 1*).

Moscow Water Supply

Das Wasserwerk Rubljovo wurde um die Wende vom 19. zum 20. Jahrhundert erbaut und versorgt in erster Linie den Moskauer Westen mit 1,89 Millionen m³/d Trinkwasser. Das Wasserwerk befindet sich am westlichen Stadtrand Moskaus in der kleinen Stadt Rubljovo. Das gesamte Werksgelände ist mehrere Hektar groß und von einem Sicherheitszaun umgeben. Als nachteilig erwies sich das im Wasserwerk geltende Fotografierverbot. Ansonsten fand stets ein offener Meinungsaustausch mit dem Leitungspersonal von Mosvodokanal statt. Das Wasserwerk Rubljovo bezieht sein Wasser aus dem Fluß Moskva, der an dieser Stelle noch nicht mit den Abwässern der Stadt Moskau belastet ist.

Die Filterhalle des Wasserwerkes hat für deutsche Verhältnisse sehr große Ausmaße (ca. 250 m x 70 m). Die Filtration erfolgt über 38 offene Betonfilter mit insgesamt 72 m² Filterfläche. Die zweistufigen Filter sind in der ersten Stufe mit Wolgasand (Körnung 0,8 – 1 mm) und in der zweiten Stufe mit Anthrazit aufgebaut. Die gesamte Filterschichthöhe beträgt 1,5 bis 1,8 m. Zur Aufbereitung des Trinkwassers wird neben Chlor auch Ammoniak zugesetzt.

In Moskau sind noch nicht alle Häuser mit Wasserzählern ausgerüstet. Wasserzähler sind in den Verteilerstationen installiert. Von diesen Verteilerstationen zweigen Hausanschlussleitungen für jeweils 2000 – 4000 Einwohner ab. Die Moskauer Wasserversorgung kann auf eine präzise Rohrleitungsdokumentation zurückgreifen, die bereits auf ein PC-System übertragen wurde. Die gesamte Rohrleitungslänge beträgt 9120 km. Die Wasserverluste im Netz sollen sehr gering sein.

Die Wasserchlorungsstation wurde mehrmals besichtigt. In Rubljovo erfolgt die Desinfektion zur Zeit ausschließlich mittels Chlor. Es laufen Untersuchungen zur Kombination von Chlor mit Ozon als Desinfektionsmittel.

Die Anlieferung des Flüssigchlors erfolgt über die Schiene in Kesselwagen. In zwei Kesselwagen werden jeweils bis 100 t Flüssigchlor angeliefert, deren Entleerung in einer Halle durchgeführt wird. Der Untergrund in Schienenbereich ist nicht abgedichtet. Im Gegensatz zu den bei der BASF besichtigten Technologie erfolgt das Umfüllen des Flüssigchlors über eine starre Leitung, was ein deutliches Gefahrenpotenzial darstellt.

Im Fall einer Chlorleckage beim Umfüllen wird die Hallenluft über eine gelochte PE-Leitung abgesaugt und in einem Wäscher neutralisiert. Das Neutralisierungsmittel NaOH (28%ige Lösungen) befindet sich in einer massiv gebauten Halle neben der Abfüllstation in vier großen waagerecht

liegenden Stahltanks. Der Wäscher selbst befindet sich außerhalb der Halle im Freien unter Umgebungstemperatur.

Das Flüssigchlor wird von der Verladestation über eine ca.150 m lange Rohrbrücke in das unterirdisch liegende Flüssigchlorlager gepumpt. Dieses Flüssigchlorlager ist von einer 2 m hohen Mauer umgeben. Der Zugang zum Lager wird von einem bewaffneten Mitarbeiter bewacht und ist nur den dafür Berechtigten gestattet. Die extrem hohen Sicherheitsvorkehrungen wurden mit der Angst vor terroristischen Anschlägen begründet.

Jeder der insgesamt 9 Flüssigchlortanks befindet sich in einem separaten Kellerraum, die gegeneinander abgeschottet sind. In den waagerecht liegenden Stahltanks sind zwischen 32 und 40 m³ Flüssigchlor gelagert. Der jeweilige Tankinhalt wird über eine Waage bestimmt und auf Digitalanzeigen im Kellerflur angezeigt. Eine Messwarte für die gesamte Chlorstation befindet sich in ca. 300 m Entfernung vom Lager. Dort werden sämtliche Parameter auf einem Computer angezeigt.

Das Chlorlager ist von einer Sprinkleranlage umgeben, die nach Aussagen des Anlagenpersonals jedoch im Winter wegen der Gefahr des Einfrierens außer Betrieb ist.

In der Chlorverdampfungsanlage wird das Chlor über einen Injektor und eine horizontale Mischvorrichtung direkt in eine Rohrleitung dosiert.

Die sog. *Chlorwirtschaft* des Wasserwerkes – also der abgegrenzte Betrieb der Wasserstation von Rubljovo, in dem Chlor angeliefert, gelagert verdampft und injiziert wird - gliedert sich demnach in die vier Betriebsbereiche:

- Die Flüssigchlorumfüllstation aus den Eisenbahnkesselwagen in die Rohrleitungen der Lageranlage einschließlich der Anlage zur Neutralisation von freigesetztem Chlorgas
- Das Chlortanklager in einem massiven und speziell durch Wachpersonal kontrolliertem Gebäude
- Die Verdampferstation für das Flüssigchlor
- Die Chloreinspeisung in das Trinkwasser

Für die Desinfektion des Trinkwassers werden in den Moskauer Wasserwerken jährlich insgesamt circa 8 Millionen Kilogramm Chlor eingesetzt. Hinzu kommt die Verwendung von Chlor zur Entkeimung des

Abwassers in den Klärwerken des Unternehmens, so dass Mosvodokanal jährlich mehr als 10 Millionen Kilogramm Chlor einkauft. Damit gehört Moskau zu den weltweit größten Chlorverbrauchern.

Monatlich beliefern vier Eisenbahnkesselwagen die Trinkwasseraufbereitung von Rubljovo mit insgesamt 228 t Chlor zum Befüllen des Chlortanklagers, das ein nominelles Gesamttankvolumen von 450 t Chlor und einen realen Vorrat von circa 250 t Chlor hat.

Die Richtlinie der Europäischen Union RL 82/96 (Seveso-II-Richtlinie) und nach der Novellierung auch das Russische Anlagensicherheitsgesetz vom Juli 1997 benennen als Schwellenwert für die Einfachen Pflichten von Betreibern gefährlicher Anlagen

M_{Chlor}=10.000 kg (lower tier value)

und für die erweiterte Betreiberpflichten für den Stoff Chlor einen Wert von

M_{Chlor} =25.000 kg (upper tier value).

Da im Betriebsbereich in Rubljovo bis zu 450.000 kg Chlor lagern können, ist die gesamte Chlortanklageranlage von Rubljovo als gefährlicher Betriebsbereich einzustufen.

Ein wichtiges Anliegen des Vorhabens war es, Wege aufzuzeigen, um das vom Chlor ausgehende Gefahrenpotenzial zu senken. Gefahren werden insbesondere

a) im hohen Chlorverbrauch und
b) in der Sicherheitstechnik der Anlagen der Chlorwirtschaft

identifiziert.

Zu a) Hoher Chlorverbrauch

- Der hohe spezifische Trinkwasserbedarf.
  Der Pro-Kopf-Verbrauch an Trinkwasser ist in Moskau mit 382 l/d dreimal so groß wie der durchschnittliche Verbrauch in Deutschland (129 l/d), was sowohl an dem Verbrauchsverhalten der Abnehmer, aber auch an den vermutlich hohen Wasserverlusten in dem langen Transport- und Verteilungsnetz sowie an wasserverschwendenden Hausarmaturen liegt.

- Die langen Leitungswege zum Endverbraucher, die einen relativ hohen Chlorrestgehalt erfordern, um eine Wiederverkeimung beim Transport zu verhindern.

- Die vergleichsweise hohe Verschmutzung des Rohwassers.
- Es werden bisher kaum alternativen Desinfektionsverfahren angewendet.

Zu b) Sicherheitstechnik der Anlagen der Chlorwirtschaft

Ein besonders hohes Gefahrenpotenzial stellt die Flüssigchlor-Umfüllstation aus den Eisenbahnkesselwagen in die Rohrleitungen zum Lager dar (circa 114 t Chlor je Umfüllvorgang aus 2 Eisenbahnkesselwagen). Sowohl die Verbindungsrohrleitungen von den Eisenbahnkesselwagen als auch die Eisenbahnkesselwagen selbst entsprechen nicht dem westeuropäischen Stand der Sicherheitstechnik. Auf diesen Betriebsteil konzentrieren sich wesentliche Maßnahmevorschläge, deren Realisierung bereits im Rahmen dieses Vorhabens eingeleitet wurde *(Bild 2).*

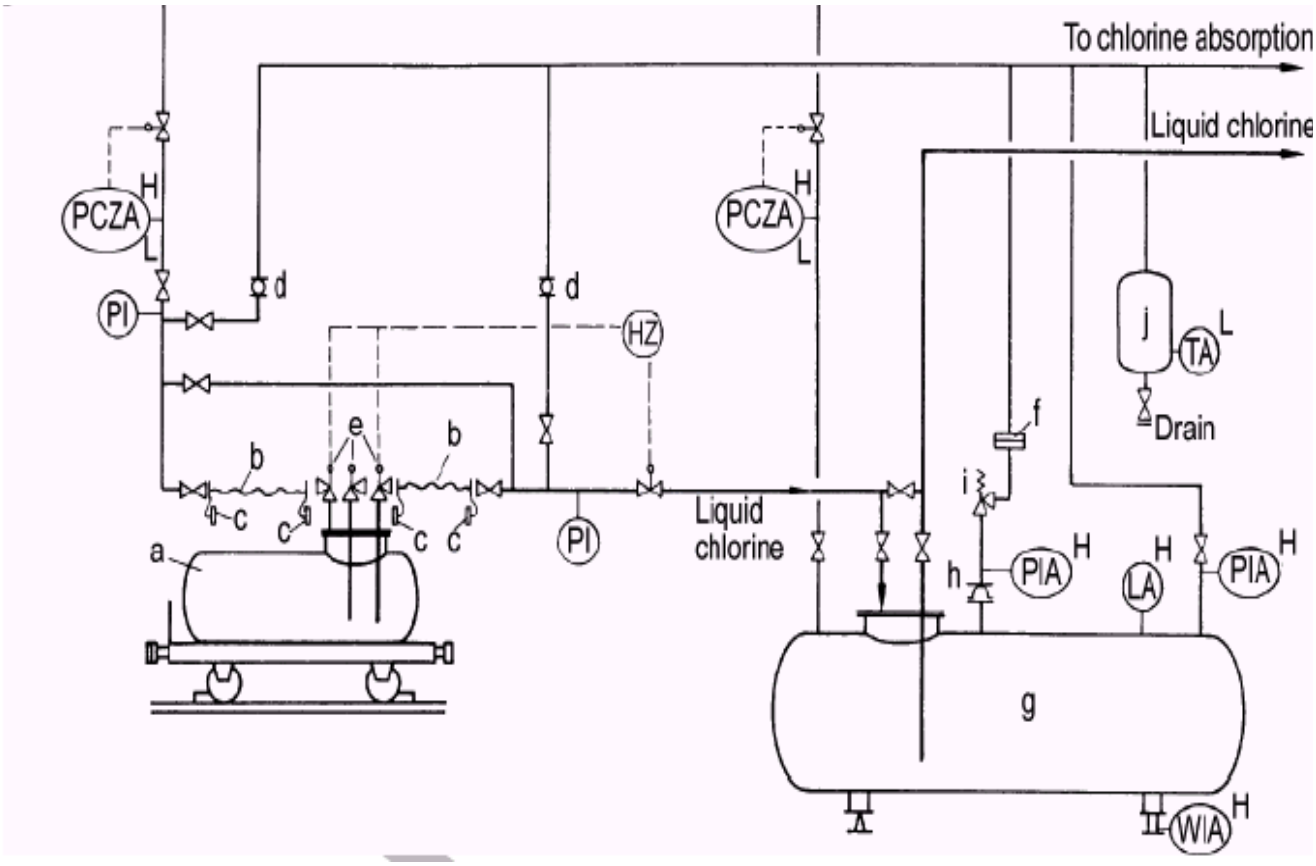


Bild 2: Darstellung des Standes der Sicherheitstechnik für flexible Verbindungen in Chlorumfüllstationen in Deutschland

3.2 Vergleichende Begehung weiterer Wasserwerke

Im Rahmen des Vorhabens sollen vergleichend zu den Untersuchungen bei Mosvodokanal in Moskau selbst der Stand der Anlagensicherheit in Chlorfasslagern bei regionalen russischen Versorgungsunternehmen besichtigt werden.

Es wurden die Ver- bzw. Entsorgungsunternehmen der mittleren russischen Städte Koroljov und Serpuchov besucht, die eine wesentlich geringere Versorgungsleistung als Mosvodokanal aufweisen. Der Zustand der dortigen Chlorungsanlagen wurde vergleichend betrachtet, um Anhaltspunkte für den Zustand derartiger Anlagen in der gesamten Russischen Föderation zu erhalten (Anlage 9).

In den beiden besichtigten Chloranlagen erfolgt die Chlorlagerung und Dosierung prinzipiell mit der gleichen Technik: Das Chlor wird in Fässern zu 960 kg angeliefert. Die Entnahme erfolgt direkt aus diesen Fässern in die Dosiereinrichtung ohne Verdampferanlagen.

Aus den Besichtigungen beider Chlorungsstationen sind Empfehlungen zur Senkung der Öko- und Humangefährdungen, zum vorsorgenden Umweltschutz und zur Möglichkeit der Einführung deutscher Technologien erarbeitet worden.

In zweiter Hinsicht können aus den Betrachtungen Empfehlungen für die Verringerung des privaten Verbrauchs, zur Verbesserung der Wasserqualität, zur Verringerung der Wasserbelastungen und zur Verbesserung des Rohrleitungsnetzes erarbeitet werden.

Im Ergebnis ist festzuhalten:

Die vier Wasserwerke Moskaus liegen in ihren Versorgungsleistungen deutlich über denen der Städte Koroljow und Serpuchow.

Das Gefahrenpotenzial der Chloranlage von Mosvodokanal (250 t Chlor) liegt deutlich über dem der besichtigten Anlagen in Koroljov und Serpuchov (30 bzw. 40 t Chlor).

Das Niveau der Schutzmaßnahmen, die technische Ausstattung der Anlagen liegt bei den besichtigten Wasserbetrieben deutlich unter dem bei

Mosvodokanal in Moskau vorgefundenen Stand. Die Lücken der besichtigten Chloranlagen zum russischen Stand der Sicherheitstechnik sind evident.

Besonders kritische Schwachstellen sind:

- die fehlende kontinuierliche Neutralisationsanlage für Chlor (Serpuchov) mit manuellem Ansetzen der Neutralisationsmittellösungen ($Na_2S_2O_3$)
- fehlende Auffangwannen unter den Betriebsbehältern zur Chlordosierung
- die nicht gasdicht abgedeckten Schachtsysteme unter den Chlorlagern, die zur Ansammlung des Schwergases Chlor führen können
- fehlender Anfahrschutz vor den Chlorfässern (Serpuchov, Koroljov)
- freiliegende, über dem Boden geführte Rohrleitungen ohne flexible Elemente (Koroljov)
- nicht chlorresistente Ventile an den Fassleitungen (Serpuchov, Koroljov)
- keine Sicherung gegen eine Überschreitung der Maximaldrücke (Sicherheits- und Überstromventile)
- keine Schnellschlussventile an den Chlorfässern, die ein Freisetzen großer Chlormengen verhindern können (Serpuchov, Koroljov).

Während des Besuchs (festgehalten im Besuchsbericht, Anlage 9) wurden weitere z.T. sehr einfache Vorschläge zur Verbesserung des Sicherheitsniveaus der Anlagen aufgezeigt und mit den Betreibern diskutiert.

Als Begründung dafür, weshalb bisher wenig Zeit für die Anlagensicherheit getan wurde, werden in erster Linie Finanzierungsprobleme genannt.

Als besonderes Umweltproblem ist der Einsatz von Chlor bei der Abwasserbehandlung anzusehen. In der Russischen Föderation sollen insgesamt über 500 solcher Anlagen im Einsatz sein. Es muss davon ausgegangen werden, dass hierbei toxische chlorierte Kohlenwasserstoffe besonders bei der Voroxidation der noch nicht geklärten Abwässer entstehen. Vodokanalservis Serpuchov will deshalb künftig alternative Oxidations-/ Desinfektionsverfahren einsetzen (UV, Ozon).

Für das Projekt ergeben sich durch die Besichtigung dieser Abwasseranlage Ansatzpunkte für weitere, abwassertechnisch orientierte Beratungsleistungen.

Teilansichten der besichtigten Chlorlager

3.3 Verbesserung der Anlagensicherheit als Teil des Transformprozesses der russischen Wasserwirtschaft

Um die Bedeutung der Desinfektion im Rahmen des Transferprozesses der russischen Wasserwirtschaft einschätzen zu können, wurden Kontakte zum Ministerium für Naturressourcen sowie zur Russischen Vereinigung für Wasserversorgung und Abwasserableitung, RAWW aufgenommen.

Die Gespräche machten deutlich, in welch prekärer Situation sich die russische Wasserwirtschaft befindet. Da man in den zurückliegenden Dekaden des Sowjetreiches oftmals ohne Rücksicht auf Mensch und Natur die Umwelt belastet hat, finden sich allenthalben „Altlasten“, die es nunmehr zu beseitigen gilt. In der Wasserwirtschaft sind die Altlasten besonders problematisch zu sehen, weil sie einerseits die Gesundheit von Menschen gefährden und weil deren Beseitigung andererseits extrem hohe Investitionen erfordern.

Eine allgemeine Lagebeschreibung des Transformprozesses im Bereich Wasserwirtschaft (Dr. Shukov, Präsident der RAWW) befindet sich in der Anlage 10.

4. Arbeitsschritte und Teilergebnisse des Vorhabens

Jeweils nach bzw. noch während der Bearbeitung einzelner Schritte wurden die dokumentierten Ergebnisse übersetzt und mit den Mitgliedern der Projekt- und Expertengruppe besprochen. Auf den drei Seminaren wurden die wichtigsten Ergebnisse direkt einer breiteren Fachöffentlichkeit vorgestellt.

Bestimmend für die Detaillierung bei einigen Teilschritten waren die Anforderungen von den russischen Kollegen sowie die Möglichkeit der direkten Verwertung der Projektergebnisse in weitergehende russische Initiativen.

4.1 Gefahrenanalyse Chloranlage

Die Gefahrenanalyse (Anlage 1, Anhang 6) erfolgte auf der Basis folgender Einzelschritte:

1. Die Anlagenbegehungen durch die Experten und die Diskussionen mit dem Personal zu Beinahe-Störfällen bzw. zu Betriebsstörungen

2. Die Recherche zu dokumentierten Störfällen mit dem Gefahrstoff Chlor in Deutschland und in der Russischen Föderation. Aus vergangenen Unfällen zu lernen, ist eine zentrale Forderung der SEVESO-II-Richtlinie. Störfälle müssen in Deutschland nach einem vorgeschriebenen Meldeverfahren an die zentrale ZEMA-Datenbank im UBA gemeldet werden. Diese ist für alle Personen öffentlich zugänglich und die Mitarbeiter des Umweltbundesamtes sind auskunftspflichtig. Schwieriger ist die Situation bei Betriebsstörungen, die nicht meldepflichtig sind, aus denen jedoch wichtige Schlussfolgerungen gezogen werden können. In der Russischen Föderation existiert eine Unfall-Datenbank bei Gosgortekhnadsor bzw. in den Dokumenten der Ministerien der Sowjetunion. Ausgesuchte Beispiele, die im Rahmen des Projekts zusammengetragen wurden, sind in Anlage 5 aufgeführt.

3. Zwischen den Experten fand ein intensiver Erfahrungsaustausch zum Stand der Sicherheitstechnik in beiden Ländern sowie zu den besten verfügbaren Techniken statt. Welche Maßnahmen muss der Betreiber einer gefährlichen Anlage ergreifen, damit die Anlage von den Inspektoren als sicher eingeschätzt wird. Hier existiert derzeit noch eine erhebliche Differenz zwischen den Anforderungen an Chlortanklageranlagen in

beiden Staaten. Es wurde deshalb im Rahmen unseres Vorhabens ein Leitfaden für die russischen Kollegen erstellt, in dem der „Stand der deutschen Sicherheitstechnik für die technischen Einrichtungen von Chloranlagen mit Bezug zur Rubljover Wasserversorgungs-station“ dokumentiert wurde (Anlage 2). Er stellt de facto den Fragenkatalog dar – angelehnt an das Checklistenverfahren des TÜV Rheinland -, mit dem ein deutscher Anlagensicherheitsexperte in eine Anlage geht, um eine Sicherheitsanalyse zu erstellen. Die Checkliste bezieht sich auf die spezifischen deutschen Normen und Regeln, die vom Betreiber umgesetzt werden müssen. Auch in der Russischen Föderation existiert heute ein umfangreicher Anforderungskatalog an Chloranlagen durch die Norm von Gosgortekhnadsor. Eine Schwäche dieser Regelung sehen die Experten darin, dass keine Fristen für die Realisierung dargestellt sind. Aus den Ergebnissen des Vorhabens resultierend wurde eine später gemeinsame Erklärung zu Grundsätzen bei der Realisierung des Standes der Technik verabschiedet.

4. Mit Hilfe des Programmpaketes DISMA wurden Szenarien für plausible wahrscheinliche und hypothetische Störfälle berechnet, wie z.B. Freisetzungen von Chlor durch den Riss einer Rohrleitung mit Flüssigchlor in Folge von Korrosionsvorgängen, das Abreißen eines Manometerstutzens u.a.m. Nach den entwickelten Szenarien wurden Langzeitschäden für die menschliche Gesundheit im Umkreis von maximal 2 km zu den Chloranlagen berechnet.

4.2 Sicherheitsbericht gem.12 BImSchV

Die Gefahrenanalyse bildet die Basis für den Sicherheitsbericht gemäß § 9 der deutschen Störfall-Verordnung aus dem Jahre 2000, d.h. der in das deutsche Recht umgesetzten SEVESO-II-Richtlinie. Im Ergebnis eines Sicherheitsberichtes wird in Deutschland die Frage entschieden, ob der Betrieb der Anlagen nach den Kriterien des Standes der Sicherheitstechnik und des Sicherheitsmanagements als sicher eingestuft werden kann.

Der deutsche Stand der Sicherheitstechnik und die deutschen Kriterien von wirkungsvollen Sicherheitsorganisationen lassen sich nicht ohne weiteres auf russische Verhältnisse übertragen. Dennoch wurde dieser Maßstab angesetzt, um insbesondere die Systematik nach SEVESO-II zu berücksichtigen.

Im Ergebnis (Anlage 1) kann festgehalten werden, dass die Chloranlage in Rubljovo nicht das deutsche Regelwerk für Chloranlagen erfüllt und dass sie auch nicht den wesentlichen Elementen von Sicherheitsmanagement-Systemen, wie sie in der SEVESO-II-Richtlinie niedergelegt wurden, entspricht.

Eine kurzfristige Realisierung der deutschen/europäischen Anforderungen würde große Aufwendungen vom Betreiber verlangen und ist derzeit vernünftigerweise vom Betreiber nicht einzufordern. Unter den gegenwärtigen Bedingungen des Übergangs von der Plan- zur Marktwirtschaft entspricht die Anlage den in Russland anerkannten Standards und ist somit als bedingt sicher einzustufen. Diese Aussage stützt sich wesentlich auf die aufgezeigten erheblichen sicherheitsorganisatorischen Aufwendungen des Betreibers.

4.3 Maßnahmenkatalog zur Erhöhung der Anlagensicherheit in der Chlorungsstation Rubljovo

Als Empfehlung der Expertengruppe für die schrittweise Annäherung an die westlichen Standards der Sicherheitstechnik und des Sicherheitsmanagements wurde ein Maßnahmekatalog mit 33 kurz-, mittel- und langfristigen Maßnahmen aus der Gefahrenanalyse (Checklistenverfahren) abgeleitet (Anlage 3). Alle aufgeführten Maßnahmen hätten bei Realisierung Pilotcharakter für die Russische Föderation. Sie sollen Impulse für die weitere Anhebung des Anlagensicherheitsniveaus auslösen.

Behördliche Auflagen allein für Mosvodokanal sollten, um Wettbewerbsnachteile für den Betreiber zu vermeiden, nur nach der Einführung landesweiter Regelungen erfolgen.

Beispielhaft einige wichtige Maßnahmevorschläge für die Chloranlagen in Rubljovo:

4.3.1 Kurzfristig zu realisierende Maßnahmen

- Installation von Not-Aus-Systemen in der Verladestation (Einbau von 2 Tastern im Außenbereich der Türen).

- Schnellschlusseinrichtungen mit pneumatischen Antrieben an den chlorführenden Rohrleitungen von der Entnahme aus den

Eisenbahnkesselwagen EKW zum Lager. (Mindestens für jede Leitung 2, d.h. insgesamt: 12)

- Einbau von Druckausgleichsgefäßen an absperrbaren Flüssigchlorleitungen (einfache Blasenbehälter oder Sicherheitsventile)

- Installation einer Funktionsüberwachung für die Drucklufttrocknung mit Alarmierung bei Grenzwertüberschreitung und automatischer Abschaltung der Anlage bei Fehlfunktion.

- Die Überfüllsicherungen an den Tankbehältern für Flüssigchlor müssen redundant und diversitär sein. (Wichtige Maßnahme, da Behälterüberfüllungen eine der häufigsten Störfallursachen darstellen.)

- Schutz der Manometer im Bediengang des Chlorlagers vor Abriss oder Ersatz durch eine elektronische Anzeige. Die relativ dünnen mit Chlor befüllten Leitungen sind unzureichend vor Abriss geschützt

- Verbesserung der Kommunikationsmöglichkeiten für das Bedienpersonal vor Ort, z.B. durch Funksprechgeräte

4.3.2 Mittelfristige Maßnahmen

- Installation eines Drehgelenkarmes für die Chlorverladung aus den Eisenbahnkesselwagen EKW in das Tanklager.

  Erstmalig für die Russischen Föderation sollen zum Umfüllen von Flüssigchlor aus Eisenbahnkesselwagen in die Tanks flexible Drehgelenkarme eingesetzt werden. Dies entspricht sowohl dem deutschen Stand der Sicherheitstechnik als auch den neuen russischen Normen für den Umgang mit Chlor.

  Die Planung, Konstruktion und Durchführung eines ersten Drehgelenkarms erfolgt noch im Rahmen des laufenden Vorhabens durch die Firma EMCO Wheaton GmbH in Abstimmung mit Mosvodokanal und Chlorbesopasnost. Diese Anlage soll noch im Jahr 2002 in Betrieb gehen und wird von Gosgortekhnadsor künftig als Demonstrationsanlage genutzt werden, um die Sicherheitsvorteile von Drehgelenkarmen in Umfüllstationen auch anderen Betreibern von Chlortanklageranlagen aufzuzeigen.

- Einbindung der Gaswarnanlage in das Notaussystem

- Einbau von Faile-Safe-Armaturen mit Faltenbalg bei Anlagenteilen für Flüssigchlor mit häufiger Nutzung und bei hohem Druck

- Auslegung der Wasserbehälter in den Verdampfern als Druckbehälter und Einbau von Alarmierungen und einer automatischen Abschaltung der Gaszufuhr bei Chloraustritt aus der Rohrleitungsschlange. (Das deutsche Recht fordert, dass auch die äußeren Behälter drucksicher ausgelegt werden.)

- Fernbedienung wichtiger Sicherheitskomponenten von der zentralen Leitwarte aus

- Aufbau und zusammenhängende Dokumentation eines Sicherheits-Managementsystems zur Abstimmung aller organisatorischen Maßnahmen zur Erhöhung der Anlagensicherheit. Formulierung eines Konzeptes (Unternehmenspolitik) zur Verbesserung der Anlagensicherheit im Betrieb und von konkreten Zielen und kontinuierliche Überprüfung und Auswertung der Zielerreichung. (Kontinuierlicher Verbesserungsprozess).

4.3.3 Langfristige Maßnahmen

- Einbau von 2 Schnelltrenneinrichtungen je Verlader in den flexiblen Anschluss, um bei einer Bewegung des EKW den Fluss des Chlors zu unterbrechen (diese Forderung ergibt sich aus dem deutschen Recht ist aber nicht kurzfristig zu realisieren).

- Einbau von Faile-Safe-Armaturen mit Faltenbalg bei Anlagenteilen für gasförmiges Chlor und bei niedrigem Druck.

- Installation einer Monitorüberwachung für die gesamte Verladestation, nachdem die Eingriffsmöglichkeiten von außen geschaffen wurden.

4.4 Betrieblicher Alarm- und Gefahrenabwehrplan

Von den deutschen Experten wurde ein betrieblicher Alarm- und Gefahrenabwehrplan für die Wasserstation Rubljovo erarbeitet (Anlage 4), der vom Unternehmen auch als interaktive PC-Version genutzt werden kann.

Es wurde eine hohe Übereinstimmung zwischen der europäischen und der russischen Alarmplanung gefunden.

Fragen der Öffentlichkeitsarbeit, wie

- die Einrichtung von Bürgertelefonen
- Pläne für die Arbeit der Unternehmensleitung mit Rundfunk, Fernsehen, Presse im Alarmfall und
- breitere Information zu Handlungen der Bevölkerung im Alarmfall durch die Unternehmensleitung

wurden im Expertenkreis intensivst diskutiert. Beispielhafte Unterlagen aus der deutschen Praxis wurden übergeben.

Es wurden Empfehlungen für die Weiterentwicklung der Alarmplanung in der Russischen Föderation ausgesprochen, insbesondere was die Zusammenführung der sog. „Pläne für die Handlungen“ (plan deistvij) der Katastrophenschutz-Behörden (EMERCOM) mit den Alarmplänen der Betriebe („plan po likvidacij avarijnich situacij PLAS“ von Gosgortekhnadsor) betrifft.

4.5 Gemeinsames deutsch-russisches Dokument zu Sicherheits-managementsystemen

Das Sicherheitsmanagement in den Störfallbetrieben der Russischen Föderation ist weitgehend bestimmt von zentralen für sämtliche Störfallbetriebe geltenden Vorgaben und Vorschriften der Behörde Gosgortekhnadsor. Die Spezifik der jeweiligen Unternehmen berücksichtigende Sicherheitsmanagementsysteme mit einer firmeninternen Sicherheitsphilosophie, mit systematischer interner und externer Auditierung und einem daraus resultierenden kontinuierlichen Verbesserungsprozess, wie sie in der EU praktiziert werden, wurden bisher in Russland nicht eingeführt. Erste Managementsysteme werden für die Bereiche Qualität und Umwelt in den russischen Großunternehmen erprobt.

Im Rahmen des Vorhabens wurde ein gemeinsames deutsch-russisches Dokument zur Einführung von Sicherheitsmanagementsystemen in den Störfall-Betrieben der Russischen Föderation von den verantwortlichen Behörden Gosgortekhnadsor und Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit unterzeichnet und damit ein

entscheidendes Signal für die Modernisierung der Sicherheitsorganisation in den gefährlichen Betrieben der Russischen Föderation gesetzt (Tafel 1). Die Hervorhebung der Leistungsfähigkeit moderner Managementsysteme durch Gosgortekhnadsor muß als Durchbruch für eine Verbesserung des Anlagensicherheitsniveaus in russischen Betrieben bezeichnet werden.

Grundsatzerklärung der deutsch-russischen Expertengruppe des Projekts „Anlagensicherheit im Chlortanklager Rubljovo von Mosvodokanal“

Zur Harmonisierung von Sicherheitsmanagement-Systemen nach den Erfahrungen der Europäischen Union

Die westeuropäischen Erfahrungen der vergangenen Jahrzehnte haben gezeigt, dass Managementsysteme ein ausgezeichnetes Instrument zur Sicherung der Qualität, des Umweltschutzes und der Arbeitssicherheit in modernen Unternehmen darstellen. Das gilt auch für die zielgerichtete Organisation und Dokumentation der gesamten Sicherheitsvorkehrungen in einem gefahrenträchtigen Betrieb.

Sowohl die im internationalen Maßstab durchgeführten Analysen zu den Ursachen schwerer Industrieunfälle als auch die Ergebnisse der im Rahmen des Vorhabens „Anlagensicherheit im Chlortanklager Rubljovo“ durchgeführten Untersuchungen von Störfällen mit dem gefährlichen Stoff Chlor zeigen deutlich, dass Mängel im Sicherheitsmanagement die häufigste Ursache für Betriebsstörungen oder für Störfälle sind.

Diese Erkenntnis war Mitte der 90er Jahre ein wesentlicher Grund für die Neuformulierung der Europäischen Gesetzgebung zur Verhinderung und Bekämpfung schwerer Unfälle. Die Richtlinie der EU 96/82 enthält als neues Element gegenüber der vorausgegangenen Direktive die Forderung nach Installation von Sicherheitsmanagement-Systemen bei gefahrenträchtigen Betrieben sowie deren Überprüfung durch die zuständigen Behörden.

Die Russische Föderation verfügt über große Erfahrungen bei der Organisation und der Leitung der Anlagensicherheit in gefährlichen Betrieben. Den jahrzehntelangen Erfahrungen der staatlichen Überwachungsbehörde Gosgortekhnadsor bei der Umsetzung der Verordnungen und Dekrete ist es zu verdanken, dass die Organisation der Anlagensicherheit in der Russischen Föderation auf einem hohen Niveau stattfindet.

In Russland existieren derzeit Vorschriften zur Organisation und Kontrolle der Anlagensicherheit, deren Einhaltung von den Überwachungsbehörden regelmäßig überprüft werden. Allerdings gibt es derzeit noch kein den modernen Erkenntnissen entsprechendes harmonisiertes Sicherheitsmanagement-System, das es einem russischen Betrieb ermöglicht, eigenverantwortlich und flexibel das Niveau der Anlagensicherheit kontinuierlich zu erhöhen.

In der Europäischen Union wurden in den letzten Jahrzehnten, und insbesondere in den Jahren nach Verabschiedung der SEVESO-II-Direktive 1996 Erfahrungen mit Managementsystemen zur Organisation der Anlagensicherheit in störfallrelevanten Betrieben gesammelt.

Die Erfahrungen des Transformationsprozesses in den ostdeutschen Betrieben Anfang der 90er Jahre zeigen, dass die Stärkung der Eigenverantwortung der Betriebe für die effektive Organisation der Anlagensicherheit wesentlich zu Verbesserungen bei der Sicherheit gefährlicher Anlagen beigetragen hat.

Unter dem Sicherheitsmanagement-System eines Betriebes werden alle dokumentierten Strukturen, Abläufe, Vorkehrungen und Maßnahmen verstanden, die der Verhinderung oder der Begrenzung der Folgen von Störfällen dienen.

Das betrifft entsprechend des Anhangs IIII der SEVESO-II-Richtlinie die folgenden Punkte:

1. Die Organisation und das Personal
2. Die Ermittlung und die Bewertung der Risiken schwerer Unfälle
3. Die Betriebskontrolle
4. Die sichere Durchführung von Änderungen
5. Die Planung für Notfälle
6. Die Qualitätssicherung
7. Die Kontrolle und die Analyse der Effektivität des Sicherheitsmanagement-Systems

Die wesentliche Voraussetzung für die Installation eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses der Anlagensicherheit im Unternehmen ist die Formulierung einer Politik und von konkreten Zielen der obersten Unternehmensleitung.

Die Behörden Gosgortekhnadsor und das Umweltbundesamt Berlin vertreten gemeinsam den Standpunkt, dass die schrittweise Einführung moderner Managementsysteme als neues Element zur Organisation der Anlagensicherheit in der Russischen Föderation, zu einer besseren Sicherheit in den gefahrenträchtigen Betrieben der Russischen Föderation führen wird. Sie streben daher den Wissens- und Erfahrungsaustausch auf diesen Gebieten an und schlagen die Durchführung von gemeinsamen deutsch-russischen Modellvorhaben zur beispielhaften Einführung von gelebten Sicherheitsmanagement-Systems vor.

MinR Dr. H.-J. Pettelkau
Bundesministerium für Umwelt
Naturschutz und Reaktorsicherheit

Dr. A. A. Schatalov
Gosgortekhnadsor
Russische Föderation
Bereich Chemie

Prof. Lohrer
Umweltbundesamt

Dr. B. Ju. Jagud
Zentrum für
Chloranlagensicherheit AO

4.6 Gemeinsames deutsch-russisches Dokument zum Stand der Sicherheitstechnik

Im Rahmen des Vorhabens wurde ebenfalls ein gemeinsames deutsch-russisches Dokument zum Stand der Sicherheitstechnik verabschiedet (Tafel 2). Darin werden die von den deutschen und russischen Experten formulierten zehn Schwerpunkte für die Verbesserung des Standes der Sicherheitstechnik in russischen Chlorlageranlagen in Russland festgeschrieben. Auch hier wurde ein für die Verbesserung des Anlagensicherheitsniveaus in der Russischen Föderation entscheidendes Dokument formuliert, in dem erstmals der Stand der Sicherheitstechnik konkret beschrieben und das Ziel der Harmonisierung mit den Standards der Europäischen Union formuliert wurde.

Grundsatzerklärung der deutsch-russischen Expertengruppe des Projektes „Anlagensicherheit im Chlortanklager Rubljovo von Mosvodokanal“

Zum Stand der Sicherheitstechnik und zu Besten Verfügbaren Techniken für Chlortanklager

Ergebnisse des Vorhabens „Anlagensicherheit im Chlortanklager der Trinkwasserstation Rubljovo (Mosvodokanal MGP)“

In Deutschland gehört die Erfüllung des Standes der Sicherheitstechnik zu den Grundpflichten der Betreiber von gefahrenträchtigen Betrieben. Die deutsche Störfall-Verordnung fordert vom Betreiber, dass die Beschaffenheit und der Betrieb der Anlagen dem Stand der Sicherheitstechnik entsprechen müssen [§3 (4)]. Dieser Stand wurde in Normen und untergesetzlichen sowie in Leitfäden dokumentiert (TRB, Druckbehälter-Verordnung, Leitfaden Ammoniak-Kälteanlagen etc).

Das novellierte Bundes-Immissionsschutzgesetz der Bundesrepublik Deutschland schreibt für bestimmte Anlagen, von denen schädliche Wirkungen auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt befürchtet werden können, die Anwendung bester verfügbarer Techniken vor [§ 67 BImSchG (5)].

In der Russischen Föderation ist seit dem November 1999 die von Gosgortekhnadsor bestätigte Vorschrift: „Sicherheitsregeln bei der Produktion, der Lagerung, dem Transport und der Anwendung von Chlor“ in Kraft (PB 09-322-99 vom 9.11.1999 - N° 81), die für die Produktion, die Lagerung, das Umfüllen, den Transport von Chlor die Sicherheitsanforderungen vorschreibt. Die Anwendung der Vorschrift in der Praxis erfordert in einigen Fällen Investitionen und Importe fortschrittlicher technischer Lösungen aus dem Ausland.

Die nachfolgend genannten allgemeinen Anforderungen werden als die wesentlichen Elemente einer Philosophie zur Erreichung des Standes der Sicherheitstechnik in Chlorlageranlagen angesehen:

1. Die Anwendung von flexiblen Verbindungen zwischen Eisenbahnkesselwagen für Flüssigchlor und den Rohrleitungen zum Chlortanklager, vorzugsweise von Drehgelenkarmen.

2. Die Anwendung von Fail-Safe-Armaturen. Bei einem Ausfall der Medienversorgungen gehen diese automatisch in einen sicheren Zustand.

3. Die Reduzierung von lösbaren Verbindungen auf eine minimal erforderliche Anzahl.

4. Auslegung der druckführenden Teile mit ausreichendem Abstand zum maximalen Betriebsdruck.

5. Entspannungsmöglichkeit bei Rohrleitungsabschnitten in denen Flüssigchlor eingesperrt werden kann in ein geschlossenes System bzw. zur Neutralisation.

6. Materialauswahl entsprechend der Aggressivität von Chlor, insbesondere im Zusammenhang mit Titan.

7. Die Begrenzung der Temperatur auf T< 150°C wegen der Gefahr von Chlor-Eisenbränden.

8. Energienotversorgung mit Einbindung aller sicherheitsrelevanter Einrichtungen (MSR, Not-Aus, Berieselung, Gaswarntechnik, Alarmierung, Absaugung und Chlorneutralisation).

9. Die Vermeidung von Chlorkondensatbildung bei gesättigten Gasen durch Isolation/ Begleitheizung

10. Die Einrichtung von Not-Aus-Systemen, welche die gesamte Anlage und alle Bedieneinrichtungen selbsttätig in einen gefahrlosen Zustand überführen.

Für die detaillierte sicherheitstechnische Auslegung der Anlagen:

- Chlorumfüllstation aus Eisenbahnkesselwagen,
- der Lagertanks,
- der Flüssigchlor-Verdampfer,
- der Neutralisationsanlage sowie
- der Chlordosierung

wurden durch das Expertenteam am Beispiel der Chlorlageranlage von Mosvodokanal in Rubljovo im Rahmen des Vorhabens technische Standards formuliert.

Beide Seiten setzen sich für den Wissens- und Informationsaustausch zu besten verfügbaren Techniken für Chlorlageranlagen und eine Realisierung des 10-Punkte Programms ein. Sie treten für die Intensivierung des Umwelttechnologietransfers zwischen Organisationen der Bundesrepublik Deutschland und der Russischen Föderation ein.

MinR Dr. H.-J. Pettelkau
Bundesministerium für Umwelt
Naturschutz und Reaktorsicherheit

Dr. A. A. Schatalov
Gosgortekhnadsor
Russische Föderation
Bereich Chemie

Prof. Lohrer
Umweltbundesamt

Dr. B. Ju. Jagud
Zentrum für
Chloranlagensicherheit

5. Präsentation und Diskussion der Ergebnisse

Wie die vorausgegangenen Darstellungen bereits gezeigt haben, sind die Zwischenschritte und deren Ergebnisse permanent mit den Mitgliedern von Arbeits- und Expertengruppe sowie Experten in den Ministerien, Behörden und Unternehmen diskutiert worden. Dadurch wurde erreicht, dass sich das Projekt eng an der verabredeten Zielstellung orientierte, aber gleichzeitig eine projektbegleitende, nachhaltige Umsetzung bereits von Zwischenergebnissen eingeleitet werden konnte.

Um die Arbeitsweise und die weitreichenden Zwischenergebnisse aus diesem schwierigen binationalen Projekt auch noch in einem breiteren Kreis diskutieren zu können, wurden in Moskau zwei Seminare durchgeführt sowie im Rahmen eines Besuchs russischer Experten in Deutschland ein Seminar in Darmstadt.

Zu den Moskauer Seminaren waren die Betreiber aller großen russischen Wasserwerke sowie Spezialisten für Anlagensicherheit und Trinkwasserdesinfektion geladen. Das Seminar in Darmstadt galt der Diskussion von Störfallverordnung, Gewässerschutz-Alarmrichtlinie und Organisationsformen mit deutschen Überwachungsbehörden und Institutionen.

5.1 Seminare in Moskau

Die beiden Seminare wurden in der Unternehmenszentrale von Mosvodokanal am

15. März 2001 und
7. Juni 2002

durchgeführt. Die Programme sowie Vorträge zum Abschlußseminar 2002 befinden sich in Anlage 6.

Beide Seminare waren von einer starken Teilnahme faktisch sämtlicher russischer Experten und von einer breiten Publizität geprägt. Jeweils mehr als 180 Teilnehmer aus den Regionen der Russischen Föderation und aus dem nahen Ausland nahmen an diesen deutsch-russischen Vortrags- und Diskussionsveranstaltungen teil. Die Seminare gaben den deutschen und russischen Experten ein breites Forum für den Gedanken- und Informationsaustausch.

Der Vertreter des BMU, Herr Ministerialrat Dr. Pettelkau, gab im Rahmen des Seminars im Juni 2002 dem Fernsehsender TVZ6 ein Interview zu aktuellen Problemen der Anlagensicherheit und der Trinkwasserversorgung, das in der abendlichen Nachrichtensendung gesendet wurde. Vom Seminar 2001 berichtete – ebenfalls in den Nachrichten – der Sender NTV.

Mosvodokanal (mit 16.000 Mitarbeitern einer der wichtigsten Arbeitgeber in Moskau) hat die Ergebnisse des Vorhabens ausdrücklich als sehr positiv gewertet. Sowohl der Generaldirektor, Herr Chramenkov, als auch der erste Stellvertreter des Generaldirektors, Herr Podkovyrov, und der Leiter der Wasserstation und Rubljovo haben sich anlässlich der Seminare positiv zu den Ergebnissen des Vorhabens geäußert und die schnelle Realisierung der gemeinsam erarbeiteten/definierten Aktionsfelder angekündigt.

Aber auch seitens der am Projekt beteiligten Herstellerfirmen für Anlagensicherheitstechnik und Desinfektionsverfahren gab es viel positive Resonanz für die im Rahmen des Projektes bzw. der Seminare eröffneten Möglichkeiten für die Präsentation neuer, sicherer Verfahrensansätze.

5.2 Informationsreise russischer Experten in Deutschland

Eine Informationsreise führte fünf russische Wasseraufbereitungs- und Anlagensicherheitsexperten zu deutschen Chlorlageranlagen, Wasserversorgungsunternehmen und Herstellern (Anlage 7).

Es bestanden vielfältige Möglichkeiten der Entwicklung von direkten Kontakten zwischen den Experten der Unternehmen bzw. von Behörden, die den vom Vorhaben angestrebten breiten Erfahrungsaustausch beförderten.

Im Rahmen der Reise fand beim Regierungspräsidium Darmstadt ein Seminar in Gegenwart des dortigen Regierungspräsidenten und der Anlagensicherheits- und Wasserexperten aus Darmstadt statt.

Zum Seminar waren ebenfalls Vertreter des DVGW Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e.V. und des TÜV geladen, um den gesamten Rahmen der in Deutschland praktizierten Regelungen für Wasserversorgungsunternehmen bis hin zum Gewässerschutz diskutieren zu können.

Insbesondere interessierte der Rahmen und die Ergebnisse des Hessischen **S**onder**P**rogramms **A**nlagen**S**icherheit SPAS, mit dem nach einer Häufung von Störfällen im Jahr 1993 von der Hessischen Landesregierung reagiert wurde. Auch Störfallverordnung und die Gewässerschutz-Alarmrichtlinie mit Rhein-Alarm wurden intensivst diskutiert.

Zum Abschluß der Reise wurde die Gelegenheit genutzt, um bei der Firma EMCO in Kirchhain die Produktionsmöglichkeiten des Gelenkarms zu besichtigen und die letzten Unstimmigkeiten – insbesondere der Anschlussflanschen – zu diskutieren.

6. Umwelt-Technologie-Transfer im Projekt

6.1 Chancen und Wege des Technologie-Transfers

Der Weltgipfel in Rio de Janeiro 1992 und insbesondere der jüngste Weltgipfel in Johannisburg 2002 haben deutlich gemacht, dass die Welt sich vehement auf einen globalen Markt mit weltweitem Wettbewerb zubewegt. Schwellenländer sowie die Ballungszentren in Entwicklungsländern streben mit hohem Engagement an, die Voraussetzungen zur Anpassung ihres Lebens- und Sicherheitsstandards an den der Industriestaaten zu erreichen. Es entstehen beim massiven Aufbau der Industrie Märkte mit hohem Kapital-, Technologie- und Know-how-Bedarf. Der Sektor Umwelt/Ver- und Entsorgung folgt den Industrie-, Verbrauchs- und Konsumgütern mit Konsequenz und starkem Druck aus Bevölkerung und internationaler Gemeinschaft (grenzüberschreitender Umweltschutz).

Allein im Wasserbereich wird der globale Investitionsbedarf bis 2010 von der Weltbank auf rd. 600 Mrd. US$ geschätzt. Auslöser ist die rasant anwachsende Umweltbelastung insbesondere in den Megastädten und –ballungsgebieten, die die Aufbereitung von Rohwasser zu Trinkwasser immer aufwändiger werden lässt.

Der Markt in den Industriestaaten in der Ver- und Entsorgung ist dagegen gesättigt. Die gewaltigen Anstrengungen – insbesondere in Westeuropa - in den zurückliegenden Dekaden haben zu nachhaltigen Regelungen (Gesetze, Verordnungen, Regeln), effizientem Management und optimal angepasster Technologie, bei hoher Qualifikation der Handelnden geführt. Die Kapazitäten aber der Zulieferindustrie und der Dienstleister sind seit langem nicht mehr ausgelastet, weil bei den Betreibern Investitionen in größerem Maßstab nicht erforderlich werden. Durch Sparmaßnahmen und Zusammenschlüssen zu größeren Einheiten ist auch in naher Zukunft keine Trendwende zu erwarten.

Im Einzelnen ist der Markt der Ver- und Entsorgung in Industrieländern einerseits sowie Schwellen- und Entwicklungsländern andererseits folgendermaßen (Tafel 3) zu charakterisieren:

Tafel 3

Industrieländer	**Schwellenländer und Ballungszonen der Entwicklungsländer**
• Geringer Investitionsbedarf, weil Ver- und Entsorgungsstrukturen in hoher Qualität annähernd komplett ausgebaut sind	• Hoher Investitionsbedarf, weil alte Ver- und Entsorgungsstrukturen und die Sicherungssysteme den neuen Anforderungen nicht mehr gewachsen sind und die Industrie- und Bevölkerungsentwicklung zusätzliche Anforderungen stellt
• Der gesamte Bereich arbeitet auf hohem Niveau und mit großer Zuverlässigkeit - nach anerkannten Regularien - mit zuverlässiger Technik - mit gut geschultem Management und - mit optimal ausgebildetem Personal	• Der Bereich hat keine Tradition; entsprechend niedrig sind Niveau und Zuverlässigkeit: - die Produktions- und Betriebsprozesse sind oft nicht nachvollziehbar/reproduzierbar - die eingesetzten Materialien und technischen Geräte sind oft schadhaft und arbeiten unzuverlässig, - geeignete Managementstrukturen fehlen und - das Personal ist schlecht ausgebildet
• Kapazitäten der meist kleinstrukturierten Zuliefer- und Dienstleistungsunternehmen sind nicht ausgelastet	• Es fehlen qualifizierte Produzenten, Dienstleister und Planer
• Deutsche Unternehmen der Ver- und Entsorgung sind überwiegend klein- und mittelständisch organisiert. Ein internationales Engagement stößt auf Schwierigkeiten	• Bei den anstehenden Projekten handelt es sich oftmals um Großprojekte, die entsprechende Investitionen sowie Bau- und Betreiberpotential erfordern. Angebote aus einer Hand werden gefordert
• Preise sind in der Regel kostendeckend → gute Finanzausstattung	• Preise sind in der Regel nicht kostendeckend → schlechte Finanzausstattung
• Auch Aufträge der öffentlichen Hand (Infrastruktur) sind deutlich zurückgegangen	• Über Entwicklungsbanken und internationale Fonds stehen Helder zur Verfügung, um Investitionen in Gang zu setzen. Zunehmend ist aber das privatwirtschaftliche Engagement aus Industrieländern gefordert (PPP Public, Private, Partnership)

Charakterisierung der Situation in der Wasserwirtschaft in Industrie- und Schwellenländern

In Schwellen- und Entwicklungsländern besteht durch Gesetzgebung sowie durch Industrie und Bevölkerung großer Druck, die Infrastruktur- bzw. Umweltprobleme der Ver- und Entsorgung kurzfristig kompetent zu lösen. Es wächst in diesem Zusammenhang die Bereitschaft, die Lösung mit Technologie und Know-how aus Industrieländern zu suchen, da man weiß, dass dieser Weg der schnellste ist, um zu akzeptierten Verhältnissen zu kommen.

Durch Technologie-Transfer können mehrere Entwicklungsphasen übersprungen werden, ohne dass eigene Entwicklungsarbeit und Entwicklungskosten erforderlich sind.

Am Technologie-Transfer sind aber auch die Industrieländer interessiert, weil es dadurch gelingt, auf geraume Zeit im eigenen Land vorhandene Produktionskapazitäten auszunutzen und Arbeitsplätze zu sichern.

Technologie-Transfer fordert aber auch immer einen Wissens-/Informations-Transfer, um einerseits Technologien richtig einzuordnen und einzusetzen und um andererseits die Menschen zu „entwickeln“, die die neue Technologie bedienen müssen.

Zur Förderung und Unterstützung der Technologie-Transfers haben sich mehrere gangbare und sich ergänzende Instrumente herausgestellt:

- Technologie-Transfer durch Aufbau von Verkaufs- und Bietergemeinschaften. Dadurch können Nachteile der meist kleinstrukturierten Betreiber und Produzenten der deutschen Wirtschaftszweige auf internationalen Märkten ausgerichtet werden.

- Technologie-Transfer mit Unterstützung durch Bundes- und Landesorganisationen, z.B.

  - Besuchsreisen von Bundes- und Landesministerien zu Zielmärkten mit Kontaktforen für mitreisende Industrievertreter (vornehmlich Klein- und Mittelbetriebe)

  - Einrichtung von Unterstützungsbüros in Zielmärkten in Zusammenarbeit mit Botschaften, Auslandshandelskammern usw.

  - Einrichtung von Trust Funds und Sicherung von Auslandskrediten

- Durchführung von FuE-Vorhaben in Zielmärkten
- Unterstützung von Referenz- und Pilotanlagen
- Unterstützung von Projektentwicklungen z.B. Förderung von Vorstudien für Großprojekte
- „Transfer über Köpfe“ z.B. durch Förderung von Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen
- Förderung der Zusammenarbeit von Fachverbänden
- Förderung des Engagements in internationalen Verbänden
- Förderung des Einsatzes von Management- und Betriebsberatern
- Förderung des Transfers von Normen und Standards
- usw.

- Technologie-Transfer durch Einsatz von Marketinginstrumenten, wie z.B.
  - Fach- und Werbezeitschriften für Zielmärkte
  - Produkt- und Dienstleistungsportals
  - Durchführung von Kongressen, Symposien und Schulungsveranstaltungen

Im Rahmen des vorliegenden Projekts sind viele der genannten Instrumente zur Steigerung des Technologie-Transfers zum Einsatz gekommen, so dass die Expertengruppe der festen Überzeugung ist, dass der Technologie-Transfer nachhaltig gefördert wurde.

Neben dem Einfluß des Projekts auf die russische Gesetz- bzw. Normengebung und dem Anstoß, Sicherheitsphilosophien zu überdenken, sind insbesondere die folgenden konkreten Projektschritte zu nennen:

- Auf Initiative der Expertengruppe des Vorhabens erklärte sich das deutsche Unternehmen EMCO Wheaton GmbH (Kirchhain) bereit, die Verbindung zwischen dem Eisenbahnkesselwagen und dem Tanklager mit

einem flexiblen Drehgelenkarm gemäß dem deutschen Stand der Sicherheitstechnik auszustatten (s. auch Punkt 6.2).

- Die Erneuerung der vorhandenen und veralteten Flüssigchlor-Verdampferanlagen erfolgte im Verlaufe des Projektes aufgrund von Vorschlägen der Projektgruppe.

- Die Erstellung einer Schulungs- und Informationsbroschüre und deren Verbreitung bzw. Umsetzung ist eine nachhaltige Initiative zur Steigerung des Technologie-Transfers (s. auch Punkt 6.3).

6.2 Lieferung eines Drehgelenkarms für die Chlorverladung aus Eisenbahnkesselwagen

Für ausgewählte und wichtige Vorhabensinhalte – insbesondere solche aus dem Maßnahmenkatalog (Anlage 3) - konnten über die geplanten Ziele hinausgehende Ergebnisse erreicht werden.

So insbesondere beim Umwelttechnologietransfer. Durch die Installation eines **Drehgelenkarmes für die Chlorverladung** aus Eisenbahnkesselwagen in die Chlorlagertanks der Chlortanklageranlage von Rubljovo als erstmalige Einführung dieser *Besten Verfügbaren Technik* (BAT - Best Available Technology) innerhalb der Russischen Föderation. Die Substitution der bisher in Russland angewandten starren Rohranschlüsse durch Drehgelenkarme bedeutet eine Erhöhung des Anlagensicherheitsniveaus für die Chlorabfüllstation Rubljovo.

Sie ist als Pilotvorhaben für nahezu alle großen Chlorlageranlagen der Russischen Föderation beispielgebend. Demonstrationen der Vorteile dieser Technologie durch die staatliche Überwachungsbehörde Gosgortekhnadsor für russische Betreiber von Chlorlageranlagen sind geplant und werden zu einer weiteren Verbreitung dieser neuen Technik in Russland führen.

Erfolgreich wurde dieser Teilabschnitt deshalb, weil mit äußerster Konsequenz eine Realisierungskonzeption umgesetzt wurde, die folgende Elemente hat:

1. Wissenstransfer zu Gesetzen und Normen über Informationsgespräche, -reisen, die Übersetzung von wichtigen Gesetzen und Dokumenten, gemeinsame Seminare, Expertenrunden etc.

2. Diskussion der europäischen Erfahrungen mit den Experten aus den russischen Unternehmen, Behörden und Ministerien.

3. Berücksichtigung der europäischen Erfahrungen in den russischen Gesetzen und Normen durch die am Vorhaben beteiligten russischen Experten. Die seit 2000 gültige russische Norm für Chloranlagen sieht die Anwendung flexibler Verbindungen beim Entladen von Eisenbahnkesselwagen vor.

4. Einladung interessierter deutscher Firmen zu Präsentationsveranstaltungen/ Workshops/ Seminaren zur Anlagensicherheit bei Chloranlagen in der Russischen Föderation.

5. Herstellung von Firmenkontakten zu russischen Behörden und russischen Entscheidungsträgern durch vielfältige Maßnahmen innerhalb des Vorhabens (Seminare, Workshops, Firmenpräsentationen).

6. Gespräche der Experten des Projektes mit der Firmengeschäftsführung über die potenziellen Chancen am russischen Markt.

7. Recherche der Marktchancen für die Produkte dieser Firmen gemeinsam mit den russischen Experten und mit den Verantwortlichen aus den Behörden und Ministerien.

8. Freie Lieferung einer Demonstrations- bzw. Pilotanlage durch das jeweilige deutsche Unternehmen mit Unterstützung der russischen Behörden. Die russische Seite sollte dabei die Transportkosten und die Kosten für die Zollfreimachung der Ware übernehmen.

9. Sicherung einer breiten Publizität für die Maßnahme durch die Demonstration der Vorteile für die Betreiber vergleichbarer Anlagen am Beispiel bzw. durch die Verbreitung der Erfahrung über Vorträge auf Konferenzen, Tagungen, Seminaren etc.

10. Einführung der fortschrittlichen Technologie in weiteren Anlagen in den Regionen der gesamten Russischen Föderation. Der Firma EMCO Wheaton liegen aus der Russischen Föderation zahlreiche Anfragen für Verladeanlagen vor – davon sind z.Zt. 3 Anlagen fest bestellt.

Vorteilhaft wirkte sich hier die auf lange Zeiträume ausgerichtete Politik des Umweltministeriums und des Umweltbundesamtes sowie der langfristige Beratungsansatz zur Anlagensicherheit für den gefährlichen Stoff Chlor aus. Durch die langfristig ausgerichtete Beratung gelang eine intensive auf persönlichen Kontakten basierende Kooperation zur Anlagensicherheit in der chlorverarbeitenden, -erzeugenden und –lagernden Industrie für die Russische Föderation. Ferner gelang es dadurch, wesentliche Fortschritte beim Umwelttechnologietransfer zu realisieren und mit den russischen Experten einen intensiven Gedankenaustausch zu führen. Der direkte persönliche Kontakt stellt für das gelingen einer Zusammenarbeit mit den osteuropäischen Staaten eine wichtige Voraussetzung dar.

Ebenfalls wichtig ist die Einbettung eines derartigen sensiblen Transferprojekts in den durch Fachverbände und Behörden dargestellten inhaltlichen Konsens. Im vorliegenden Projekt ist dies in Deutschland über DVGW Deutsche Vereinigung des Gas und Wasserfaches e.V. und FIGAWA Bundesvereinigung der Firmen im Gas- und Wasserfach e.V. sowie das Regierungspräsidium in Darmstadt erfolgt, in Russland über Gosgortekhnadsador und RAWW Russische Vereinigung für Wasserversorgung und Abwasserableitung.

Wichtige konkrete Leistungen bei der Durchsetzung des Konzepts für den Transfer des Gelenkarms waren:

- Die Übersetzung der novellierten StörfallV (Stand Mai 2000), der dazugehörigen Verwaltungsvorschriften und der technischen Normen zur Chlorlagerung, -dosierung und anderer Dokumente aus dem Deutschen in die russische Sprache.

- Informationsreisen der russischen Experten zu den Chlortanklageranlagen unterschiedlicher Größe und mit unterschiedlichen Sicherheitskonzepten (BASF, Hoechst, Gelsenwasser, Wiesbaden u.a.m.) in den Jahren 1999 und 2002

- Die Einführung der Forderung nach flexiblen Verbindungen in Chlorumfüllstationen zwischen Eisenbahnkesselwagen und Rohrleitungen zu den Lagertanks in die von der russischen Überwachungsbehörde Gosgortekhnadsor novellierte russische Norm für Chlorlageranlagen {Regeln für die Sicherheit bei der Erzeugung, Lagerung, dem Transport und der Anwendung von Chlor; PB 09-322-99; Moskva 2000}. Die Autoren dieser Norm (B. Ju. Jagud

(Chlorbesopasnost), A. A. Schatalov (Leiter des Bereichs Chemie bei Gosgortekhnadsor) waren Teilnehmer am Vorhaben und konnten sich im Rahmen des Vorhabens ein Bild von den Sicherheitskonzepten für deutsche Anlagen machen.

- Präsentationsveranstaltungen für deutsche Unternehmen im Rahmen von deutsch-russischen Beratungsprojekten (Maikammer 1999, Moskau 2001, Moskau 2002)

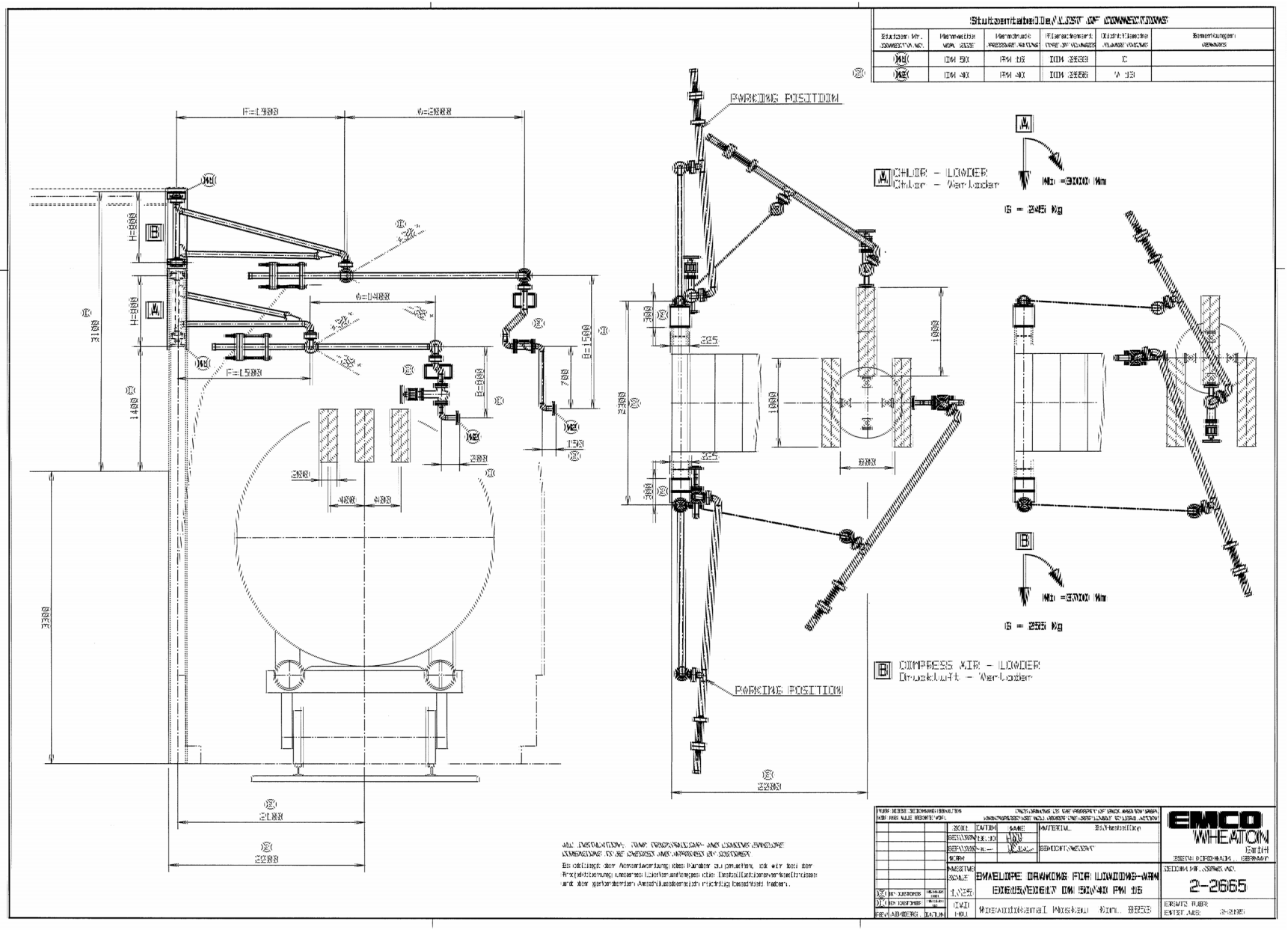
- Kontaktherstellung zwischen Mosvodokanal und der Firma EMCO Wheaton auf dem Seminar im März 2001

- Beratungen der Experten und der Projektleitung mit der Geschäftsführung von EMCO in Kirchhain im Mai 2001 und Januar 2002

- Austausch über die Konstruktionsunterlagen zwischen der Firma EMCO und Mosvodokanal

- Lieferung des Drehgelenkarmes im August 2002 (Bild 3)

- Präsentationsveranstaltung organisiert durch Gosgortekhnadsador, GGTN im Oktober 2002


Stutzentabelle/LIST OF CONNECTIONS
Stutzen Nr. CONNECTION NO.
Nennweite NOM. SIZE
Nenndruck PRESSURE RATING
Flanschenart TYPE OF FLANGES
Dichtflasche FLANGE FACING
Bemerkungen REMARKS
DN 50
PN 16
DN 3633
C
DN 40
PN 40
DN 3656
V 13
PARKING POSITION
CHLOR - LOADER
Chlor - Verlader
Mb =3000 Nm
G = 245 Kg
Mb =3700 Nm
G = 255 Kg
COMPRESS AIR - LOADER
Druckluft - Verlader
ALL INSTALLATION, TANK TRANSPORTATION AND LOADING ENVELOPE CONNECTIONS TO BE CHECKED AND APPROVED BY CUSTOMER.
Es obliegt der Verantwortung des Kunden zu prüfen, ob wir bei der Projektierung unseres Lieferumfanges die Destillationsverwaltnisse und der gehandelten Anschlussbereich richtig beachtet haben.
ENVELOPE DRAWING FOR LOADING-ARM
EXGUS/EXGLT DN 50/40 PN 16
Moskovskaya Moskau Kon. 8853
EMCO WHEATON GmbH
2-2665

6.3 Technologie-Transfer mit der Schulungs- und Informationsbroschüre zum Stand von Wissenschaft und Technik bei Desinfektionsverfahren

Eine Schulungs- und Informationsbroschüre, die den Stand aller möglichen Wasserdesinfektionsverfahren beschreibt, wurde erstellt und ins Russische übersetzte (Anlage 8).

Mit den russischen Experten – insbesondere von RAWW und IRB – wurden Gespräche zur Durchführung von Schulungen und zur Verbreitung der Broschüre geführt. Für Schulungen wurde dabei der folgende Rahmen vereinbart:

- Die Broschüre wird im freien Verkauf zu 150 Rubel angeboten. Dadurch werden Druck, Marketing und Vertrieb finanziert.

- Schulungen werden nicht nur in Moskau sondern auch in der Provinz angeboten (z.B. Nishni Nowgorod, St. Petersburg, Krasnodar, Jekatarinenburg und Novosibirsk). Es werden alle Wasserver- und –entsorger der Region eingeladen.

- Inhalte der Schulungen:
  1. Hygieneaspekte
     Unterlagen: Die im Projekt erarbeitete Broschüre
  2. Sicherheit von Chloranlagen
     Verwendete Unterlagen sind:
     - „Leitfaden zum sicheren Umgang mit Chlor“
     - „Sicherheitstechnik für Chloranlagen“
     - „Maßnahmekatalog zur Erhöhung der Anlagensicherheit“
     - „Alarm- und Gefahrenabwehrplan.
     Die erste Unterlage wurde im Jahr 2000 erstellt. Die anderen im Rahmen des vorliegenden Projekts.
  3. Neue Methoden der Trinkwasserdesinfektion
     Unterlage: Die im Projekt erarbeitete Borschüre

- Bei den Schulungen werden Experten von Herstellern als Referenten eingebunden.

- Schulungen sollen sich wirtschaftlich selbst tragen. Falls dies nicht gelingt, soll Hilfestellung bei Industrie und Politik erfragt werden.

7. Zusammenfassung und Ausblick

Die Mehrheit der russischen Trinkwasserversorgungsunternehmen desinfiziert das Rohwasser derzeit durch das Verfahren der Chlorung des Oberflächenwassers aus Flüssen mittels Chlorgas. Die starke Chlorung des Rohwassers hat eine insgesamt hohe Chlorfracht der Flüsse in den Unterläufen mit den bekannten negativen Gesundheits- und Umweltauswirkungen zur Folge (z.B. durch die Bildung von chlororganischen Verbindungen).

Andererseits stellen die am Stadtrand von Moskau befindlichen großen Chloranlagen des Versorgungsunternehmens Mosvodokanal ein hohes dar und gefährden Mensch und Umwelt.Störfallrisiko.

Im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung in der Russischen Föderation sollten im Rahmen dieses Vorhabens Maßnahmen zur Verringerung der von den großen Chlormengen ausgehenden Gefahren erarbeitet werden.

Basierend auf einer detaillierten Gefahrenanalyse für die Chlorungsstation des Wasserwerkes Rubljovo von Mosvodokanal wurde eine Liste von 33 kurz-, mittel- und langfristigen technischen und organisatorischen Maßnahmen zur Verringerung des Störfallrisikos herausgearbeitet. Teile davon wurden bzw. werden bereits umgesetzt.

Die Erkenntnisse des umfangreichen Erfahrungsaustausches, der im Rahmen des Vorhabens realisiert wurde, mündeten in der Formulierung zweier strategischer Dokumente zur Weiterentwicklung der deutsch-russischen Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Anlagensicherheit. Erstmalig konnten gemeinsame Standpunkte zu den Fragen „Stand der Sicherheitstechnik für Chlortanklageranlagen“ und zu „Sicherheitsmanagementsystemen“ dokumentiert und von autorisierten Behördenvertretern verabschiedet werden.

Durch das Vorhaben konnte die weitere Entwicklung der russischen Anlagensicherheitsgesetzgebung, der Normen und Vorschriften zum Umgang mit Chlor auf eine Harmonisierung mit der Gesetzgebung der Europäischen Union gelenkt werden.

Angestrebt wird von russischer Seite (Gosgortekhnadsor, Emercom), insbesondere die Richtlinie der Europäischen Union RL 96/82 (Seveso-II-

Richtlinie) und die darauf basierenden Gesetze, Normen und Bestimmungen auf weitere Anwendbarkeit in der Russischen Föderation zu untersuchen.

Es ist damit zu rechnen, dass eine Novellierung des russischen Gesetzes für Anlagensicherheit erfolgen wird. Nach Angaben der russischen Experten werden sich aus den Diskussionen und den Ergebnissen des vorliegenden Projektes die folgenden Punkte niederschlagen:

- Einführung von Sicherheitsmanagementsystemen

- Einführung unterer Schwellenwerte für die Erfüllung der Einfachen Pflichten von störfallrelevanten Unternehmen

- Information der Öffentlichkeit zur Störfallrelevanz des betreffenden Unternehmens

- Domino-Effekte bei benachbarten Unternehmen

- Einheitlicher Alarm- und Gefahrenabwehrplan anstelle mehrerer nicht mit einander abgestimmter Pläne

- Berücksichtigung der potenziellen Auswirkungen von Störfällen bei der Flächennutzungsplanung

- Nutzung der Erfahrungen bei den von der Europäischen Union entwickelten Dokumenten über Beste Verfügbare Technologien (IVU-Richtlinie, BAT, BREF-Dokumente) für den Umwelt-Technologie-Transfer in die Russische Föderation.

- Beschreibung des Standes der Sicherheitstechnik durch weitere russische Normen.

Die Mehrheit der Störfälle sind auf Mängel in der Organisation der Anlagensicherheit zurückzuführen. Nach der Auffassung der am Vorhaben beteiligten Experten bestehen derzeit die größten Reserven für die Verbesserung des Niveaus der Anlagensicherheit in der Russischen Föderation bei der Modernisierung der bestehenden Sicherheitsmanagementsysteme und der Angleichung der hierfür geltenden Normen und Gesetze an westeuropäische Standards.

Gleichzeitig wird von russischen Experten häufig darüber geklagt, dass für die Erhöhung der Anlagensicherheitsniveaus die finanziellen Mittel fehlen würden. Die Veränderungen des Sicherheitsmanagements in den Störfallbetrieben könnten jedoch bei entsprechender sachkundiger Anleitung und Schulung durch eigenes Personal realisiert werden. Derartige Maßnahmen bedürfen keiner Devisen sondern können aus eigenen Mitteln und Ressourcen bestritten werden,. Sie bedürfen nicht Imports von Technologien oder von Anlagenkomponenten sondern nur des Transfers von Wissen und Know-how. Der erzielbare Effekt für das Anlagensicherheitsniveau könnte vergleichsweise groß sein.

Es ist die Auffassung der Experten des Vorhabens, dass dieses Potenzial in der Russischen Föderation noch zu wenig genutzt wird. Künftige gemeinsame deutsch-russische Projekte sollte die positiven westeuropäischen Erfahrungen bei der Erhöhung der Anlagensicherheit mit Sicherheitsmanagementsystemen nutzen und über Besuche, Workshops, Seminare z.B. zur Verbreitung der diesen Systemen zu Grunde liegenden Ideen und Erfahrungen beitragen.

Das Vorhaben konnte desweiteren wichtige konkrete Beiträge zum Umwelt-Technologie-Transfer leisten. Dies betrifft vor allem die erstmalige Lieferung eines flexiblen Drehgelenkarmes zur Chlorverladung sowie die Erstellung einer Schulungs- und Informationsbroschüre, mit der zukünftig russische Experten zum sicheren Umgang mit Chlor und möglichen Alternativen zur Desinfektion von Trinkwasser und Abwasser geschult werden können.

Die Experten des Projekts waren sich einig, dass Seminare unter Beteiligung von Herstellerfirmen ein guter Ansatz zur Förderung von Informations- und Technologie-Transfer sind.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Ergebnisse des Projekts geeignet sind,

- die Sicherheitstechnik und das Sicherheitsmanagement in der Russischen Föderation zu entwickeln,

- den Umwelt-Technologie-Transfer zu fördern,

- den anlagenbezogenen Gewässerschutz auszubauen und

- die Zusammenarbeit zwischen den deutschen und russischen Fachbereichen „Wasserwirtschaft“ und „Anlagensicherheit“ zu entwickeln.

Verzeichnis der Anlagen

1. Sicherheitsbericht für die Chlorungsstation Rubljovo

2. Stand der Sicherheitstechnik für Chlorlageranlagen in Deutschland

3. Maßnahmenkatalog zur Erhöhung der Anlagensicherheit in der Chlorungsstation Rubljovo

4. Alarm- und Gefahrenabwehrplan für die Chlorungsstation Rubljovo

5. Ausgesuchte Beispiele von Havarien bei Produktion, Lagerung, Transport und Anwendung von Chlor in Russland in den Jahren 1996 bis 2000

6. Präsentation der Ergebnisse in zwei Seminaren

7. Besuchsbericht über die Informationsreise

8. Schulungs- und Informationsbroschüre Desinfektionsverfahren

9. Bericht zu den Begehungen der Chloranlagen für die Trinkwasseraufbereitung in Koroljov und die Abwasserbehandlung in Serpuchov mit Anregungen zur Verbesserung der Anlagensicherheit

10. Lagebeschreibung des Transformprozesses im Bereich Wasserwirtschaft (Dr. Shukov, Prsädient RAWW)

11. Herangezogene Gesetze, Verordnungen, Technische Regeln und sonstige Schriftstücke

Anlage 1

Sicherheitsbericht
nach § 9 der StörfallV

der Chloranlage
in der Rublevsker Wasserversorgungsstation

Vorhaben:

„Modellhaftes technologisches Konzept für die Verbesserung der Sicherheit bei der Chlorlagerung am Beispiel eines Moskauer Großwasserwerkes in Verbindung mit Maßnahmen zur Verbesserung des anlagenbezogenen Gewässerschutzes“

UBS-FKZ 380 01 005

Euro Institute for Information and Technology Transfer in Environmental Protection GmbH

Sicherheitsbericht nach § 9 der StörfallV

der Chloranlage in der Rublevsker Wasserversorgungsstation

Inhaltsverzeichnis

0 Revisionsnachweise 5

1 Einleitung 6

1.1 Darstellung des Betriebsbereiches 6

1.2 Gefahrenpotenziale im Betriebsbereich 6

2 Informationen über das Managementsystem und die Betriebsführung .. 7

2.1 Gesamtziel und allgemeine Grundsätze 7

2.2 Organisation und Personal 8

2.3 Ermittlung und Bewertung der Gefahren von Störfällen 8

2.4 Überwachung des Betriebes 8

2.5 Sichere Durchführung von Änderungen 9

2.6 Planung für Notfälle 9

2.7 Überwachung der Leistungsfähigkeit des SMS 9

2.8 Systematische Überprüfung und Bewertung 9

3 Umfeld des Betriebsbereiches 10

3.1 Angaben zur Wasserversorgungsstation 10

3.2 Verzeichnis der Anlagen und Tätigkeiten 11

3.3 Gefahrenbereiche 11

4 Beschreibung der Anlagen 12

4.1 Anlagenbeschreibung 12

4.1.1 Chlorverladestation 12
4.1.2 Chlorlager 12
4.1.3 Chlorverdampferstation 13
4.1.4 Chlorvernichtungsanlage 13
4.1.5 Nebenanlagen 13
4.2 Gefahrenanalyse 13

4.3 Verfahrensbeschreibung 14

4.3.1 Verfahrensgrundzüge 15
4.3.2 Verfahrensabläufe 15
4.4 Stoffbeschreibung 17

4.4.1 Stoffverzeichnis 17
4.4.2 Stoffmerkmale 18
4.4.3 Stoffverhalten 19

5 Ermittlung und Analyse der Risiken von Störfällen und Mittel zu Verhinderung solcher Störfälle 20

5.1 Störfallbetrachtungen 20

5.1.1 Allgemeines 20
5.1.2 Annahmen zu Störfallszenarien 21
5.1.3 Beschreibung der Szenarien und Eintrittsvoraussetzungen 22
5.2 Störfallauswirkungen 23

5.3 Störfallverhindernde Maßnahmen 24

5.3.1 Vorkehrungen zur Verhinderung der Freisetzung des Stoffes Chlor: 24
5.3.2 Vorkehrungen zur Vermeidung einer ernsten Gefahr 25

6 Schutz und Notfallmaßnahmen zur Begrenzung der Auswirkungen von Störfällen 25

6.1 Störfallbegrenzende Maßnahmen 25

6.1.1 Umhausung 25
6.1.2 Gaswarnanlage 25
6.1.3 Wasserberieselungsanlage 26
6.1.4 Gasabsaugungs- und Chlorgasvernichtungsanlage 26
6.1.5 Druckabblasesystem 26
6.1.6 Notbehälter 26
6.2 Alarmplan und Notfallmaßnahmen 26

6.3 Beschreibung der Mittel für den Notfall 27

6.3.1 Interne Notfallmittel 27
6.3.2 Externe Notfallmittel 27

7 Zusammenfassung 27

Anhänge

Anhang 1	Quellenverzeichnis
Anhang 2	Lageplan, Darstellung des Betriebsbereiches
Anhang 3	Gefahrstoffliste
Anhang 4	Organigramm Geschäftsführungsebene
Anhang 5	Ausbreitungsrechungen
Anhang 6	Tabellen Gefährdungsanalysen
Anhang 7	Apparatelisten
Anhang 8	Gesamt R+I-Fließbild (Chlorlagerung,Chlorneutralisation und Entladung)
Anhang 9	R+I Fließbild Entladung
Anhang 10	Alarm- und Gefahrenabwehrplan
Anhang 11	Liste mobiler Notfallmittel
Anhang 12	Maßnahmenkatalog

Bemerkung

Die Anhänge 2,4,8,9,10 wurden von Betreiber nicht zur Verfügung gestellt.

Anhang 10 „Alarm- und Gefahrenabwerplan“ wurde als gesondertes Papier erarbeitet.

0 Revisionsnachweise

Nach § 9 der StörfallV hat der Betreiber den Sicherheitsbericht sowie das Konzept zur Verhinderung von Störfällen und das Sicherheitsmanagementsystem – SMS -

1. mindestens alle 5 Jahre,
2. bei einer Änderung
   a) des Betriebsbereiches
   b) eines Verfahrens, bei dem ein gefährlicher Stoff eingesetzt wird,
   c) der Menge, Art oder physikalische Form eines gefährlichen Stoffes

   gegenüber den Angaben im Sicherheitsbericht,
3. zu jedem anderen Zeitpunkt, wenn neue Umstände dies erfordern, oder um den neuen sicherheitstechnischen Kenntnisstand sowie aktuellen Erkenntnissen zur Beurteilung von Gefahren zu berücksichtigen,

zu überprüfen. Soweit sich bei der Überprüfung nach Satz 1 herausstellt, dass sich erhebliche Auswirkungen hinsichtlich der mit einem Störfall verbundenen Gefahren ergeben könnten, hat der Betreiber den Sicherheitsbericht sowie das Konzept zur Verhinderung von Störfällen und das SMS unverzüglich zu aktualisieren.

Zum Nachweis der Änderungen, bzw. Ergänzungen sind die Aktualisierungen in nachfolgender Tabelle durch Datum und Unterschrift zu bestätigen.

Rev. Nr.	Stand	Aktualisierungsbe-merkungen	Datum Unterschrift
Rev. 0	05/01	Erstausgabe	02.05.01
Rev.1			
Rev.2			
Rev.3			
Rev.4			
Rev.5			
Rev.6			

1 Einleitung

Die in der Wasserversorgungsstation Rublevsk vorhandene Menge an gelagertem Chlor überschreitet die in Spalte 5 Anhang I der StörfallV vom 26.4.2000 genannte Menge von 25 t. Damit sind die erweiterten Pflichten zu erfüllen, zu denen u.a. die Erstellung eines Sicherheitsberichtes gehört.

1.1 Darstellung des Betriebsbereiches

Der im Rahmen dieses Berichtes relevante Betriebsbereich nach StörfallV bzw. nach § 3 Abs 5a BImSchG muss von den eigentlichen Werksgrenzen des Wasserwerkes unterschieden werden. Es handelt sich dabei um unterschiedliche Betrachtungsweisen auch wenn vielfach ähnliche oder gleichlautende Begriffe verwendet werden.

Die Darstellung des Betriebsbereiches ist dem beiliegenden Lageplan (Anhang 3) zu entnehmen, aus dem die äußeren Grenzen sowie die einzelnen Anlagen ersichtlich werden.

Die Betrachtungen müssen sich auf die Bereiche in denen Chlor gehandelt wird beschränken, da weite Bereiche nur der Wassergewinnung und -speicherung dienen und im Sinne der Störfallbetrachtungen nicht relevant sind. Expliziet enthalten sind die Chlorentladungsstation, das Chlorlager sowie die Chlordosieranlage. Weiterhin müssen die Bereiche der Infrastruktur in den mit Chlor gehandelt wird einbezogen werden. Dies sind die Hypochloridanlage, die Gleisanlage sowie das gesamte Rohrleitungssystem für Chlorhaltige Gase.

1.2 Gefahrenpotenziale im Betriebsbereich

Im Betriebsbereich ist als relevanter Stoff nach Anhang I zur StörfallV nur Chlor zu nennen. Alle weiteren Stoffe die im Anhang genannt werden und im Betriebsbereich vorhanden sind liegen unterhalb der Bagatellgrenze von 2% der jeweiligen Mengenschwelle.

Es ist prinzipiell zwischen den Grundpflichten bei Überschreitung der Mengenschwelle Spalte 4 Anhang I StörfallV und damit der grundsätzlichen Anwendung der StörfallV und den erweiterten Pflichten bei Überschreitung der Mengenschwelle Spalte 5 und damit im Wesentlichen der Erstellung eines Sicherheitsberichtes zu unterscheiden.

Die größte Menge Chlor befindet sich im Lagerbereich, der über 9 Tanks mit einem maximalen Volumen von 40 m³ je Tank verfügt. Insgesamt ist die Lagerkapazität auf 250 t flüssigen Chlor begrenzt. Die Lagertanks befinden sich innerhalb eines Gebäudes in separaten, unterirdischen Räumen.

Die nächst größte zusammenhängende Menge Chlor befindet sich in der Verladeeinrichtung während der Verladung mit maximal zwei EKW´s mit einem Fassungsvolumen von 2 x 57 t flüssigem Chlor.

Weitere Mengen Chlor befinden sich in den Leitungen zwischen Entladung und Lager sowie zur Wasserchlorungsstation und zur Chlorvernichtungsanlage. Die Mengen sind jedoch vergleichsweise gering.

2 Informationen über das Managementsystem und die Betriebsführung

Es muss festgestellt werden, dass die Rublevsker Wasserversorgungsstation derzeit noch kein Sicherheitsmanagementsystem im Sinne der StörfallV bzw. vergleichbar eines Qualitäts- bzw Umweltmanagementsystems hat. Die grundsätzlichen Sachverhalte existieren, jedoch fehlen eine Reihe von Organisationsstrukuren und der für ein Management spezifische Regelkreislauf. Zum Aufbau eines funktionsfähigen und ausgereiften Systems bedarf es erfahrungsgemäß einige Zeit und einen erheblichen Aufwand. Hilfreich bei diesen Arbeiten kann der Forschungsbericht Nr. 296 48 422 im Auftrage des Umweltbundesamtes zu „Sicherheitsmanagement bei kleinen und mittleren Unternehmen“ angesehen werden. Er gibt eine Reihe von wichtigen Hinweisen und enthält eine umfangreiche Checkliste zu allen Teilaspekten des Sicherheitsmanagementsystems und des hierbei erforderlichen Handbuches.

Die nachfolgende Kapitel stellen die Grundsätze der vorhandenen Betriebsorganisation des Betriebsbereiches dar. Die Teilanlagen der Wassergewinnung und -speicherung sind nicht störfallrelevant und werden innerhalb des Konzeptes nicht weiter behandelt.

Das Konzept zur Verhinderung von Störfällen und das Sicherheitsmanagementsystems (SMS) als Führungsfunktion des Betreibers muß sich mit allen Aspekten der Sicherheit befassen.

Es beinhaltet als Grundsatzprogramm die Zielvorstellung der Unternehmensleitung hinsichtlich Struktur, Organisation, Aufgabenverteilung und Sachkompetenz der für das Managementsystems verantwortlichen Stellen.

Alle Risiken lassen sich als Störfallpotenziale auffassen, die das Verwirklichen der Unternehmensziele in Frage stellen können.

Ziel des Konzeptes zur Verhinderung von Störfällen und des SMS soll es sein, die Störfallpotenziale zu erfassen und auf ein ungefährliches, akzeptables Restpotenzial zu reduzieren.

2.1 Gesamtziel und allgemeine Grundsätze

Die Sicherheit der Anlage und die gesicherte Trinkwasserversorgung der Bevölkerung stellen die Gesamtziele des Unternehmens dar. Die Sicherheit der Chloranlagen schließt die Verhinderung von Störfällen entsprechend der Zielsetzung der Störfallverordnung mit ein.

Grundsatz zur Erreichung dieser Zielsetzung ist eine hohe Qualifikation der Mitarbeiter um Fehlbedienungen zu vermeiden und in kritischen Situationen richtig handeln zu können. In technischer Hinsicht, steht die Funktionalität der Anlage im Vordergrund und es wird entsprechend den Gegebenheiten Vorort ein höherer Augenmerk auf störfallbegrenzende Maßnahmen gelegt.

2.2 Organisation und Personal

Herr x ist der zuständigen Behörde bekanntgegebene Person für alle genehmigungsbedürftigen und hierbei auch störfallrelevanten Anlagen des Betriebsbereiches und damit auch verantwortliche Person zur Wahrung aller Pflichten, die sich für den Betriebsbereich ergeben. Zur Erfüllung dieser Pflichten ist im Rahmen der Organisationsstruktur ein Verantwortlicher zur Bekämpfung von Störfallen bestellt worden.

Grundsätzlich gilt, dass das Bedienpersonal der einzelnen Anlagen zur Verhinderung von Störfällen im Rahmen ihrer Möglichkeiten verpflichtet sind, jedoch nur wenn sie sich dadurch nicht selber in Gefahr bringen. Alle weiteren Maßnahmen obliegen der Feuerwehr und dem Einsatzstab entsprechend der Notfallplanung.

Schulung

Erstunterweisungen und regelmäßige Unterweisungen werden durch die Leiter in Zusammenarbeit mit dem Russian centre chlorine safety koordiniert. Die Mitarbeiter werden vor der Aufnahme der Arbeiten im Chlorbetrieb sowie jährlich wiederkehrenden Prüfungen unterzogen. Erst nach bestandenen Prüfungen und damit dem Nachweis der Fachkenntnis ist die Beschäftigung im Betrieb zulässig.

Die Ermittlung des Schulungsbedarfs erfolgt hinsichtlich festgelegter Vorschriften (UVV/Befähigungsnachweise etc.) durch den jeweiligen Leiter. Zusätzlicher Schulungsbedarf wird aufgrund von Beobachtungen der jeweils Vorgesetzten mit dem Leiter abgestimmt.

2.3 Ermittlung und Bewertung der Gefahren von Störfällen

Die Identifikation und Bewertung der wesentlichen Gefahren im Betriebsbereich wurden hinsichtlich des Gefahrenpotentials Chlor untersucht. Es wurden unterschiedliche Gefahrensituationen betrachtet und im Rahmen von Ausbreitungsberechnungen ist die Schwere und die Eintrittswahrscheinlichkeit bewertet worden.

2.4 Überwachung des Betriebes

Zur Durchführung eines sicheren Betriebes existieren in jedem Bereich spezifische Arbeitsanweisungen und Betriebsvorschriften für die Bedienung, Wartung und Instandhaltung.

Im Leitstand wird für jede Anlage die relevanten Parameter und Störmeldungen angezeigt. Die Anlagen werden durch das Bedienpersonal in regelmäßigen Abständen begangen. Zusätzliche Begehungen werden durch das Instandhaltungspersonal durchgeführt, um Abweichungen und ein Reparaturbedarf frühzeitig zu erkennen. Eine Fernbedienung vom Leitstand aus ist nicht möglich.

2.5 Sichere Durchführung von Änderungen

Bei jeglichen Änderungen an bestehenden Anlagen oder Verfahren im Betriebsbereich sind die Mitarbeiter der Expertenteams eingebunden.

Kleinere Änderungen werden innerhalb der Instandhaltungsabteilung organisiert und überwacht, die Expertenteams werden mit einbezogen.

2.6 Planung für Notfälle

Im Betrieb liegt ein Alarm und Gefahrenabwehrpaln vor.

2.7 Überwachung der Leistungsfähigkeit des SMS

Da bisher noch kein fertiges SMS vorliegt, existiert auch noch kein System zur Überwachung der Leistungsfähigkeit.

Die Auswertung von Unfällen und Beinahe- Unfällen sowie die Auslösung und Verfolgung von Korrekturmechanismen obliegt der Unternehmensleitung. Eine statistische Auswertung derartiger Unfälle liegt vor.

Innerhalb der Bereiche werden bei täglichen bzw. wöchentlichen Besprechungen die vorgefallenen Unfälle oder Beinaheunfälle direkt ausgewertet.

Jeder Bereich ist für sich dafür zuständig, das alle Betriebs- und Arbeitsanweisungen sinnfällig und angemessen vorhanden sind.

2.8 Systematische Überprüfung und Bewertung

Naturgemäß kann hierfür noch keine Festlegung existieren, da noch kein Sicherheitsmanagement existiert.

Als ersten Schritt zur Überprüfung der Wirksamkeit des Konzeptes können die regelmäßigen Begehungen in den einzelnen Bereichen, die u.a. auch eine Bewertung der Ergebnisse und Einflußnahme auf erforderliche Änderungen beinhalten, angesehen werden.

Mit der Erarbeitung des SMS und des Sicherheitsberichtes muss ein Verfahren zur regelmäßigen systematischen Bewertung des Konzeptes zur Verhinderung von Störfällen und der Wirksamkeit und Angemessenheit des SMS eingerichtet werden.

3 Umfeld des Betriebsbereiches

3.1 Angaben zur Wasserversorgungsstation

Die Rublevsker Wasserstation liegt im Westen von Moskau im Bereich des Autobahnringes und verfügt über eine Gesamtfläche von ca 1,76 km². Sie wurde 1903 in Betrieb genommen und hat die Aufgabe der Reinigung und Aufbereitung von Oberflächen- und Quellwasser bis zur Trinkwasserqualität sowie die Förderung nach Moskau im Rahmen der Anforderungen der Wasserversorgung. Chlor wird seit 1965 zur Aufbereitung und Desinfektion verwendet. Die letzte Rekostruktion erfolgte 1991.

Der Betrieb ist nordöstlich von der Ortschaft Rublevo und von Südwest bis Südost durch Waldgebiet umgeben. Im West und Nordwesten fließt die Moskva.

Gefährdete Personen

Die Station verfügt über eine Personalstärke von 765 Mitarbeitern wobei sich maximal 500 Mitarbeiter gleichzeitig auf dem Gelände befinden (stärkste Schicht). Weiterhin befinden sich Fremdfirmen mit maximal 375 Mitarbeitern auf dem Gelände. Im Südosten befindet sich ein militärisch genutztes Gebiet in dem sich ca. 160 Personen aufhalten. (genauere Angaben befinden sich im Anhang)

Die Wohnbebauung in der näheren Umgebung kann wie folgt angegeben werden

Objekt	Entfernung	Richtung
Ortschaft Rublevo (8500 EW	ca. 1,2 km	Nordöstlich
Wohngebiet Krilatskoje	ca. 4,2 km	Nordöstlich
Wohngebiet Strognino (ca 8500 EW/km²)	ca. 5,2 km	

Tabelle 1: Entfernung Chloranlage zu Wohnbebauungen

Meterologische, geologische und hydrographische Besonderheiten

Erdbeben? ,Hochwasser?, Aussentemperaturen (max-min),

Beschaffenheit des Untergrundes?

Grundwasserspiegel? Nähe des Flusses

3.2 Verzeichnis der Anlagen und Tätigkeiten

Als sicherheitsrelevanter Teil des Betriebsbereiches (SRB) kann nur die gesamte Chloranlage angesehen werden. Darüberhinaus bestehen keine störfallrelevanten Anlagen.

Auf dem Gelände befindet sich neben den reinen Wasserspeicher und Förderanlagen als sicherheitsrelevante Anlagenteile des Betriebsbereiches (SRA):

1. das Chlorlager
2. die Chlorentladeeinrichtung
3. die Chlorverdampfung und –dosierung
4. die Chlorreinigung bzw. Hypochloridanlage

Die laut TAA-GS-24 als Richtwerte für sicherheitsrelevante Anlagenteile vorgeschlagenen Mengenschwellen von 50 kg sind hierbei eindeutig überschritten.

Als Tätigkeiten bei denen die Gefahr eines Störfalles besteht ist zu nennen:

- Die Entladung von Chloreisenbahnkesselwagen
- Die Lagerung von druckverflüssigtem Chlor und
- Die Verdampfung und weiterverwendung des Chlor sowie
- der Transport von gasförmigen und flüssigem Chlor und
- die Umwandlung von Chlor in Hypochlorid in einer Gaswäsche

Eine detaillierte Beschreibung der Anlagen und Verfahrensschritte folgt in Kapitel 4.

Bezug zu Lageplan erforderlich

3.3 Gefahrenbereiche

Neben dem gesamten Betriebsbereich der von einem Störfall in Form eines Chlorgasaustrittes betroffen ist, wurde eine engere Schutzzone (Zone 1) von 40 m um das Chlorlager definiert und eine zweite Schutzzone (Zone 2) von 1 km bis zur nächsten Wohnbebauung.

Die Zone 1 wird durch eine um das Chlorlager verlaufende Schutzmauer begrenzt. Der Zugang wird durch Wachpersonal kontrolliert und ist nur dem geschulten Personal unter Mitführung von Schutzmasken gestattet.

Die Zone 2 bezieht den Bereich bis zur nächsten Wohnbebauung ein. Hier wird vor der Gefahr gewarnt und der Aufenthalt ist in diesem Bereich für die Öffentlichkeit nicht gestattet.

Über diese Zone hinaus wird nicht von einer Gefahr für die Bevölkerung ausgegangen.

4 Beschreibung der Anlagen

4.1 Anlagenbeschreibung

Die gesamte Anlage besteht aus der Verladestation in der über Eisenbahnkesselwagen flüssiges Chlor angeliefert und über ein Rohrleitung in verschiedene Lagertanks umgefüllt wird. Zur Chlorung des Wassers wird nachfolgend flüssiges Chlor aus den Lagertanks entnommen und über eine Verdampferstation in gasförmiges Chlor umgewandelt. Für Notfälle bei denen es zum Austritt von Chlor kommt, existiert eine Chlorvernichtungsanlage in der Chlorhaltige Gase in Hypochloird umgewandelt werden können.

4.1.1 Chlorverladestation

Die Verladestation besteht einer Leichtbauhalle in die bis zu zwei Eisenbahnkesselwagen mit einem maximalen Fassungsvolumen von 57 t eingefahren werden können. Die beiden EKW´s stehen hintereinander auf einem gemeinsamen Gleis und werden vor der Verladung durch Hemmschuhe und Bremsen auf ihrer Position fixiert. Über ein Bühne wird der obenliegenden Domdeckel und die darin befindlichen Eckventile des EKW erreicht. Die Verbindung zwischen EKW und Anlage erfolgt über starre Rohrleitungen mit einem Nenndurchmesser von 32 mm. Es werden eine Verbindung vom anlagenseitigen Druckluftkompressor in den EKW und zwei vom EKW abführende Chlorleitungen aufgebaut. Im Bereich der Verladebühne kann über Manometer das Druckniveau der Druckluftversorgung sowie der Druck in den Chlorleitungen überwacht werden. Für Notfälle kann über ein Ventil chlor in die Vernichtungsanlage entspannt werden.

4.1.2 Chlorlager

Das Chlorlager befindet sich ungefähr in einer Entfernung von 100 m zur Verladestation und ist über zwei über eine ca. 5m hohe Rohrleitungsbrücke laufende Rohrleitungen verbunden.

Das Lager ist im Keller eines separaten Gebäudes aufgebaut und verfügt über 9 Behälter wobei 5 Behälter über ein Volumen von 35 m³ und die Restlichen über 40m³ verfügen. Jeder Behälter ist in einem separaten Raum mit Auffangwanne aufgestellt und ist über eine vom gemeinsamen Bediengang abgehende Tür zugängig. Die Ausrüstung besteht aus zwei auf einem Wechselbalken mit vorgeschalteter Berstscheibe aufgebauten Sicherheitsventilen, einer gravimetrischen und einer schwimmergesteuerten Füllstandsmessung sowie einer örtlichen Druckanzeige. Vom Bediengang aus ist der Füllstand und der Druck ersichtlich und die Absperreinrichtungen am Behälter können über eine mechanische Verlängerung bedient werden.

4.1.3 Chlorverdampferstation

Rohrleitung zum Verdampfer ?

Zur Chlorung des Wassers wird gasförmiges Chlor benötigt, so daß das in den Behältern vorliegende flüssige Chlor nach Bedarf einer Verdampferstation zugeführt wird. Hier wird das Chlor parallel auf 3 Rohrschlangenverdampfer verteilt. Das flüssige Chlor läuft über Rohrschlangen in einen Behälter mit heißem Wasser und verdampft in einem zentral angeordneten Expansionsrohr. Das Wasser wird in einem eigenen Kreislauf elektrisch erhitzt. Nachfolgend wird das nunmehr gasförmige und mit geringen Druck vorliegende Chlor durch eine Kondensationsfalle geleitet. Zur Dosierung des Chloreintrages in das Wasser werden über Schwebekörperdurchflussmesser ein definierter Zufluss zu den Injektoren eingestellt.

4.1.4 Chlorvernichtungsanlage

Für Notentspannungen chlorführender Leitungen die manuell erfolgen oder auch für chlorhaltige Gase die bei Leckagen über ein vorhandenes Absaugsystem aufgenommen werden, ist eine Chlorvernichtungs bzw -neutralisationsanlage aufgebaut worden. Sie besteht aus einem Wäscher in Titanausführung in dem das Chlorgas mit Natronlauge im Gegenstrom in Kontakt gebracht und dabei zu Hypochlorid umgewandelt wird. Die Natronlauge wird in einem Vorlagebehälter in einer 17%igen Lösung vorgehalten und kann bei Bedarf über zwei weitere Behälter mit 40%iger Lösung nachgespeist werden. Die Reaktionsfähigkeit der Natronlauge wird bei den regelmäßigen Begehungen auf der Grundlage des Redoxpotentials überprüft. Die Anlage geht selbstständig in Betrieb sobald Chlor in den zuführenden Leitungen dedektiert wird. Die Kapazität der Anlage ist auf den Inhalt eines Ekw´s mit rund 60t flüssigem Chlor ausgelegt. Eine Messung der Temperatur im Wäscher besteht nicht.

4.1.5 Nebenanlagen

Drucklufterzeugung und Trocknung

Zur Gewährleistung eines Stoffstromes zwischen EKW und Behälter wird der EKW mit Druckluft beaufschlagt, welches zuvor getrocknet wurde. Hierzu befindet sich in einem der Verladestation angeschlossenem Gebäude ein Kompressor mit nachgeschalteter Packung aus Silikagel. Der Kompressor wird während des Betriebes ständig beaufsichtigt und die Funktion der Trocknung wird über eine Taupunktsmessung mit kontinuierlichem Schreiber überwacht

4.2 Gefahrenanalyse

Die Gefahrenquellen die zu einem Störfall führen können wurden im Rahmen einer systematischen Analyse nach dem Checklistenverfahren (VdTüv-Forschungsvorhaben FE 315) im Zusammenhang mit den jeweiligen Störfalleintrittsvoraussetzungen und den spezifischen störfallverhindernden Maßnahmen untersucht und sind im Anhang 7 dokumentiert. Auf eine Quantifizierung der Risiken wurde verzichtet.

Die Angabe von Wahrscheinlichkeiten ist nach dem Verständnis der deutschen Störfallexperten wenig hilfreich. Quantitative Methoden haben sich in Deutschland bei der Erstellung oder Begutachtung von Sicherheitsanalysen nicht durchgesetzt. Wesentliche Gründe hierfür sind, daß sie keine ausreichende Praxisnähe zeigen und daß vor allem die für die quantitative Auswertung notwendigen Eingangsdaten (Komponentenausfallraten) meist nicht in genügender Qualität verfügbar sind. Zumeist werden die Daten aus völlig differierenden Industriezweigen übenommen und sind damit ungeeignet. Der Aufwand für die Erstellung solcher Analysen steht damit in keinem Verhältnis zum Nutzen.

Die Seveso-II-Richtlinie sowie die StörfallV fordern die Erfüllung des Standes der Sicherheitstechnik. Erst auf dieser Basis und der spezifischen Betrachtung der einzelnen Anlage kann die Aussage der Sicherheit einer Anlage erfolgen.

Bei der Auswahl der im Rahmen von Ausbreitungsrechnungen zu betrachtenden Störfällen wurde jedoch bekannte Schwachstellen und die Wahrscheinlichkeit des Eintretens in Kombination mit den möglichen Auswirkungen berücksichtigt.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß die wesentliche Gefahrenquelle der vorliegenden Anlage die Stoffreisetzung ist. Diese Gefahrenquelle basiert entweder auf einem mechanischen Versagens der Umschließung, auf unkontrollierten Vorgängen in der Anlage oder auf menschlichen Versagen. Der Brand oder eine Explosion ist nur untergeordnet zu sehen und stellt eher eine Eintrittsvoraussetzung dar. Zu nennen ist in diesem Zusammenhang die Gefahr des Chlor-Eisenbrandes und die Ansammlung von Wasserstoff durch Teilkondensation im System.

Als Eintrittsvoraussetzungen wurden Fertigungs- und Dimensionierungsfehler sowie Schäden durch innere und äußere Belastungen betrachtet. Weiterhin stellen Fehlbedienungen und Reaktionstörungen weitere Eintrittsvoraussetzungen für Störfälle dar. Die detaillierten Angaben und Zusammenhänge zwischen Gefahrenquelle/Eintrittsvoraussetzung und verhindernde Maßnahmen befinden sich im Anhang 7.

Als störfallverhindernde Maßnahmen muss die Dimensionierung und Fertigung nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik sowie der hohe personelle Aufwand für die Überwachung, die Wartung und Instandhaltung der Anlagen angeführt werden. Ausgehend vom Stand der Sicherheitstechnik ergeben sich aus der Analyse jedoch weitere erforderliche Maßnahmen, die in den Tabellen im Anhang 7 rot gekennzeichnet sind und im Anhang 8 innerhalb eines Maßnahmenplanes zusammengefasst werden.

4.3 Verfahrensbeschreibung

Der technische Zweck der Gesamtanlage ist die Desinfektion und Aufbereitung von Trinkwasser durch die Zugabe von Chlor. In diesem Zusammenhang wird in den störfallrelevanten Bereichen Chlor aus Eisenbahnkesselwagen umgefüllt, flüssig gelagert, und zur Verwendung verdampft.

4.3.1 Verfahrensgrundzüge

Zur Erreichung des technischen Zweckes werden die nachfolgend genannten Verfahrensschritte durchgeführt.

- Lagern (Chlorlagerbehälter),
- Verdampfen zur Bereitstellung von gasförmigen Chlor (Verdampfer)
- Transport von Chlor in Rohrleitungen (aus der EKW-Anlieferung in die Chlorlagerbehälter, sowie vom Behälter über den Verdampfer zur Verwendung),
- Umwandlung von Chlorgasen unter Zugabe von Natronlauge zur Hypochlorid (Chlorneutralisationsanlage)
- Chlorung des Wassers über Injektoren

4.3.2 Verfahrensabläufe

Lagerung

Die Lagerung des flüssigen Chlors erfolgt bei Umgebungstemperatur, so daß sich ein Druck entsprechend der Dampfdruckkurve des Chlors einstellt. Der mittlere Betriebsdruck liegt bei 4,5 bar. Bei 40 °C wird der maximale Druck von 10,5 bar erreicht.

Die Behälterüberwachung und -steuerung erfolgt durch eine zentrale betriebliche Kontrollwarte. Hier werden die Behälterdrücke sowie der jeweilige Füllgrad angezeigt. Bei Drucküberschreitung und Hoch- bzw. Tiefstand im Behälter erfolgt eine Alarmierung.

Verdampfung

Die Weiterverarbeitung des Chlor erfolgt gasförmig, so daß eine Umwandlung des flüssiggelagerten Chlores in drei nachgeschalteten Verdampfer erfolgt. Die Abnahme wird druckgeregelt und ist an den Füllstand der Behälter gekoppelt.

Aus den Lagerbehältern wird über die Regelventile flüssigchlor in die Verdampfer zudosiert. Das flüssige Chlor fließt in parallel geführte Rohrspiralen von oben in einem mit Warmwasser durchströmten Behälter abwärts, erwärmt sich dabei und mündet in einem zentral gelegenem Expansionsrohr in dem das Chlor vollständig verdampft und nach oben abgezogen wird. Sobald am unteren Ende des Expansionsrohres flüssiges Chlor dedektiert wird, wird die Einspeisung unterbrochen. Das sich an der Sole des Expansionsrohres gesammelte flüssige Chlor wird aufgefangen und in die Neutralisation abgegeben.

Das Wasser wird in einem Vorlagebehälter elektrisch erhitzt und mit Hilfe von Pumpen den Verdampfern zugeführt. Das Chlorgas wird mit einem Druck von x bar zur Weiterverwendung bereitgestellt.

Befüllen der Lagerbehälter

Das über Eisenbahnkesselwagen angelieferte Chlor wird über zwei Rohrleitung 5.30.1 und 5.30.2 DN 60 zu insgesamt 9 parallel angeordneten Lagerbehältern geführt. Hierzu werden maximal 2 EKW´s auf dem vorhandenen Gleisanschluß rangiert und in ihrer Position über Gleisschuhe fixiert.

Die Verbindung zwischen EKW und Rohrleitungssystem der Anlage erfolgt über starre Rohrleitungen DN 32. Es existieren pro EKW-Abfüllkopf drei Verbindungsleitungen. Eine Verbindung zur Zugabe von getrockneter Pressluft und zwei für die Entnahme von flüssigem Chlor.

Nach Herstellung der Verbindungen und Öffnen der EKWseitigen Ventile wird getrocknete Druckluft in den EKW geleitet und das flüssiges Chlor durch den Druckunterschied dem jeweilig zugeschalteten Behälter zugeführt. Die Druckluft wird über einen Kompressor erzeugt, der aus der Atmosphäre ansaugt und wird anschließend über eine Trocknerpackung aus Silicagel geleitet. Während des Abfüllvorganges ist ein Mitarbeiter nur mit der Überwachung des Kompressors und der Trocknung beschäftigt.

Bei Erreichung des angestrebten Füllvolumes des jeweilgen Lagerbehälters wird die Zufuhr manuell abgesperrt und der Leitungsweg zum nächsten Behälter freigeschaltet. Die Befüllung wird bis zur vollständigen Entleerung des EKW´s und bis zu dem Zeitpunkt an dem sich nur noch gasförmiges Chlor/Luftgemisch in den Rohrleitungen befindet durchgeführt. Anschließend werden die Transportleitungen über die Neutralisationsanlage entspannt.

Hypochlorsystem

Die Chlorlagerbehälter sowie die Verladestation und die vor- und nachgeschalteten Rohrleitungen sind mit einer Hypochloranlage verbunden. Durch Handentspannungen kann Chlor der Anlage zugeführt und dort in einer Kolonne neutralisiert werden.

Das Verfahren arbeitet mit 10 % iger Natronlauge.

Der Verfahrensablauf sieht vor, daß Chlorgas unten in die Kolonne (3) eintritt und im Gegenstrom Natronlauge von oben aufgegeben wird. Danach wird das chlorfreie Abgas durch zwei Ventilatoren (8) in die Atmosphäre abgegeben. Die erforderliche Natronlauge wird über zwei Zirkulationsbehältern (5) und den zugeordneten Pumpen (7) am Kopf des Turmes über die Füllkorper aufgegeben und am Boden abgezogen. Zwei Vorlagebehälter (4) mit 42%iger Natronlauge, welche ebenfalls über EKW angeliefert wird, dienen zur Nachspeisung bei Verbrauch in den Vorlagen. Eine Temperaturüberwachung zur Kontrolle der Erwärmung der Mischlösung in den Kolonnen existiert nicht.

Die sich am Boden der Kolonnen sammelnde Reaktionlösung wird über einen Flüssigkeitsverschluss wieder den Zirkulationsbehältern zugeführt. Es befindet sich immer einer der Zirkulationsbehälter (A oder B) eines Kreislaufes in Betrieb und der zweite steht mit frischer Lauge in Reserve. Sobald die kontinuierliche Redoxpotentialmessung den Verbrauch der Lauge anzeigt, wird auf den zweiten Behälter umgeschaltet und das erzeugte Hypochlorid wird abgepumpt. Anschließend wird aus dem Vorlagebehältern (4) Frischlauge aufgefüllt.

Chemismus:

$$\mathbf{Cl_2 + 2\ NaOH = NaCl + NaClO + H_2O.}$$

(Natriumhypochlorit, NaClO)

Natriumhypochlorit ist das Salz der Hypochloräure (Salze: Chlori**t**e im Gegensatz zu den Chlori**d**en der Salzsäure). Die Reaktionsmischung darf sich dabei nicht zu sehr erwärmen, da es sonst zur Chloratbildung kommt.

Die Salzlösung zersetzt sich langsam unter Sauerstoffentwicklung NaClO = NaCl+ O, was insbesondere durch Metallionen begünstigt wird. Deshalb werden die Behälter mit Hypochlorit immer entlüftet (Druckaufbau).

Chlorung des Wassers

Der Zufluss des gasförmigen Chlors wird über Schwebekörperdurchflussmesser manuell eingestellt. Über einen Injektor in dem Wasser und Chlor in Kontakt gebracht werden, erfolgt die eigendliche Chlorung des Wassers. Dies erfolgt bei Drücken nahe dem Umgebungsdruck.

4.4 Stoffbeschreibung

4.4.1 Stoffverzeichnis

Bei dem im bestimmungsgemäßen Betrieb gelagerten und zur Verteilung gelangenden Stoff handelt es sich ausschließlich um Chlor.

Allgemeine Stoffdaten

Summenformel	Cl2
CAS-Nr.	7782-50-5
Molekulargewicht (g/mol)	70,91
Siedepunkt (°C/1013 hPa)	-34,05
Schmelzpunkt (°C)	-100,98
Dampfdruck (bar)	
• bei 20 °C	6,731
• bei 30 °C	8,8
• bei 50 °C	14,27
Dichte bei 0 °C, 1013 mbar (g/l)	3,213
Relative Gasdichte bez. auf Luft	2,49
Kritische Temperatur (°C)	144,0
Kritischer Druck (bar)	77,0

1 hPa entspricht 1 mbar; 1 ppm Chlor (= 1 ml Chlor/m3) entspricht bei 20 °C und 1013 hPa 2,95 mg Chlor/m3

Menge der Stoffe

Gasspeicherung

Die Menge des gespeicherten Gases wurde auf der Grundlage einer Dichte von 3,213 kg/m^3 wie folgt ermittelt:

Teilanlage	Geometrisches Volumen	Gasvolumen V_n	Menge (begrenzt)

5 Lagerbehälter TK 701 A-C	5 X 35 m³	8.092 m³ (bei Umgebungs-druck)	5 X 26.000 kg
4 Lagerbehälter TK 701 D	4 X 40 m³	9.337 m³ (bei Umgebungs-druck)	4 x 30.000 kg
Gesamt	335 m³	77.809 m³ (bei Umgebungs-druck)	**250.000 kg**

Tabelle 3: Ermittlung der Stoffmengen Gasspeicherung

Gasverteilung

Der Volumeninhalt der Rohrleitungen ist vergleichsweise gering gegenüber dem der Lagerbehälter. Deshalb werden die Rohrleitungen in der Betrachtung der Gesamtmenge nicht berücksichtigt.

4.4.2 Stoffmerkmale

Bezeichnung der Stoffe

Unter Normalbedingungen ist Chlor ein gelbgrünes, stechend riechendes Gas. Es ist giftig und nicht brennbar.

Chlor ist eines der reaktionsfähigsten Elemente. Es wirkt stark oxidierend und reagiert bereits bei Normaltemperatur mit zahlreichen Elementen und vielen organischen und anorganischen Verbindungen zum Teil sehr heftig unter starker Wärmeentwicklung.

Oft spielt dabei die Anwesenheit geringer Feuchtigkeitsmengen eine entscheidende Rolle. So greift z. B. völlig trockenes Chlor bei Normaltemperatur Eisen oder Kupfer nicht an, Chlor mit geringen Feuchtigkeitsspuren wirkt stark korrodierend auf diese Metalle.

Trockenes Chlor kann dagegen bei Normaldruck und Temperaturen über 170 °C mit Eisen in Form von unlegiertem Stahl unter Bildung von Eisenchlorid reagieren. Durch die dabei auftretende Reaktionswärme kann unter Feuererscheinung ein »Chlor-Eisen-Brand« entstehen. Mischungen von Chlor mit anderen Gasen können explosionsfähige Gemische (z. B. »Chlorknallgas« mit Wasserstoff) oder Reaktionsprodukte (z. B. Stickstofftrichlorid mit Ammoniak) bilden.

In der Technischen Regel Druckgase »Technische Gasgemische« (TRG 102) ist zusammengestellt, welche Gase mit Chlor gemischt bzw. wegen gefährlicher Reaktionen nicht gemischt werden dürfen. Gefährliche Reaktionen sind möglich mit Wasserstoff, Ammoniak, Schwefeldioxid, Schwefelwasserstoff, Butadien, Ethylenoxid, Cyanwasserstoff usw.

Auch Gemische von gasförmigem und flüssigem Chlor mit bestimmten Kohlenwasserstoffen, Alkoholen, Estern, Ölen, Lösemitteln, Silikonölen und Silikonkautschukmassen können explosionsfähig sein. Das gilt insbesondere auch für Schmieröle und Fette, ausgenommen bestimmte chlorbeständige Öle und Fette, z. B. perflourierte Polyether.

Ebenfalls heftig und unter starker Erwärmung reagiert Chlor mit alkalischen Lösungen (z. B. Natronlauge, Sodalösung und Kalkmilch) unter Bildung von Hypochloriten, Chloriden und Chloraten.

In Wasser, wässeriger Salzsäure und verschiedenen organischen Lösemitteln wie Chlorbenzolen, Nitrobenzol, Dimethylformamid ist Chlor gut bis sehr gut löslich.

Mit Wasser bildet Chlor unterhalb +10 °C feste grüngelbe Chlorhydratkristalle.

Zustand der Stoffe

Der Stoff Chlor liegt in den Teilanlagen in flüssig- bzw. gasförmigem Zustand vor. Die Phasenübergänge entstehen hauptsächlich vor Eingang in die Lagerung in der Chlorverflüssigungsanlage sowie ausgangseitig am Chlorverdampfer. In der restlichen Anlage stellt sich ein Phasengleichgewicht entsprechend den Druck- und Temperaturverhältnissen sowie den Partialdrücken bei der Entladung ein.

Die Lagerung erfolgt im flüssigen Zustand und bei Umgebungstemperatur.

Siedetemperaturen bei verschiedenen Drücken:

2 bar	5 bar	10 bar	20 bar
-17,2 °C	10 °C	35 °C	64,2 °C

(Stoffdaten fürt Cl2 aus VDI Wärmeatlas)

Technisches Chlor hat üblicherweise eine Konzentration von ca. 99,5 Masse-% Cl_2, ca. 0,04 Masse-% H_2O und ca. 0,004 Masse-% N_2Cl_2.

4.4.3 Stoffverhalten

Wirkungsdaten

Index-Nr.	017-001-00-7	
EWG-Nr.	231-959-5	
MAK-Wert		
• in ml/m3 (ppm)	0,5*)	
• in mg/m3	1,5*)	
Spitzenbegrenzung	1	
Atemschutz	Atemschutz Gasfiltertyp B, Kennfarbe grau (DIN EN 141, insbesondere als Fluchtfilter) oder Isoliergeräte (siehe Abschnitt 7.4.2)	
Geruchsschwelle	0,02 - 1,0 ml/m3 (für gesunde Personen)	
Einstufung		
• Gefahrensymbol:	T (giftig)	Xi (reizend)
• R-Sätze:	R23	R 36/37/38
Kennzeichnung		
• Gefahrensymbol:	T (giftig)	
• S-Sätze:**)	S(1/2)-7/9-45	

*) Ein Risiko der Fruchtschädigung braucht bei Einhaltung des MAK-Wertes nicht befürchtet zu werden.

**) Die angegebenen Sicherheitsratschläge beziehen sich ausschließlich auf Stoffe; bei Zubereitungen sind die Sätze nach den Maßgaben der Gefahrstoffverordnung auszuwählen.

Sicherheitstechnische Kenndaten

Es sind keinerlei Kenndaten zu Explosions- bzw. Brandgefahren des reinen Stoffes bekannt. Chlor ist unbrennbar und Explosionen sind nicht zu befürchten. Bekannte Reaktionen sind jedoch die o.g. Chlorknallgasbildung und der Chlor-Eisenbrand.

5 Ermittlung und Analyse der Risiken von Störfällen und Mittel zu Verhinderung solcher Störfälle

5.1 Störfallbetrachtungen

5.1.1 Allgemeines

Der Zweck der Abschätzung von Störfallszenarien besteht nicht vordergründig in der Ermittlung exakter Zahlenwerte z. B. für Gefahrenbereiche. Vielmehr soll eine Bewertung der auftretenden Gefahren und das Ausarbeiten begründeter notwendiger Maßnahmen anhand der Auswirkungen ermöglicht werden.

Die Szenarien behandeln mögliche, nicht vernünftigerweise auszuschließende Unfälle. Es werden abdeckende Szenarien formuliert. Das bedeutet, dass die möglichen Auswirkungen kleinerer Freisetzungen, z. B. durch Undichtheiten an Flanschen oder Armaturen jeweils geringer als bei den betrachteten Szenarien sind.

Für die den Abschätzungen zugrundeliegenden Eingaben wird vom konkreten Zustand der betrachteten Anlage, von den realisierten wirksamen Maßnahmen und Vorkehrungen, von den Erfahrungen des Betreibers sowie von Erfahrungen aus gleichartigen Anlagen ausgegangen.

Es wird vom Vorhandensein ernster Gefahren ausgegangen, wenn irreversible Gesundheitsschäden beim Menschen außerhalb der Betriebsgrenzen auftreten können. Begründet wird diese Festlegung dadurch, dass im Betrieb ausreichende Kenntnisse der Gefahren, das Vorhandensein von Schutzmitteln und ein entsprechendes Verhalten der Mitarbeiter vorausgesetzt werden können. Außerhalb der Betriebsgrenzen ist diese Feststellung nicht ohne weiteres möglich. Als Maßstab für das Vorliegen einer Ernsten Gefahr wird die Referenzkonzentration - der ERPG 2 Wert definiert. Dies ist durch die deutsche Störfallkommission als Vorgehensweise bestätigt. Vergleichsweise kann das AEGL-Konzept hinzugezogen werden, was sich derzeit noch in der Diskussion befindet und daher noch nicht bestätigt und allgemein Verwendung finden. Im Falle des Stoffes „Chlor“ unterscheidet sich der ERPG 2 nicht vom AEGL 2 Wert. Er beträgt in beiden Fallen 3 ppm.

Die Eintrittswahrscheinlichkeit der Unfälle nach den formulierten Szenarien wird qualitativ eingeschätzt. Dabei wird zwischen der Einschätzung „nach dem Maßstab der technischen Vernunft durch die realisierten Vorkehrungen ausgeschlossen“ und „auch unter Berücksichtigung der realisierten Vorkehrungen nicht auszuschließen“ unterschieden.

Die Auswirkungen der auch unter Berücksichtigung der realisierten Vorkehrungen nicht auszuschließenden Unfälle nach den formulierten Szenarien werden mit dem Programmsystem[1] DISMA® der TAT abgeschätzt.

Wenn das Eintreten eines Unfalles unter Berücksichtigung der realisierten Vorkehrungen nicht auszuschließen ist und wenn reversible Beeinträchtigungen der Gesundheit für die benachbarte Bevölkerung nicht ausgeschlossen sind, müssen Maßnahmen zur weiteren Absenkung des Risikos getroffen werden. Dabei muss die Verhältnismäßigkeit von Aufwand und Nutzen gewahrt bleiben.

Die Maßnahmen können der Verringerung der Eintrittswahrscheinlichkeit von Unfällen oder der Begrenzung der Unfallauswirkungen dienen.

5.1.2 Annahmen zu Störfallszenarien

Die formulierten Szenarien sind durch die Freisetzung von gasförmigem, bzw. von druckverflüssigtem Chlor mit Auswirkungen dieser Freisetzung auf Menschen und die Umwelt charakterisiert. Als Ursachen für mögliche Unfälle mit Chlorfreisetzung wurden angenommen:

- Lecks,
- vollständiger Abriss einer Mess- bzw. Transportleitung,

Folgende Szenarien wurden formuliert:

- Chlorfreisetzung nach Abriss der Chlorentladungsleitung und Absperren des Rohrleitungsabschnittes nach 10 min
- Freisetzung von Flüssigchlor aus einer Messleitung (d = 15 mm, Dauer 15 min)

Für die Abschätzung mit dem Programmsystem DISMA® werden folgende grundsätzliche Vereinbarungen formuliert:

- Als Freisetzungsdauer wird die Zeit zur Realisierung aller in den Beschreibungen angegebenen Gegenmaßnahmen angesetzt.
- Es wird ein über die Freisetzungsdauer durch die Gegenmaßnahmen unbeeinflusster Massestrom angenommen, da über die zeitliche Veränderung durch die Gegenmaßnahmen keine Informationen verfügbar sind.
- Es wird von einer mittleren Wetterlage[2] ausgegangen.
- Leckgrößen werden konservativ größer als real zu erwarten abgeschätzt.

---

[1] Nähere Informationen zu den genutzten Modellen und zum Programmsystem DISMA® können bei TAT erfragt werden (Kontakt siehe Titelblatt)

[2] stabile Ausbreitungsverhältnisse (Ausbreitungsklasse D nach Pasquill), Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe 3 m/s, kein Regen, Luft- und Bodentemperatur 20 °C

- Die erhaltenen Entfernungsangaben zu den Grenzen von Gefahrenfeldern werden auf 10 m aufgerundet.

Mit den angegebenen Vereinfachungen, den weiteren Eingaben und den vom Programmsystem DISMA® verwendeten Modellen erhält man überschätzende Ergebnisse.

Diese Vorgehensweise wird dadurch begründet, dass zum einen keine genaue Voraussage zu den exakten Bedingungen beim realen Auftreten der Gefahren möglich ist und zum anderen auch die den Abschätzungen zugrundeliegenden Modelle die reale Ausbreitung gasförmiger Stoffe letztlich nur vereinfacht und unscharf abbilden.

Die für die Abschätzungen angenommene Windgeschwindigkeit ist geringer als die im Untersuchungsgebiet häufiger zu erwartende Windgeschwindigkeit. Bei höheren Windgeschwindigkeiten unter sonst gleichen Bedingungen werden immer günstigere Abschätzungsergebnisse erzielt. Im Interesse einer umfassenden Abschätzung der Gefahren müssen aber auch ungünstigere Wetterlagen berücksichtigt werden. Mit der für die vorliegenden Abschätzungen genutzten mittleren Wetterlage mit einer Windgeschwindigkeit von 3 m/s wird dieses Problem berücksichtigt.

In allen Szenarien wird nach dem derzeitigen Zustand der Anlagen und der vorhandenen technischen Ausrüstung davon ausgegangen, dass die Unfälle nach ihrem Eintreten durch

- das technologische Personal der Anlage oder andere Mitarbeiter (auch benachbarte Firmen),
- das im Anlagenbereich eingesetzte Reparaturpersonal,
- Bürger aus der Nachbarschaft oder
- automatische Einrichtungen

erkannt und gemeldet werden und die vorgesehenen Gegenmaßnahmen dann umgehend eingeleitet werden.

5.1.3 Beschreibung der Szenarien und Eintrittsvorausssetzungen

<u>Beschreibung Szenario 1 (Chlorent- u. beladungsleitung)</u>

Durch eine unkontrollierte Bewegung des EKW während des Entladevorganges kommt es zu einer kritischen Belastung der starren Rohrleitungsverbindung zwischen EKW und Anlage die letztendlich zu einem Bruch der flüssigchlorführenden Rohrleitung mit einem Durchmesser von DN 32 führt.

Eine quantitative Angabe von Wahrscheinlichkeiten für den Eintritt eines solchen Falles hat sich in Deutschland als wenig hilfreich herausgestellt. In der Praxis sind derartige Fälle aufgetreten und nachweisbar. Insofern ist die prinzipielle technische Möglichkeit und die Aussage das dies vernünftigerweise nicht auszuschließenden ist, ausreichend für eine begründete Betrachtung des Einzelfalles. Hinzu kommt die zu erwartende Schwere einer derartigen Leckage. Vorraussetzungen für das Eintreten sind eine grobe Verletzung von Anweisungen durch das Bedienpersonal und ein Rangieren bei angekoppelter Rohrleitung.

Die Zeitspanne vom Beginn bis zum Erkennen der Freisetzung an der Chlortransportleitung wird im betrachteten Szenarium mit unter 1 min angesetzt. Das Erkennen der Freisetzung setzt das Vorhandensein von Betriebspersonal voraus, was im vorliegenden Fall für den Entladevorgang vorgesehen ist. Es wird in den entsprechenden Szenarien davon ausgegangen, dass mit dem Erkennen der Freisetzung auch jeweils das Schließen der Ventile in der Chlortransportleitung manuell ausgelöst wird. Hierzu ist ein Vollschutz des Bedienpersonals erforderlich, um den direkten Belastungen stand zu halten und die erforderlichen Maßnahmen durchführen zu können. Während ein Mitarbeiter die anlagenseitigen Ventile schließt, muss ein zweiter Mitarbeiter den EKW begehen und dort die Eckventile schließen. Die Zeitspanne von der Erkennung bis zum vollständigen Verschluss der Leitungen wird mit 9 minuten angenommen. Somit vergehen insgesamt ca. 10 min bis zur Beendigung der Auströmung. Konservativ wird angenommen, dass das System unter Beaufschlagung von Druckluft unter einem erhöhten Druck von 10 bar steht und Flüssigphase aus dem Leck austrit.

In dieser Zeit wird ein Großteil des austretenden druckverflüssigten Gases verdampfen und eine Schwergaswolke bilden während ein geringer Teil auf dem Boden der Entladestation eine Lache bildet. Alle weiteren Maßnahmen können die Ausbreitung nur noch begrenzen aber nicht mehr verhindern und werden daher nicht in die Berechnung einbezogen. Bei der Interpretation der Ergebnisse werden diese Maßnahmen und ihre Wirksamkeit diskutiert.

Beschreibung Szenario 2 (Meßleitungsabriss)

Der Abriss eines Messstutzens mit einem üblichen Durchmesser von 15 mm ist ein bekannter Fall bei unterschiedlichsten Anlagen und daher ebenfalls vernünftigerweise nicht auszuschließen. Er ist meist gekennzeichnet durch unsachgemäße Handlung des Bedien- bzw. Reparaturpersonals. Die Länge des Stutzens und die Lage - möglicherweise exponiert im Bewegungsraum des Personals - kann ausschlaggebend sein.

Es wurde ein ungünstiger Fall bei Lage des Stutzens in einem nicht überwachten Bereich und einem längeren Alarmierungsweg angenommen. Da der Abriss unter Einflussnahme des Personals angenommen wird, muss dies umgehend bemerkt werden. Eine direkte unmittelbare Absperrung kann nicht vorausgesetzt werden. Erst nach erfolgter Flucht und Alarmierung können Absperrungsmaßnahmen angenommen werden. Dieser Zeitraum wird mit 15 Minuten abgeschätzt.

Der Austritt aus dem Leck wird aufgrund der Drosselwirkung des Stutztens als Gasförmig angenommen.

5.2 Störfallauswirkungen

Scenario 1 Abriß der Entladerohrleitung

Aus der abgerissenen Rohrleitung mit einem Öffnungsquerschnitt von 177 mm² entsprechend DN 32 tritt flüssiges Chlor mit einem Massenstrom von 24,9 kg/s aus.

Bei der Annahme einer Auströmzeit von 1 Minute ergibt sich eine Gesamtaustrittsmenge von 1,5 t während bei 10 Minuten rund 15 t freigesetzt werden. Der berechnete Gefährdungsbereich der durch die Referenzbelastung in Form des ERPG 2-Wertes gekennzeichnet ist, unterscheidet sich bei einer Ausströmzeit von 1 Minute gegenüber 10 Minuten nur unwesentlich. Er beträgt im ungünstigsten Fall

in Windrichtung über 6 km. Diese Erkenntnis läßt sich dadurch erklären, dass sich sehr schnell ein stationärer Prozess einstellt, bei dem sich nicht mehr der Gefährdungsbereich, sondern nur noch die Dauer über die die Konzentration ansteht verändert. Bei einem Radius von über 6 km ist die Bevölkerung in den umliegenden Siedlungen einer erheblichen Gefahr ausgesetzt.

Die Betrachtung berücksichtigt nicht die störfallbegrenzenden Maßnahmen. Die Umhausung der Entladestation behindert die Ausbreitung und das Ventilationssystem würde die Auswirkungen weiter begrenzen. Ein Maß für die Wirksamkeit zu finden bzw. einen neuen Quellterm zu definieren ist kaum möglich. Es ist jedoch davon auszugehen, das die Ventilation in einer Zeitspanne von 1 Minute noch nicht vollständig wirksam wird und die Einhausung ist im unteren Bereich der Tore nicht abschließend. Ausgehend von der Bildung einer Schwergaswolke würde keine wirksame Barriere in diesem Bereich vorhanden sein. Selbst wenn ein Teil der ausgetretenen Gasmenge zurückgehalten wird zeigen die vorhergehenden Ausführungen, dass die nach einer Minute ausgetretene Menge für die Gefährdung bereits ausreicht, auch wenn die Menge der zweiten Minute zurückgehalten würden.

Zusammenfassend läßt sich sagen, das die Umhausung keine vollständige Rückhaltung gewährleisten kann. Bei der im betrachteten Falle ausgetretenen Gesamtmenge von 15 t ist davon auszugehen, dass eine nicht unerhebliche Menge hiervon in die Atmosphäre gelangen wird und damit eine ernste Gefahr für die Bevölkerung darstellen würde.

Scenario 2 Abriss einer Meßleitung

Bei dem betrachteten Leck stellt sich ein Massenstrom von rund 230 g/s ein. Insgesamt treten über 15 Minuten 208 kg Chlor aus. Bei einer ungehinderten Ausbreitung besteht ein ernste Gefahr (ERPG 2 Wert) in einer Entfernung von rund 400 m. Der Bereich außerhalb dessen mit keinen Gesundheitsschäden zu rechnen ist liegt bei rund 1,1 km.

Dies bedeutet das eine Gefahr für die Bevölkerung nicht zu erwarten ist und die Mitarbeiter innerhalb der Werksgrenzen nur im näheren Umfeld der Leckage gefährdet sind.

5.3 Störfallverhindernde Maßnahmen

5.3.1 Vorkehrungen zur Verhinderung der Freisetzung des Stoffes Chlor:

In der Anlage wird nur zuverlässiges und sachkundiges Personal eingesetzt. Es existiert ein umfangreiches System der Ausbildung und Qualifizierung. Darüber hinaus bestehen allgemeine Maßnahmen:

- Auswahl geeigneter Werkstoffe (Behälter-, Rohrleitungsmaterial, Armaturen und Dichtungen).
- Abnahmeprüfung vor Inbetriebnahme (mit Gas-Druckprüfung)
- Wiederkehrende Druck- u. innere Prüfungen
- Organisatorische Schutzmaßnahmen

Es existieren Betriebsvorschriften für den Betrieb und die Überwachung der Anlage:

Die Anlage ist ausreichend beleuchtet. Somit können auch bei Dunkelheit hinreichende Kontrollen durchgeführt werden.

Regelmäßige Durchführung von Wartungs-, Prüf- und Inspektionsmaßnahmen sowie vorbeugende Instandhaltung sind wesentliche Grundlagen zur Vermeidung einer Stofffreisetzung.

5.3.2 Vorkehrungen zur Vermeidung einer ernsten Gefahr

Nach erfolgter Freisetzung bzw. im Zusammenhang mit einer möglichen Freisetzung stehen weitere Maßnahmen:

- Es werden regelmäßig Kontrollgänge durchgeführt. Dabei wird insbesondere auf Anzeichen möglicher Leckagen geachtet.
- Regelmäßige Schulung des Bedienpersonals zur Vermeidung von Fehlbedienungen

6 Schutz und Notfallmaßnahmen zur Begrenzung der Auswirkungen von Störfällen

6.1 Störfallbegrenzende Maßnahmen

6.1.1 Umhausung

Die Entladestation sowie die Chlorlagerbehälter und die Chlorverdampfer sind innerhalb von Gebäuden aufgestellt, um die mögliche Ausbreitung einer Chlorwolke zu begrenzen. Die Entladestation besteht aus einer Leichtbauhalle mit grossen Toren zum Ein- und Ausfahren der Eisenbahnkesselwagen. Während des Entladevorganges werden die Tore geschlossen gehalten.

Die Chlorlagerbehälter sind innerhalb eines Gebäudes noch einmal in separaten und verschließbaren Lagerräumen aufgestellt.

6.1.2 Gaswarnanlage

Zur Erkennung und Alarmierung bei Chlorgasaustritten existiert ein System von Gaswarnsensoren. Jeder Aufstellungsraum eines Chlorgasbehälters wird separat durch einen Sensor überwacht, der einen akustischen und optischen Alarm im Lagergebäude sowie im Leitstand auslöst. Weiterhin wird die Gasabsaugung in Betrieb gesetzt. Ein analoges System ist in der Umhausung der Entladestation sowie im Gebäude der Chlorgasverdampfer aufgebaut. Die Sensoren sind hierbei an exponierten Stellen angebracht, um eine Leckage sicher erkennen zu können.

6.1.3 Wasserberieselungsanlage

Das Gebäude des Chlorlagers ist einerseits durch eine Mauer sowie mit einer in ca. 10 m Abstand installierten Rohrleitung aus HDPE-Rohren umschlossen. Die Rohrleitung ist in regelmäßigen Abständen mit Bohrungen versehen und dient zum Aufbau eines Wasserschleiers um das Gebäude herum. Die Anlage muss per Hand in Betrieb genommen werden und ist im Normalfall wegen möglicher Frostgefahr trocken. Die Umgrenzungmauer dient einerseits der Verhinderung des unberechtigten Zuganges aber auch als gasdichte Barriere der Begrenzung der Ausbreitung einer Schwergaswolke bzw des niedergeschlagenen Gases.

6.1.4 Gasabsaugungs- und Chlorgasvernichtungsanlage

Zur Ableitung von chlorgashaltiger Atmosphäre aus den Aufstellungsräumen der Lagerbehälter, der Verdampfer sowie der Entladestation ist ein Ventilationssystem mit einer angeschlossenen Chlorvernichtungsanlage aufgebaut. Bei der Dedektion von Chlor durch das Gaswarnsystem werden zwei Ventilatoren in Betrieb gesetzt, die über ein Schlauchsystem die o.g. Räume entlüften und die Gase über einen Wäscher führen. Die Funktion des Wäschers der Hypochloridanlage ist bereits in Kapitel 4 beschrieben worden. Er wandelt Chlor unter Zugabe von Natronlauge in Hypochlorid um.

6.1.5 Druckabblasesystem

Jeder Lagerbehälter für druckverflüssigtes Chlor ist mit Sicherheitsventilen zum Abbau von unzulässigen Drucken ausgerüstet. Beim Ansprechen der Ventile wird das entweichende Chlor über ein separates Rohrsystem in einen Natronlaugevorlagebehälter eingeleitet. Hier wird das Chlor analog zur Hypochloridanlage neutralisiert. Der Behälter ist mit der Atmosphäre verbunden um einen Druckaufbau zu verhindern. Die Entlüftung ist wiederum mit einem Gassensor überwacht.

6.1.6 Notbehälter

Für Notfälle steht ein leerer aber voll ausgerüsteter Lagerbehälter zur Verfügung, um den Inhalt eines defekten Behälters aufnehmen zu können.

6.2 Alarmplan und Notfallmaßnahmen

Alle Alarme sowie Meldungen des Bedienpersonals laufen zentral in der Leitwarte der Wasserversorgungsstation auf. Von hieraus werden alle weiteren Maßnahmen eingeleitet. Der technische Leiter der Chlorstation ist gleichzeitig der Koordinator bei Notfällen. Er leitet alle erforderlichen internen Maßnahmen.

Die Interne Alarmierung erfolgt durch eine Sirene sowie durch Lautsprecher. Das Bedienpersonal sammelt sich an den vorgegebenen Sammelplätzen und wird dort weiter eingewiesen.

Die externe Alarmierung erfolgt von der Leitwarte aus über eine in der angrenzenden Wohnbebauung der Siedlung Rublevsk aufgestellten Lautsprecheranlage sowie telefonisch an die

zuständigen Behörden. Zur Abschätzung der akuten Gefährdungsbereiche existiert in der Leitwarte ein Rechnersystem welches mit aktuellen meterologischen Daten versorgt wird.

6.3 Beschreibung der Mittel für den Notfall

6.3.1 Interne Notfallmittel

Im Werk stehen unter Führung des Technischen Leiters der Chloranlage ein Gruppe von speziell ausgebildeten Mitarbeitern zur Verfügung um im Notfall eingreifen zu können.

Die mobilen Einsatzmittel im Werk werden in Form einer Liste geführt. (Anhang 11)

Hierzu gehören Feuerlöscher zum Bekämpfen von Entstehungsbränden sowie persönliche Schutzausrüstungen.

Zum Schutz bei Arbeiten in Chloratmosphäre werden Vollschutzausrüstungen vorgehalten.

Ausrüstungen für erste Hilfe sowie Ersthelfer sind im Betrieb vorhanden.

6.3.2 Externe Notfallmittel

Zur Bekämpfung von Notfällen steht zur Unterstützung der internen Kräfte die Feuerwehr der Stadt Moskau sowie Experten Russian Centre Chlorine Safety zur Verfügung. Neben Lösch und Bergungsfahrzeugen kann dabei auch schweres Räumgerät bereitgestellt werden.

7 Zusammenfassung

Die Rublevsker Wasserstation musste aufgrund der hohen Mengen an gelagerten und verwendeten Chlor einer Sicherheitsbetrachtung unterzogen werden. Die erweiterten Pflichten der StörfallV bzw. der Seveso-II- Richtlinie treffen auf die besagte Anlage zu.

Im Rahmen des hier vorliegenden Sicherheitsberichtes wurde ausgehend von Anhang II der StörfallV die sicherheitsgerichtete Organisation des Unternehmens sowie die Anlagen- und Verfahrenstechnik beschrieben. Die Stoffbeschreibung und- merkmale wurden dargelegt.

Auf Basis einer Gefahrenanalyse in Form des Checklistenverfahrens und einer Ausbreitungsbetrachtung mit Hilfe des Programmsystems Disma wurden die Gefahren sowie die störfallverhindernden und- begrenzenden Maßnahmen betrachtet.

Unter der Maßgabe der StörfallV zur Einhaltung des Standes der Sicherheitstechnik und der in Deutschland verwendeten Anlagentechnik ergeben sich aus der vorliegenden Untersuchung eine Reihe von erforderlichen Maßnahmen (siehe Anhang 12). Erst nach Umsetzung dieser Maßnahmen kann von einer Sicherheit der Anlage und vom Ausschluss einer Ernsten Gefahr gesprochen werden.

Anlage 7 Ausbreitungsrechnungen

Prognoseergebnisse Schadstofffreisetzung

Angaben zum Szenarium

Kurzbezeichnung: cl_stutzen_15min

Datenbank: C:\WDISMA\DateiSysteme\Szenarien\

Freisetzungsort: noch nicht bestimmt

Freisetzungshöhe: 5,0 m

Kurzbeschreibung:

Gefahrstoff: Chlor

Molmasse:	70,91	g/mol
Schmelztemperatur:	-101,0	°C
Siedetemperatur:	-34,1	°C
Kritische Temperatur:	144,0	°C
Wasserlöslichkeit:	7	g/l
Gefahrenwerte		
Wassergefährdungsklasse:	2	
Geruchsschwelle:	500,000	ppb
Maximale Arbeitsplatzkonzentration:	500,000	ppb
ERPG1:	1,000	ppm
ERPG2:	3,000	ppm
ERPG3:	20,000	ppm
Schwellenkonzentration:	500,000	ppb
Ausgangswert: MAK-Wert		
Referenzkonzentration:	3,000	ppm
Ausgangswert: ERPG2-Wert		

Wetterlage für die Prognose

Windrichtung:	270	Grad
Wind aus West		
Windgeschwindigkeit:	3,0	m/s
Lufttemperatur:	15	°C
Bedeckung:	0,0	%

Regen: Kein Regen

Eingegebene Ausbreitungsklasse: D bzw. III/1 (neutral)

Angaben zur Freisetzung

QuellTerm: Verflüssigtes Gas , Leck zur Gasphase (druckverflüssigt)

Stofftemperatur:	15	°C
Leckquerschnitt:	1,770	cm²
Freisetzungsdauer:	15	min
konstanter Massenstrom:	230,840	g/s
Freigesetzte Menge:	207,756	kg

Schadensgebiete

Schwergasausbreitung (kreisförmig)

Größter Radius:	0,027	km
Verschiebung vom Quellort:	0,021	km
Fläche:	0,223	ha
Existenz der Schwergaswolke:	15,3	min

Erwartete Grenze des Gebietes, außerhalb dessen keine irreversiblen

Gesundheitsschäden auftreten (Referenzbelastung, Belastungsfaktor=1)

Maximale Ausdehnung gegen den Wind:	0,007	km
Maximale Ausdehnung mit dem Wind:	0,296	km
Maximale Ausdehnung quer zum Wind:	0,094	km

Erwartete Grenze des Gebietes, außerhalb dessen keine

Gesundheitsschäden auftreten (Schwellenbelastung, Belastungsfaktor=0)

Maximale Ausdehnung gegen den Wind:	0,008	km
Maximale Ausdehnung mit dem Wind:	1,148	km
Maximale Ausdehnung quer zum Wind:	0,280	km

Erwartete Grenze des Gebietes, außerhalb dessen die Referenz-

konzentration von 3,000 ppm zu keiner Zeit überschritten wird.

Maximale Ausdehnung gegen den Wind:	0,007	km
Maximale Ausdehnung mit dem Wind:	0,419	km
Maximale Ausdehnung quer zum Wind:	0,124	km

Prognoseergebnisse Schadstofffreisetzung

Angaben zum Szenarium

Kurzbezeichnung: cl_entl_1min

Datenbank: C:\WDISMA\DateiSysteme\Szenarien\

Freisetzungsort: noch nicht bestimmt

Freisetzungshöhe:0,0 m

Kurzbeschreibung:

Gefahrstoff: Chlor

Molmasse:	70,91	g/mol
Schmelztemperatur:	-101,0	°C
Siedetemperatur:	-34,1	°C
Kritische Temperatur:	144,0	°C
Wasserlöslichkeit:	7	g/l
Gefahrenwerte		
Wassergefährdungsklasse:	2	
Geruchsschwelle:	500,000	ppb
Maximale Arbeitsplatzkonzentration:	500,000	ppb
ERPG1:	1,000	ppm
ERPG2:	3,000	ppm
ERPG3:	20,000	ppm
Schwellenkonzentration:	500,000	ppb
Ausgangswert: MAK-Wert		
Referenzkonzentration:	3,000	ppm
Ausgangswert: ERPG2-Wert		

Wetterlage für die Prognose

Windrichtung:	270	Grad
Wind aus West		
Windgeschwindigkeit:	3,0	m/s
Lufttemperatur:	15	°C
Bedeckung:	0,0	%
Regen:	Kein Regen	

Eingegebene Ausbreitungsklasse: D bzw. III/1 (neutral)

Angaben zur Freisetzung

QuellTerm: Verflüssigtes Gas , Leck zur Flüssigphase (druckverflüssigt)

Stofftemperatur:	15	°C
Dampfdruck:	5,845	bar
Erhöhter Druck:	10,000	bar
Freisetzungsdauer:	1,0	min
Kreisförmiges Leck		
Durchmesser:	32	mm
Drossellänge:	0	mm
Massestrom aus dem Leck	24,976	kg/s
Masse aus dem Leck	1,499	t
Mit Lachenbildung		
Durchmesser:	32	mm
Bodenart: unebener Kies		
Min. Lachentiefe(Bodenart):	0,025	m
Bodentemperatur:	13,0	°C
Lachenanteil:	2,277	kg/s
Lachenfäche:	3,280	m³
Maximale Verdunstungsdauer:	22	s

Stützstelle	[s]	[kg/s]	[kg] gesamt
0	0	22,699120	0,000
1	4	22,737317	90,873
2	8	22,758685	181,865
3	16	22,789006	364,056
4	32	22,831240	729,018
5	60	22,883289	1369,021
6	68	22,836774	1551,901
7	76	22,822386	1734,538
8	92	22,809073	2099,590
9	124	22,804820	2829,412
10	188	22,804820	4288,920
11	316	22,804820	7207,937
12	572	22,804820	13045,971
13	1084	22,804820	24722,039

14	1294	22,804820	29511,051
15	1296	22,804820	29556,660
16	1298	22,804820	29602,270

Schadensgebiete

Schwergasausbreitung (kreisförmig)

Größter Radius: 0,158 km

Verschiebung vom Quellort: 0,125 km

Fläche: 7,799 ha

Existenz der Schwergaswolke: 22,3 min

Erwartete Grenze des Gebietes, außerhalb dessen keine irreversiblen Gesundheitsschäden auftreten (Referenzbelastung, Belastungsfaktor=1)

Maximale Ausdehnung gegen den Wind: 0,035 km

Maximale Ausdehnung mit dem Wind: 4,537 km

Maximale Ausdehnung quer zum Wind: 0,889 km

Erwartete Grenze des Gebietes, außerhalb dessen keine Gesundheitsschäden auftreten (Schwellenbelastung, Belastungsfaktor=0)

Maximale Ausdehnung gegen den Wind: 0,036 km

Maximale Ausdehnung mit dem Wind: 16,556 km

Maximale Ausdehnung quer zum Wind: 2,682 km

Erwartete Grenze des Gebietes, außerhalb dessen die Referenzkonzentration von 3,000 ppm zu keiner Zeit überschritten wird.

Maximale Ausdehnung gegen den Wind: 0,035 km

Maximale Ausdehnung mit dem Wind: 6,186 km

Maximale Ausdehnung quer zum Wind: 1,134 km

Prognoseergebnisse Schadstofffreisetzung

Angaben zum Szenarium

Kurzbezeichnung: cl_entl_15min

Datenbank: C:\WDISMA\DateiSysteme\OVP\Szenarien\

Freisetzungsort: noch nicht bestimmt

Freisetzungshöhe:0,0 m

Kurzbeschreibung:

Gefahrstoff: Chlor

Molmasse:	70,91	g/mol
Schmelztemperatur:	-101,0	°C
Siedetemperatur:	-34,1	°C
Kritische Temperatur:	144,0	°C
Wasserlöslichkeit:	7	g/l
Gefahrenwerte		
Wassergefährdungsklasse:	2	
Geruchsschwelle:	500,000	ppb
Maximale Arbeitsplatzkonzentration:	500,000	ppb
ERPG1:	1,000	ppm
ERPG2:	3,000	ppm
ERPG3:	20,000	ppm
Schwellenkonzentration:	500,000	ppb
Ausgangswert: MAK-Wert		
Referenzkonzentration:	3,000	ppm
Ausgangswert: ERPG2-Wert		

Wetterlage für die Prognose

Windrichtung:	270	Grad
Wind aus West		
Windgeschwindigkeit:	3,0	m/s
Lufttemperatur:	15	°C
Bedeckung:	0,0	%
Regen:	Kein Regen	

Eingegebene Ausbreitungsklasse: D bzw. III/1 (neutral)

Angaben zur Freisetzung

QuellTerm: Verflüssigtes Gas , Leck zur Flüssigphase (druckverflüssigt)

Stofftemperatur:	15	°C
Dampfdruck:	5,845	bar
Erhöhter Druck:	10,000	bar
Freisetzungsdauer:	15,0	min
Kreisförmiges Leck		
Durchmesser:	32	mm
Drossellänge:	0	mm
Massestrom aus dem Leck	24,976	kg/s
Masse aus dem Leck	22,479	t
Mit Lachenbildung		
Durchmesser:	32	mm
Bodenart: unebener Kies		
Min. Lachentiefe(Bodenart):	0,025	m
Bodentemperatur:	13,0	°C
Lachenanteil:	2,277	kg/s
Lachenfäche:	35,710	m³
Maximale Verdunstungsdauer:	35	s

Stützstelle	[s]	[kg/s]	[kg] gesamt
0	0	22,699120	0,000
1	4	22,737317	90,873
2	8	22,758685	181,865
3	16	22,789006	364,056
4	32	22,831240	729,018
5	64	22,889965	1460,557
6	128	22,994157	2928,849
7	256	23,187238	5884,458
8	512	23,518803	11862,831
9	900	23,907996	21063,630
10	908	23,884270	21254,799
11	916	23,876934	21445,844
12	932	23,870142	21827,821
13	964	23,867971	22591,630

14	1028	23,867971	24119,181
15	1156	23,867971	27174,281
16	1412	23,867971	33284,481
17	1924	23,867971	45504,883
18	2102	23,867971	49753,381
19	2104	23,867971	49801,117
20	2106	23,867971	49848,853

Schadensgebiete

Schwergasausbreitung (kreisförmig)

Größter Radius: 0,160 km

Verschiebung vom Quellort: 0,127 km

Fläche: 8,070 ha

Existenz der Schwergaswolke: 35,7 min

Erwartete Grenze des Gebietes, außerhalb dessen keine irreversiblen

Gesundheitsschäden auftreten (Referenzbelastung, Belastungsfaktor=1)

Maximale Ausdehnung gegen den Wind: 0,036 km

Maximale Ausdehnung mit dem Wind: 5,356 km

Maximale Ausdehnung quer zum Wind: 1,015 km

Erwartete Grenze des Gebietes, außerhalb dessen keine

Gesundheitsschäden auftreten (Schwellenbelastung, Belastungsfaktor=0)

Maximale Ausdehnung gegen den Wind: 0,037 km

Maximale Ausdehnung mit dem Wind: 17,977 km

Maximale Ausdehnung quer zum Wind: 2,766 km

Erwartete Grenze des Gebietes, außerhalb dessen die Referenz-

konzentration von 3,000 ppm zu keiner Zeit überschritten wird.

Maximale Ausdehnung gegen den Wind: 0,036 km

Maximale Ausdehnung mit dem Wind: 6,345 km

Maximale Ausdehnung quer zum Wind: 1,158 km

Sicherheitsbericht nach § 9 der StörfallV

der Chloranlage in der Rublevsker Wasserversorgungsstation

Anhang 1

Anhang 1 Quellenverzeichnis

Gesetze, Verordnungen, Regelwerke und Richtlinien

- Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) vom 15.03.1974 in der Fassung vom 14.05.1990, zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes v. 19.10.1998 (BGBl. I S. 3178)
- Vierte Verordnung zur Durchführung des BImSchG (Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen-4. BImSchV), Neufassung vom 14.3.1997 (BGBl. I S. 504), zuletzt geändert durch Verord. vom 23.02.99 (BGBl. I S. 186)
- Zwölfte Verordnung zur Durchführung des BImSchG (12. BImSchV, Störfallverordnung - StörfallV), vom 26.04.2000 (BGBl. I S. 603)
- Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushaltes (Wasserhaushaltsgesetz - WHG) in der Neufassung vom 12.11.1996 (BGBl. I S. 1695)
- Gesetz zum Schutz vor gefährlichen Stoffen (Chemikaliengesetz - ChemG -) vom 14.03.1990, zuletzt geändert durch Artikel 2 des Gesetzes vom 14.05.1998 (BGBl. I Nr. 28, S. 950)
- Gerätesicherheitsgesetz (GSG) i. d. Neufassung vom 23.10.1992 (BGBl I S. 1793), zuletzt geändert durch Artikel 3 des Gesetzes v. 24.04.1998 (BGBl. I S. 730)
- Berliner Wassergesetz (-BWG-) in der Fassung vom 03.03.1989 (GVBl. S 605), zuletzt geändert durch Art. 4 des Gesetzes vom 09.06.1999 (GVBl. S. 200)
- Verordnung über Druckbehälter, Druckgasbehälter und Füllanlagen (DruckbehV) in der Fassung der Bekanntmachung vom 21. April 1989, zuletzt geändert durch Artikel 6 der Verordnung v. 23.06.1999 (BGBl. I S. 1435)
- Verordnung über Anlagen zur Lagerung, Abfüllung und Beförderung brennbarer Flüssigkeiten zu Lande (VbF) vom 27.02.1980 (BGBl. I S. 173), zuletzt geändert durch Artikel 8 der Verordnung v. 12.12.1996 (BGBl. S. 1917) => Neufassung vom 13.12.1996 (BGBl. I, S. 1937) Berichtigung der Neufassung vom 24.02.1997 (BGBl. I S. 447)
- Verordnung zum Schutz vor gefährlichen Stoffen (Gefahrstoffverordnung - GefStoffV) vom 26.10.1993 (BGBl 1993, S. 1782), in der Neufassung vom 15.11.1999 (BGBl. I S. 2233)
- Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe (-VAwS-) vom 19.10.1995 (GVBl. II S.634), zuletzt geändert durch Verord. v. 22.01.99 (GVBl. II S. 37)
- Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Störfall-Verordnung (1. StörfallVwV vom 20.09.1993) (GMBl. 1993, Nr. 33, S. 582)
- Zweite Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Störfall-Verordnung (2. StörfallVwV vom 27.04.1982)

- Technische Regeln Gefahrstoffe (TRGS)
- Technische Regeln Druckbehälter (TRB)
- DVGW-Regelwerk
- Richtlinien für die Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen - Richtlinien "Statische Elektrizität"- (GUV 19.7) Ausgabe Jan. 1992
- Richtlinien für die Vermeidung der Gefahren durch explosionsfähige Atmosphäre mit Beispielsammlung „-Explosionsschutz-Richtlinien- (EX-RL)" VBG ZH 1/10
- DIN V 19250 Leittechnik, Grundlegende Sicherheitsbetrachtungen für MSR-Schutzeinrichtungen, Mai 1994
- ZH 1/81: Merkblatt für gefährliche chemische Stoffe
- ZH 1/177: Arbeiten in Behältern und engen Räumen
- ZH 1/230 Merkblatt Chlor
- ZH 1/218 Eisenbahnkesselwagen – Umfüllen von Flüssigkeiten
- ZH 1/134 Schlauchleitungen – sicherer Einsatz
- ZH 1/308 Füllen von Druckbehältern mit Gasen
- ZH 1/200: Richtlinien zur Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladung
- VBG 1 Allgemeine Vorschriften
- VBG 4 Elektrische Anlagen und Betriebsmittel
- VBG 15 Schweißen, Schneiden und verwandte Arbeitsverfahren
- VBG 50 Arbeiten an Gasleitungen
- VBG 61 Gase

Literatur

/1/ D'Ans / Lax
Taschenbuch für Chemiker und Physiker Band I „Physikalisch-chemische Daten"
Springer-Verlag 4. Aufl. Berlin-Heidelberg 1992

/2/ Bussenius, Siegfried
Wissenschaftliche Grundlagen des Brand- und Explosionsschutzes
Kohlhammer-Verlag Stuttgard - Berlin - Köln 1996

/3/ Nabert, Schön: Sicherheitstechnische Kennzahlen brennbarer Gase und Dämpfe
Deutscher Eichverlag Braunschweig 1970, 6. Nachtrag Stand: 1.7.1990

/4/ VDI Wärmeatlas

5. Auflage 1988

/5/ Vauck / Müller
Grundoperationen chemischer Verfahrenstechnik
Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig-Stuttgart, 10. Aufl. 1994

/6/ P. Wietfeldt
Sachgerechtes Erstellen von Sicherheitsanalysen
TU Bd. 34 (1993) Nr. 7/8+9

/7/ VdTÜV-Forschungsbericht Nr. 315

/8/ K. Strohmeier „Leckanalyse bei der Anwendung der StörfallV"
Chem.-Ing.-Tech. 62 (1990)

/9/ J. C. Bartholomew
The Times Altas of the World,
Times Books Limited 1998

/10/ Messer Griesheim GmbH,
Gase-Handbuch, 3. Auflage 1986

/11/ H. Wefers, B. Deuster
Die neue Störfallverordnung
WEKA Fachbuchverlag, Augsburg

/12/ Sichere Handhabung von Chlor
BPU Seminar 14/15.3.1991

Sicherheitsbericht nach § 9 der StörfallV

der Chloranlage in der Rublevsker Wasserversorgungsstation

Anhang 3

Anhang 3 Gefahrstoffliste / Angaben über die Verteilung des Chlors

Lfd. Nr	Stelle	Einrichtung	Menge St.	Chlormenge je Einheit	Chlormenge insgesamt	Betriebsparameter		
						Zustand	Druck Mpa	T °C
1.	Lager des flüssigen Chlors	Behälter	4 5	42 t 50 t	158 t 250 t	Flüssig Flüssig	Bis 0,8 Bis 0,8	+2 - +10 +2 - +10
2.	Verdampferraum	Rohr-schlangen-verdampfer	4 (davon 2 Reserve)	0,06 m³	0,24 m³	Flüssig	0,1–0,4	16-70
3.	Chlordosierstation	Pufferbe-hälter	6	0,36 m³ x 2 0,4 m³ x 4	0,72 m³ 1,6 m³	Gasförmig	bis 0,8	-
4.	Rohrleitungen zwischen Betriebseinheiten	-	Ø 57 mm Ø 48 mm Ø 89 mm Ø 89 mm	- - - -	= 9,36 m³ = 0,36 m³ = 3,28 m³ = 0,98 m³	Gasart. Gasart. Gasart. Flüssig	bis 0,8	-25-+35

Insgesamt Chlor:

Gesamtmenge in den Lagerbehältern – begrenzt auf 250 t flüssigen Chlors.

Gesamtmenge in den restlichen Behältern – max. 144 kg.

WEKA-Nr.: 379

CAS-Nr.:	7782-50-5		
Index-Nr.:	017-001-00-7		
EWG-Nr.:	231-959-5		
1.UN-Nr.:	1017	8.UN-Nr.:	
2.UN-Nr.:		9.UN-Nr.:	
3.UN-Nr.:		10.UN-Nr.:	
4.UN-Nr.:		11.UN-Nr.:	
5.UN-Nr.:		12.UN-Nr.:	
6.UN-Nr.:		13.UN-Nr.:	
7.UN-Nr.:			

Stoffbezeichnung:
Chlor

Andere Bezeichnung (nach Bundesanzeiger):
Chlor

Andere Bezeichnungen:
Chemische Formel : Cl2

Stoffbeschreibung:

Form:	Gas
Farbe:	grün-gelb
Geruch:	stechend

Verwendung:
Als Oxidationsmittel und Bleichmittel in der Papier- und Textilindustrie; als Desinfektionsmittel für Trinkwasser, auch in Freibädern; als Ausgangsmaterial zur Herstellung von Metallchloriden und chlorierten Kohlenwasserstoffen (CKW).

Zusammensetzung/Angaben zu den Bestandteilen

Chemisch-Physikalische Daten:

Summenformel: Cl2

Molmasse		70,906	g/mol	
Schmelzpunkt:		-100,98	°C	Norm:
für 2.Kristallform:			°C	
Siedepunkt:				
bei 1013	mbar	-34,1	°C	Norm:
bei	mbar		°C	Norm:
bei	mbar		°C	Norm:
bei	mbar		°C	Norm:
Sublimationspunkt:				
bei	hPa		°C	Norm:
Dichte:				
bei 0	°C	0,003214	g/ml	Norm:
bei -34	°C	1,563	g/ml	Norm:
bei	°C		g/ml	Norm:

Dampfdruck:

bei 20	°C	6731	mbar	Norm:
bei 30	°C	8800	mbar	Norm:
bei 50	°C	14270	mbar	Norm:

Sättigungskonzentration:

				Umrechnungsfaktoren:		
bei 20	°C	Gas	g/m³	1mg/m³=	0,34	ml/m³
bei 30	°C	Gas	g/m³	1ml/m³=	2,95	mg/m³
bei 50	°C	Gas	g/m³			

Löslichkeit in Wasser:

bei 20	°C	7300	mg/l
bei	°C		mg/l
bei	°C		mg/l

logP (Octanol/Wasser): Norm:

Fettlöslichkeit in
bei °C mg/l

Löslichkeit in organ. Lösemitteln (20°C):
unlöslich

Geruchsschwelle: 0,03-10,3 mg/m^3

rel. Dampfdichte (Luft=1): 2,45

Verdunst.Zahl (Ether=1): 0,0

Flammpunkt (cc):	unbrennbar	°C	Norm:
Flammpunkt (oc):		°C	Norm:
Zündtemperatur:	unbrennbar	°C	Norm:
Entzündlichkeit (Gase und Feststoffe)			Norm:
Selbstentzündlichkeit:			Norm:
Explosionsgrenzen:			
untere:		Vol.-%	Norm:
obere:		Vol.-%	Norm:

Dynamische Viskosität
bei 20 °C 0,01327 mPa s Norm:

Kinematische Viskosität:
bei °C mm²/s Norm:

pH-Wert der Substanz:
bei °C Norm:

pH-Wert der Substanz in Lösung:
bei °C und Konz. Norm:

Weitere Angaben zu phys. Eigenschaften:
Kritische Temperatur: 144 °C

Allgemeine Sicherheitsratschläge:

Anlagengestaltung:
Anlage, Apparatur oder Behälter dicht geschlossen halten.
An der Austritts- oder Entstehungsstelle absaugen.
Raumlüftung.
Umfüllen nur in Behälter aus Edelstahl.
Schutzmaßnahmen:
Direkten Kontakt mit Augen, Haut oder Kleidung vermeiden.
Schutzkleidung tragen.
Atemschutz:
Bei Atemschutz: Gasfilter.
Atemschutz Filtertyp B

Warnzeichen:

Warnung vor giftigen Stoffen

Gebotszeichen und Verbotszeichen:

Augenschutz tragen

Schutzhandschuhe tragen

Feuer, offenes Licht und Rauchen verboten

Zutritt für Unbefugte verboten

Gesundheitliche Gefahren am Arbeitsplatz:

Luftgrenzwert in ml/m³ (ppm)	0,5
Luftgrenzwert in mg/m³	1,5
MAK/TRK-Wert:	MAK
Ausnahmen:	DFG-Spitzenbegrenzungskategorie: I

Bemerkungen zu TRGS 900 und TRGS 905:
ein Risiko der Fruchtschädigung braucht bei Einhaltung des MAK und des BAT nicht befürchtet zu werden.

Spitzenbegrenzungskategorie	=1=	
Fruchtschädigend nach DFG Gruppe		C

Berufskrankheiten: BK 1312,4302
Berufsgenossenschaftliche Grundsätze: G 22,23

Vorsorgeuntersuchung:	Nicht vorgeschrieben	
erste Nachuntersuchung nach	-	Monaten
weitere Nachuntersuchung nach	-	Monaten
nachgehende Untersuchung in	-	Monaten

Reaktion mit anderen Stoffen:

Sehr reaktiv. Reagiert mit fein verteilten Metallen und einer Vielzahl von organischen und anorganischen Stoffen.

Toxikologische Daten:
LC.LO (inhal., Mensch): 430 ppm (30 Min.); LC.50 (inhal., Ratte): 293 ppm (1 h); TC.LO (inhal., Mensch): 15 ppm -> Lungenreizung;

Gefahren für die Umwelt:

Akute Toxizität gegen Säugetiere	-
Akute Toxizität gegen Fische	6,4
Akute Toxizität gegen Bakterien	-

Beseitigung kleiner Mengen:
Einleiten in Überschuß reduzierender Medien, z.B. Natriumbisulfit, Eisen-II-Salze, und neutralisieren.

1. Abfallschlüsselnummer: 59802

Kennzeichnung für Inverkehrbringen und Umgang:
Sonderkennzeichnung nach Anhang III GefStoffV Nr.:

Giftig

Umweltgefährlich

R-Sätze

23	Giftig beim Einatmen.
36/37/38	Reizt die Augen, Atmungsorgane und die Haut.
50	Sehr giftig für Wasserorganismen.

S-Sätze

1/2	Unter Verschluß und für Kinder unzugänglich aufbewahren.
9	Behälter an einem gut gelüfteten Ort aufbewahren.
45	Bei Unfall oder Unwohlsein sofort Arzt hinzuziehen (wenn möglich, dieses Etikett vorzeigen).
61	Freisetzung in die Umwelt vermeiden. Besondere Anweisungen einholen/Sicherheitsdatenblatt zu Rate ziehen.

Einstufung von Zubereitungen:

Verbote und Beschränkungen

Inverkehrbringen:	Chemikalienverbotsverordnung Anhang zu §1 Nr.:	
	Selbstbedienungsverbot nach §4 ChemVerbotsV:	Ja
Herstellen und Verwenden:	Gefahrstoffverordnung Anhang IV Nr.:	
	Aufbewahrung nach §24 Gefahrstoffverordnung:	Ja

Weitere Hinweise zur Lagerung und Empfehlungen zur Kennzeichnung

Zuordnung nach anderen Vorschriften:

Nr.im Katalog wassergefährdender Stoffe	223
Wassergefährdungsklasse	2
WGK Selbsteinstufung der chem.Industrie	Nein
Gefahrklasse nach VbF	-
Relevante TRGS/TRGA Nummern	514; 900

Einstufung nach TA-Luft: anorganische Gase oder Dämpfe Klasse II : Max. zulässige Emission 5 mg/m^3 (Massenstrom >= 50 g/h)

Einordnung nach GGVS

Nr.	Klasse	Ziffer	Bemerkung	Gefahrziffer
1.)	2	2TC		268
2.)				
3.)				
4.)				
5.)				
6.)				
7.)				
8.)				
9.)				
10.)				
11.)				
12.)				
13.)				

Störfallverordnung von (Jahr)	1991
Störfallverordnung Anhang 2 Nr.	67
Störfallverordnung Anhang 3 Nr.	1 Nr.11
Störfallverordnung Anhang 4 Nr.	2
Bemerkung zur Störfallverordnung:	giftige Stoffe
Berufsgen. Vorschriften VBG	-
Berufsgen. Vorschriften ZH1	230; 175 Nr.9; 229
Lösungsmittelklasse	-

Technische Maßnahmen:

Erste Maßnahmen bei Brand:

Personenschutz:

Unbeteiligte Personen entfernen.

Bei Freiwerden des Stoffes oder von Zersetzungsprodukten gefährdetes Gebiet in Windrichtung absperren.

Anwohner warnen, ggf. evakuieren.

Zusatzgefahren:

Stoff selbst brennt nicht.

Trockenes Chlor kann mit Eisen reagieren ("Chlor-Eisenbrand").

geeignete Löschmaßnahmen:

Umgebungsbrand mit den geeigneten Löschmitteln bekämpfen.

Vom Brand betroffene Behälter mit Sprühwasser kühlen oder mit Schaum abdecken, wenn möglich, ausräumen.

Hinweise für die Feuerwehr:

Umgebung:

Umgebungsbrände mit den geeigneten Löschmitteln bekämpfen.

Einsatzkräfte:

Einsatzkräfte mit umluftunabhängigem Atemschutz und leichtem Chemieschutzanzug ausrüsten.

Entsorgungsarbeiten:

Entsorgungsarbeiten unter umluftunabhängigem Atemschutz und leichtem Chemieschutzanzug durchführen.

Erste Maßnahmen bei Gefahr der Kontamination

Luft: Zersetzungsprodukte mit Sprühwasser niederschlagen und / oder verwirbeln.

Medizinische Maßnahmen:

Erste Hilfe

Nach Einatmen:
Nach Einatmen Ruhe, Frischluft, Arzthilfe.

Nach Hautkontakt:
Betroffene Hautpartien sofort gründlich abwaschen:
mit viel Wasser und Seife

Nach Augenkontakt:
Augen ausgiebig bei gespreizten Lidern unter fließendem Wasser gründlich ausspülen (unverletztes Auge schützen, Kontaktlinsen entfernen).
Augenarzt.

Weitere Hinweise:
Verunreinigte Kleidung entfernen.
Ruhe, Frischluft.
Liegender Transport zum Arzt, ggf. in stabiler Seitenlage.
(bei Atemnot in halbsitzender Position)

Hinweise für Ärzte

Symptome:
Bei Aspiration kann es zum Lungenödem und zur Pneumonie kommen.

Wirkungen:
Mit Feuchtigkeit entsteht ätzende Säure.
Wirkt ätzend:
auf die Haut und die Schleimhäute

Behandlung:
Dekontamination, symptomatische Behandlung.
Infektionsprophylaxe
Ggf. Sedierung des möglichen Hustenreizes.
Nach Inhalation Gabe von:
Dexamethason.
Überwachung bei Gefahr eines Lungenödems.

Diagnostik und Kontrolle:
Ein toxisches Lungenödem kann röntgenologisch im Anfangsstadium in einer Thoraxaufnahme ca. 8 Stunden nach der Einatmung erkannt werden (perihiläre Trübungen).
Zum Vergleich ist deshalb eine Thorax-Röntgenaufnahme möglichst bald nach der Einatmung anzuraten, sofern die Gefahr eines Lungenödems vermutet wird.

Sicherheitsbericht nach § 9 der StörfallV

der Chloranlage in der Rublevsker Wasserversorgungsstation

Anhang 5

Anhang 5 Ausbreitungsrechnungen

Prognoseergebnisse Schadstofffreisetzung

Angaben zum Szenarium

Kurzbezeichnung: cl_stutzen_15min

Datenbank: C:\WDISMA\DateiSysteme\Szenarien\

Freisetzungsort: noch nicht bestimmt

Freisetzungshöhe: 5,0 m

Kurzbeschreibung:

Gefahrstoff: Chlor

Molmasse:	70,91	g/mol
Schmelztemperatur:	-101,0	°C
Siedetemperatur:	-34,1	°C
Kritische Temperatur:	144,0	°C
Wasserlöslichkeit:	7	g/l
Gefahrenwerte		
Wassergefährdungsklasse:	2	
Geruchsschwelle:	500,000	ppb
Maximale Arbeitsplatzkonzentration:	500,000	ppb
ERPG1:	1,000	ppm
ERPG2:	3,000	ppm
ERPG3:	20,000	ppm
Schwellenkonzentration:	500,000	ppb
Ausgangswert: MAK-Wert		
Referenzkonzentration:	3,000	ppm
Ausgangswert: ERPG2-Wert		

Wetterlage für die Prognose

Windrichtung:	270	Grad
Wind aus West		
Windgeschwindigkeit:	3,0	m/s
Lufttemperatur:	15	°C
Bedeckung:	0,0	%

Regen: Kein Regen

Eingegebene Ausbreitungsklasse: D bzw. III/1 (neutral)

Angaben zur Freisetzung

QuellTerm: Verflüssigtes Gas , Leck zur Gasphase (druckverflüssigt)

Stofftemperatur:	15	°C
Leckquerschnitt:	1,770	cm²
Freisetzungsdauer:	15	min
konstanter Massenstrom:	230,840	g/s
Freigesetzte Menge:	207,756	kg

Schadensgebiete

Schwergasausbreitung (kreisförmig)

Größter Radius:	0,027	km
Verschiebung vom Quellort:	0,021	km
Fläche:	0,223	ha
Existenz der Schwergaswolke:	15,3	min

Erwartete Grenze des Gebietes, außerhalb dessen keine irreversiblen Gesundheitsschäden auftreten (Referenzbelastung, Belastungsfaktor=1)

Maximale Ausdehnung gegen den Wind:	0,007	km
Maximale Ausdehnung mit dem Wind:	0,296	km
Maximale Ausdehnung quer zum Wind:	0,094	km

Erwartete Grenze des Gebietes, außerhalb dessen keine Gesundheitsschäden auftreten (Schwellenbelastung, Belastungsfaktor=0)

Maximale Ausdehnung gegen den Wind	0,008	km
Maximale Ausdehnung mit dem Wind:	1,148	km
Maximale Ausdehnung quer zum Wind:	0,280	km

Erwartete Grenze des Gebietes, außerhalb dessen die Referenzkonzentration von 3,000 ppm zu keiner Zeit überschritten wird.

Maximale Ausdehnung gegen den Wind:	0,007	km
Maximale Ausdehnung mit dem Wind:	0,419	km
Maximale Ausdehnung quer zum Wind:	0,124	km

Prognoseergebnisse Schadstofffreisetzung

Angaben zum Szenarium

Kurzbezeichnung: cl_entl_1min

Datenbank: C:\WDISMA\DateiSysteme\Szenarien\

Freisetzungsort: noch nicht bestimmt

Freisetzungshöhe: 0,0 m

Kurzbeschreibung:

Gefahrstoff: Chlor

Molmasse:	70,91	g/mol
Schmelztemperatur:	-101,0	°C
Siedetemperatur:	-34,1	°C
Kritische Temperatur:	144,0	°C
Wasserlöslichkeit:	7	g/l
Gefahrenwerte		
Wassergefährdungsklasse:	2	
Geruchsschwelle:	500,000	ppb
Maximale Arbeitsplatzkonzentration:	500,000	ppb
ERPG1:	1,000	ppm
ERPG2:	3,000	ppm
ERPG3:	20,000	ppm
Schwellenkonzentration:	500,000	ppb
Ausgangswert: MAK-Wert		
Referenzkonzentration:	3,000	ppm
Ausgangswert: ERPG2-Wert		

Wetterlage für die Prognose

Windrichtung:	270	Grad
Wind aus West		
Windgeschwindigkeit:	3,0	m/s
Lufttemperatur:	15	°C
Bedeckung:	0,0	%
Regen:	Kein Regen	

Eingegebene Ausbreitungsklasse: D bzw. III/1 (neutral)

Angaben zur Freisetzung

QuellTerm: Verflüssigtes Gas , Leck zur Flüssigphase (druckverflüssigt)

Stofftemperatur:	15	°C
Dampfdruck:	5,845	bar
Erhöhter Druck:	10,000	bar
Freisetzungsdauer:	1,0	min
Kreisförmiges Leck		
Durchmesser:	32	mm
Drossellänge:	0	mm
Massestrom aus dem Leck	24,976	kg/s
Masse aus dem Leck	1,499	t
Mit Lachenbildung		
Durchmesser:	32	mm
Bodenart: unebener Kies		
Min. Lachentiefe(Bodenart):	0,025	m
Bodentemperatur:	13,0	°C
Lachenanteil:	2,277	kg/s
Lachenfäche:	3,280	m³
Maximale Verdunstungsdauer:	22	s

Stützstelle	[s]	[kg/s]	[kg] gesamt
0	0	22,699120	0,000
1	4	22,737317	90,873
2	8	22,758685	181,865
3	16	22,789006	364,056
4	32	22,831240	729,018
5	60	22,883289	1369,021
6	68	22,836774	1551,901
7	76	22,822386	1734,538
8	92	22,809073	2099,590
9	124	22,804820	2829,412
10	188	22,804820	4288,920
11	316	22,804820	7207,937
12	572	22,804820	13045,971
13	1084	22,804820	24722,039

14	1294	22,804820	29511,051
15	1296	22,804820	29556,660
16	1298	22,804820	29602,270

Schadensgebiete

Schwergasausbreitung (kreisförmig)

Größter Radius:	0,158 km
Verschiebung vom Quellort:	0,125 km
Fläche:	7,799 ha
Existenz der Schwergaswolke:	22,3 min

Erwartete Grenze des Gebietes, außerhalb dessen keine irreversiblen Gesundheitsschäden auftreten (Referenzbelastung, Belastungsfaktor=1)

Maximale Ausdehnung gegen den Wind:	0,035 km
Maximale Ausdehnung mit dem Wind:	4,537 km
Maximale Ausdehnung quer zum Wind:	0,889 km

Erwartete Grenze des Gebietes, außerhalb dessen keine Gesundheitsschäden auftreten (Schwellenbelastung, Belastungsfaktor=0)

Maximale Ausdehnung gegen den Wind:	0,036 km
Maximale Ausdehnung mit dem Wind:	16,556 km
Maximale Ausdehnung quer zum Wind:	2,682 km

Erwartete Grenze des Gebietes, außerhalb dessen die Referenzkonzentration von 3,000 ppm zu keiner Zeit überschritten wird.

Maximale Ausdehnung gegen den Wind:	0,035 km
Maximale Ausdehnung mit dem Wind:	6,186 km
Maximale Ausdehnung quer zum Wind:	1,134 km

Prognoseergebnisse Schadstofffreisetzung

Angaben zum Szenarium

Kurzbezeichnung: cl_entl_15min

Datenbank: C:\WDISMA\DateiSysteme\OVP\Szenarien\

Freisetzungsort: noch nicht bestimmt

Freisetzungshöhe: 0,0 m

Kurzbeschreibung:

Gefahrstoff: Chlor

Molmasse:	70,91	g/mol
Schmelztemperatur:	-101,0	°C
Siedetemperatur:	-34,1	°C
Kritische Temperatur:	144,0	°C
Wasserlöslichkeit:	7	g/l
Gefahrenwerte		
Wassergefährdungsklasse:	2	
Geruchsschwelle:	500,000	ppb
Maximale Arbeitsplatzkonzentration:	500,000	ppb
ERPG1:	1,000	ppm
ERPG2:	3,000	ppm
ERPG3:	20,000	ppm
Schwellenkonzentration:	500,000	ppb
Ausgangswert: MAK-Wert		
Referenzkonzentration:	3,000	ppm
Ausgangswert: ERPG2-Wert		

Wetterlage für die Prognose

Windrichtung:	270	Grad
Wind aus West		
Windgeschwindigkeit:	3,0	m/s
Lufttemperatur:	15	°C
Bedeckung:	0,0	%
Regen:	Kein Regen	

Eingegebene Ausbreitungsklasse: D bzw. III/1 (neutral)

Angaben zur Freisetzung

QuellTerm: Verflüssigtes Gas , Leck zur Flüssigphase (druckverflüssigt)

Stofftemperatur:	15	°C
Dampfdruck:	5,845	bar
Erhöhter Druck:	10,000	bar
Freisetzungsdauer:	15,0	min
Kreisförmiges Leck		
Durchmesser:	32	mm
Drossellänge:	0	mm
Massestrom aus dem Leck	24,976	kg/s
Masse aus dem Leck	22,479	t
Mit Lachenbildung		
Durchmesser:	32	mm
Bodenart: unebener Kies		
Min. Lachentiefe(Bodenart):	0,025	m
Bodentemperatur:	13,0	°C
Lachenanteil:	2,277	kg/s
Lachenfäche:	35,710	m³
Maximale Verdunstungsdauer:	35	s

Stützstelle	[s]	[kg/s]	[kg] gesamt
0	0	22,699120	0,000
1	4	22,737317	90,873
2	8	22,758685	181,865
3	16	22,789006	364,056
4	32	22,831240	729,018
5	64	22,889965	1460,557
6	128	22,994157	2928,849
7	256	23,187238	5884,458
8	512	23,518803	11862,831
9	900	23,907996	21063,630
10	908	23,884270	21254,799
11	916	23,876934	21445,844
12	932	23,870142	21827,821
13	964	23,867971	22591,630

14	1028	23,867971	24119,181
15	1156	23,867971	27174,281
16	1412	23,867971	33284,481
17	1924	23,867971	45504,883
18	2102	23,867971	49753,381
19	2104	23,867971	49801,117
20	2106	23,867971	49848,853

Schadensgebiete

Schwergasausbreitung (kreisförmig)

Größter Radius:	0,160 km
Verschiebung vom Quellort:	0,127 km
Fläche:	8,070 ha
Existenz der Schwergaswolke:	35,7 min

Erwartete Grenze des Gebietes, außerhalb dessen keine irreversiblen Gesundheitsschäden auftreten (Referenzbelastung, Belastungsfaktor=1)

Maximale Ausdehnung gegen den Wind:	0,036 km
Maximale Ausdehnung mit dem Wind:	5,356 km
Maximale Ausdehnung quer zum Wind:	1,015 km

Erwartete Grenze des Gebietes, außerhalb dessen keine Gesundheitsschäden auftreten (Schwellenbelastung, Belastungsfaktor=0)

Maximale Ausdehnung gegen den Wind:	0,037 km
Maximale Ausdehnung mit dem Wind:	17,977 km
Maximale Ausdehnung quer zum Wind:	2,766 km

Erwartete Grenze des Gebietes, außerhalb dessen die Referenzkonzentration von 3,000 ppm zu keiner Zeit überschritten wird.

Maximale Ausdehnung gegen den Wind:	0,036 km
Maximale Ausdehnung mit dem Wind:	6,345 km
Maximale Ausdehnung quer zum Wind:	1,158 km

Prognoseergebnisse Schadstofffreisetzung

Angaben zum Szenarium

Kurzbezeichnung: cl_transportleitung_25_min

Datenbank: C:\WDISMA\DateiSysteme\Szenarien\

Freisetzungsort: noch nicht bestimmt

Freisetzungshöhe: 5,0 m

Kurzbeschreibung:

Gefahrstoff: Chlor

Molmasse:	70,91	g/mol
Schmelztemperatur:	-101,0	°C
Siedetemperatur:	-34,1	°C
Kritische Temperatur:	144,0	°C
Wasserlöslichkeit:	7	g/l
Gefahrenwerte		
Wassergefährdungsklasse:	2	
Geruchsschwelle:	500,000	ppb
Maximale Arbeitsplatzkonzentration:	500,000	ppb
ERPG1:	1,000	ppm
ERPG2:	3,000	ppm
ERPG3:	20,000	ppm
Schwellenkonzentration:	500,000	ppb
Ausgangswert: MAK-Wert		
Referenzkonzentration:	3,000	ppm
Ausgangswert: ERPG2-Wert		

Wetterlage für die Prognose

Windrichtung:	270	Grad
Wind aus West		
Windgeschwindigkeit:	3,0	m/s
Lufttemperatur:	18	°C
Bedeckung:	0,0	%

Regen: Kein Regen

Eingegebene Ausbreitungsklasse: D bzw. III/1 (neutral)

Angaben zur Freisetzung

QuellTerm: Verflüssigtes Gas , Leck zur Flüssigphase (druckverflüssigt)

Stofftemperatur:	15	°C
Dampfdruck:	5,845	bar
Erhöhter Druck:	8,000	bar
Freisetzungsdauer:	25,0	min
Kreisförmiges Leck		
Durchmesser:	25	mm
Drossellänge:	6	mm
Massestrom aus dem Leck	11,041	kg/s
Masse aus dem Leck	16,562	t

Schadensgebiete

Schwergasausbreitung (kreisförmig)

Größter Radius:	0,118	km
Verschiebung vom Quellort:	0,099	km
Fläche:	4,374	ha
Existenz der Schwergaswolke:	25,5	min

Erwartete Grenze des Gebietes, außerhalb dessen keine irreversiblen Gesundheitsschäden auftreten (Referenzbelastung, Belastungsfaktor=1)

Maximale Ausdehnung gegen den Wind:	0,021	km
Maximale Ausdehnung mit dem Wind:	3,129	km
Maximale Ausdehnung quer zum Wind:	0,649	km

Erwartete Grenze des Gebietes, außerhalb dessen keine Gesundheitsschäden auftreten (Schwellenbelastung, Belastungsfaktor=0)

Maximale Ausdehnung gegen den Wind:	0,022	km
Maximale Ausdehnung mit dem Wind:	11,397	km
Maximale Ausdehnung quer zum Wind:	1,889	km

Erwartete Grenze des Gebietes, außerhalb dessen die Referenz-

konzentration von 3,000 ppm zu keiner Zeit überschritten wird.

Maximale Ausdehnung gegen den Wind:	0,021 km
Maximale Ausdehnung mit dem Wind:	4,036 km
Maximale Ausdehnung quer zum Wind:	0,795 km

Sicherheitsbericht nach § 9 der StörfallV

der Chloranlage in der Rublevsker Wasserversorgungsstation

Anhang 6

Kernaussage der Sicherheitsanalyse

Durchführung von Gefahrenanalysen.

Kernaussage einer Sicherheitsanalyse ist die Beantwortung der Frage, ob eine Anlage sicher ist und ob eine ernste Gefahr ausgeschlossen werden kann.
Diese Erkenntnis muss durch eine systematische Analyse, der der jeweilige Stand der Sicherheitstechnik zugrundegelegt wird, gewonnen werden.
Die nachfolgenden Tabellen stellen eine derartige Analyse in Form eines Checklistenverfahrens nach VdTÜV-Forschungsvorhaben Nr. 315 dar.
Sie sind aufgrund fehlender Detailinformationen zur Anlage zum Teil beispielhaft, aber grundsätzlich auf die Chloranlage des Rubljovo Wasserversorgungsstation anwendbar.
Die Systematik ist durch die Frage nach der Gefahrenquelle (Spalte 1) und nach den Störfalleintrittsvoraussetzungen (Spalte 2) gegeben. Die störfallverhindernden und störfallbegrenzenden Maßnahmen (Spalten 3 und 4) sind auf Basis des Wissens um den Stand der Sicherheitstechnik und den Regeln der Technik in Deutschland für den jeweiligen Anlagenabschnitt hinterfragt worden.
Sofern abgeschätzt wurde, dass die tatsächlich vorhandenen Maßnahmen nicht ausreichen, wurde dies in der Spalte 5 markiert. Es muss nachfolgend im Detail geklärt werden, welche Änderungen möglich und sinnvoll sind.
Zusätzlich sind in den Tabellen mit roter und kursiver Schrift Maßnahmen angeführt, die dem Stand der Technik entsprechen würden, jedoch im Einzelfall nicht vorliegen.

Tabelle 1 Blatt 1 von 5

Anlageteile: **Chlorentladung aus EKW (Entladestation bis Eingang zum Chlorlager)**

Gefahrenquelle	Bedingung zum Wirksamwerden der Gefahrenquellen (Störfalleintrittsvoraussetzung)	störfallverhindernde Vorkehrungen	störfallbegrenzende Vorkehrungen	M
1. Stofffreisetzung durch mechanisches Versagen	1.1 Fehler bei der Auslegung, Dimensionierung und Werkstoffwahl	• Auslegung nach geltenden technischen Regeln • Wahl chlorresistenter Werkstoffe • Auslegungsdruck oberhalb max. Betriebsdruck	• Ständige Beaufsichtigung während Entladung • Entladung in Halle • Gaswarnanlage • Gasabsaugungsanlage • *Not-Aus-System* • Betrieblicher Alarm- u. Gefahrenabwehrplan	X
	1.2 Fertigungsfehler	• Zeugnisbelegung d. Werkstoffe • Druck-, Dichtheits- u. • *Röntgenprüfung der Schweißnähte*		
	1.3 Fehler bei der Aufstellung	• Errichtung durch Fachfirma unter Aufsicht der technischen Leitung		
	1.4 Unzulässig hoher Druck	• Absicherung durch Sicherheitsventil/Druckentlastungsventil • Max. Kompressordruck unterhalb des Auslegungsdruckes • Schutz vor Sonneneinstrahlung		
	1.5 Unzulässig hohe Temperatur	• Temperaturüberwachung am Kompressor • Schutz vor Sonneneinstrahlung • Vermeidung von Brandlasten	Feuerlöscheinrichtungen	

Tabelle 1 Blatt 2 von 5

Anlageteile: **Chlorentladung aus EKW (Entladestation bis Eingang zum Chlorlager)**

Gefahrenquelle	Bedingung zum Wirksamwerden der Gefahrenquellen (Störfalleintrittsvoraussetzung)	störfallverhindernde Vorkehrungen	störfallbegrenzende Vorkehrungen	M
	1.6 Schädigung durch innere und äußere Korrosion	• Ankommendes Chlor ist trocken • Trockung der Druckluft *mit automatischer Überwachung* • erdgedeckte Rohrleitungen, außen PE-Ummantelung nach DIN 30670 • oberirdische Rohrleitungen mit Korrosions-schutzanstrich • Wanddickenmessungen • Regelmäßige Kontrolle äußerer Anlageteile	• Regelmäßige Kontrolle • Gaswarnanlage mit Meldung zur Leitwarte	X
	1.7 Schwingungen	• Ausreichender Abstand zu Verkehrswegen • Pulsfreier Druckaufbau im Leitungssystem • Gedämpfte Rohrauflager		
	1.8 Schwachstellen an Armaturen, Flanschen und Dichtungen	• Verwendung von Nut u. Feder, • Armaturen mit *Faltenbalg* • Verwendung geeigneter Dichtungen • regelmäßige Prüfung der Sicherheitsventile • regelmäßige Kontrollgänge	• Regelmäßige Kontrolle • Gaswarnanlage mit Meldung zur Leitwarte	X
	1.9 Lagerversagen	• Keine rotierende Teile im Chlorbereich		
	1.10 Lösen bewegter Komponenten	• *Verwendung von Gelenkarmen* • *Schnellschlusseinrichtungen* • Dichtheitsprüfung vor Entladung	• *Abreisskupplung* • *Notaussystem*	X

Tabelle 1 Blatt 3 von 5

Anlageteile: **Chlorentladung aus EKW (Entladestation bis Eingang zum Chlorlager)**

Gefahrenquelle	Bedingung zum Wirksamwerden der Gefahrenquellen (Störfalleintrittsvoraussetzung)	störfallverhindernde Vorkehrungen	störfallbegrenzende Vorkehrungen	M
2. Freisetzung durch Entstehung gefährlicher Stoffe bzw. unkontrollierten Stoffübergang in andere Anlagenteile infolge Störung der Anlagensteuerung	2.1 Reaktion gestört	• entfällt, es finden keine Reaktionen statt		
	2.2 Ein gefährlicher Stoff entsteht bei Störung des Betriebes	• Verwendung von wasserstofffreiem Chlor • Isolierung (Vermeidung von Teilkondensation) • *Verwendung von inertem Druckmedium bzw. Fehlen von Reaktionspartner*	• *Not-Aus-System* • *Gaswarnanlage*	X
	2.3 Steuerung und/oder Stofffluß gestört	• manuelle Steuerung	• Störung des Stoffflusses in Leitwarte erkennbar • Alarm- und Gefahrenabwehrplan	
3. Stofffreisetzung infolge menschlichen Fehlverhaltens	3.1 Bedienungsfehler	• Betriebsvorschrift • Stutzen mit Armaturen ohne weiterführende Rohrleitung sind blindgesetzt (gasdicht) • geschultes Personal • *eindeutige Kennzeichung der Armaturen*	• Geschultes Personal • *Monitorüberwachung durch Leitwarte* • Gaswarnanlage • Einhausung • *Fernbedienbare Absperreinrichtung*	X
	3.2 Fehler bei An- und Abfahren	• Betriebsvorschrift • EKW-Eingangskontrolle • Schienensperre • geschultes Personal	• Alarm- und Gefahrenabwehrplan	

Tabelle 1 Blatt 4 von 5

Anlageteile: **Chlorentladung aus EKW (Entladestation bis Eingang zum Chlorlager)**

Gefahrenquelle	Bedingung zum Wirksamwerden der Gefahrenquellen (Störfalleintrittsvoraussetzung)	störfallverhindernde Vorkehrungen	störfallbegrenzende Vorkehrungen	M
	3.3 Fehler bei der Reparatur oder Instandhaltung	• Beachtung der Betriebsvorschrift • Arbeiten nur durch Fachfirmen		
	3.4 Beschädigung	• Verschließbares Gleisstück und Entladehalle • Eingezäuntes und bewachtes Gelände • verbindende Rohrleitung vorwiegend oberirdisch in ausreichender Höhe verlegt • Besondere Begleitung von Kranfahrzeugen • Ausreichender Abstand zu Verkehrswegen		
4. Stofffreisetzung durch Zündung in Anlagenteilen und Versagen der Umschließung	4.1 Bildung einer explosionsfähigen Atmosphäre in Anlagenteilen	• Überdruck in allen Anlageteilen • Wasserstofffreies Chlor • Vermeidung von Kondensatbildung	• Alarm- und Gefahrenabwehrplan, • mehrfache Drucküberwachungen,	
	4.2 Zündung innerhalb	• Blitzschutz, Potentialausgleich und elektrotechnische Ausrüstung	• Alarm- und Gefahrenabwehrplan	
	4.2.1 Heiße Oberflächen	• Temperaturüberwachung des Kompressors		
	4.2.2 Flammen, heiße Gase, Kompression strömender Gase	• Druck- und Temperaturüberwachungen		
	4.2.3 Chemische Reaktion Bildung entzündlich wirkender Stoffe	• Keine Reaktionsstoffe		
	4.2.4 Elektrostatische Entladung, Ausgleichsströme, Blitzschlag	• Blitzschutz, Potentialausgleich und elektrotechnische Ausrüstung		
	4.2.5 Elektromagnetische Wellen, ionisierende Strahlung, Ultraschall	• keine explosionsfähigen Gemische in den Anlageteilen • in unmittelbarer Nähe befinden sich keine Sendeanlagen		

Tabelle 1 Blatt 5 von 5

Anlageteile: **Chlorentladung aus EKW (Entladestation bis Eingang zum Chlorlager)**

Gefahrenquelle	Bedingung zum Wirksamwerden der Gefahrenquellen (Störfalleintrittsvoraussetzung)	störfallverhindernde Vorkehrungen	störfallbegrenzende Vorkehrungen	M
5. Zündung außerhalb des Anlagenteils	5.1 heiße Oberflächen, Reibung, mechanisch erzeugte Funken	• kein explosionsfähiger Stoff	• Alarm- und Gefahrenabwehrplan • *Not-Aus-System*	X
	5.2 offene Flammen, heiße Gase	Nicht relevant		
	5.3 Chemische Reaktion Bildung entzündlich wirkender Stoffe	Nicht relevant		
	5.4 Elektrostatische Entladung, Ausgleichsströme, Blitzschlag	• Blitzschutzanlage am Gebäude • Potentialausgleich		
	5.5 elektrische Funkenbildung	Nicht relevant		
	5.6 Elektromagnetische Wellen, ionisierende Strahlung, Ultraschal	• keine Sendeanlagen in unmittelbarer Nähe • Instandhaltung und zerstörungsfreie Prüfung nach Betriebsvorschrift und G 495		
6. Energieausfall		• Sicherheitseinrichtungen bleiben in Betrieb • keine Fördereinrichtungen vorhanden • Notstrom und Batteriepufferung	• Alarm- und Gefahrenabwehrplan • Notstromversorgung für Signale (u.a. auch Brandwarnanlage) zur Netzleitwarte	
7. Brand		• Feuerlöschgeräte zur Bekämpfung von Entstehungsbränden vorhanden • geschultes Personal • Vermeidung von Brandlasten	• Alarm- und Gefahrenabwehrplan • *Not-Aus-System*	X
8. Freisetzung wassergefährdender Stoffe	8.1 Leckage im Bereich der Entladung	• *Entladestation mit Auffangwanne* • Abnahmeprüfung durch den Sachverständigen	• Ständige Beaufsichtigung • Absperrung der Einleitung in die öffentliche Kanalisation bzw. Vorfluter • Abdeckung für Kanaldeckel • *Löschwasserrückhaltung nicht vorhanden*	X

Tabelle 1 Blatt 6 von 5

Anlageteile: **Chlorentladung aus EKW (Entladestation bis Eingang zum Chlorlager)**

Gefahrenquelle	Bedingung zum Wirksamwerden der Gefahrenquellen (Störfalleintrittsvoraussetzung)	störfallverhindernde Vorkehrungen	störfallbegrenzende Vorkehrungen	M
	8.2 Leckage der Rohrleitung	• regelmäßige Kontrollgänge • regelmäßige Dichtheitsprüfungen	• Rohrleitung oberirdisch u. einsehbar verlegt • Drucküberwachung • Kontrollgänge	

Tabelle 2 Blatt 1 von 5

Anlageteile: **Chlorlager (Eingang zum Chlorlager bis zu den Verdampfern)**

Gefahrenquelle	Bedingung zum Wirksamwerden der Gefahrenquellen (Störfalleintrittsvoraussetzung)	störfallverhindernde Vorkehrungen	störfallbegrenzende Vorkehrungen	M
1. Stofffreisetzung durch mechanisches Versagen	1.1 Fehler bei der Auslegung, Dimensionierung und Werkstoffwahl	• Auslegung nach geltenden technischen Regeln • Auslegungsdruck oberhalb max. Betriebsdruck • Wahl chlorresistenter Werkstoffe	• Einhausung und separate Aufstellung der Lagerbehälter • Gaswarnanlage • Gasabsaugungsanlage • Entleerung in Notbehälter möglich • *Not-Aus-System fehlt*	X
	1.2 Fertigungsfehler	• Zeugnisbelegung d. Werkstoffe • Druck-, Dichtheitsprüfung • *Röntgenprüfung der Schweißnähte fehlt*		X
	1.3 Fehler bei der Aufstellung	• Errichtung durch Fachfirma unter Aufsicht der technischen Leitung		
	1.4 Unzulässig hoher Druck	• Absicherung durch Sicherheitsventil/ • Drucküberwachung mit Fernübertragung in die Leitwarte • *Überfüllsicherung (redundant/diversitär) fehlt* • Max. Befülldruck unterhalb des Auslegungsdruckes • Schutz vor Sonneneinstrahlung	Übertragung des Füllgrades in die Leitwarte	X
	1.5 Unzulässig hohe Temperatur	• Temperaturüberwachung am Kompressor • Schutz vor Sonneneinstrahlung • Vermeidung von Brandlasten	Feuerlöscheinrichtungen	

Tabelle 2 Blatt 2 von 5

Anlageteile: **Chlorlager (Eingang zum Chlorlager bis zu den Verdampfern)**

Gefahrenquelle	Bedingung zum Wirksamwerden der Gefahrenquellen (Störfalleintrittsvoraussetzung)	störfallverhindernde Vorkehrungen	störfallbegrenzende Vorkehrungen	M
	1.6 Schädigung durch innere und äußere Korrosion	• Ankommendes Chlor ist trocken • Trockung der Druckluft *mit automatischer Überwachung* • erdgedeckte Rohrleitungen, außen PE-Ummantelung • oberirdische Rohrleitungen und Anlagenteile mit Korrosionsschutzanstrich • Regelmäßige Kontrolle äußerer Anlageteile • Wanddickenmessungen • Regelmäßige innere Prüfung der Lagerbehälter	• Regelmäßige Kontrolle • Gaswarnanlage mit Meldung zur Leitwarte	X
	1.7 Schwingungen	• Ausreichender Abstand zu Verkehrswegen • Pulsfreier Druckaufbau im Leitungssystem • Gedämpfte Rohrauflager • Ausreichende Fundamentlagerung der Behälter		
	1.8 Schwachstellen an Armaturen, Flanschen und Dichtungen	• Verwendung von Nut u. Feder, • Armaturen mit *Faltenbalg* • Verwendung geeigneter Dichtungen • regelmäßige Kontrollgänge • regelmäßige Prüfung der Sicherheitsventile	• Regelmäßige Kontrolle • Gaswarnanlage mit Meldung zur Leitwarte	X
	1.9 Lagerversagen	• Keine rotierende Teile im Lagerbereich		
	1.10 Lösen bewegter Komponenten	• Keine beweglichen Teile		

Tabelle 2 Blatt 3 von 5

Anlageteile: **Chlorlager (Eingang zum Chlorlager bis zu den Verdampfern)**

Gefahrenquelle	Bedingung zum Wirksamwerden der Gefahrenquellen (Störfalleintrittsvoraussetzung)	störfallverhindernde Vorkehrungen	störfallbegrenzende Vorkehrungen	M
2. Freisetzung durch Entstehung bzw. unkontrollierten Stoffübergang in andere Anlagenteile infolge Störung der Anlagensteuerung	2.1 Reaktion gestört	• entfällt, es finden keine Reaktionen statt		
	2.2 Ein gefährlicher Stoff entsteht bei Störung des Betriebes	• Verwendung wasserstofffreiem Chlor • Isolierung (Vermeidung von Teilkondensation) • *Verwendung von inerten Druckmedium bzw. Fehlen von Reaktionspartnern*	•	X
	2.3 Steuerung und/oder Stoffluß gestört	• manuelle Steuerung	• Störung des Stoffflusses bzw. der Lagerparameter in Leitwarte erkennbar • Alarm- und Gefahrenabwehrplan	
3. Stofffreisetzung infolge menschlichen Fehlverhaltens	3.1 Bedienungsfehler	• Betriebsvorschrift • Stutzen mit Armaturen ohne weiterführende Rohrleitung sind blindgesetzt • geschultes Personal • *eindeutige Kennzeichung der Armaturen*	• Geschultes Personal • Überwachung durch Leitwarte • Gaswarnanlage • Einhausung	X
	3.2 Fehler bei An- und Abfahren	• Betriebsvorschrift für Ausserbetriebnahmen und Inbetriebnahmen • Separierung der Lagerbehälter • *Fernbedienbare Absperrarmaturen am Lagerbehälter (von sicherer Stelle aus)* • geschultes Personal	• Alarm- und Gefahrenabwehrplan • Notbehälter (leer) ist vorhanden	•

Tabelle 2 Blatt 4 von 5

Anlageteile: **Chlorlager (Eingang zum Chlorlager bis zu den Verdampfern)**

Gefahrenquelle	Bedingung zum Wirksamwerden der Gefahrenquellen (Störfalleintrittsvoraussetzung)	störfallverhindernde Vorkehrungen	störfallbegrenzende Vorkehrungen	M
	3.3 Fehler bei der Reparatur oder Instandhaltung	• Beachtung der Betriebsvorschrift • Arbeiten nur durch Fachfirmen u. Kontrolle durch technisches Personal des Betriebes		
	3.4 Beschädigung	• Eingezäuntes und bewachtes Gelände • verbindende Rohrleitung vorwiegend oberirdisch in ausreichender Höhe verlegt • Ausreichender Abstand zu Verkehrswegen (*Bediengang der Lagerbehälter, Exposition der Druckmanometer DN 15, Beschädigung der Zuleitung mit direkter Verbindung zum Lagerbehälter)*		X
4. Stofffreisetzung durch Zündung in Anlagenteilen und Versagen der Umschließung	4.1 Bildung einer explosionsfähigen Atmosphäre in Anlagenteilen	• Kein Explosionsfähiger Stoff (Chlor) • Überdruck in allen Anlageteilen • Wasserstofffreier Chlor • Vermeidung von Kondensatbildung	• Alarm- und Gefahrenabwehrplan, • mehrfache Drucküberwachungen,	•
	4.2 Zündung innerhalb	• Blitzschutz, Potentialausgleich und elektrotechnische Ausrüstung	• Alarm- und Gefahrenabwehrplan	•
	4.2.1 Heiße Oberflächen	• Keine heißen Oberflächen vorhanden		
	4.2.2 Flammen, heiße Gase, Kompression strömender Gase	• Druck- und Temperaturüberwachungen		
	4.2.3 Chemische Reaktion Bildung entzündlich wirkender Stoffe	• Keine Reaktionsstoffe		
	4.2.4 Elektrostatische Entladung, Ausgleichsströme, Blitzschlag	• Blitzschutz, Potentialausgleich und elektrotechnische Ausrüstung		

Tabelle 2 Blatt 5 von 5

Anlageteile: **Chlorlager (Eingang zum Chlorlager bis zu den Verdampfern)**

Gefahrenquelle	Bedingung zum Wirksamwerden der Gefahrenquellen (Störfalleintrittsvoraussetzung)	störfallverhindernde Vorkehrungen	störfallbegrenzende Vorkehrungen	M
	4.2.5 Elektromagnetische Wellen, ionisierende Strahlung, Ultraschall	• keine explosionsfähigen Gemische in den Anlageteilen • in unmittelbarer Nähe befinden sich keine Sendeanlagen		
5. Zündung außerhalb des Anlagenteils	5.1 heiße Oberflächen, Reibung, mechanisch erzeugte Funken	• kein explosionsfähiger Stoff	• Alarm- und Gefahrenabwehrplan	•
	5.2 offene Flammen, heiße Gase	Nicht relevant		
	5.3 Chemische Reaktion Bildung entzündlich wirkender Stoffe	Nicht relevant		
	5.4 Elektrostatische Entladung, Ausgleichsströme, Blitzschlag	• Blitzschutzanlage am Gebäude • Potentialausgleich		
	5.5 elektrische Funkenbildung	Nicht relevant		
	5.6 Elektromagnetische Wellen, ionisierende Strahlung, Ultraschal	• keine Sendeanlagen in unmittelbarer Nähe • Instandhaltung und zerstörungsfreie Prüfung nach Betriebsvorschrift und G 495		
6. Energieausfall		• Sicherheitseinrichtungen bleiben in Betrieb • keine Fördereinrichtungen vorhanden • Notstrom und Batteriepufferung	• Alarm- und Gefahrenabwehrplan • Notstromversorgung für Signale (u.a. auch Brandwarnanlage) zur Netzleitwarte	•
7. Brand		• Feuerlöschgeräte zur Bekämpfung von Entstehungsbränden vorhanden • geschultes Personal • Vermeidung von Brandlasten	• Alarm- und Gefahrenabwehrplan	•

Tabelle 2 Blatt 6 von 5

Anlageteile: **Chlorlager (Eingang zum Chlorlager bis zu den Verdampfern)**

Gefahrenquelle	Bedingung zum Wirksamwerden der Gefahrenquellen (Störfalleintrittsvoraussetzung)	störfallverhindernde Vorkehrungen	störfallbegrenzende Vorkehrungen	M
8. Freisetzung wasser-gefährdender Stoffe	8.1 Leckage im Bereich der Lager-behälter	• Behälteraufstellung in Auffangwanne •	• Ständige Beaufsichtigung • Absperrung der Einleitung in die öffentliche Kanalisation bzw. Vorfluter • Abdeckung für Kanaldeckel • *Löschwasserrückhaltung nicht vorhanden*	X
	8.2 Leckage der Rohrleitung	• regelmäßige Kontrollgänge • regelmäßige Dichtheitsprüfungen	• Rohrleitung oberirdisch u. einsehbar verlegt • Drucküberwachung • Kontrollgänge	

Tabelle 4 Blatt 1 von 5

Anlageteile: **Chlorneutralisation (Ventilationssystem bis Ausgang Kolonne)**

Gefahrenquelle	Bedingung zum Wirksamwerden der Gefahrenquellen (Störfalleintrittsvoraussetzung)	störfallverhindernde Vorkehrungen	störfallbegrenzende Vorkehrungen	M
1. Stofffreisetzung durch mechanisches Versagen	1.1 Fehler bei der Auslegung, Dimensionierung und Werkstoffwahl	• Auslegung nach geltenden technischen Regeln • Wahl chlorresistenter Werkstoffe Titan •	• Gaswarnanlage in der Umgebung • Betrieblicher Alarm- u. Gefahrenabwehrplan • *Not-Aus-System*	X
	1.2 Fertigungsfehler	• Zeugnisbelegung d. Werkstoffe • Druck-, Dichtheits- u. • *Röntgenprüfung der Schweißnähte*		X
	1.3 Fehler bei der Aufstellung	• Errichtung durch Fachfirma unter Aufsicht der technischen Leitung		
	1.4 Unzulässig hoher Druck	• Offen gegen Atmosphäre • Rohrleitung		
	1.5 Unzulässig hohe Temperatur	• *Keine Temperaturüberwachung* • *Keine Kühlung des Natronlaugekreislaufes* • Vermeidung von Brandlasten	Feuerlöscheinrichtungen	X
	1.6 Schädigung durch innere und äußere Korrosion	• Grundwerkstoff Kolonne Titan • Grundwerkstoff Ventilationssystem Kunststoff • Regelmäßige Kontrolle äußerer Anlageteile	• Regelmäßige Kontrolle	
	1.7 Schwingungen	• Ausreichende Fundamentgründung für Kolonne • Gedämpfte Rohrauflager		
	1.8 Schwachstellen an Armaturen, Flanschen und Dichtungen	• Verwendung geeigneter Dichtungen • regelmäßige Kontrollgänge	• Regelmäßige Kontrolle	
	1.9 Lagerversagen	• Überwachung Ventilator	• Redundanter Ventilator mit Umschaltung	

Tabelle 4 Blatt 2 von 5

Anlageteile: **Chlorneutralisation (Ventilationssystem bis Ausgang Kolonne)**

Gefahrenquelle	Bedingung zum Wirksamwerden der Gefahrenquellen (Störfalleintrittsvoraussetzung)	störfallverhindernde Vorkehrungen	störfallbegrenzende Vorkehrungen	M
	1.10 Lösen bewegter Komponenten	Nicht relevant		
2. Freisetzung durch Entstehung gefährlicher Stoffe bzw. unkontrollierten Stoffübergang in andere Anlagenteile infolge Störung der Anlagensteuerung	2.1 Reaktion gestört	• Qualitätsüberwachung der Natronlaugevorlage • Drucküberwachung am Kopf der Kolonne (Verstopfung der Füllkörperpackungen) • *Keine Temperaturüberwachung* • *Keine Überwachung der Abluft*	• Alarm- u. Gefahrenabwehrplan • Gaswarnanlage	X
	2.2 Ein gefährlicher Stoff entsteht bei Störung des Betriebes			
	2.3 Steuerung und/oder Stoffluß gestört	• *Keine Überwachung der Natronlaugepumpen* • *Dimensioniserung der Ventilationsleistung??* • Kapazität ausreichend für einen EKW	•	X
3. Stofffreisetzung infolge menschlichen Fehlverhaltens	3.1 Bedienungsfehler	• Betriebsvorschrift • Automatische Inbetriebsetzung • geschultes Personal • *eindeutige Kennzeichung der Armaturen*	• Geschultes Personal • Gaswarnanlage • Alarm- und Gefahrenabwehrplan	X
	3.2 Fehler bei An- und Abfahren	• Betriebsvorschrift • geschultes Personal	•	
	3.3 Fehler bei der Reparatur oder Instandhaltung	• Beachtung der Betriebsvorschrift • Arbeiten nur durch Fachfirmen		

Tabelle 4 Blatt 3 von 5

Anlageteile: **Chlorneutralisation (Ventilationssystem bis Ausgang Kolonne)**

Gefahrenquelle	Bedingung zum Wirksamwerden der Gefahrenquellen (Störfalleintrittsvoraussetzung)	störfallverhindernde Vorkehrungen	störfallbegrenzende Vorkehrungen	M
	3.4 Beschädigung	• Aufbau der Natonlaugeanlage im Gebäude • Besondere Begleitung von Kranfahrzeugen • Ausreichender Abstand zu Verkehrswegen • Anfahrschutz vor Kolonne		
4. Stofffreisetzung durch Zündung in Anlagenteilen und Versagen der Umschließung	4.1 Bildung einer explosionsfähigen Atmosphäre in Anlagenteilen	• Kein ex-fähiges Gemisch	• Alarm- und Gefahrenabwehrplan,	
	4.2 Zündung innerhalb	• Blitzschutz, Potentialausgleich und elektrotechnische Ausrüstung		
	4.2.1 Heiße Oberflächen	• Nicht relevant		
	4.2.2 Flammen, heiße Gase, Kompression strömender Gase	• nicht relevant		
	4.2.3 Chemische Reaktion Bildung entzündlich wirkender Stoffe	• Chlorknallgas und Stickstofftrioxid nicht relevant		
	4.2.4 Elektrostatische Entladung, Ausgleichsströme, Blitzschlag	• Blitzschutz, Potentialausgleich und elektrotechnische Ausrüstung		
	4.2.5 Elektromagnetische Wellen, ionisierende Strahlung, Ultraschall	• keine explosionsfähigen Gemische in den Anlageteilen • in unmittelbarer Nähe befinden sich keine Sendeanlagen		
5. Zündung außerhalb des Anlagenteils	5.1 heiße Oberflächen, Reibung, mechanisch erzeugte Funken	• kein explosionsfähiger Stoff	• Alarm- und Gefahrenabwehrplan	
	5.2 offene Flammen, heiße Gase	Nicht relevant		

Tabelle 4 Blatt 4 von 5

Anlageteile: **Chlorneutralisation (Ventilationssystem bis Ausgang Kolonne)**

Gefahrenquelle	Bedingung zum Wirksamwerden der Gefahrenquellen (Störfalleintrittsvoraussetzung)	störfallverhindernde Vorkehrungen	störfallbegrenzende Vorkehrungen	M
	5.3 Chemische Reaktion Bildung entzündlich wirkender Stoffe	Nicht relevant		
	5.4 Elektrostatische Entladung, Ausgleichsströme, Blitzschlag	• Blitzschutzanlage am Gebäude • Potentialausgleich		
	5.5 elektrische Funkenbildung	Nicht relevant		
	5.6 Elektromagnetische Wellen, ionisierende Strahlung, Ultraschall	• keine Sendeanlagen in unmittelbarer Nähe • Instandhaltung und zerstörungsfreie Prüfung nach Betriebsvorschrift		
6. Energieausfall		• Sicherheitseinrichtungen bleiben in Betrieb • Notstrom und Batteriepufferung	• Alarm- und Gefahrenabwehrplan • Notstromversorgung für Pumpen u. Ventilator	
7. Brand		• Feuerlöschgeräte zur Bekämpfung von Entstehungsbränden vorhanden • geschultes Personal • Vermeidung von Brandlasten	• Alarm- und Gefahrenabwehrplan • Berieselungsanlage	
8. Freisetzung wassergefährdender Stoffe	8.1 Leckage im Bereich der Kolonne/Behälter	• *Auffangwanne unter Kolonne und Natronlaugebehältern teilweise schadhaft*	• Absperrung der Einleitung in die öffentliche Kanalisation bzw. Vorfluter • Abdeckung für Kanaldeckel • *Löschwasserrückhaltung nicht vorhanden*	X
	8.2 Leckage der Rohrleitung	• regelmäßige Kontrollgänge • regelmäßige Dichtheitsprüfungen	• Rohrleitung oberirdisch u. einsehbar verlegt • Kontrollgänge	

Tabelle 3 Blatt 1 von 5

Anlageteile: **Chlorverdampferstation (Eingang zu den Verdampfern bis zur Chlordosierung)**

Gefahrenquelle	Bedingung zum Wirksamwerden der Gefahrenquellen (Störfalleintrittsvoraussetzung)	störfallverhindernde Vorkehrungen	störfallbegrenzende Vorkehrungen	M
1. Stofffreisetzung durch mechanisches Versagen	1.1 Fehler bei der Auslegung, Dimensionierung und Werkstoffwahl	• Auslegung nach geltenden technischen Regeln • Druckführende Teile auf max. Betriebsdruck *(Wasserkreislauf im Verdampfer auf max. Chlordruck ausgelegt?)* • Wahl chlorresistenter Werkstoffe	• Aufstellung im Gebäude • Gaswarnanlage • Gasabsaugungsanlage	X
	1.2 Fertigungsfehler	• Zeugnisbelegung d. Werkstoffe • Druck-, Dichtheits- u. *Röntgenprüfung der Schweißnähte*	Siehe oben	X
	1.3 Fehler bei der Aufstellung	• Errichtung durch Fachfirma unter Aufsicht der technischen Leitung	s.o	
	1.4 Unzulässig hoher Druck	• Absicherung durch Sicherheitsventil/ • Drucküberwachung mit Fernübertragung in die Leitwarte • Schutz vor Sonneneinstrahlung	s.o.	
	1.5 Unzulässig hohe Temperatur	• Temperaturbegrenzer am Wasserkreislauf • Schutz vor Sonneneinstrahlung • Vermeidung von Brandlasten	Feuerlöscheinrichtungen	
	1.6 Schädigung durch innere und äußere Korrosion	• Ankommendes Chlor ist trocken • erdgedeckte Rohrleitungen, außen PE-Ummantelung • oberirdische Rohrleitungen und Anlagenteile mit Korrosionsschutzanstrich • Regelmäßige Kontrolle äußerer Anlageteile • Wanddickenmessungen	• Regelmäßige Kontrolle • Gaswarnanlage mit Meldung zur Leitwarte	

Tabelle 3 Blatt 2 von 5

Anlageteile: **Chlorverdampferstation (Eingang zu den Verdampfern bis zur Chlordosierung)**

Gefahrenquelle	Bedingung zum Wirksamwerden der Gefahrenquellen (Störfalleintrittsvoraussetzung)	störfallverhindernde Vorkehrungen	störfallbegrenzende Vorkehrungen	M
	1.7 Schwingungen	• Ausreichender Abstand zu Verkehrswegen • Pulsfreier Druckaufbau im Leitungssystem • Gedämpfte Rohrauflager		
	1.8 Schwachstellen an Armaturen, Flanschen und Dichtungen	• Verwendung von Nut u. Feder, *Faltenbalg* • Verwendung geeigneter Dichtungen • regelmäßige Kontrollgänge • regelmäßige Prüfung der Sicherheitsventile	• Regelmäßige Kontrolle • Gaswarnanlage mit Meldung zur Leitwarte	X
	1.9 Lagerversagen	• Keine rotierende Teile im Verdampferbereich		
	1.10 Lösen bewegter Komponenten	• Keine beweglichen Teile		
2. Freisetzung durch Entstehung bzw. unkontrollierten Stoffübergang in andere Anlagenteile infolge Störung der Anlagensteuerung	2.1 Reaktion gestört	• entfällt, es finden keine Reaktionen statt		
	2.2 Ein gefährlicher Stoff entsteht bei Störung des Betriebes	• Verwendung wasserstofffreiem Chlor • Isolation (Vermeidung von Teilkondensation) • Temperaturüberwachung (wg. Chloreisenbrand)	•	
	2.3 Steuerung und/oder Stofffluß gestört	• manuelle Steuerung	• Alarm- und Gefahrenabwehrplan	

Tabelle 3 Blatt 3 von 5

Anlageteile: **Chlorverdampferstation (Eingang zu den Verdampfern bis zur Chlordosierung)**

Gefahrenquelle	Bedingung zum Wirksamwerden der Gefahrenquellen (Störfalleintrittsvoraussetzung)	störfallverhindernde Vorkehrungen	störfallbegrenzende Vorkehrungen	M
3. Stofffreisetzung infolge menschlichen Fehlverhaltens	3.1 Bedienungsfehler	• Betriebsvorschrift • Stutzen mit Armaturen ohne weiterführende Rohrleitung sind blindgesetzt • geschultes Personal • *eindeutige Kennzeichung der Armaturen*	• Geschultes Personal • Überwachung durch Leitwarte • Gaswarnanlage • Einhausung	X
	3.2 Fehler bei An- und Abfahren	• Betriebsvorschrift für Ausserbetriebnahmen und Inbetriebnahmen • geschultes Personal	• Alarm- und Gefahrenabwehrplan	
	3.3 Fehler bei der Reparatur oder Instandhaltung	• Beachtung der Betriebsvorschrift • Arbeiten nur durch Fachfirmen u. Kontrolle durch technisches Personal des Betriebes		
	3.4 Beschädigung	• Eingezäuntes und bewachtes Gelände • verbindende Rohrleitung vorwiegend oberirdisch in ausreichender Höhe verlegt • Ausreichender Abstand zu Verkehrswegen		
4. Stofffreisetzung durch Zündung in Anlagenteilen und Versagen der Umschließung	4.1 Bildung einer explosionsfähigen Atmosphäre in Anlagenteilen	• Kein Explosionsfähiger Stoff (Chlor) • Überdruck in allen Anlageteilen • Wasserstofffreier Chlor • Vermeidung von Teilkondensation	• Alarm- und Gefahrenabwehrplan, • mehrfache Drucküberwachungen,	
	4.2 Zündung innerhalb	• Blitzschutz, Potentialausgleich und elektrotechnische Ausrüstung	• Alarm- und Gefahrenabwehrplan	
	4.2.1 Heiße Oberflächen	• Keine heißen Oberflächen vorhanden		
	4.2.2 Flammen, heiße Gase, Kompression strömender Gase	• Druck- und Temperaturüberwachungen		

Tabelle 3 Blatt 4 von 5

Anlageteile: **Chlorverdampferstation (Eingang zu den Verdampfern bis zur Chlordosierung)**

Gefahrenquelle	Bedingung zum Wirksamwerden der Gefahrenquellen (Störfalleintrittsvoraussetzung)	störfallverhindernde Vorkehrungen	störfallbegrenzende Vorkehrungen	M
	4.2.3 Chemische Reaktion Bildung entzündlich wirkender Stoffe	• Keine Reaktionsstoffe		
	4.2.4 Elektrostatische Entladung, Ausgleichsströme, Blitzschlag	• Blitzschutz, Potentialausgleich und elektrotechnische Ausrüstung		
	4.2.5 Elektromagnetische Wellen, ionisierende Strahlung, Ultraschall	• keine explosionsfähigen Gemische in den Anlageteilen • in unmittelbarer Nähe befinden sich keine Sendeanlagen		
5. Zündung außerhalb des Anlagenteils	5.1 heiße Oberflächen, Reibung, mechanisch erzeugte Funken	• kein explosionsfähiger Stoff	• Alarm- und Gefahrenabwehrplan	
	5.2 offene Flammen, heiße Gase	Nicht relevant		
	5.3 Chemische Reaktion Bildung entzündlich wirkender Stoffe	Nicht relevant		
	5.4 Elektrostatische Entladung, Ausgleichsströme, Blitzschlag	• Blitzschutzanlage am Gebäude • Potentialausgleich		
	5.5 elektrische Funkenbildung	Nicht relevant		
	5.6 Elektromagnetische Wellen, ionisierende Strahlung, Ultraschal	• keine Sendeanlagen in unmittelbarer Nähe • Instandhaltung und zerstörungsfreie Prüfung nach Betriebsvorschrift		
6. Energieausfall		• Sicherheitseinrichtungen bleiben in Betrieb • keine Fördereinrichtungen vorhanden • Notstrom und Batteriepufferung	• Alarm- und Gefahrenabwehrplan • Notstromversorgung für Signale (u.a. auch Brandwarnanlage) zur Netzleitwarte	

Tabelle 3 Blatt 5 von 5

Anlageteile: **Chlorverdampferstation (Eingang zu den Verdampfern bis zur Chlordosierung)**

Gefahrenquelle	Bedingung zum Wirksamwerden der Gefahrenquellen (Störfalleintrittsvoraussetzung)	störfallverhindernde Vorkehrungen	störfallbegrenzende Vorkehrungen	M
7. Brand		• Feuerlöschgeräte zur Bekämpfung von Entstehungsbränden vorhanden • geschultes Personal • Vermeidung von Brandlasten	• Alarm- und Gefahrenabwehrplan	
8. Freisetzung wassergefährdender Stoffe	8.1 Leckage im Bereich der Lagerbehälter	• Behälteraufstellung in Auffangwanne •	• Absperrung der Einleitung in die öffentliche Kanalisation bzw. Vorfluter • Abdeckung für Kanaldeckel • *Löschwasserrückhaltung nicht vorhanden*	X
	8.2 Leckage der Rohrleitung	• regelmäßige Kontrollgänge • regelmäßige Dichtheitsprüfungen	• Rohrleitung oberirdisch u. einsehbar verlegt • Drucküberwachung • Kontrollgänge	

Sicherheitsbericht nach § 9 der StörfallV

der Chloranlage in der Rublevsker Wasserversorgungsstation

Anhang 7

Anhang 7.

Apparateliste wesentlicher chlorbeinhaltender Einrichtungen

Lfd. Nr	Bezeichnung, Material	Menge (St.)	Bestimmung	Technische Parameter
1.	Lagerbehälter, ST-3	1	Lagerung des flüssigen Cl_2	Rauminhalt – 35 m^3 $P_{Arb.}$ 0,8 Mpa $P_{Rechn.}$ 1,6 Mpa $T_{Arb.}$ = -40 - +30 °C
2.	Lagerbehälter, ST-16GS	4	Lagerung des flüssigen Cl_2	Rauminhalt – 35 m^3 $P_{Arb.}$ -0,8 Mpa $P_{Rechn.}$ -1,6 Mpa $T_{Arb.}$ = -40 - +50 °C
3.	Lagerbehälter, 16 GS	5	Lagerung des flüssigen Cl_2	Rauminhalt – 40 m^3 $P_{Arb.}$ 0,8 Mpa $P_{Rechn.}$ 1,6 Mpa $T_{Arb.}$ = -40 - +30 °C
4.	Pufferbehälter, ST20	2	Kondensatabscheider nach der Verdampfung, Sicherung gegen Rückfluss des flüssigen Chlors.	Rauminhalt – 0,36 m^3 $P_{Arb.}$ 0,8 Mpa $P_{Rechn.}$ 1,6 Mpa $T_{Arb.}$ = -20 - +30 °C
5.	Pufferbehälter, ST29	1	Kondensatabscheider nach der Verdampfung, Sicherung gegen Rückfluss des flüssigen Chlors.	Rauminhalt = 0,4 m^3 $P_{Arb.}$ 0,8 Mpa $P_{Rechn.}$ 1,6 Mpa $T_{Arb.}$ = -20 - +30 °C

Lfd. Nr	Bezeichnung, Material	Menge (St.)	Bestimmung	Technische Parameter
6.	Pufferbehälter, 092C-6	3	Kondensatabscheider nach der Verdampfung, Schutz der Dosiereinrichtungen gegen Eintrit von flüssigem Chlor	$P_{Arb.}$ 0,8 Mpa $P_{Rechn.}$ 1,6 Mpa $T_{Arb.}$ = -20 - +100 °C Rauminhalt = 0,36 m^3
7.	Chlorverdampfer	4	Verdampfung des flüssigen Cl_2	$P_{Arb.}$ 0,7 Mpa $P_{Rechn.}$ 1.6 Mpa $T_{Arb.}$ = 16 - 70 °C Rauminhalt = 0,06 m^3
8.	Hauptrohrleitungen ST20	2	Beförderung des flüssigen Cl_2	Rauminhalt – 0,98 m^3 (200 m) $T_{Arb.}$ = -40 - +30 °C $P_{Arb.}$ 1,2 Mpa $P_{Rechn.}$ 1,8 Mpa
9.	Hauptrohrleitungen ST20	14	Beförderung des gasförmigen Cl_2	$T_{Arb.}$ = -25 - +35°C $P_{Arb.}$ 0,8 Mpa ∅ 57 – 6448 m (V=9,36 m^3) ∅ 48 – 400 m (V=0,36 m^3) ∅ 89 – 870 m (V=4,26 m^3)

Lfd. Nr	Bezeichnung, Material	Menge (St.)	Bestimmung	Technische Parameter
10.	Eisenbahnkesselwagen	2	Chlortransport	Rauminhalt – 46 m^3 $P_{Arb.}$ 1,2 Mpa $P_{Rechn.}$ 1,6 Mpa $T_{Arb.}$ = ±50 °C
11.	Neutralisationskolonne (Turmwäscher)	1	Neutralisierung chlorhaltiger Gase	∅ = 1,8 m H = 12,4 m $H_{Aufsatz}$ = 3m $P_{Arb.}$ 0,07 Mpa $T_{Arb.}$ = ±20 °C

$P_{Arb.}$ – Betriebsdruck

$P_{Rechn.}$ – Auslegungsdruck

$T_{Arb.}$ – Betriebstemperatur.

Sicherheitsbericht nach § 9 der StörfallV

der Chloranlage in der Rublevsker Wasserversorgungsstation

Anhang 12

Anhang 12 Maßnahmenkatalog

lfd Nr	Beschreibung	Zeitraum
1	Gelenkarm als flexible Leitung	mittelfristig
2	Not-Aus-System an Verladestation	Kurzfristig
3	Schnellschlusseinrichtungen an Verladeeinrichtungen	Kurzfristig
4	Schnelltrenneinrichtungen in flexiblen Anschluss	langfristig
5	Fail-safe-'Armaturen mit Faltenbalg häufige Nutzung/Flüssigchlor/hoher Druck	mittelfristig
6	Fail-safe-Armaturen mit Faltenbalg geringe Nutzung/Gasförmiges Chlor/ niedriger Druck	langfristig
7	Monitorüberwachung der Verladung	langfristig
8	Kennzeichnung der gesamten Anlage	Kurzfristig
9	Aufbau eines Sicherheitsmanagementsystems (SMS)	mittelfristig
10	Fernbedienbare Armaturen an Lagerbehältern	Kurzfristig
11	Fernbedienbare Armaturen am Eingang zum Verdampfer	Kurzfristig
12	Überfüllsicherung der Behälter redundant und diversitär	Kurzfristig
13	Funktionsüberwachung der Drucklufttrocknung mit Alarm und Abschaltung	Kurzfristig
14	Umstellung der Chlortransporteinrichtugen auf Inertgas oder Pumpen	mittelfristig
15	Einbindung der Gaswarnanlage ins Notaussystem	mittelfristig
16	Auffangwanne unter der Entladestation	langfristig
17	Schutz der Manometer im Bediengang Chlorlager bzw. Ersatz durch elektronische Anzeige	Kurzfristig
18	Druckabsicherung des Wasserkreislaufes im Verdampfer mit Alarm und Abschaltung der Gaszufuhr	mittelfristig
19	Löschwasserrückhaltung	langfristig
20	Temperaturüberwachung an der Hypochloritanlage	mittelfristig
21	Druckausgleichsgefäße an absperrbaren Flüssigchlorleitungen	Kurzfristig
22	Funktionsüberwachung der Natronlaugepumpen mit Alarm und Abschaltung der Ventilation	Kurzfristig
23	Funktionsüberwachung Gasventilation und Alarm	Kurzfristig
24	Funktionsüberwachung der Drucklufterzeugung	Kurzfristig
25	Fernbedienung von der Leitwarte aus	langfristig
26	Gassensor am Ausgang der Hypochloridkolonne	mittelfristig
27	Drucküberwachung der Wasserzufuhr für die Berieselung	langfristig
28	Nährungsschalter an EKW Entladung	mittelfristig
29	Selbstschließende und gasdichte Türen an Aufstellungsräumen für Lagerbehälter	langfristig
30	sicherheitsrelevante Ausrüstungsteile an Notstrom	mittelfristig
31	kontinuierliche Überwachung Redoxpotential der Natronlauge	langfristig
32	Kommunikationsmöglichkeit für Bedienpersoanl vor Ort (Funksprechgeräte)	Kurzfristig
33	Sicherheitstemperaturbegrenzer am Verdampfer mit Alarm und Absperrung der Gaszufuhr	mittelfristig

Sicherheitsbericht nach § 9 der StörfallV

der Chloranlage in der Rublevsker Wasserversorgungsstation

Anhang 13

Anhang 13 Beschreibung der Entladung von Chlor aus Eisenbahnkesselwagen (Übersetzung aus dem Russischen)

Das flüssige Chlor wird über Eisenbahnkesselwagen angeliefert, die nach ihrer Ankunft an einer speziellen Entladestation auf dem Territorium des Lagers abgestellt werden. Die Sicherung der Eisenbahnkesselwagen (zwei Stücke je 57 t) und die Entladung in die Behälter des unterirdischen Lagers erfolgt gemäß der Instruktion über die Sicherheitstechnik N-50p.

Die Lieferungen des flüssigen Chlors erfolgen 1-2mal im Monat.

Der Ablauf des Entladevorganges ist wie folgt:

Es wird eine Rohrleitungsverbindung zwischen Kesselwagen und den Behältern hergestellt. Der Druck im Druckluftbehälter wird über den Kompressor 2BMY-15/25 unter Ansaugen von Umgebungsluft und Trocknung (Silicagelpackung), bis auf 0,8 mPa gebracht. Um das Rückströmen von Chlor in den Kompressor bei Luftdruckabsenkung zu vermeiden, ist in die Leitung der Druckluftversorgung eine Rückschlagklappe eingebaut. Der Druck wird mit Hilfe eines Druckgebers überwacht. Bei Abschaltung des Kompressors wird die Druckluftleitung unverzüglich abgesperrt.

Der Transport des Chlors mit Hilfe von Druckluft erfolgt folgendermaßen:

- zunächst sind alle Ventile am Eisenbahnkesselwagen (außer dem Ventil zum Manometer) geschlossen ;
- dann werden die Ventile der Druckluftversorgung geöffnet, der Eisenbahnkesselwagen wird bis auf Arbeitsdruck $P_{Arb.}$ 1,2 Mpa gebracht, danach werden die Ventile wieder geschlossen und die Zuführung der Druckluft gestoppt;
- man öffnet das Flüssigphaseventil am Saugheber des Eisenbahnkesselwagens, weiter das Abgase-Ventil am Meßbehälter und flüssiger Chlor wird durch die Chlorleitung in den Lagerbehälter getrieben.

Die Entleerung des Eisenbahnkesselwagens wird ständig über die Anzeigen der Manometer, und des Tensogebern BTC-1 auf der höheren Entladebühne kontrolliert. Die Füllung des Behälters mit flüssigen Chlor beträgt nicht mehr als 1,25 kg/l.

Nach der Entleerung des Eisenbahnkesselwagens wird die Transportrohrleitung für die Dauer von 2-3 Minuten mit Chlorgas durchgeblasen, dann werden alle Ventile am Lagerbehälter sowie auch das Ventil der Druckluftversorgung am Kesselwagen geschlossen. Weiter erfolgt der Auslauf des restlichen Chlorgases aus dem Kesselwagen bis zu einem Druck von 0,6 Mpa P 0,05 Mpa. Danch wird das Abflussventil am Kesselwagen geschlossen und es erfolgt das Evakuieren der Transportrohrleitung; danach werden Abflußventile am Behälter und an der Abflußrohrleitung geschlossen. Von dem entleerten Kesselwagen werden die Abfluss- und Druckluftrohrleitungen abgetrennt und Blindflanschen an die Ventile der Kesselwagen angebracht.

Die prinzipielle Skizze des Chlorabflusses aus den Eisenbahnkesselwagen ist an der Abbildung N-1 dargestellt.

Sicherheitsbericht nach § 9 der StörfallV

der Chloranlage in der Rublevsker Wasserversorgungsstation

Anhang 14

Anhang 14 Störfallverhindernde und –begrenzende Maßnahmen (Übersetzung aus dem Russischen)

Beschreibung sicherheitsrelevanter Einrichtungen

Einrichtungen zur Gewährleistung der Dichtheit und zur Vorhinderung der Emissionen von Chlor

- da feuchtes Chlor heftig korrodierende Wirkung hat, ist der Feuchtigkeitsgehalts der zu Transportzwecken genutzten Luft gering zu halten (Taupunkt nicht höher -40°C) entsprechend der Bedingungen des gefahrlosen Betriebes der Einrichtungen gemäß GOST 6718-93;
- für den Schutz der Einrichtungen, der Rohrleitungen und der Metallkonstruktionen vor den Korrosion werden komplexe Lack- und Farbenschutzanstriche benutzt;
- Behälter, Stahlgefäße die gasförmiges Chlor oder Druckluft enthalten sind mit Sicherheitsventilen ausgestattet;
- Jeder Lagerbehälter für flüssiges Chlor ist mit einem Gewichtsmessung- und –kontrollsystem ausgestattet;
- Das Chlorlager ist mit einer Gaswarnanlage in der Leitwarte und an den Stellen, wo der Druck in den Behältern über 1,2 Mpa beträgt, ausgestattet. sowie mit der Warnanlage des Zustandes der Sicherheitsmembrane;
- Chlorrohrleitungen bestehen aus nahtlosen dickwandigen Rohren (aus dem Stahl 10), die soweit möglich mit Schweißausführung verbunden wurden;
- Hauptrohrleitungen für flüssiges Chlors sind über Rohrbrücken oder erdgedeckt verlegt;
- Bei den Chlorleitungen werden Flanschenverbindungen mit Nut und Feder ausgeführt;
- Die Dichtungen für Flanschverbindungen werden aus dem Paronit produziert;
- Die technische Revision der Behältern, Rohrleitungen, Verdampfer und der Pufferbehälter erfolgt gemäß den Forderungen „Der Regeln der Konstruktion und der gefahrlosen Funktionierung der Druckbehälter" sowie „Der Regeln ПБХ-93";
- im Chlorlager werden rechtzeitig defekte Einrichtungen ersetzt;
- Alle magistrale und Zwischenabteilungsrohrleitungen haben spezielle Pässe gemäß der Form des gefahrlosen Betriebes;
- Druckluftleitung für die Verschiebung des flüssigen Chlors verfügt über einen Rückventil;

- Es gibt ReserveBehältern für die Annahme vom Chlor aus den NotBehältern und –rohrleitungen.

Technische Lösungen zur Vorhinderung eines Notfalls und zur Lokalisierung der Chloremissionen

1. Im Lager des flüssigen Chlors:

- Die Ausstattung der Boxen des Chlorlagers mit den Gasgebern mit der Licht- und Schallwarnanlage über die Erhöhung der maximal zugelassenen Konzentration des Chlors in der Luft mit der Anzeige des Signals im Raum des Dienstragenden bei den Chloranlagen und des diensthabenden Dispatchers von RVS;
- Notbelüftung, die mit den Gasgebern zusammengeschaltet ist und sich automatisch bei der Chlorkonzentration über 1 mg/m^3 der Luft einschaltet;
- Das System der Chlorneutralisierung (Turmwäscher), die mit der Notbelüftung übergebrückt ist;
- Eine Reservebelüftung, die sich automatisch beim Nichtfunktionieren der Notbelüftung einschaltet;
- Außenkontur der Chlorindikation auf dem Territorium des Lagers (Gasgeber), die sich bei der Chlorkonzentration in der Luft bei 5 mg/l mit der Anzeige des Signals bei dem Diensthabenden einschalten;
- Stationärer Wasserschleier wird in der Handregime aus dem Raum des Diensthabenden und aus dem Schalttafelzimmer eingeschaltet;
- Behältern mit dem flüssigen Chlor sind mit den Gebern des Zurückschlagens des flüssigen Chlors ausgestattet;
- Es ist die automatische Schließung der Zugklappen an dem System des Notluftanlaufs in allen Räumen außer Notraum, für die Verstärkung der Entlüftung aus dem letzten, vorgesehen;
- Behältern mit dem Chlor sind in den gasdichten Räumen des interirdischen Lagers eingestellt. Alle drei Türe des Lagers haben gasdichte Türen;

- um das Territorium des Lagers herum gibt es eine volle Eisenbetonumzäunung mit der Höhe von 2,2 m;
- Energieversorgung des Lagers ist nach der ersten Kategorie erfüllt. Es ist die Reservierung der elektrischen und technologischen Einrichtungen vorgesehen;
- Entlang der Chlorleitungen ist das Handsystem der Notwarnung „Rubin-3" vorgesehen;
- Im Chlorlager gibt es Reservebehältern, wohin der Chlor aus den Notbehältern (Behältern, Chlorleitungen) evakuiert wird;
- Im Lager gibt es einen vollen Vorrat der Stoffe für die Neutralisierung der Notemissionen vom Chlor.

2. Im Raum der Schnellverdampfung vom Chlor:

- Gasgeber mit der Schallwarnung über die Grenzkonzentration vom Chlor in der Luft des Raums;
- Allgemeine und Notbelüftung, überbrückt mit dem System der Chlorabsaugung (Turmwäscheranlage);
- Das System der Kontrolle und der Regulierung der Temperatur im Warmträger.

3. An der Chlorentladestation:

- das Lufttrocknungssystem (Taupunkt – 40°C) für den Transport des Chlors aus den Kesselwagen in die Behältern;
- 2 Luftdruckbehälter für die Gewährleistung eines stabilen Druckes bei der Verschiebung vom Chlor;
- Rückschlagventile an den Rohrleitungen, die einen Chlordurchschlag in die Trocknungsanlage und Luftaufnehmer ausschließen;
- Manometer an der Kesselwagen, am Luftaufnehmer und an den Behältern mit dem flüssigen Chlor;
- Die Erdung der Kesselwagen bei der Einstellung an der Entladestelle;
- Eisenbahnwege sind an der Weiche mit dem Blockverschluß ausgestattet;

- Sicherheitszeichen, Warnzeichen „Stop, Durchfahrt verboten, Chlor";
- Die Brigade der Schlosser-Chlorierungsarbeiter, die den Abfluß gewährleisten, befindet sich in der unmittelbaren Nähe des Aubflußpunktes;
- Stationärer Wasserschleier, der in der Handregime eingeschaltet wird;
- Notventilation, die mit dem System der Chlorentgiftung überbrückt ist;
- Alkalivorräte für Chlorentgiftung.

Alle Objekte sind mit dem Notvorrat von Instrumenten, notwendigen Materialien und Schutzmitteln ausgestattet.

Personenschutzmittel

Das Bedienungspersonal der Chlorobjekte verfügt über filtrierende Schutzmasken der Marke „B".

Gasrettungsmannschaften verfügen über Schutzbekleidung L1, Isolierbekleidung KIH-5 und der Firma „Pinba" mit den Atmungsgeräten (es gibt den Kompressor für die Füllung der Ballonen der Atmungsgeräte mit Luft).

Es gibt isolierende Schutzmasken vom Typ „IP-4", PVC-Handschuhe und Gummistiefel.

Angaben zur Explosions- und Feuersicherheit des Chlorlagers

Im Chlorlager befinden sich unentflammbare Stoffe und Materialien im kalten Zustand, das heißt, das Gebäude des Lagers sowie die Betriebsräume gehören nach der Explosions- und Feuergefahr zur Kategorie „D".

Die Zufahrtstrasse für Löschfahrzeuge zu dem Chlorlager ist gewährleistet.

Im Lager gibt es CO2 Feuerlöscher (für Elektroanlagen).

Im Perimeter des Lagers ist das stationäre System des Wasserschleiers eingestellt.

Die Massnahmen gegen Brände sind gemäß den Forderungen vom SniP 2.01.02-85 „Normen gegen Brände" unternommen.

Es gibt den Posten der bewaffneten Bewachung (die Miliz Abteilung für den Schutz der Wasserenrichtungen). Für fremde ist der Zutritt zum Lager verboten.

Schweissarbeiten werden nur nach einer Auftragszulassung und nur von attestierten Schweissarbeitern mit Berücksichtigung aller Sicherheitsmaßnahmen durchgeführt.

Regel-, Kontroll-, und Warnanlagen

Das Objekt – Lager Flüssigchlor.

Lager vom flüssigen Chlor ist bestimmt für die Lagerung des flüssigen und Erhaltung des verdampften Chlors. Auf den Behältern mit dem Chlor sind Systeme der automatischen Kontrolle derer Füllung mit dem Chlor vorgesehen: tensometrische Gewichtsmeßgeräte vom Typ „VTS-1" und Warnanlagen des oberen Grenzniveaus der Füllung mit der Anzeige des Signals im Computer des Diensthabenden der Chlorobjekte, es gibt auch Schallsignal.

Die Behältern mit dem flüssigen Chlor sind mit den Geräten der Druckkontrolle ausgestattet, die den Satz aus dem Verteiler des Membrane- und Elektrokontaktmanometers MTI (0-16 kgSt./cm^2) mit der Warnanlage bei dem Druck in den Behältern höher als 12 kgSt./cm^2, Druckkontrollegeber MT-100 mit der Anzeige im Computer des Diensthabenden einschließen.

Die Kontrolle der Angegebenen Kennziffern erfolgt am Ort der Einstellung der Geräte, in den Schalttafelräumen mit der Übergabe der Anzeigen zu dem Diensthabenden der Chlorobjekte.

Beim Übersteigen der Grenzkonzentration (1 mg/m^3) von Chlor in der Luft funktioniert Schall- und Lichtwarnanlage im Notbox, vor dem Eingang in den Chlorlager und bei dem Diensthabenden der Chlorobjekte. Es wird Signal zur Einschaltung der Notbelüftung gegeben (beim Verzicht der Haupt- wird Reservebelüftung eingeschaltet), der Pumpe für die Zuführung der neutralisierenden Lösung für die Bewässerung der sanitären Kolonne und das Signal zur Sperrung der allgemeinen Belüftung.

Verbrauch des flüssigen Chlors durch Verdampfer wird mit den Händen reguliert. Die Temperatur des Wärmeträgers im Verdampfer wird vom manometrischen Termometer TKP-160 (0-120°C) kontrolliert.

Als Wärmeträger des Durchlaufverdampfers dient heißes Wasser, die durch geschlossenen Kontur zum Verdampfer zugeführt wird. Temperaturregime 45-60 °C wird automatisch unterhalten. Elektrische Wasserheizer werden erst nach der Einschaltung der Zirkulationspumpen eingeschaltet, also nur beim Vorhanden des Druckes im Druckabteilung des Zirkulationssystems.

Wenn der Chlor nach den Verdampfern in die Behälter auf der Waage gerät – kommen Schall- und Lichtsignale zu dem Diensthabenden der Chlorobjekte. Schallsignal wird eine Taste im Schalttafelraum ausgeschaltet, und Lichtsignal bleibt bis zur Verdampfung des Chlors aus den Pufferbehältern.

Die Information über das Vorhanden des flüssigen Chlors in den Pufferbehältern kommt auch zum Computer des Diensthabenden.

Verbrauch des gasformigen Chlors wird vin der Hand nach den Anzeigen der Manovakuummeter und der Rotamesser reguliert.

Bei der Verschiebung des flüssigen Chlors mit der Hilfe von der ausgetrockneten Luft wird der Taupunkt durch Luftfeuchtemesser „Baikal-5" kontrolliert. Luftdruck im Luftstahlgefäss wird von einem Manometer kontrolliert. Beim Druck von über 1,2 Mpa wird der Luftkompressor automatisch abgeschaltet. Die Einschaltung und die Ausschaltung des Kompressors wird mit der Einschaltung der Lichtwarnung begleitet.

Angaben über die Einrichtung des Leitstandes

Die Kommandostelle des technologischen Vorganges ist der örtliche Dispatscher-Punkt, der sich im administrativen und Haushaltsteil der Chlorwirtschaft befindet.

Am Bildschirm des Computers ist folgende Information enthalten:

- Druck in den Behältern des Verdampferraums;
- Chlorgewicht in den Behältern;
- Zustand von verschiedenen Membranen;
- Zustand der Schubriegel des Wasserschleiers;
- Außentemperatur;
- Minimale und maximale Wasserniveaus in den Verdampfern;
- Zustand der Ventile und der Pumpen im Chlorentgiftungssystem;
- Tagesverbrauch und laufender Rest vom Chlor.

Im Raum des Diensthabenden funktionieren Schall- und Lichtsignale über erhöhte Gaskonzentration in den Räumen der Chlorobjekte und des Chlorlagers.

Steuerschalttafel der Elektroantriebe des Wasserschleiers befindet sich im Raum des Diensthabenden und im Schalttafelraum des Lagers (nach dem Lager) und im Chlorabflußpunkt.

Steuer- und Warnanlageschalttafel der Notbelüftungsanlagen und der Schieber der Luftleitungen aus den Räumen des Lagers befindet sich in der Belüftungsgalerie des Chlorlagers (untere Galerie).

Steuerschalttafel der Elektroantriebe der Einrichtungen (der Zirkulationspumpen, des Turmwäschers) befindet sich im Schalttafelraum des Chlorübergießanlage.

Steuertafel der Zirkulationspumpen im Verdampfraum befindet sich im Schalttafelraum des Chlorlagers.

Das Notsignal kommt zum Computer des Dispatscher der Station. Gemäß den Meteobedingungen wird automatische Vorhersage der Notsituation gemacht.

Die Dispatcher-Stelle des Dienstragenden der Chlorobjekts (2 Pers.) befindet sich im einzelstehenden Gebäude 0,1 km vom Lager entfernt (im administrativen und Wirtschaftsteil der Chlorwirtschaft).
In dieser Stelle befindet sich der Notvorrat der Mittel des individuellen Schutzes und der Instrumente für die Liquidierung der Pannen.

Es gibt den Auszug aus dem PLAS (operativer Teil nach dem entsprechenden Block), technologische Skizze des Blocks, Anweisungen für den gefahrlosen Betrieb der Einrichtungen und Sicherheitstechnik.

Die Stelle ist mit der Telefon- und Funkverbindung ausgestattet. Es gibt die Funktelefonverbindung mit dem Chef-Ingenieur und Paging-Verbindung mit dem Verantwortlichen für den gefahrlosen Betrieb der Objekte der Chlorwirtschaft. Es gibt direkte Telefonverbindung mit dem diensthabenden Ingenieur der Betriebsabteilung.

Sicherheitsbericht nach § 9 der StörfallV

der Chloranlage in der Rublevsker Wasserversorgungsstation

Anhang 15

Anhang 15 Organisation, Qualifikation und Schulung der Mitarbeiter (Übersetzungen aus dem Russischen)

Die Rublevoaer Wasserstation hat für die Vorbeugung und Maßnahmen bei Unfällen und Notsituationen folgende Dienste:

- den Zentralen Dispatscher-Dienst;
- Zivile Organisationen der Zivilverteidigung:
- Notgasrettungsgruppe;
- Gruppe der Radiations- und chemischen Aufklärung;
- Notgruppe für Wasserleitungen;
- Notgruppe für Stromleitungen;
- Notgruppe für Wärmeleitungen;
- Gestaltung des Beobachtungs- und Laborkontrollenetzes;
- Zusammengesetzte Gruppe der ZV COV-2;
- Gruppe des Schutzes der Gesellschaftsordnung;
- Sanitärkommando;
- Gruppe der Desinfektion;
- Gruppe der materiellen und technischen Versorgung;
- Gruppe der Benachrichtigung und der Verbindung;
- Gruppe der Bedienung der Schutzräume und der Unterstände;
- Rettungsgruppe;
- Gruppe der Mechanisierung der Arbeiten bei der ZV.

Die Chloranlagen werden von der Milizabteilung N-7 für Bewachung der Wassereinrichtungen bewacht. Im Lager gibt es einen zusätzlichen Milizposten.

Qualifikation

Das Bedienpersonal der Chlorobjekte wird entsprechend ihrer jeweiligen Tätigkeiten ausgebildet und darf erst nach erfolgter Prüfung durch den Qualifikationsausschuss des Wasserwerkes die Arbeit in den Objekten aufnehmen.

Neueingestellte Arbeiter und Ingenieure, deren Tätigkeit mit dem Chlor im Zusammenhang stehen soll, werden hinsichtlich ihrer Berufstauglichkeit ärztlich untersucht.

Alle Personen die erstmalig den Betrieb betreten wie z.B. zur Betriebspraxis geschickte Arbeiter, Angestellten, Schüler, Studierenden und Studenten, sowie auch Personen, die von anderen

Betrieben geschickt waren, erhalten eine Einführungsinstruktion zum Arbeitsschutz, Produktionssicherheit und zum Brandschutz.
Die Einführungsinstruktion am Arbeitsplatz wird vom Leiter der Betriebsabteilung (bzw. seinem Stellvertreter) mit jedem Arbeiter individuell durchgeführt. Hierbei werden im die einzelnen Arbeitsschritte praktisch vorgeführt.
Alle Arbeiter, einschließlich der Absolventen der Berufsschulen, gehen nach der Anfangsinstruktion an der Arbeitsstelle, im Verlaufe der ersten 10 Arbeitstagen durch einen praktischen Lehrgang im Betrieb.
Im Verlaufe eines Monats nach Amtsantritt werden alle zur Arbeit neueingestellten leitenden Arbeiter und Ingenieure erstmalig hinsichtlich ihrer erworbenen Fachkenntnisse geprüft.
Die Arbeiter werden zur selbständigen Arbeit erst zugelassen nachdem Sie den praktischen Lehrgang erfolgreich bestanden haben und eine Prüfung vor dem Qualifikationsausschuss ablegt haben.
Die Zulassung zur Durchführung selbständiger Arbeit wird vom Leiter der Betriebsabteilung durch Abteilungsverordnung, mit Eintragung im Instruktionsbuch, dokumentiert.
Alle Arbeiter, unabhängig von der Qualifikation und Arbeitspraxis, werden vierteljährlich erneut belehrt. Inhalt dieser Belehrung ist das Programm der erstmaligen Instruktion, sowie eine Besprechung konkreter Vorfälle der Verletzung der Sicherheitsregeln.

Außerplanmäßige Instruktionen der Arbeiter werden in folgenden Fällen durchgeführt:

- bei der Veränderung des technologischen Vorganges, der Veränderung oder Modernisierung der Einrichtungen, sowie in allen Fällen, bei denen sich die Arbeitsbedingungen verändern und neue gefährliche Faktoren auftreten;
- bei der Verletzung der Regeln, der Normen und Instruktionen zur Sicherheitstechnik, sowie auch bei Anwendung nicht korrekter Verfahren und Methoden der Arbeit, die zu einem Unfall führen können;
- wenn wegen der Verletzungen der Regeln ein Unfall geschehen war;
- gemäß der Forderung der Aufsichtsbehörde;
- bei Arbeitsunterbrechungen
  – von mehr als 30 Kalendertagen für Arbeiten, zu denen erhöhte Sicherheitsanforderungen gestellt werden
  –, von mehr als 60 Tagen für andere Arbeiten.
- bei Veränderungen in den Regeln des Arbeitsschutzes.

Vor der Durchführung von Arbeiten wird mit den Mitarbeitern die Zielstellung besprochen und in der Auftragszulassung dokumentiert. Die Durchführung der Arbeiten und die Erfüllung der Zielstellung wird nach Abschluss der Arbeiten in der Auftragszulassung dokumentiert.
Die Prüfung der Kenntnisse der Arbeiter und des ingenieur-technischen Personals (ITP) zu den Regeln der Sicherheitstechnik wird nach ihrer Schulung im Lehrkombinat nach den bestätigten Programmen von einem qualifizierten ständigen Ausschuss der Station (ernannt durch einen Betriebsbefehl aus den Personen, die die Schulung und die Attestierung in GGTN der RF erledigt hatten) im Beisein eines Inspektors der GGTN der RF durchgeführt:

Arbeiter –	jährlich
Operatore -	jährlich
ITP -	einmal in 3 Jahren.

Im Falle einer unbefriedigenden Bewertung eines Arbeiters wird eine Wiederholungsprüfung innerhalb von einen Monat nach der ersten Prüfung festgesetzt.
Bis zur Ablegung der Prüfungen werden die Arbeiter zur selbstständigen Arbeit nicht zugelassen.

Belehrung des Personals bei Notfällen.
Bei der Rublever Wasserleitungsstation wird das Produktionspersonal und die Mitglieder der Gasrettungsgruppe (GRG NF ZV) von einem Qualifikationsausschuss für die Handlungen in Notfällen als auch der ersten Hilfe bei Verletzungen durch Chlor geschult und geprüft.
Die Schulung und das Training des Personals werden im Betrieb gemäß dem „Plan der Verhinderung von Notfällen" und einem vom Chef-Ingenieur bestätigten Zeitplan durchgeführt. Schulungsalarme werden zweimal im Jahr nach dem vom Leiter der Station bestätigten Plan durchgeführt.

Sicherheitsbericht nach § 9 der StörfallV

der Chloranlage in der Rublevsker Wasserversorgungsstation

Anhang 16

Anhang 16 Betrieb der Anlagen, Begehungen, Wartung und Instandhaltung

(Übersetzung aus dem Russischen)

Im Betrieb unter Berücksichtigung dessen spezifischen Besonderheiten und gemäß „Den Sicherheitsregeln bei der Produktion, Lagerung, dem Transport und der Benutzung von Chlor" (ПБХ-93), "Den Regeln der Konstruktion und des gefahrlosen Betriebes der technologischen Rohrleitungen" (ПБ03-108-96), „Den Regeln der konstruktion und des gefahrlosen Betriebes der Druckbehälter" (ПБ10-115-96) und den pflichtigen Instruktionen, die aufgrund der angeführten Unterlagen ausgearbeitet sind, erfolgt die Kontrolle der Sicherheit der technologischen Vorgänge der Lagerung und des Verbrauchs vom Chlor an der Station.

Gemäß „Dem System der Amtskontrolle des technischen Zustandes und der Sicherheit der Chlor-Anlagen der Rublevoaer Wasserleitungsstation", bestätigt vom Leiter der Station, wird folgende Periodizität der Kontrolle festgesetzt:

1-te Stufe

- Operator der Chloranlagen (diensttragender Schlosser) - alle 2 Stunden (Behälter – jede Stunde)
- Schlosser der Renovierung der Chlorieranlagen - zweimal pro Schicht (Brigadeleiter im Verlaufe des Arbeitstages)
- Ingenieur der Chloranlagen - im Verlaufe des Arbeitstages

2-te Stufe

- Stellvertretender des Leiters der Betriebsabteilung, Verantwortlicher für den gefahrlosen Betrieb der unter Druck stehenden Objekte und Behälter - einmal pro Woche
- Leiter der Betriebsabteilung - einmal pro Monat

3-te Stufe

- Ingenieur der Abteilung für Vorbeugung der Not- und Schadensfälle - monatlich
- Vertreter des Berufskomitees, zuständig für Sicherheitstechnik - monatlich
- Chef-Ingenieur - monatlich
- Stellvertreter des Chef-Ingenieurs, zuständig für den gefahrlosen Betrieb der Chlor-Anlagen - monatlich
- Chef-Mechaniker, zuständig für den gefahrlosen Betrieb der Druckbehälter - monatlich
- Fachleute: Technologe, Metrologe, Chef-Energiewirtschaftler - monatlich

Einmal im Vierteljahr erfolgt die Amtskontrolle des technischen Zustandes und der Sicherheit der Objekte seitens der Fachleute von MGP „Mosvodokanal" (Leiter der produktionstechnischen Abteilung (PTA), Chef-Ingenieur der PTA, Mitarbeiter der Abteilung der Mechanisierung, der Energiewirtschaft, des Arbeitsschutzes) mit der Zusammenstellung des Prüfungsaktes und der Angabe der Friste der Beseitigung der Bemerkungen.
Ergebnisse der Amtskontrolle werden in das Buch der 3-stufigen Kontrolle mit der Festsetzung der Friste der Beseitigung der Bemerkungen eingeschrieben.
Die Staatskontrolle erfolgt regelmäßig durch Inspektoren von GGTN der RF (Chemische und Kesselaufsicht) mit der Ausgabe der Vorschriften und der Festsetzung der Beseitigung der Bemerkungen.
Die Dienste der technischen Aufsicht der Station des Betriebes lassen sich durch Entscheidungen und Vorschriften von GGTN der RF, des Arbeitsministeriums Russlands, des Ministeriums für Notsituationen der RF, Befehle des Betriebes, Verordnungen der Organe der GGTN der RF.
Alle Dienste der technischen Aufsicht sind organisiert gemäß dem Stellenplan.

Anlage 2

Stand der Sicherheitstechnik Chloranlagen in Deutschland 2002

Vorhaben:

„Modellhaftes technologisches Konzept für die Verbesserung der Sicherheit bei der Chlorlagerung am Beispiel eines Moskauer Großwasserwerkes in Verbindung mit Maßnahmen zur Verbesserung des anlagenbezogenen Gewässerschutzes“

UBS-FKZ 380 01 005

Euro Institute for Information and Technology Transfer in Environmental Protection GmbH

Bericht zum Stand der Sicherheitstechnik für die technischen Einrichtungen von Chlorgasanlagen mit Bezug zur Rublevsker Wasserversorgungsstation

Technik bei Lagerung und Verladung von Chlor

mit Bezug zur Rublevsker Wasserversorgungsstation

0 Vorbemerkung 3

1 Allgemeines 3

2 Technik der Chlorentladung aus EKW 4

3 Technik der Chlorlagerung 6

4 Technik der Chlorverdampfung 7

5 Technik der Chorneutralisation (Hypochloridanlage) 8

6 Technik der Chlorung von Wasser 10

Technik bei Lagerung und Verladung von Chlor

mit Bezug zur Rublevsker Wasserversorgungsstation

0 Vorbemerkung

Die Technik der Chlorlagerung und – verladung muss auf Basis der geltenden technischen Regeln, - z.T. auch durch Analogieschlüsse - und auf Basis existierender Anlagen bewertet werden. Grundlage ist dabei die praktische Eignung der jeweiligen Maßnahmen unter Berücksichtigung des technischen Fortschrittes und einer gewissen Bewährung, so dass die Maßnahme als gesichert angenommen werden kann.

Vernünftigerweise ist eine Betrachtungsweise unter Berücksichtigung des verfahrenstechnischen Stoffflusses durchzuführen. Ausgehend von

- der Chlorerzeugung
- über den Transport und
- die Entladung
- zur Lagerung
- bis zur Entnahme,
- der Verdampfung,
- der Chlorneutralisation und
- der Nutzung des gasförmigen Chlors

sind alle einzelnen Anlagenkomponenten hinsichtlich ihrer sicherheitstechnischen Anforderungen zu bewerten. Den Schwerpunkt bildet dabei sicherlich das Handling des flüssigen Chlors, da hier das höchste Gefahrenpotential vorliegt.
Im vorliegenden Fall der Chloranlage des Mosvodokanal ist zu betrachten:

- die Entladung von flüssigen Chlor aus EKWs;
- die Lagerung von flüssigem Chlor;
- die Entnahme und Verdampfung von flüssigem Chlor
- die Neutralisation von Chlor durch Umwandlung in Hypochlorid und
- die Nutzung von Chlor, hier durch die Chlorung von Wasser.

1 Allgemeines

Bekannte Unfälle, die unabhängig von bestimmten Teilanlagen oder Verfahrensschritten aufgetreten sind, sind z.B. auf den Chlor-Eisenbrand zurückzuführen. Diese Reaktion tritt bei Temperaturen oberhalb von 170°C bei gasförmigem Chlor auf und verläuft stark exotherm, so dass auch Rohrleitungen dabei vollständig zerstört werden. Weitere Unfälle sind auf Wasserstoffbestandteile im Chlor zurückzuführen, die bei nur teilweiser Kondensation sich partiell anreichern können. Allgemeines Problem von Flüssiggasen ist das Einsperren von

Technik bei Lagerung und Verladung von Chlor

mit Bezug zur Rublevsker Wasserversorgungsstation

Flüssigphase in Rohrleitungsabschnitten bei Erwärmung und damit verbundenem Druckanstieg.

Die Materialauswahl in Verbindung mit Chlor ist ebenfalls nicht unproblematisch. Flüssiges und gasförmiges Chlor reagiert heftig mit dem Werkstoff Titan, während dieser bei feuchtem Chlor einer der wenigen Werkstoffe (neben einigen Kunststoffen) ist, der resistent ist.

Allgemeine Anforderungen
Fail-Safe-Armaturen (gehen automatisch bei Ausfall von Medienversorgung wie Strom, Druckluft o.ä. in einen sicheren Zustand).
Reduzierung von lösbaren Verbindungen auf eine minimale Anzahl
Auslegung der Druckführenden Teile mit ausreichendem Abstand zum maximalen Betriebsdruck.
Entspannungsmöglichkeit bei Rohrleitungsabschnitten in denen Flüssigchlor eingesperrt werden kann
Materialauswahl entsprechend der Aggressivität von Chlor, insbesondere im Zusammenhang mit Titan.
Begrenzung der Temperatur > 150°C wg. Gefahr von Chlor-Eisenbrand
Energienotversorgung mit Einbindung aller sicherheitsrelevanter Einrichtungen (MSR, Not-Aus, Berieselung, Gaswarntechnik, Alarmierung, Absaugung und Chlorneutralisation)
Vermeidung von Chlorkondensatbildung (Wasserstoffanreicherung) durch Isolation/Begleitheizung

2 Technik der Chlorentladung aus EKW

Bei der Verladung von Chlor über Eisenbahnkesselwagen EKW wird üblicherweise die in Bild 1 dargestellte Verfahrensweise gewählt. Der EKW wird an der Verladestelle mit Hemmschuhen an seiner Position fixiert. Er wird über flexible Verbindungen an die Anlage angeschlossen. Auf der EKW Seite sowie Anlagenseitig befinden sich in den Chlorleitungen Schnellschlussventile die im Gefahrfall schließen. Die Ansteuerung kann von Hand oder au-

tomatisch erfolgen. Der EKW wird mit trockenem Inertgas beaufschlagt und das Chlor wird drucküberwacht verladen.

Alternativen:

Bei den flexiblen Verbindungen sind Gelenkarme aber auch Schlauchverbindungen gebräuchlich. Die Beaufschlagung des EKW kann auch durch trockene Druckluft oder durch Chlorgas erfolgen. Beide Varianten bedeuten aber ein höheres Risiko als der sonst verwendete Stickstoff. Flüssigchlorpumpen in hermetisch dichter Ausführung werden ebenfalls zu Umschlafprozessen verwendet. Sie müssen dabei hohen Ansprüchen an Chlorresistenz und Dichtheit genügen.

Eine Bewegung des EKW während des Entladungsvorganges und damit eine Belastung der Verbindungsleitung sowie Fehlbedienungen waren oftmals Ursachen für Störfälle. Die Verhinderung von Undichtigkeiten und die Begrenzung der Ausbreitung einer Gaswolke sind grundsätzlich wichtige Aspekte.

Zu beachtende technische Einzelaspekte:

1. Positionierung des EKWs
Einzelne Aufstellung des EKWs, kein Verbund zu anderen EKWs bzw. zum Transportfahrzeug
Fixierung des EKWs am Entladeort, mit Hemmschuh, arretierende Verladebühne,
Verhinderung der Einfahrt durch Weichensperre o.ä.
Anschluss ans Not-Aus-System, Nährungsschalter, Schienenhaken, Bewegungsmelder
Positionierung über einer Auffangwanne, Dichtheit der Auffangwanne
2. Rohrleitungsanschluss zwischen Anlage und EKW
Flexible Anschlüsse , Gelenkarm oder Schlauch (DN 80 (flüssig) DN 50 (gasförmig))
Schnellschlusseinrichtungen anlagenseitig und am EKW
Schnelltrenneinrichtung innerhalb der flexiblen Leitung
Verwechselungsgefahr durch Kennzeichnung und Größe der Anschlüsse ausgeschlossen
3. Verladeanlage
Vorortanzeige von Druck und Temperatur

Technik bei Lagerung und Verladung von Chlor

mit Bezug zur Rublevsker Wasserversorgungsstation

Notaussystem mit Auslösern vor Ort
Kameraüberwachung und Kommunikationseinrichtungen mit dem Leitstand
Gaswarnsensoren
Berieselungsanlage
Vermeidung von Flanschverbindungen
Windrichtungsanzeiger
Absaugeinrichtungen
Alarmeinrichtungen (Akustisch und Optisch)
Fernbetätigbare Armaturen in allen zu- und abführenden Leitungen
Gleiswaage

3 Technik der Chlorlagerung

Der grundsätzlich übliche Aufbau einer Chlordrucklagerung ist in Bild Nr. 1 dargestellt. Der Chlorlagertank ist hinsichtlich eines unzulässigen Druckaufbaus durch ein Sicherheitsventil abgesichert. Dem Sicherheitsventil vorgelagert ist eine Bestscheibe, die Korrosion und Verschmutzung des Ventils verhindern soll. Aus gleichem Grund ist eine Membran am Ausgang des Ventils angeordnet. Der Raum zwischen Ventil und Berstscheibe wird drucküberwacht, um einen Bruch der Scheibe bzw. Diffusion zu erfassen. Ebenso gehört zur Ausrüstung des Lagertanks eine gravimetrische Messung, eine zusätzliche Messung des Füllvolumens und eine kontinuierliche Überwachung des Lagerdruckes mit einem Manometer. In allen Aggregaten wird ein Alarm bei Überschreitung eines Hochwertes ausgelöst. Die Befüllung und Entleerung erfolgt üblicherweise durch die Beaufschlagung durch ein trockenes und inertes Gas z.B. Stickstoff.

Alternativen:

Alternativ wird neben der Drucklagerung auch die tiefkalte Lagerung verwendet. Beides ist Stand der Technik. Die tiefkalte Lagerung findet vorwiegend bei großen zusammenhängenden Lagermengen und in Umschlaglagern Anwendung. Analog zur Entladung werden beim Transport von flüssigem Chlor im Lagerbereich ebenfalls Pumpen angewendet.

Technik bei Lagerung und Verladung von Chlor

mit Bezug zur Rublevsker Wasserversorgungsstation

Ursachen von Störfällen waren oftmals die Überfüllung von Tanks und die Korrosion infolge von Feuchtigkeiten in den Leitungen sowie das Versagen von Dichtungen und Sicherheitsventilen.

Zu beachtende technische Einzelaspekte:

1. Ausrüstung
Sicherheitsventil redundant auf Wechselbalken mit vorgelagerter Berstscheibe und überwachtem Zwischenraum
Anschlüsse am Lagerbehälter > DN 50
Hand- und fernbetätigbare Armaturen an Behälterzu- und –abgängen (Faltenbalgausführung) mit Stellungsanzeige
Redundante Füllstandsmessung (eine gravimetrisch) mit Überfüllsicherung
Aufstellung (freistehend, unterirdisch, erdgedeckt eingehaust)
Druck und Temperaturüberwachung fernübertragbar
Kennzeichung aller Armaturen und MSR-Einrichtungen
2. Messwarte oder Leitstand
Visualisierung der Lager und Verladestation (Druck, Temperatur, Ventilstellung)
Monitorüberwachung
Fernsteuerung von Ventilen an der Verladung und am Behälter
Standort der Warte in sicherer Entfernung, gasdicht bzw. mit Überdrucklüftung

4 Technik der Chlorverdampfung

Der grundsätzlich übliche Aufbau einer Chlorverdampfung ist in Bild Nr. 2 dargestellt Aus den Lagerbehältern (a) wird über Regelventile Flüssigchlor in den Verdampfer (d) zudosiert. Das flüssige Chlor fließt in parallel geführte Rohrspiralen von oben in einem mit Warmwasser durchströmten Behälter abwärts, erwärmt sich dabei und mündet in einem zentral gelegenem Expansionsrohr in dem das Chlor vollständig verdampft und nach oben abgezogen wird.

Technik bei Lagerung und Verladung von Chlor

mit Bezug zur Rublevsker Wasserversorgungsstation

Das Warmwasser wird mit Hilfe von Pumpen (i) über einen Wärmetauscher (j) den Verdampfern zugeführt. Das Wasser wird im Wärmetauscher durch einen zweiten Wärmeträgerkreislauf (z.B.Dampf) erwärmt.

Zu beachten bleibt, dass Maßnahmen gegen ein Überströmen des Verdampfers vorzusehen sind und damit ein Auftreten von Flüssigchlor in Gasleitungen vermieden wird. Z.B. kann durch eine Dedektion von flüssigem Chlor am unteren Ende des Expansionsrohres die Einspeisung über ein Regelventil unterbrochen werden. Oder durch eine Bauart die die geodätischen Höhenunterschiede berücksichtigt (h) kann ein Übertritt von flüssigem Chlor vermeiden werden.

Weiterhin muss ein Übertritt von Chlor in den Wärmeträgerkreislauf des Wassers über die Wandungen des Verdampfers vermieden oder dedektiert werden.

Als dritter wichtiger Punkt ist eine Überhitzung des Chlors zur Vermeidung von Chlor-Eisenbrand durch eine Temperaturüberwachung zu vermeiden.

Alternativ sind natürlich andere Wärmeträgermedien als Wasser und andere Bauformen von Verdampfern möglich.

Aufbau des Verdampfers
Die Druckräume des Chlorraumes und des Wasserraumes müssen sich entsprechen
Der Wasserkreislauf muss als geschlossenes System aufgebaut sein
Eine Temperaturüberwachung am Wärmeträger Wasser bzw. direkt im Chlorausgang ist erforderlich
Der Übertritt von Flüssigem Chlor hinter dem Verdampfer ist zu vermeiden (geodätische Sperre, Regelungssystem)

5 Technik der Chorneutralisation (Hypochloridanlage)

Durch Handentspannungen sowie über eine druckgesteuerte Entspannung kann Chlor einer Neutralisationsanlage zugeführt und dort in einer oder mehrerer Kolonnen neutralisiert werden.

Technik bei Lagerung und Verladung von Chlor

mit Bezug zur Rublevsker Wasserversorgungsstation

Das Verfahren arbeitet üblicherweise mit 10-20 %iger Natronlauge.

Der Verfahrensablauf sieht vor, dass Chlorgas unten in eine Kolonne mit einer Füllkörperschicht eintritt, welche im Gegenstrom von oben mit Natronlauge beaufschlagt wird und danach das chlorfreie Abgas durch einen Ventilator am Kopf in die Atmosphäre abgegeben wird.

Zur Erhöhung des Abscheidegrades können mehrere Kolonnen in Reihe geschaltet werden. Das Gas wird dabei vom Kopf der einen Kolonne zum Boden der nachfolgenden Kolonne geleitet. Die erforderliche Natronlauge wird über die den jeweiligen Kreisläufen zugeordneten Pumpen einem der Zirkulationsbehältern entnommen und am Kopf des jeweiligen Turmes über die Füllkörper aufgegeben. Vor der Aufgabe durchläuft die Natronlauge noch einen Kühler um eine Erwärmung der Mischlösung in den Kolonnen über 40°C zu verhindern.

Ebenso verbreitet ist die Verwendung eines Venturiwäschers, bei dem die Natronlauge nicht über Füllkörper geleitet sondern in das Chlorhaltige Gas eingedüst wird.

Wichtig ist hierbei die Überwachung der Natronlauge (Redoxpotential) um eine Reaktionsfähigkeit zu gewährleisten. Die Konzentration sollte andererseits kleiner als 22 Massen-% sein um eine Kristallisation zu vermeiden. Die Reaktion erfolgt exotherm, so dass eine Temperaturüberwachung und ein Kühlung des Natronlaugekreislaufes erforderlich ist.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Materialauswahl. Gegen feuchtes Chlor sind nur wenige Materialien beständig. Während Titan bei trockenem Chlorgas bzw. flüssigem Chlor heftig reagiert zählt es hier neben einigen Kunststoffen zu den wenigen beständigen Materialien.

Kolonnen
Materialauswahl als Titan bzw. Kunststoffbeschichtung
Temperaturüberwachung
Überwachung der Natronlauge auf Reaktionsfähigkeit
Druckverlust über die Füllkörperschicht
Verhinderung des Eintrages von flüssigem Chlor in die Kolonne
Überwachung des Abgases auf Restanteil an Chlor

6 Technik der Chlorung von Wasser

Die Chlorung findet bei vergleichsweise geringen Drücken und nur unter Nutzung von Chlorgas statt. Aus sicherheitstechnischer Sicht ist dabei auf die Dichtheit und Beständigkeit der chlorgasführenden Anlagenteilen zu achten. Da die Effektivität der Chlorung im direkten Zusammenhang mit dem Chlorgasverbrauch und –durchsatzes zusammenhängt, ist hier ein wesentlicher Sicherheitsaspekt zu sehen. Als betrachtungsrelevante Einzelaspekte ist zu nennen:

Chlorgasanlage
Automatische Unterbrechung der Chlorgaszuführung bei Unterbrechung des Wasserzuflusses;
Überprüfung flexibler Anschlüsse auf Eignung und Wartung.
Dichtigkeit der Anlage

Technik bei Lagerung und Verladung von Chlor

mit Bezug zur Rublevsker Wasserversorgungsstation

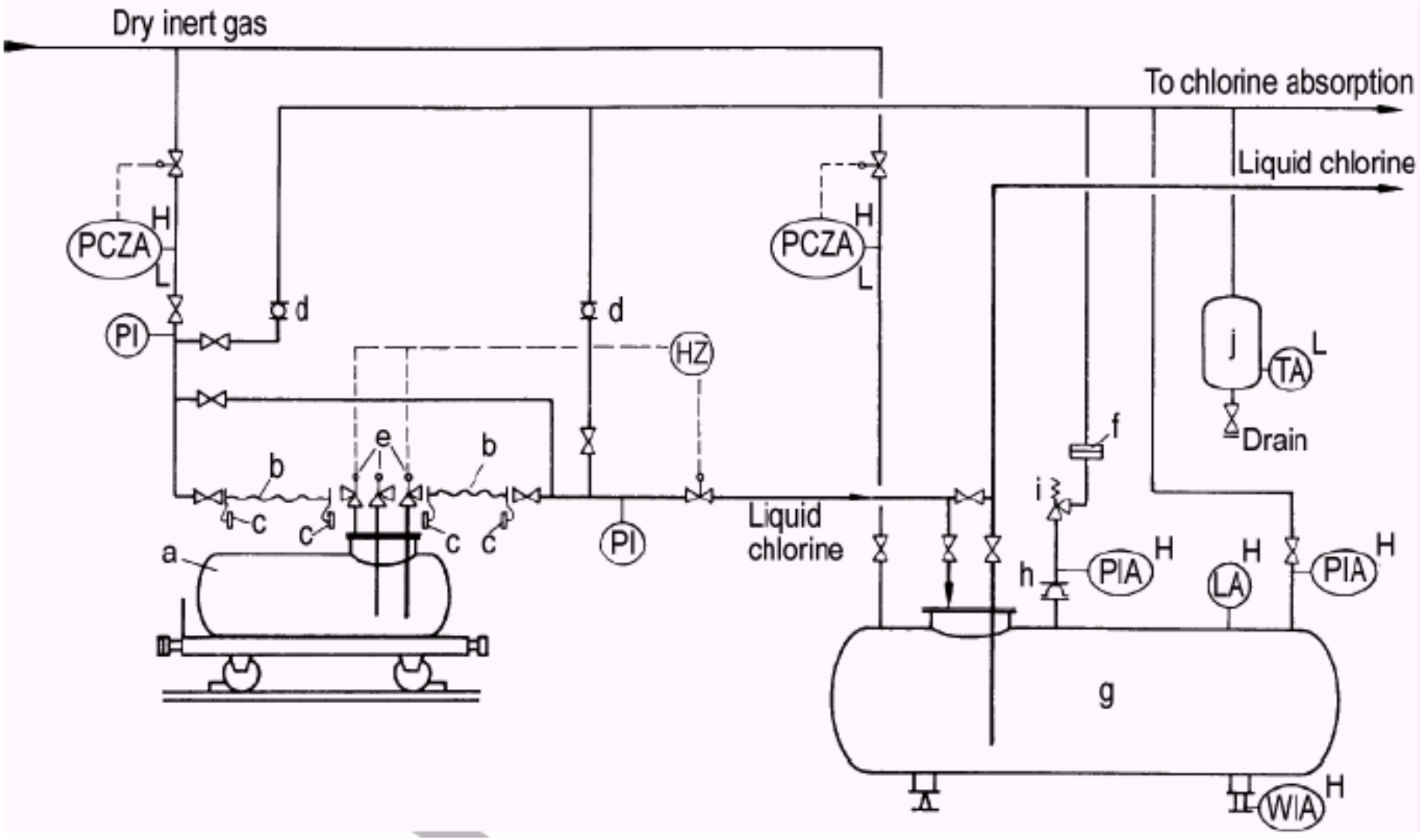


Bild 1 Chlorentladung und -lagerung

Technik bei Lagerung und Verladung von Chlor

mit Bezug zur Rublevsker Wasserversorgungsstation

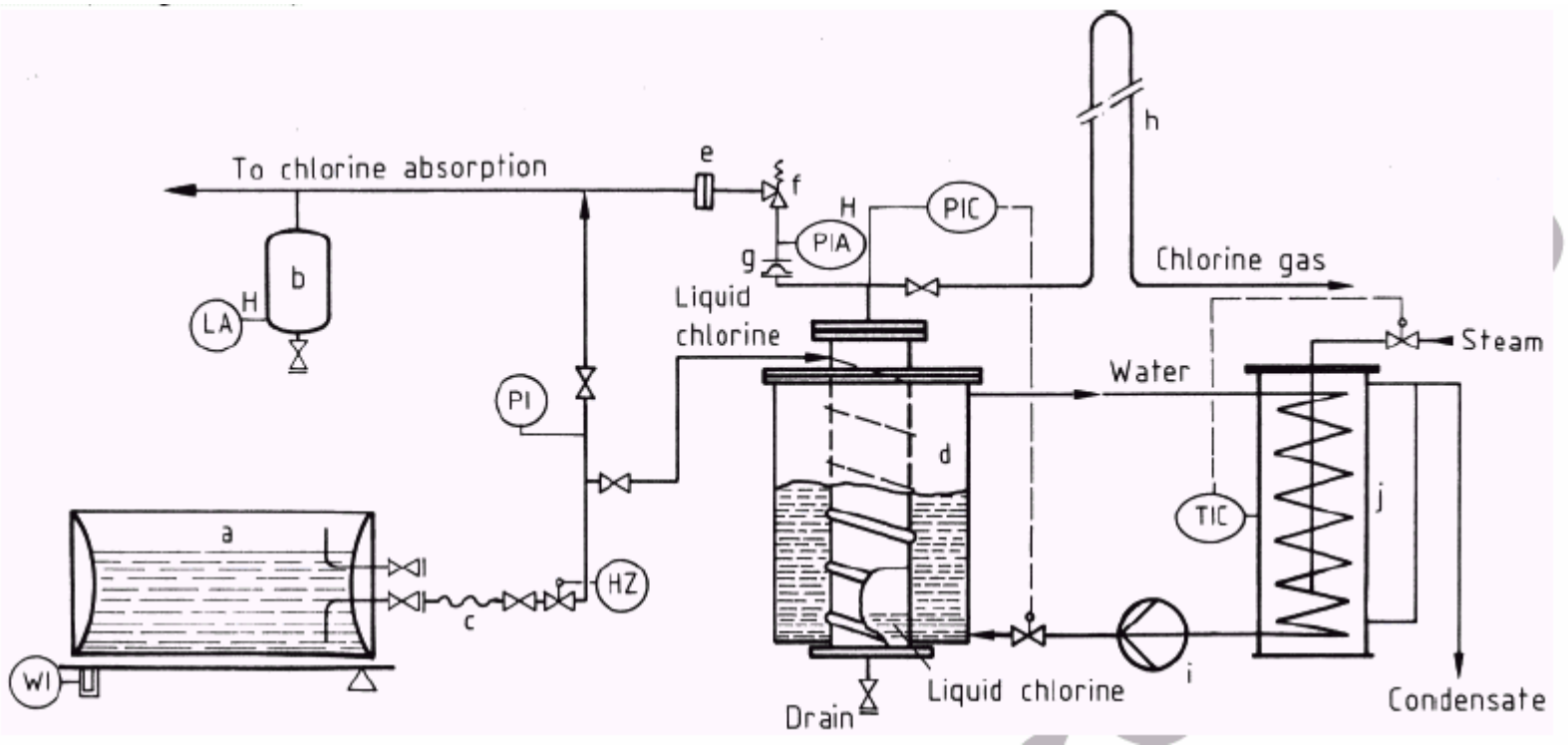
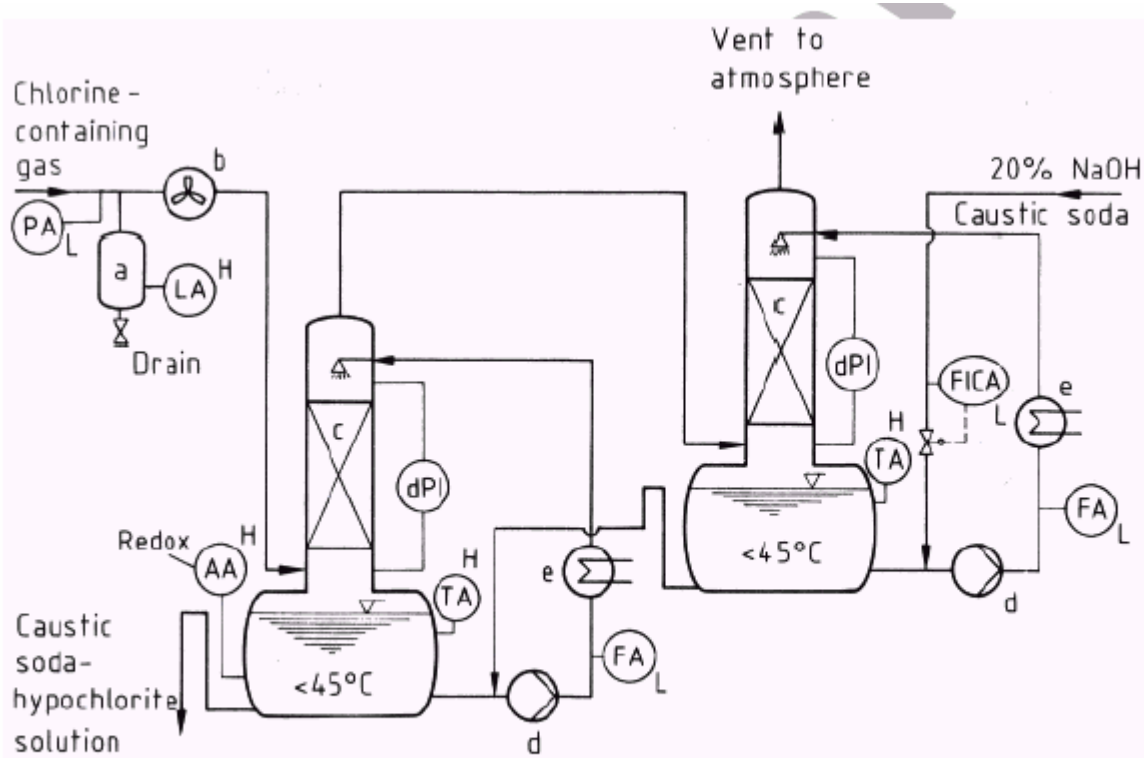


Bild 2 Chlorverdampfung

Quelle: Ullstein Enzyklopädie 1999

Technik bei Lagerung und Verladung von Chlor

mit Bezug zur Rublevsker Wasserversorgungsstation



Absorption equipment for the treatment of gases containing chlorine

a) Buffer vessel; b) Vent fan; c) Packed tower; d) Circulating pump; e) Heat exchanger (cooler)

Bild 3 Hypochloridanlage

Technik bei Lagerung und Verladung von Chlor

mit Bezug zur Rublevsker Wasserversorgungsstation

Zusammenstellung technischer Regeln und Verordnungen bzw. Gesetze

TRB 610 **Aufstellung von Druckbehältern zum Lagern von Gasen**

TRB 801 **Besondere Druckbehälter**
Nr. 34 Ammoniaklagerbehälteranlagen (als Erkenntnisquelle)

Nr. 25 Flüssiggasanlagen (als Erkenntnisquelle)

TRB 851/852 **Füllanlagen zum Abfüllen von Druckgasen in Druckbehälter**

TRD 450/452 **Anlagen zum Lagern von druckverflüssigten Ammoniak (als Erkennt nisquelle)**

WHG **Wasserhaushaltsgesetz /**

VAwS **Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährden Stoffen und überFachbetriebe**

BGV D 5 **(bisher: VBG 65) Chlorung von Wasser**

lfd. Nr.	Stichwort	Anlagenteil	Anforderung	Quelle
Chlorentladung				
1	Aufstellung	Füllanlage	Entfernung Lager/Füllanlage sollte möglichst klein sein	TRD 452 5.1.1
2	Auffangraum	Füllanlage	Auffangraum unter der Füllanlage	TRD 452 5.1.2 VAwS
3	Gelenkarm	Füllanlage	In der Regel Gelenkarm DN 80 Flüssig DN 50 Gasförmig	TRD 452 5.2.2
4	Not-Aus	Füllanlage	Fernbedienbares Absperrventil anlagenseitig / Not-Aus-System	TRB 851 Nr. 5.2.1.3 ,TRD 452 5.3.1
5	Not-Aus	Füllanlage	Schienenhaken oder vergleichbares am EKW / Not-Aus-System	TRD 452 5.3.2
6	Gassensoren	Füllanlage	Gaswarntechnik ist erforderlich	TRD 452 5.3.3
7	Berieselung	Füllanlage	Wasserberieselungsanlage ist erforderlich etwa 600 l/m² h	TRD 452 5.4.1
8	Berieselung	Füllanlage	Drucküberwachung an der Hauptwasserzufuhr/Einfrierschutz	TRD 452 5.4.3/4
9	Berieselung	Füllanlage	Auffangraum unter der Füllanlage für Berieselungswasser	TRD 452 5.4.5/6
10	Gleissperre	Füllanlage	EKW müssen gegen Wegrollen und Auffahren anderer Fahrzeuge gesichert sein	TRD 452 Anlage 1 7.3.1
11	Monitor	Füllanlage	Monitorüberwachung der Füllanlage zu ständig besetzter Stelle	TRB 851 Nr. 5.2.1.3

lfd. Nr.	Stichwort	Anlagenteil	Anforderung	Quelle
12	Schnellschluß	Füllanlage	Schnellschlusseinrichtungen an Fahrzeuge und Anlagenseitig, selbständig oder gefahrlos bedienbar	TRB 851 Nr. 5.2.1.4
13	Totmannschla-tung	Füllanlage	Bei nur einer Person während der Abfüllung ist eine Tormannschlatung erforder-lich	TRB 851 Nr. 5.2.1.3
14	Schnelltrennein-richtung	Füllanlage	Bei Lägern > 30 t sind Maßnahmen zur Begrenzung der Freisetzung beim unbe-absichtigten Fortrollen von Fahrzeugen vorzusehen (Schnelltrenneinrichtungen)	TRB 851 Nr. 5.2.1.4
15	Lüftung	Füllanlage	Eine technische Lüftung muß entweder ständig wirksam sein oder durch eine Gaswarneinrichtung automatisch wirksam werden	TRB 851 Nr. 3.2.2.3
16	Kennzeichnung	Füllanlage	Füllanschlüsse müssen so beschaffen oder gekennzeichnet werden, dass Ver-wechslungen verhindert werden	TRB 851 Nr. 3.2.1.7
Allgemeine Anforderungen				
17	Not-Aus	Gesamtanla-ge	Notaussystem mit Wirkung auf entsprechende Antriebe und Stellglieder Not-Aus-Taster in Fluchtrichtung und an ständig besetzter Stelle	TRD 452 Anlage 1 5.3
18	Notstrom	Gesamtanla-	Alle sicherheitsrelevanten Einrichtungen sind an ein Notstromversorgungs- oder	TRD 452 Anlage 1 5.3.3

lfd. Nr.	Stichwort	Anlagenteil	Anforderung	Quelle
		ge	gesichertes Netz anzuschließen	
19	Not-Aus	Gesamtanla-ge	Die Gaswarnanlage muß bei Erreichen des Grenzwertes selbsttätig ein Not-Aus der Anlage bewirken	TRD 452 Anlage 1 5.4.1
20	Schutzeinr.	Gesamtanla-ge	Wasseranschlüsse/Windrichtungsanzeiger/Schutzkleidung/Atemschutz	TRD 452 Anlage 1 5.4.4
21	Sicherheitsventile	Gesamtanla-ge	Abblaseleitungen von Sicherheitsventilen sind über Abscheider zu führen	TRD 452 Anlage 1 8.7
22	Gefahrenhinweise	Gesamtanla-ge	Hinweise auf die gefährlichen Eigenschaften der Gase durch entsprechende Kennzeichnung	TRB 610 Nr. 5.1.1
23	Dichtheit	Gesamtanla-ge	Ausrüstungsteile und Rohrleitungsverbindungen müssen auf Dauer Dicht sein	TRB 610 Nr. 3.2.1.9
24	Notstrom	Gesamtanla-ge	Sicherheitsrelevante Ausrüstungsteile an Notstrom oder gesichertes Netz	TRB 610 Nr. 3.2.1.12
Chlorlageranlage				
25	Anschlüsse	Lager	Handabsperrarmatur an MSR Leitungen	TRB 610 Nr. 5.2.1.5
26	Lagerräume	Lager	Selbstschließende Türen an Aufstellungsräumen von Lagerbehältern	TRB 610 Nr. 5.2.2.1

lfd. Nr.	Stichwort	Anlagenteil	Anforderung	Quelle
27	Lagerräume	Lager	Einrichtung zum Ableiten oder Vernichten von ausgetetenem Gas	TRB 610 Nr. 5.2.2.3
28	Gaswarnung	Lager	Meldeeinrichtungen für Gasgefahr	TRB 610 Nr. 5.2.1.2
29	Not-Aus	Lager	Notaussystem mit Absperrung der Verbindungsleitungen Meldung an ständig besetzter Stelle	TRB 610 Nr. 5.2.1.3
30	Überfüllung	Lager	> 30 t ,redundante, diversitäre Überfüllsicherung mit automatischer Absperrung des Förderstroms	TRB 610 Nr. 5.2.1.4
31	Anschlüsse	Lager	Hand- und fernbetätigbare Absperrarmatur an allen Anschlüssen der Lagerbehälter	TRB 610 Nr. 5.2.1.5
32	Werkstoffe	Lagerbehälter	Die ausgewählten Werkstoffe müssen den zu erwartenden mechanischen, thermischen und chemischen Belastungen genügen, sowie standsicher und dicht sein	TRD 451 2. Anlage 1 5.1
33	Stutzen	Lagerbehälter	Mindestdurchmesser DN 50 am Behälter	TRD 451 3.2 TRB 801 Nr. 34 6.1.4
34	Fernbedienung	Lagerbehälter	Die Bedienung des Lagerbehälters und seiner Ausrüstung muß von einem sicheren Stand aus möglich sein	TRD 452 Anlage 2 6.1.2.4
35	Aufstellung	Lagerbehälter	Zugängigkeit ist zu gewährleisten, Aufstellung nicht in Durchgängen, Fluren und Treppenbereichen	TRB 610 Nr. 3.2.1.2/3/4

lfd. Nr.	Stichwort	Anlagenteil	Anforderung	Quelle
36	Aufstellung	Lagerbehälter	Schutzmaßnahmen bei Aufstellung in Räumen (Ausführung/Lage und Nutzung der Räume; Lüftung)	TRB 610 Nr. 3.2.2/5.2.2
37	Aufstellung	Lagerbehälter	Schutzmaßnahmen bei Aufstellung im Freien (Schutz vor mechnaischer Beschädigung/Brandlasten)	TRB 610 Nr. 3.2.3/5.2.3
Rohrleitungen				
38	Verbindungen	Rohrleitungen	Schweißverbindungen sind zu bevorzugen	TRD 452 3.4.2
39	Verbindungen	Rohrleitungen	Flansche mit Nut/Feder Dichtungen	TRD 452 3.4.2
40	Druckabsicherung	Rohrleitungen	Absperrbare Rohrleitungen mit Flüssigphase müssen gegen Druckaufbau gesichert sein	TRD 452 Anlage 1 5.2.3
41	Anfahrschutz	Rohrleitungen	Verlegung von Rohrleitung oberirdisch, einsehbar, keine Gefährdung durch Fahrzeuge, Korrosionsschutz	TRD 452 Anlage 1 5.2.4/5/6
42	Fail-Safe	Rohrleitungen	Alle Sicherheitsabsperrventile müssen bei Störung in einen sicheren Betriebszustand gehen	TRD 452 Anlage 1 5.2.8
43	Stutzen	Rohrleitungen	Stutzen < DN 25 müssen besonders gegen äußere Einwirkung geschützt werden	TRD 452 Anlage 1 5.2.10

lfd. Nr.	Stichwort	Anlagenteil	Anforderung	Quelle
44	Beheizung	Verdampfer	Indirekte Beheizung über Sekundärkreislauf	TRD 452 6.3
45	Beheizung	Verdampfer	Sicherheitstemperaturbegrenzer am Verdampfer	TRD 452 6.2
46	Not-Aus	Verdampfer	Sicherheitsabsperrung der Gaszufuhr durch Not-Aus-System	TRD 452 6.5 TRB 801 Nr. 34/6.2.1.2
47	Durchbruch	Verdampfer	Chloreinbruch ins Wärmeträgermedium muß Abschaltung zur Folge haben	TRB 801 Nr. 34/6.2.1.1
48	Gassensoren	Verdampfer	Ausrüstung mit Gaswarntechnik	TRD 452 6.6
49	Überflutung	Verdampfer	Eine Überflutung von Verdampfern oder Kolonnen und gasphaseführenden Leitungen ist zu verhindern	TRD 452 Anlage 1 8.4/6

Anlage 3

Maßnahmenkatalog zur Erhöhung der Anlagensicherheit in der Chlorungsstation Rubljovo 2002

Vorhaben:

„Modellhaftes technologisches Konzept für die Verbesserung der Sicherheit bei der Chlorlagerung am Beispiel eines Moskauer Großwasserwerkes in Verbindung mit Maßnahmen zur Verbesserung des anlagenbezogenen Gewässerschutzes“

UBS-FKZ 380 01 005

Euro Institute for Information and Technology Transfer in Environmental Protection GmbH

Maßnahmeplan

Erhöhung der Anlagensicherheit im Chlortanklager der Rubljever Wasserstation von Mosvodokanal, MGP

Auf der Basis der in Deutschland geltenden technischen Regeln, der im Sicherheitsbericht durchgeführten Gefahrenanalyse sowie des betrieblichen Alarm- und Gefahrenabwehrplanes für das Chlortanklager der Wasserstation Rubljevo werden die folgenden kurz-, mittel- und langfristigen (K, M, L) sicherheitstechnischen, technologischen und organisatorischen Maßnahmen zur Verbesserung des Anlagensicherheitsniveaus im Betriebsbereich vorgeschlagen:

Lfd. Nr.	Maßnahme	Priorität
1	Installation eines Drehgelenkarmes für die Chlorverladung aus den EKW in das Tanklager (die Mindestforderung des deutschen und des russischen Anlagensicherheitsrechts lautet: starre durch flexible Leitungen ersetzen) *Bemerkung: Maßnahme wird gegenwärtig durch Mosvodokanal gemeinsam mit der Fa. EMVO realisiert!*	M
2	Installation von Not-Aus-Systemen in der Verladestation (Einbau von 2 Tastern im Außenbereich der Türen). *Bemerkung: sehr wichtige Maßnahme!*	K
3	Einbindung der Gaswarnanlage in das Notaussystem	M
4	Schnellschlusseinrichtungen mit pneumatischen Antrieben an den chlorführenden Rohrleitungen vom EKW zum Lager in der Verladestation. (Mindestens für jede Leitung 2, d.h. insgesamt: 12)	K
5	Einbau von 2 Schnellrenneinrichtungen je Verlader in den flexiblen Anschluss, um bei einer Bewegung des EKW den Fluss des Chlors zu unterbrechen (diese Forderung ergibt sich aus dem deutschen Recht ist aber nicht kurzfristig zu realisieren).	L
6	Einbau von Druckausgleichsgefäßen an absperrbaren Flüssigchlorleitungen (nach der Realisierung der Punkte 4, 4 sind einfache Blasenbehälter oder Sicherheitsventile)	K
7	Einbau von Faile-Safe-Armaturen mit Faltenbalg bei Anlagenteilen für Flüssigchlor mit häufiger Nutzung und bei hohem Druck	M
8	Einbau von Faile-Safe-Armaturen mit Faltenbalg bei Anlagenteilen für gasförmiges Chlor und bei niedrigem Druck	L
9	Installation einer Monitorüberwachung für die gesamte Verladestation, nachdem die o.g. (Nr. 2, 3, 4) Eingriffsmöglichkeiten von außen geschaffen wurden	L
10	Umstellung der Chlortransporteinrichtungen auf Inertgas oder auf Flüssigchlorpumpen	M
11	Installation einer Funktionsüberwachung für die Drucklufttrocknung mit Alarmierung bei Grenzwertüberschreitung und automatischer Abschaltung der Anlage bei Fehlfunktion.	K
12	Errichtung von Auffangwannen unterhalb der Entladestation. Nach deutschem Wasserrecht zählt Chlor zu den wassergefährdenden Stoffen. Deshalb sollten kunststoffbeschichtete bzw. Stahl- oder Spezialbetonwannen unterhalb der Entladestation installiert werden.	L
13	Einbau von Nährungsschaltern in die EKW-Entladung	M
14	Einbau einer Temperaturüberwachung in der Neutralisationsanlage	K
15	Funktionsüberwachung des Druckbehälters der Drucklufterzeugung. Signalgebung über eine Fernbedienung der Leitwarte bei Druckabfall bzw. wenn	K

	der Kompressor nicht richtig arbeitet.	
16	Funktionsüberwachung der Natronlaugepumpen mit Alarm- und automatischer Abschaltung der Ventilation bei Pumpenausfall	K
17	Funktionsüberwachung der Gasventilation über eine Durchflussmessung in den Leitungen und eine Alarmierung beim Stillstand der Ventilation	K
18	Installation eines Gassensors am Ausgang der Neutralisationskolonne als redundante aber einfach zu realisierende Maßnahme	M
19	Kontinuierliche Überwachung des Redoxpotenzials der Natronlauge	L
20	Installation von fernbedienbaren Armaturen an den Lagerbehältern. Die vorhandene händische Bedienung der Absperrventile entspricht nicht dem deutschen Stand der Technik.	K
21	Die Überfüllsicherungen an den Tanklagerbehältern für Flüssigchlor müssen redundant und diversitär sein. Wichtige Maßnahmen, das Behälterüberfüllung eine der häufigsten Störfallursachen darstellen.	K
22	Schutz der Manometer im Bediengang des Chlorlagers vor Abriss oder Ersatz durch eine elektronische Anzeige. Die relativ dünnen mit Chlor befüllten Leitungen sind unzureichend vor Abriss geschützt.	K
23	Einbau von fernbedienbaren Armaturen an den Eingängen zu den Verdampfern gemäß dem in Deutschland geltenden Stand der Sicherheitstechnik.	K
24	Auslegung der Wasserbehälter in den Verdampfern als Druckbehälter und Einbau von Alarmierungen bzw. einer automatischen Abschaltung der Gaszufuhr bei Chloraustritt aus der Rohrleitungsschlange. Das deutsche Recht fordert, dass auch die äußeren Behälter drucksicher ausgelegt werden.	M
25	Einbau von Sicherheitstemperaturbegrenzern in die Verdampfer mit Alarmgebung und Absperrung der Gaszufuhr. Abschaltung der Heizungen bei Temperaturüberschreitungen.	M
26	Errichtung von Löschwasserrückhaltungen an Stellen, an denen chlorhaltiges Wasser im Alarmfall entstehen kann.	L
27	Fernbedienung wichtiger Sicherheitskomponenten von der Leitwarte aus	M
28	Überwachung des Wasserdrucks für die Berieselungsanlage. Kontrolle ob sich wirklich hinreichend Wasser im Wasserreservoir befindet.	L
29	Einbau von selbstschließenden und von gasdichten Türen in den Aufstellungsräumen für die Lagerbehälter z.B. über Gummidichtungen	L
30	Anbindung sicherheitsrelevanter Ausrüstungsteile an eine Notstromversorgung	M
31	Kennzeichnung der Armaturen und Rohrleitungen in der Anlage. Einfach zu realisierende low-cost-Maßnahme in der Anlage mit Erhöhung der Anlagensicherheit	K
32	Verbesserung der Kommunikationsmöglichkeiten für das Bedienpersonal vor Ort, z.B. durch Funktsprechgeräte.	K
33	Aufbau und zusammenhängende Dokumentation eines Sicherheits-Managementsystems zur Abstimmung aller organisatorischen Maßnahmen zur Erhöhung der Anlagensicherheit. Formulierung eines Konzeptes zur Verbesserung der Anlagensicherheit im Betrieb und von konkreten Zielen und kontinuierliche Überprüfung und Auswertung der Zielerreichung (kontinuierlicher Verbesserungsprozess).	M

Anlage 4

Alarm- und Gefahrenabwehrplan für die Chlorungsstation Rubljovo 2002

Vorhaben:

„Modellhaftes technologisches Konzept für die Verbesserung der Sicherheit bei der Chlorlagerung am Beispiel eines Moskauer Großwasserwerkes in Verbindung mit Maßnahmen zur Verbesserung des anlagenbezogenen Gewässerschutzes“

UBS-FKZ 380 01 005

Euro Institute for Information and Technology Transfer in Environmental Protection GmbH

МГП "МОСВОДОКАНАЛ"

Moswodokanal Rublewer Wasserwerk

Interner Alarm- und Gefahrenabwehrplan

Rublewer Wasserwerk

121500 Moskau

Wassili-Botilew-Straße, Haus 1

Telefon	414–30–84
Telefax	414–39–75

1 Alarmpläne

2 Gefahrenschwerpunkte

3 Vorbereitung

4 Warnung, Information

5 Handlungen

6 Anhänge

Betriebsanweisung Fortschreibung

1. Der betriebliche Alarm- und Gefahrenabwehrplan gilt für das Rublewer Wasserwerk.

2. Dieser Plan wird in Verantwortung des Hauptingenieurs vom Leiter der Abteilung Vorbeugung für Unglücksfälle geführt und jährlich fortgeschrieben.
   Wichtige Ergänzungen werden unverzüglich eingetragen.

3. Wesentliche Änderungen des Planes werden
   - der ГУГОЧС und
   - der zuständigen Госгортехнадзор

   angezeigt.

4. Aus dem betrieblichen Alarm- und Gefahrenabwehrplan werden bei Notwendigkeit nach Übungen Betriebsanweisungen ergänzt bzw. neue verabschiedet.
   Der Leiter der Abteilung Vorbeugung für Unglücksfälle unterbreitet dazu dem Hauptingenieur entsprechende Vorschläge.

5. Stand: 01. September 2001

Stand	Fortschreibung (Abschnitt)	Datum	Unterschrift

Verteiler

Der betriebliche Alarm- und Gefahrenabwehrplan wurde in **XX** Exemplaren ausgefertigt und wie folgt verteilt:

Inhaltsverzeichnis

1 Alarmplan ... 3
1.1 Alarmpläne für Alarmfälle und Alarmstufen ... 3
1.2 Meldungen und Informationen ... 3
1.3 Adressen für Alarmierung und Information ... 3
2 Werk und Gefahrenschwerpunkte ... 3
2.1 Kurzbeschreibung des Rublewer Wasserwerkes ... 3
2.2 Umgebung des Werks ... 3
2.2.1 Betriebe und Einrichtungen ... 3
2.2.2 Ortschaften ... 3
2.2.3 Schützenswerte Objekte bei Chlorfreisetzung ... 3
2.3 Gefahrenschwerpunkte ... 3
2.3.1 Betriebliche Gefahren ... 3
2.3.2 Umgebungsbedingte Gefahren ... 3
2.3.3 Einrichtungen für Schutz vor Eingriffen Unbefugter ... 3
2.4 Szenarien ... 3
2.5 Gefährdungsbereich ... 3
2.5.1 Grundlagen ... 3
2.5.2 Gefährdung unter Anwendung der ERPG-Werte ... 3
2.5.3 Diskussion der Gefährdung unter Anwendung der AEGL-Werte ... 3
3 Vorbereitung der Gefahrenabwehr ... 3
3.1 Kräfte des RWS ... 3
3.2 Ausrüstungen zur Gefahrenabwehr ... 3
3.3 Erforderliche Handlungen und deren Erfüllbarkeit ... 3

4 Warnung und Öffentlichkeitsinformation ... 3
4.1 Warnung ... 3
4.2 Information der Öffentlichkeit ... 3
5 Handlungen bei einem Störfall ... 3
5.1 Übersicht ... 3
5.2 Kartei der Sofortmaßnahmen ... 3
5.2.1 Sofortmaßnahmen für den zentralen Dispatcherdienst. ... 3
5.2.2 Sofortmaßnahmen für den Leiter des Wasserwerks (PBC) ... 3
5.2.3 Sofortmaßnahmen für den Hauptingenieur ... 3
5.2.4 Sofortmaßnahmen für den Stabchef der Zivilverteidigung des Betriebes ... 3
5.2.5 Sofortmaßnahmen für den Leiter der Gaswehr ... 3
5.2.6 Sofortmaßnahmen für den Leiter eines Betriebsteils, den Technologen bzw. den diensthabenden Ingenieur ... 3
5.2.7 Sofortmaßnahmen für das Anlagenpersonal - Chlorlager ... 3
5.2.8 Sofortmaßnahmen für das Anlagenpersonal - Chlorverdampfer ... 3
5.2.9 Sofortmaßnahmen für das Anlagenpersonal – innerbetriebliche Rohrleitungen ... 3
5.2.10 Sofortmaßnahmen für das Anlagenpersonal – Chlordosierung ... 3
5.3 Handlungen bei einem Gefahrgutunfall (Anfahrt zur Chlorabfüllstation) ... 3
5.4 Eingriff Unbefugter ... 3
5.5 Einweisung externer Einsatzkräfte ... 3
5.6 Kalenderplan der Hauptmaßnahmen bei einem Störfall im Rublewer Wasserwerk ... 3

1 Alarmplan

1.1 Alarmpläne für Alarmfälle und Alarmstufen

➡ Alarmfall ermitteln

➡ Alarmstufe nach den Kriterien bestimmen

➡ Alarmieren

Der Alarmplan gilt für die Alarmfälle
- Chlorfreisetzung
- Brand
- Extremwetterlage
- Ausfall von Elektroenergie
- Eingriff Unbefugter

Korrektur der Alarmstufe durch

- Leiter des Wasserwerkes,
- Hauptingenieur oder
- diensthabenden Ingenieur des RWS

Alarmfälle	Alarmstufen	Hauptkriterien
Chlorfreisetzung	**1**	➡ Gravierende Unregelmäßigkeiten in Blöcken I - IX, ➡ Ausfall eines Teilsystems mit der Möglichkeit einer Chlorfreisetzung, ➡ Ausfall des Skrubbers im Normalbetrieb, bei Überschreitung des ПДК ➡ Plötzliche deutliche Messwertüberschreitung **Auswirkungen außerhalb des RWS sind nicht zu erwarten**
	2	➡ Alarmauslösung (Cl_2 > ПДК), ➡ Kleines Leck Chlorgasleitung zum Block III, Chlorlager, Block III, V – IX **Auswirkungen außerhalb des RWS sind nicht auszuschließen** ➡ Transportunfall außerhalb des RWS (Chlorfreisetzung möglich)
	3	Riss/Abriss einer chlorführenden Verbindung ➡ Abfüllstation (Block I), Skrubber, Wasserschleier in Betrieb gesetzt ➡ Rohrleitungssystem (Block IV) **Gefährdung im Gefährdungsbereich vorhanden**
	4	➡ Bildung einer großen Chlorlache bei der Abfüllung (Block I) ➡ Versagen des Skrubbers bei Chlorfreisetzung im Block I ➡ Großes Leck in der oberirdischen Rohrleitung ➡ Schwerer Transportunfall eines Chlorkesselwagens außerhalb **Katastrophensituation ist eingetreten**

Brand	**2**	➡ Brand in einem Werksgebäude
	3	➡ Entstehung eines Brandes in den Bereichen der Blöcke I – IX ➡ Großbrand im RWS
Extreme Wettersituation	**1**	Ankündigung einer extremen Wetterlage (Orkan, Starkniederschläge, Eisregen)
	2	Plötzlicher Wetterumschwung zur Extremlage ➡ Windspitzengeschwindigkeit >30 m/s, ➡ Starkniederschläge (Regen) >50 mm/h, ➡ Starkniederschläge (Schnee) > 5 cm/h, ➡ Eisregen mit Eisansatz an Versorgungsleitungen ➡ Fröste, langandauernd < -25 °C oder plötzlich einsetzend.
Ausfall von Elektroenergie	**2**	Ausfall beider Elektroenergieeinspeisungen
Eingriff Unbefugter	**4**	➡ Androhung einer terroristischen Aktion ➡ Sprengstofffund im RWS

Alarmstufe 1

Alarmruf: Meldung an Hauptingenieur und Leiter des RWS über Situation, Vorschlag: Auslösung Alarmstufe 1 (gelb).

Ab lfd. Nr. 3: Alarmstufe 1 (gelb) ausgelöst! (Nennen des Alarmfalls). Begeben Sie sich sofort in den festgelegten Raum, Einsatzbereitschaft herstellen und Meldung an den zentralen Dispatcherdienst.

Lfd. Nr.	**Funktion**	**Name**	**Telefon**		**Anschrift**	**Quittung für Alarmierung** (Unterschrift, Datum, Zeit)
			intern	**extern**		
1	Hauptingenieur				Wohnung: Datsche:	
2	Leiter RWS				Wohnung: Datsche:	
3	Hauptmechaniker				Wohnung: Datsche:	
4	Leiter Abteilung Vorbeugung für Unglücksfälle (ПНС и ЧС)				Wohnung: Datsche:	
5	Stabchef ZV				Wohnung: Datsche:	
Bei Störungen im Chlorbetrieb zusätzlich						
6	Stellvertreter des Hauptingenieurs (für den Chlorbetrieb)				Wohnung: Datsche:	

Lfd. Nr.	Funktion	Name	Telefon intern	Telefon extern	Anschrift	Quittung für Alarmierung (Unterschrift, Datum, Zeit)
7	Leiter des Chlorbetriebes				Wohnung: Datsche:	
8	Gruppenführer Aufklärung					
9	Stellv. Gruppenführer Aufklärung					
10	Technologe				Wohnung: Datsche:	
11	Pressesprecher				Wohnung: Datsche:	

Alarmstufe 2

Bei Brand: Sofort alarmieren: Feuerwehr des Betriebs ..... Telefon:

Alarmruf: Meldung an Hauptingenieur und Leiter des RWS über Situation, Vorschlag: Auslösung Alarmstufe 2 (blau).

Ab lfd. Nr. 3: Alarmstufe 2 (blau) ausgelöst! (Nennen des Alarmfalls).Begeben Sie sich sofort in den festgelegten Raum, Einsatzbereitschaft herstellen und Meldung an den zentralen Dispatcherdienst.

Lfd. Nr.	Funktion	Name	Telefon		Anschrift	Quittung für Alarmierung (Unterschrift, Datum, Zeit)
			intern	extern		
1	Hauptingenieur				Wohnung: Datsche:	
2	Leiter RWS				Wohnung: Datsche:	
3	Hauptenergetiker					
4	Hauptmechaniker				Wohnung: Datsche:	
5	Leiter Abteilung Vorbeugung für Unglücksfälle (ПНС и ЧС)				Wohnung: Datsche:	
6	Stabchef ZV				Wohnung: Datsche:	

Lfd. Nr.	Funktion	Name	Telefon intern	Telefon extern	Anschrift	Quittung für Alarmierung (Unterschrift, Datum, Zeit)
7	Stellvertreter des Hauptingenieurs (für den Chlorbetrieb)				Wohnung: Datsche:	
8	Leiter des Chlorbetriebes				Wohnung: Datsche:	
8	Gruppenführer Aufklärung					
10	Stellv. Gruppenführer Aufklärung					
11	Truppführer Nachrichten					
12	Technologe					
13	Leiter des Havariebekämpfungs-kommandos					
14	Gruppenführer Gasrettung					
15	Pressesprecher					
16	Mitarbeiter Stab ZV					

Lfd. Nr.	Funktion	Name	Telefon		Anschrift	Quittung für Alarmierung (Unterschrift, Datum, Zeit)
			intern	extern		
17	Mitarbeiter Stab ZV					

Alarmstufe 3

Alarmruf: Meldung an Hauptingenieur und Leiter des RWS über Situation, Vorschlag: Auslösung Alarmstufe 3 (orange).

Ab lfd. Nr. 3: Alarmstufe 3 (orange) ausgelöst! (Nennen des Alarmfalls). Begeben Sie sich sofort in den festgelegten Raum, Einsatzbereitschaft herstellen und Meldung an den zentralen Dispatcherdienst.

Lfd. Nr.	**Funktion**	**Name**	**Telefon**		**Anschrift**	**Quittung für Alarmierung** (Unterschrift, Datum, Zeit)
			intern	**extern**		
1	Hauptingenieur				Wohnung: Datsche:	
2	Leiter RWS				Wohnung: Datsche:	
3	Hauptmechaniker				Wohnung: Datsche:	
4	Leiter Abteilung Vorbeugung für Unglücksfälle (ПНС и ЧС)				Wohnung: Datsche:	
5	Stabchef ZV				Wohnung: Datsche:	
6	Stellvertreter des Hauptingenieurs (für den Chlorbetrieb)					
7	Leiter des Chlorbetriebes				Wohnung: Datsche:	

Lfd. Nr.	Funktion	Name	Telefon intern	Telefon extern	Anschrift	Quittung für Alarmierung (Unterschrift, Datum, Zeit)
8	Gruppenführer Aufklärung					
9	Stellv. Gruppenführer Aufklärung					
10	Hauptenergetiker					
11	Technologe					
12	Leiter des Havariebekämpfungs-kommandos					
13	Gruppenführer Gasrettung					
14	Leiter Sicherheit					
15	Pressesprecher					
16	Mitarbeiter Stab ZV					
17	Mitarbeiter Stab ZV					

Lfd. Nr.	Funktion	Name	Telefon		Anschrift	Quittung für Alarmierung (Unterschrift, Datum, Zeit)
			intern	extern		
	Mitarbeiter Stab ZV					
	Mitarbeiter Stab ZV					
	Gruppenführer Entgiftung					
	Gruppenführer Öffentliche Ordnung					
	Zugführer Sanitätszug					
	Truppführer Nachrichten					
	Gruppenführer Mechanisierung					
	Gruppenführer der zusammengefassten Gruppe ЦОВ–2					

Alarmstufe 4

Alarmruf: Meldung an Hauptingenieur und Leiter des RWS über Situation, Vorschlag: Auslösung Alarmstufe 4 (rot).

Ab lfd. Nr. 3: Alarmstufe 4 (rot) ausgelöst! (Nennen des Alarmfalls).Begeben Sie sich sofort in den festgelegten Raum, Einsatzbereitschaft herstellen und Meldung an den zentralen Dispatcherdienst.

Lfd. Nr.	**Funktion**	**Name**	**Telefon**		**Anschrift**	**Quittung für Alarmierung** (Unterschrift, Datum, Zeit)
			intern	**extern**		
1	Hauptingenieur				Wohnung: Datsche:	
2	Leiter RWS				Wohnung: Datsche:	
3	Hauptmechaniker				Wohnung: Datsche:	
4	Leiter Abteilung Vorbeugung für Unglücksfälle (ПНС и ЧС)				Wohnung: Datsche:	
5	Stabchef ZV				Wohnung: Datsche:	
6	Stellvertreter des Hauptingenieurs (für den Chlorbetrieb)					
7	Leiter des Chlorbetriebes				Wohnung: Datsche:	

Lfd. Nr.	Funktion	Name	Telefon intern	Telefon extern	Anschrift	Quittung für Alarmierung (Unterschrift, Datum, Zeit)
8	Gruppenführer Aufklärung					
9	Stellv. Gruppenführer Aufklärung					
10	Technologe					
11	Hauptenergetiker					
12	Leiter des Havariebekämpfungs-kommandos					
13	Gruppenführer Gasrettung					
14	Leiter Sicherheit					
15	Pressesprecher					
16	Mitarbeiter Stab ZV					
17	Mitarbeiter Stab ZV					
18	Mitarbeiter Stab ZV					

Lfd. Nr.	Funktion	Name	Telefon intern	Telefon extern	Anschrift	Quittung für Alarmierung (Unterschrift, Datum, Zeit)
	Mitarbeiter Stab ZV					
	Gruppenführer Entgiftung					
	Gruppenführer Öffentliche Ordnung					
	Zugführer Sanitätszug					
	Truppführer Nachrichten					
	Gruppenführer Mechanisierung					
	Gruppenführer der zusammengefassten Gruppe ЦОВ–2					
	Leiter Betriebsteil ...					
	Leiter Betriebsteil ...					
	Leiter Betriebsteil ...					
	Leiter Betriebsteil ...					
	Leiter Betriebsteil ...					

Interne Alarmierung – Sammelstellen nach Alarmierung (soweit nicht bei der Alarmierung anders festgelegt)

Lfd. Nr.	Funktion	Name	Sammelstelle	**Quittung für Anwesenheit** (Unterschrift, Datum, Zeit)
1	Leiter RWS		Dienstzimmer	
2	Hauptingenieur		Dispatcherzentrale, Gebäude ...	
3	Hauptmechaniker			
4	Technologe			
5	Hauptenergetiker			
6	Stellvertreter des Hauptingenieurs (für den Chlorbetrieb)			
7	Leiter des Chlorbetriebes			
8	Leiter Abteilung Vorbeugung für Unglücksfälle (ПНС и ЧС)			
9	Stabchef ZV		1. Dispatcherzentrale, Gebäude ..., 2. Stab ZV, Gebäude ..., Raum ...	
10	Mitarbeiter Stab ZV		Stab ZV, Gebäude ..., Raum ...	
11	Mitarbeiter Stab ZV		Stab ZV, Gebäude ..., Raum ...	
12	Mitarbeiter Stab ZV		Stab ZV, Gebäude ..., Raum ...	
13	Mitarbeiter Stab ZV		Stab ZV, Gebäude ..., Raum ...	

Lfd. Nr.	Funktion	Name	Sammelstelle	**Quittung für Anwesenheit** (Unterschrift, Datum, Zeit)
14	Leiter Sicherheit			
15	Pressesprecher		Dispatcherzentrale, Gebäude ...	
16	Leiter des Havariebekämpfungs-kommandos			
17	Gruppenführer Aufklärung			
18	Stellv. Gruppenführer Aufklärung			
19	Gruppenführer Gasrettung			
20	Gruppenführer Entgiftung			
21	Gruppenführer Öffentliche Ordnung			
22	Zugführer Sanitätszug			
23	Truppführer Nachrichten			
24	Gruppenführer Mechanisierung			
25	Gruppenführer der zusammengefassten Gruppe ЦОВ–2			
26	Leiter Betriebsteil ...			
27	Leiter Betriebsteil ...			

Lfd. Nr.	Funktion	Name	Sammelstelle	**Quittung für Anwesenheit** (Unterschrift, Datum, Zeit)
28	Leiter Betriebsteil ...			
29	Leiter Betriebsteil ...			
30	Leiter Betriebsteil ...			

1.2 Meldungen und Informationen

Nach Eintritt einer Störung im Chlorbetrieb, die zu einer Freisetzung von Chlor führen kann oder die bereits mit einer Chlorfreisetzung verbunden ist, sind an die Hauptverwaltung Zivilverteidigung/außergewöhnliche Situationen zu melden:

- Vorabmeldung (Anhang 1 – Vordrucke für Meldungen)
- Ereignismeldung (Anhang 1 – Vordrucke für Meldungen)

Hauptverwaltung ZV/AS des Oblast Moskau:	Tel. ....., Fax:	**Leiter RWS (Hauptingenieur bei seiner Abwesenheit)**

Nach Abschluss der Arbeiten zur Liquidierung eines Störfalls sind den zuständigen Behörden Angaben über den Störfall zu übermitteln (Anhang 2).

Hauptverwaltung ZV/AS des Oblast Moskau:	Tel. ....., Fax:	**Leiter RWS**
Gosgortechnadsor :	Tel. ....., Fax:	**Leiter RWS**

Berichterstattung über die eingetretene Lage

MGP „Moswodokanal“ :	Tel. ....., Fax:	**Leiter RWS bzw. Hauptingenieur**

1.3 Adressen für Alarmierung und Information

Information an	Telefon	Fax	Adresse	Bemerkungen
MGP „Moswodokanal				
Gosgortechnadsor				
Präfektur SAO				
Berufsfeuerwehr 48				
Eisenbahnhavariebrigade				
Eisenbahnstation für Chlortransporte				
Anschlussstation „Kunzewo-2“				
Milizabteilung Nr. 7				
Russisches Zentrum für Chlorsicherheit				
Poliklinik Nr. 83				
Zentralkrankenhaus				
Truppenteil Nr. 11245				

Information an	Telefon	Fax	Adresse	Bemerkungen
Betriebsfremde Organisationen im RWS				
ТОО «Ordinka–448»				
АОЗТ «Adonis»				
ТОО «Wassertechnik–16»				
ТОО «Wassertechnik–447»				
ПМП «Rem-Bau»				
ТОО «Wassertechnik–18»				
ТОО Firma «Plus»				
ООО «Marstak»				
Spezialisten für Störfälle mit Chlor				
Dr. B. Jagud				
MOSWODOKANALNIIPROJEKT			107005 Moskau, Pleteschkowski Per. Haus 4	Projektant für technologische Prozesse
Wichtige Institutionen				
Hydrologisch-meteorologischer Dienst				

2 Werk und Gefahrenschwerpunkte

2.1 Kurzbeschreibung des Rublewer Wasserwerkes

Das Wasserwerk ist seit 1903 in Betrieb. Es bereitet Oberflächenwasser des Samoskworezker Wasserreservoirs zu Trinkwasser entsprechend GOST 2874-82 auf fördert es nach Moskau. Bei der Wasseraufbereitung wird Chlor verwendet.

Das Rublewer Wasserwerk (RWS) im Westlichen Verwaltungsbezirk von Moskau liegt an der Moskwa, 2 km vom Autobahnring (МКАД) entfernt . Das RWS hat folgende Umgebung:

Richtung	Umgebung
Nordost	Gemeinde Rublewo
Nordwest bis West	Moskwa, unmittelbar an der Werksgrenze; daneben Moskauer Autobahnring
Süd, Südwest-Südost	Waldmassiv (Mischwald, mit hohem Nadelwaldanteil)

Das umgebende Gelände ist eben, der Boden sandig. Die Fläche des Betriebsterritoriums umfasst 1,76 km².

Auf dem Betriebsterritorium befinden sich maximal 850 Beschäftigte, einschließlich zeitweilige Baufirmen und Fremdbetriebe. Die stärkste Schicht im RWS (Tagschicht) umfasst ca. 500 Arbeiter und Angestellte.

Personalverteilung in den Betriebsteilen

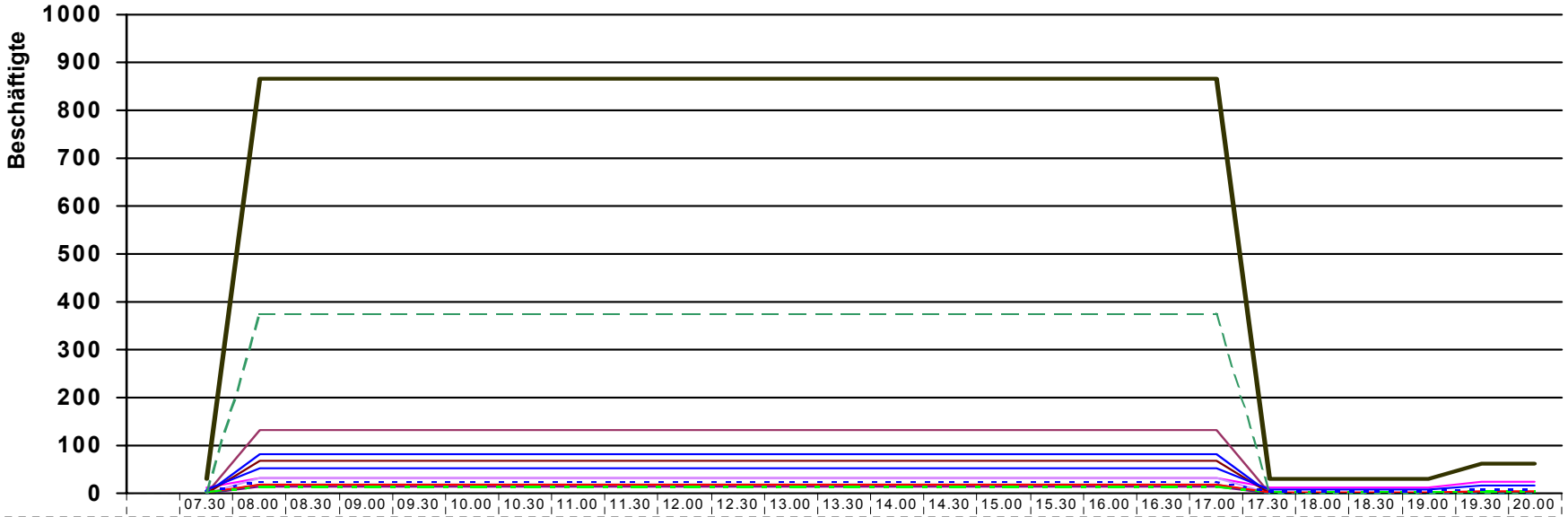
Nr.	Betriebsteil/Gebäude des RWS	Personal Tagschicht	Personal Nachtschicht
1	Verwaltung	82	1
2	Maschinengebäude Nr. 1	13	3
3	Maschinengebäude Nr. 2	10	2
4	Maschinengebäude Nr. 3	5	4
5	Maschinengebäude Nr. 4	2	3
6	Maschinengebäude Nr. 5	3	0
7	Reparaturwerkstatt	30	0
8	Sanitär-technische Werkstatt	26	1
9	Elektrowerkstatt	24	0
10	Baureparaturwerkstatt	52	0
11	Betriebsteil КИПиА	33	0
12	Betriebsteil Rohrleitungen	15	0
13	Betriebsteil Mechanisierung und Transport	68	1
14	Betriebsteil Grünflächen	18	0
15	Laboratorium	25	4
16	Tischlerei	10	0
17	Betriebsteil Wasseraufbereitung		
	- Aufbereitungsanlagen	24	5
	- Chemikalien	18	0
	- Block 3	10	3
18	Experimentalstation Wasseraufbereitung	15	2
19	Lager und Abfüllstation	18	2
	Insgesamt	501	31

Auf dem Betriebsterritorium befinden sich folgende betriebsfremde Organisationen:

Fremdbetriebe im Werk

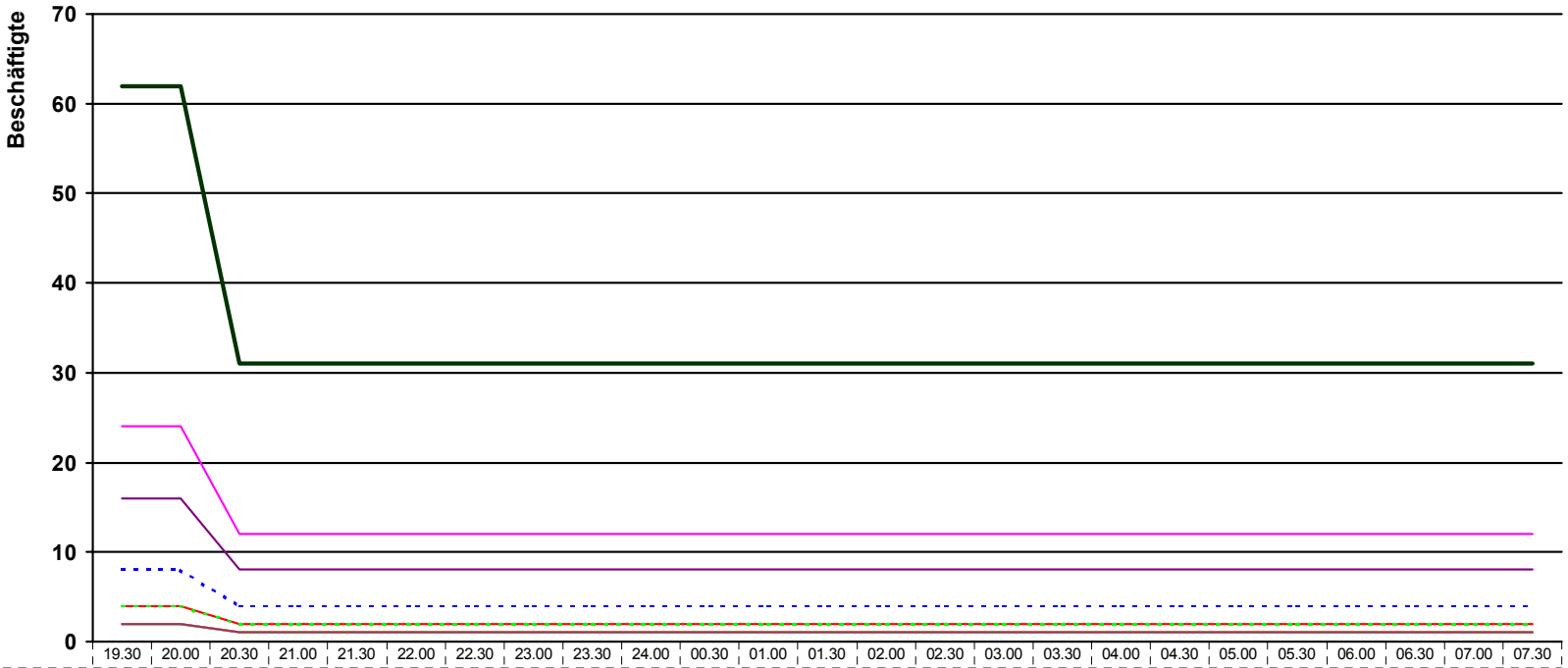
Organisation	Gebäude	Anzahl der Beschäftigten
ТОО «Ordinka–448»		40
АОЗТ «Adonis»		50
ТОО «Wassertechnik–16»		120
ТОО «Wassertechnik–447»		100
ПМП «Rem-Bau»		10
ТОО «Wassertechnik–18»		30
ТОО Firma «Plus»		15
ООО «Marstak»		10

Anwesenheit der Beschäftigten Tagschicht und Normalschicht



	07.30	08.00	08.30	09.00	09.30	10.00	10.30	11.00	11.30	12.00	12.30	13.00	13.30	14.00	14.30	15.00	15.30	16.00	16.30	17.00	17.30	18.00	18.30	19.00	19.30	20.00
Verwaltung	1	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	1	1	1	1	2	2
Maschinengebäude	12	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	12	12	12	12	24	24
Werkstätten	1	132	132	132	132	132	132	132	132	132	132	132	132	132	132	132	132	132	132	132	1	1	1	1	2	2
BT KIP/A	0	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	0	0	0	0	0	0
BT Rohrleitungen	0	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	0	0	0	0	0	0
BT Mech./Transport	1	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	1	1	1	1	2	2
BT Grünfl.	0	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	0	0	0	0	0	0
BT Wasseraufbereitung	8	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	8	8	8	8	16	16
Lager/Abfüllstation	2	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	2	2	2	2	4	4
Exp. Station	2	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	2	2	2	2	4	4
Labor	4	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	4	4	4	4	8	8
Fremdbetriebe	0	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	0	0	0	0	0	0
Gesamt	31	866	866	866	866	866	866	866	866	866	866	866	866	866	866	866	866	866	866	866	31	31	31	31	62	62

Beschäftigte in der Nachtschicht



	19.30	20.00	20.30	21.00	21.30	22.00	22.30	23.00	23.30	24.00	00.30	01.00	01.30	02.00	02.30	03.00	03.30	04.00	04.30	05.00	05.30	06.00	06.30	07.00	07.30
Verwaltung	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Maschinengebäude	24	24	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Werkstätten	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
BT Mech./Transport	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
BT Wasseraufbereitung	16	16	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Lager/Abfüllstation	4	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Exp. Station	4	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Labor	8	8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Gesamt	62	62	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31

Werksplan
(Maßstab 1 .)

Detailpläne
(Die Detailpläne sind umfangreich und werden bei den zuständigen Führungskräften bzw. in einer 2. Ausfertigung beim zentralen Dispatcherdienst aufbewahrt)

Plan der Energieversorgung	⇨	Hauptenergetiker, Gebäude , Raum
Wasserversorgungs- und der Abwasserkanalplan	⇨	Hauptingenieur, Gebäude . Raum Leiter der Abteilung Vorbeugung für Unglücksfälle
Rohleitungspläne	⇨	Hauptingenieur, Gebäude . Raum Leiter der Abteilung Vorbeugung, Gebäude . Raum Zentraler Dispatcherdienst

Karte der Umgebung mit Zufahrtswegen
(Maßstab 1 .)

2.2 Umgebung des Werks

2.2.1 Betriebe und Einrichtungen

Lfd. Nr.	Entfernung (km)	Richtung	Betrieb/Einrichtung	Anzahl Personal
1	1,0		Bäckerei	25
2	1,0	Südost	Truppenteil Nr. 11245	160
3	1,0		ВПЧ–48	30
4	1,0		Metallkonstruktionsbasis	35
5	1,1		7. Milizabteilung	100
6	1,5		Fabrik „Berufsbekleidung“	30
7	1,6		56. Milizabteilung	15
8	2,2		7. Abteilung des Streifendienstes	20

2.2.2 Ortschaften

Lfd. Nr.	Entfernung (km)	Richtung	Ortschaft	Einwohner
1	1,2		Siedlung Rublewo	8500
2	2,0		Dorf „Sacharkowo“	200
3	2,0		Dorf „Luki“	100
4	3,0		Siedlung „Archangelskoje“	3500
5	3,0		Dorf „Sosnowka-2“	220
6	3,1		Dorf „Golewo“	300
7	3,2		Dorf „Rasdori“	500

Lfd. Nr.	Entfernung (km)	Richtung	Ortschaft	Einwohner
8	3,5		Dorf „Mjakinino“	500
9	4,0		Dorf „Troize-Lykowo“	170
10	4,2		Wohnbezirk “Krylatskoje”	60000
11	4,5		Stadt “Krasnogorsk	150000
12	4,5		Siedlung “Pomaschkowo”	300
13	5,0		Siedlung “Nemtschinowka”	1500
14	5,2		Wohnbezirk “Strogino”	119000

2.2.3 Schützenswerte Objekte bei Chlorfreisetzung

Lfd. Nr.	Entfernung (km)	Richtung	Schützenswertes Objekt	Max. Anzahl von Personen
1	1,5		Poliklinik Nr. 83	60
2	1,5		Schule Nr. 580	270
3	1,5		Gartenanlage „Freundschaft“	300
4	1,7		Kindergarten Nr. 2183	60
5	1,8		Kindergarten Nr. 2184	100
6	1,8		Schule Nr. 731	350
7	2,0		Kindergarten Nr. 2157	100
8	2,0		Klinik Solowjew	500
9	2,0	NW ... W	Autobahnring	
10	2,1		Kulturhaus „Rublewo“	460
11	3,0		Sanatorium „Archangelskoje“	700
12	3,0		Schwimmbad der Siedlung Rublewo	8000
13	3,1		Kardiologischer Wissenschafts- und Produktionskomplex	1500
14	4,0		Zentralkrankenhaus	1000
15	5,0		Erholungspark „Silberwald“	10000

2.3 Gefahrenschwerpunkte

2.3.1 Betriebliche Gefahren

2.3.1.1 Anlagen

Zum Einsatz von Chlor befinden sich auf dem Werkterritorium folgende Anlagen:

Anlage	Max. Menge	Bedingungen		
		Aggregatzustand	Druck (Mpa)	Temperatur (°C)
Abfüllstation für flüssiges Chlor	bis 114 t (2 EKW zu je 57 t)	flüssig	1,2	±50
Chlorlager	bis 250 t (10 Tanks)	flüssig		
- 1 Tank ST-3	35 m³	flüssig	≤0,8	-40 … +30
- 4 Tanks ST-16GS	35 m³	flüssig		-40 … +50
- 5 Tanks 16 GS	40 m³	flüssig		-40 … +30
Verdampfer von flüssigem Chlor	0,06 m³ (50 kg/h)	flüssig/gasförmig	≤0,7	16 ... 70
Chlorleitungen	bis 6 t			
- ST20 oberirdisch 200 m	0,98 m³	flüssig	≤1,2	-40 … +30
- ST20 unterirdisch		gasförmig	≤0,8	-25 … +35
Ø 57 mm 6448 m	9,36 m³			
Ø 48 mm 400 m	0,36 m³			
Ø 89 mm 870 m	4,26 m³			
Puffergefäße				
- 2 Puffergefäße ST20	0,36 m³	gasförmig	≤0,8	-20 … +30
- 1 Puffergefäß ST29	0,4 m³	gasförmig		
- 3 Puffergefäße 092C-6	0,4 m³	gasförmig		-20 … +10
Kompressorstation		-	bis 0,8	
Luftreinigungsanlage				
Chlordosierung				
Skrubber		gasförmig	≤0,07	±20

Abfüllstation und Chlorlager sind die wesentlichen Gefahrenschwerpunkte im RWS. Das Chlorlager wurde 1965 errichtet und 1991 rekonstruiert. Die Abfüllstation ging 1996 in Betrieb.

2.3.1.2 Gefahrstoffe im RWS

Daten über die Gefahrstoffe

Lfd. Nr.	Chemische Bezeichnung *Bezeichnung nach UIPAC-Nomenklatur* (Molmasse)	CAS-Nr. UN-Nr. Index-Nr.	Schmelz-Punkt (Normaldruck) in °C	Siede-temperatur in °C	Dichte in g/cm³	Dampf-druck (bei 20 °C) in Mpa	Flamm-punkt in °C	Zünd-temperatur in °C	Explosions-grenzen in Vol.-%	Löslichkeit in Wasser bei 20 °C g/l	Reaktion mit Wasser	Kenn-zeichen
Namentlich aufgeführte Stoffe (Anhang I der Seveso-II-Richtlinie, Teil 1)												
1	Chlor (70,906)	7782-50-5 1017 017-001-00-7	-101	-34,1	1,563 (-34,1 °C) 0,003214 (0 °C)	0,6731	-	-	-	7,3	Bildung von unter-chloriger Säure	T, N
Umweltgefährliche Stoffe (Anhang I der Seveso-II-Richtlinie, Teil 2, Nr. 9)												
2	Ammoniakwasser 25 % Salmiakgeist 25 % (35)	1336-21-6 2672 007-001-01-02	-77	38	0,91 (20 °C)		630		15 … 30,2	mischbar	alkalisch	N, C

Daten zur Toxizität

R-Sätze	S-Sätze	MAK	WGK	ERPG-Werte (ppm)			AEGL-Werte (ppm)											
							1				2				3			
				1	2	3	30 min	1 h	4 h	8 h	30 min	1 h	4 h	8 h	30 min	1 h	4 h	8 h
Chlor																		
23, 50 36/37/38,	1/2, 9, 45, 61	0,5 ppm 1,5 mg/m³	2	1	3	20	1,4	1	0,5	0,5	2,8	2	1	0,7	28	20	10	7,1
Ammoniakwasser 25 % (Toxizitätswerte sind für Ammoniak angegeben)																		
34, 50	26, 45, 61 36/37/39,	50 ppm 35 mg/m³	2	25	200	1000												

2.3.2 Umgebungsbedingte Gefahren

Die Anlage befindet sich nicht innerhalb des Anflugsektors eines Flughafens. Tiefflugschneisen für den militärischen Flugbetrieb sind nicht festgelegt.
Eine Hochwassergefährdung besteht nicht.
Erdbeben und Erdsenkungen sind auszuschließen.

Mischwald, vorherrschend Laubbäume, mit stark aufgelockertem Baumbestand besitzt eine sehr geringe Wahrscheinlichkeit des Entstehens von Waldbrand.

Das Einwirken von extremen Wettersituationen gefährdet den Chlorbetrieb nicht.

Elektroenergie wird über zwei voneinander unabhängige Umspannwerke eingespeist. Ein totaler Ausfall der Elektroenergiezufuhr ist wenig wahrscheinlich, dennoch könnte der Betrieb eine Notstromversorgung für 1,5 bis 2 Stunden aufrecht erhalten werden. Eine Gefährdung des Chlorbetriebs durch Ausfall von Elektroenergie ist auszuschließen.

2.3.3 Einrichtungen für Schutz vor Eingriffen Unbefugter

Das Betriebsgelände ist eingezäunt. Das gesamte Gelände wird streng bewacht.

Der Bereich Chlorlager ist durchgehend mit einer ca. 2,2 m hohen Mauer aus Stahlbeton umgeben. Der Betrieb darf nur mit besonderer Genehmigung betreten werden. Bewaffnete Streifenposten mit Hunden sichern das Gelände.

2.4 Szenarien

Für Zwecke der Gefahrenabwehrplanung wird ein Störfallablaufszenarium gewählt. **Störfallablaufszenarien** sind Beschreibungen angenommener Störfälle. Sie enthalten Annahmen und Abschätzungen zur Freisetzung, zur Ausbreitung und zu Auswirkungen in ihrer zeitlichen Abfolge. Die Erkenntnisse aus den Störfallablaufszenarien zur Planung der Gefahrenabwehr sind hauptsächlich:

- Angaben zum Zeitverlauf einer Chlorfreisetzung im Rublewer Wasserwerk,
- Angaben zu betroffenen Gebieten in der Nachbarschaft des Wasserwerks,
- Angaben zu Schadenswirkungen.

Mit den Störfallablaufszenarien soll das sich aus dem Restrisiko ergebende Gefahrenpotenzial sowohl für das Rublewer Wasserwerk als auch für die Objekte und Orte in der Umgebung dargestellt werden. Der ausgewählte potentielle Störfall soll von seinen Wirkungen her die Gesamtheit der möglichen Störfälle (Freisetzung von flüssigem oder gasförmigen Chlor) abdecken und auch insofern repräsentativ sein. Ein konkrete Ursache[1] für den Eintritt des Störfalls wird nicht angegeben.

Im Sicherheitsbericht sind unterschiedliche Störfallablaufszenarium beschrieben worden. Mögliche Annahmen für nicht auszuschließende und vernünftigerweise auszuschließende Szenarien, die auch der Planung zugrunde liegen, sind beispielsweise (vgl. auch Abschnitt 5.2)

- Leck an den Chlortanks durch Korrosion und Verschleiß der Sicherheitseinrichtungen,
- Druckerhöhung in den Tanks und Rohrleitungen,
- Ansprechen der Sicherheitsventile und Freisetzung von Chlor,
- Leck in den Rohrleitungen mit flüssigem und gasförmigen Chlor,
- Leck i9n den Rohrschlangen und Puffergefäßen der Chlordosierung,
- Abriss von Leitungen bei dem Abfüllprozess aus dem EKW in die Chlortanks,
- Gefahrgutunfall auf dem Anfahrtsgleis.

Die Szenarien würden sowohl Auswirkungen innerhalb des Wasserwerks, aber auch extreme Auswirkungen in der Umgebung haben. Einer dieser hypothetischen Störfälle wird der Planung von Maßnahmen zur Gefahrenabwehr zugrunde gelegt: Während des Abfüllens von Chlor aus einem

[1] Ursachen für einen hypothetischen Störfall für die Planung der Gefahrenabwehr werden in Deutschland nicht unbedingt angegeben. Sie sind zufällig und können vielfältig sein (Korrosion, menschliches Fehlverhalten u. a.). Vielmehr kommt es darauf an, eine komplizierte Situation, aber plausible zugrunde zu legen und davon ausgehend geeignete Maßnahmen zu planen.

Eisenbahnkesselwagen (цистерна) entsteht plötzlich ein großes Leck in der flüssiges Chlor führenden oberirdischen Leitung von der Abfüllstelle in das Chlorlager.

Grundlegende Annahmen

Störfälle mit Chlor sind in den Jahresberichten der ZEMA[2] von 1992 bis 1996 mit Freisetzungsmengen von 10 bis 5000 kg aufgeführt. Dabei wurden bis zu 76 Personen verletzt. Von MARS[3] sind weitere Störfälle mit Chlor (bis zu 207 Verletzte) dokumentiert.

Der Wartungs- und Verschleißzustand der Chloranlage im Rublewer Wasserwerk weist keine Besonderheiten auf. Im Anlagenbereich ist es bisher nicht zu einer größeren Freisetzung von Chlor gekommen. Zur Planung der Gefahrenabwehr wird ein hypothetisches Szenarium gewählt, bei dem es durch eine Reihe angenommener organisatorisch bedingter Hindernisse zu einer erheblichen Chlorfreisetzung kommt.

Quellterm, Ausbreitung und Auswirkungen für ein Szenarium werden aus dem Sicherheitsbericht entnommen (mit dem Programmsystem DISMA® von TÜV Anlagentechnik der Unternehmensgruppe TÜV Rheinland/Berlin-Brandenburg rechnerisch abgeschätzt).

---

[2] ZEMA System zur Auswertung von Störfällen in Deutschland
[3] System zur Auswertung von Störfällen in der Europäischen Union

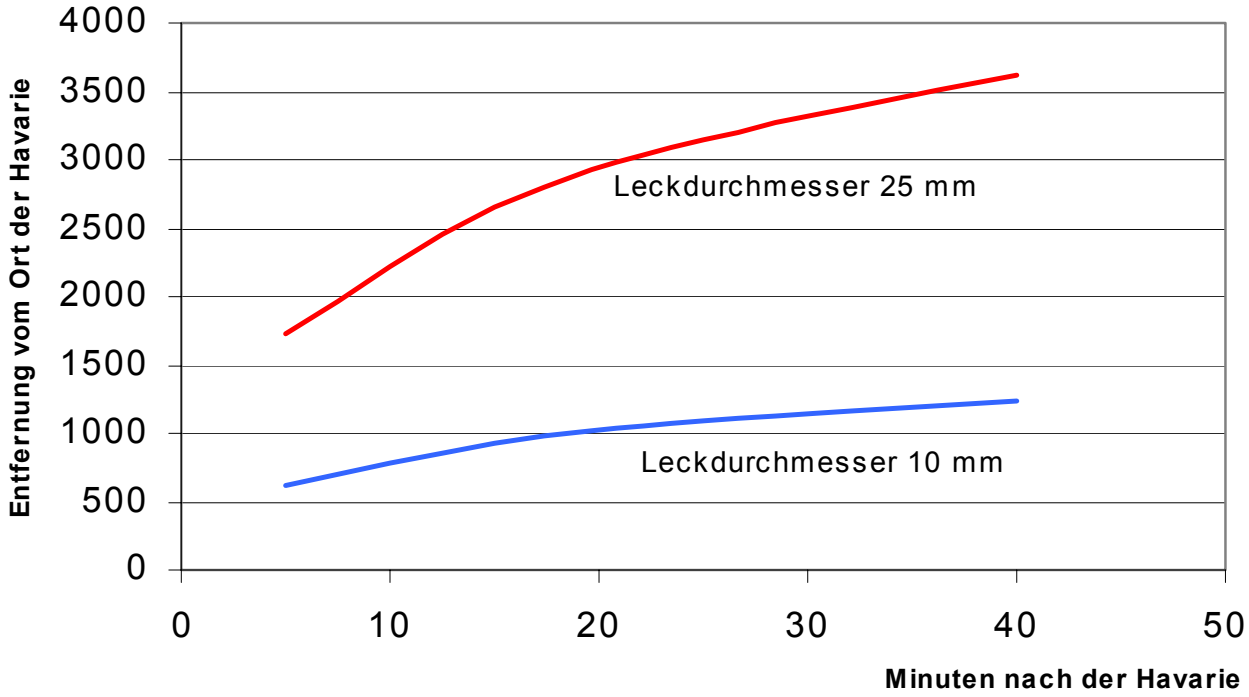
Szenarium: Leck in der oberirdischen Flüssigchlorleitung

Szenarium	Angaben zum Wetter	Angaben zu Gefahren (Freisetzung 25 min)
Es wird angenommen, dass ein großes Leck in der Chlorleitung von der Abfüllstelle in das Tanklager in 5 m Höhe entsteht. Es wird unterstellt, dass durch geeignete Maßnahmen (Abschalten des Kompressors, Schließen des Absperrventils) nach 5 min, 15 min und 25 min das weitere Ausfließen von Chlor verhindert wird. Eingeschlossen in diese Zeitspannen ist das Ausfließen des Restchlors (0,98 m³) aus der Leitung nach Absperren des Abfüllventils. Stofftemperatur (Cl_2 verflüssigt) 15 °C. Leckgröße d = 25 mm (unter den Bedingungen einer mittleren Wetterlage wird eine zweite Leckgröße von d = 10 mm angenommen, vgl. blaue Linie im folgenden Diagramm)	***Mittlere Wetterlage***: Ausbreitungsklasse neutral (Pasquill: D) (TA-Luft: III/1) 3 m/s Wind in 10 m Höhe kein Regen Bodentemperatur: 19 °C, Lufttemperatur 18 °C	Eine Schwergaswolke breitet sich im gesamten durch eine Mauer abgegrenzten Chlorbetrieb aus. Ungeschützte Menschen im Freien können tödlich vergiftet werden. (in 250 m Entfernung würden für ca. 35 min 2700 ppm Cl_2 auftreten) Erwartete Grenze des Gebietes, in dem durch die inhalierte Dosis **irreversible Gesundheitsschäden** bei ungeschützten Menschen im Freien auftreten können: Maximale Ausdehnung mit dem Wind: 3150 m, quer zum Wind: 650 m, gegen den Wind 2 m Erwartete Grenze des Gebietes, in dem die Chlorkonzentration von 3 ppm nicht überschritten wird: Maximale Ausdehnung mit dem Wind: 3750 m, quer zum Wind: 750 m, gegen den Wind 2 m Bis zu einer Entfernung von über 10 km mit dem Wind und 1,8 km quer zum Wind können ungeschützte Menschen im Freien noch belästigt werden. Leichte bis mittlere Gesundheitsschäden sind möglich.
	Ungünstige Wetterlage: Ausbreitungsklasse stabil (Pasquill: E) (TA-Luft: II) 1 m/s Wind in 10 m Höhe kein Regen Bodentemperatur: 7 °C, Lufttemperatur 7 °C	Schwergaswolke: im gesamten Chlorbetrieb Erwartete Grenze des Gebietes, in dem durch die inhalierte Dosis **irreversible Gesundheitsschäden** bei ungeschützten Menschen im Freien auftreten können: Maximale Ausdehnung mit dem Wind: 5900 m, quer zum Wind: 970 m, gegen den Wind 11 m Bis zu einer Entfernung von ca. 22 km mit dem Wind und 2,7 km quer zum Wind können ungeschützte Menschen im Freien noch l belästigt werden. Leichte bis mittlere Gesundheitsschäden sind möglich.

Berechnungsergebnisse[4] können immer nur als rechnerisch geschätzte Mittel- oder Erwartungswerte interpretiert werden.

Eine Übersicht über die Ausbreitung lebensgefährlicher Chlor-Konzentrationen bei unterschiedlichen Leckgrößen und bei der am Standort möglichen mittleren Wetterlage ist dem folgenden Diagramm zu entnehmen:

Abbildung 1: Zeit bis zum Erreichen der Grenze lebensgefährlicher Belastungen nach dem Störfall (für ungeschützte Menschen im Freien)



[4] Die Berechnung wurde mit dem Programmsystem DISMA® ausgeführt, vgl. Sicherheitsbericht.

2.5 Gefährdungsbereich

2.5.1 Grundlagen

Den folgenden Planungen wird für das Rublewer Wasserwerk ein Gefährdungsbereich zugrundegelegt. Er wurde aus dem hypothetischen Szenarium (Leck in der Flüssigchlorleitung) bei einer häufigen (mittleren) Wetterlage abgeleitet.

Hinsichtlich der Einwirkungen von Schadstoffkonzentrationen auf Personen hat die zum Zeitpunkt einer Störung oder eines Störfalls herrschende Windrichtung einen großen Einfluss. Da es nicht zweckmäßig ist, lediglich eine vorherrschende Windrichtung zu wählen, wird der Gefährdungsbereich als Kreisfläche dargestellt, wobei als Radius die Ausbreitung der Grenze einer lebensgefährlichen Belastung durch das Chlor gewählt wird. Wahrscheinlichkeitsaussagen zur Häufigkeit der Windrichtungen werden nicht berücksichtigt.

Dieses Herangehen kann sowohl unter Zugrundelegen von ERPG- als auch von AEGL-Werten realisiert werden.

2.5.2 Gefährdung unter Anwendung der ERPG-Werte

Außerhalb der Grenzen des Rublewer Wasserwerks wird der Gefährdungsbereich folgendermaßen definiert:

Der Gefährdungsbereich ist ein Gebiet, in denen irreversible Gesundheitsschäden bei ungeschützten Personen im Freien nicht ausgeschlossen sind (Belastungsfaktor ≥ 1). Diesem Belastungsfaktor liegt definitionsgemäß die Konzentration (ERPG2-Wert für Chlor = 3 ppm) zugrunde, der ungeschützte Personen im Freien für die Zeitdauer einer Stunde ausgesetzt wären. Das entspricht annähernd der in Russland verwendeten Toxodosis (поражающая токсодоза $P_{Cl\ 50}$ = 0,6 мг · мин/дм^3 oder 3,4 ppm). Unterschiede aus der Sicht einer Prognose für die Planung der Gefahrenabwehr sind daher nicht relevant.

Der Gefährdungsbereich ist mit einer rot begrenzten Linie und rot schraffierter Kreisfläche dargestellt. Es ist bei der Planung von Maßnahmen davon auszugehen, dass auf einem Teil dieser Fläche (entsprechend den Ausbreitungsbedingungen der Chlorwolke) bei ***ungeschützten*** Menschen ***im Freien*** schwere Vergiftungen und Tote auftreten können, vgl. Abbildung 2.

Bei einem Aufenthalt der Menschen in Gebäuden kann ein hinreichender Schutz erreicht werden. Würden sich beispielsweise ungeschützte Menschen in Gebäude mit einer Luftwechselrate von 1,0 begeben, so könnte im betrachteten Szenarium die Zeit bis zum Erreichen einer lebensgefährlichen Belastung bedeutend verlängert werden:

- Gebäude in einer Entfernung von 1 km auf 24 min nach Eintritt des Störfalls,
- Gebäude in einer Entfernung von 1,2 km auf 32 min nach Eintritt des Störfalls,
- Gebäude in einer Entfernung von 1,6 km auf 46 min nach Eintritt des Störfalls.

Generell ist es erforderlich, nach einem Warnsignal sofort Innenräume von Gebäuden aufzusuchen und mit Maßnahmen zur Abdichtung dafür zu sorgen, dass der Schutz verbessert und möglichst lange gefährliche Chlorkonzentrationen nicht einwirken können.

Der Zeitfaktor spielt bei einem Störfall mit Chlor eine sehr bedeutende Rolle. Für das ausgewählte Szenarium einer Chlorfreisetzung im Rublewer Wasserwerk könnte eine zeitliche Entwicklung des Störfalls zutreffen, wie sie in Abbildung 3 und Tabelle 1 veranschaulicht ist.

Das Informieren über Schutz- und Verhaltensweisen und das Vorbereiten und Üben von Schutzmaßnahmen für einen Störfall sind entscheidend für das Begrenzen der Störfallfolgen.

Abbildung 2: Gefährdungsbereich für das Rublewer Wasserwerk

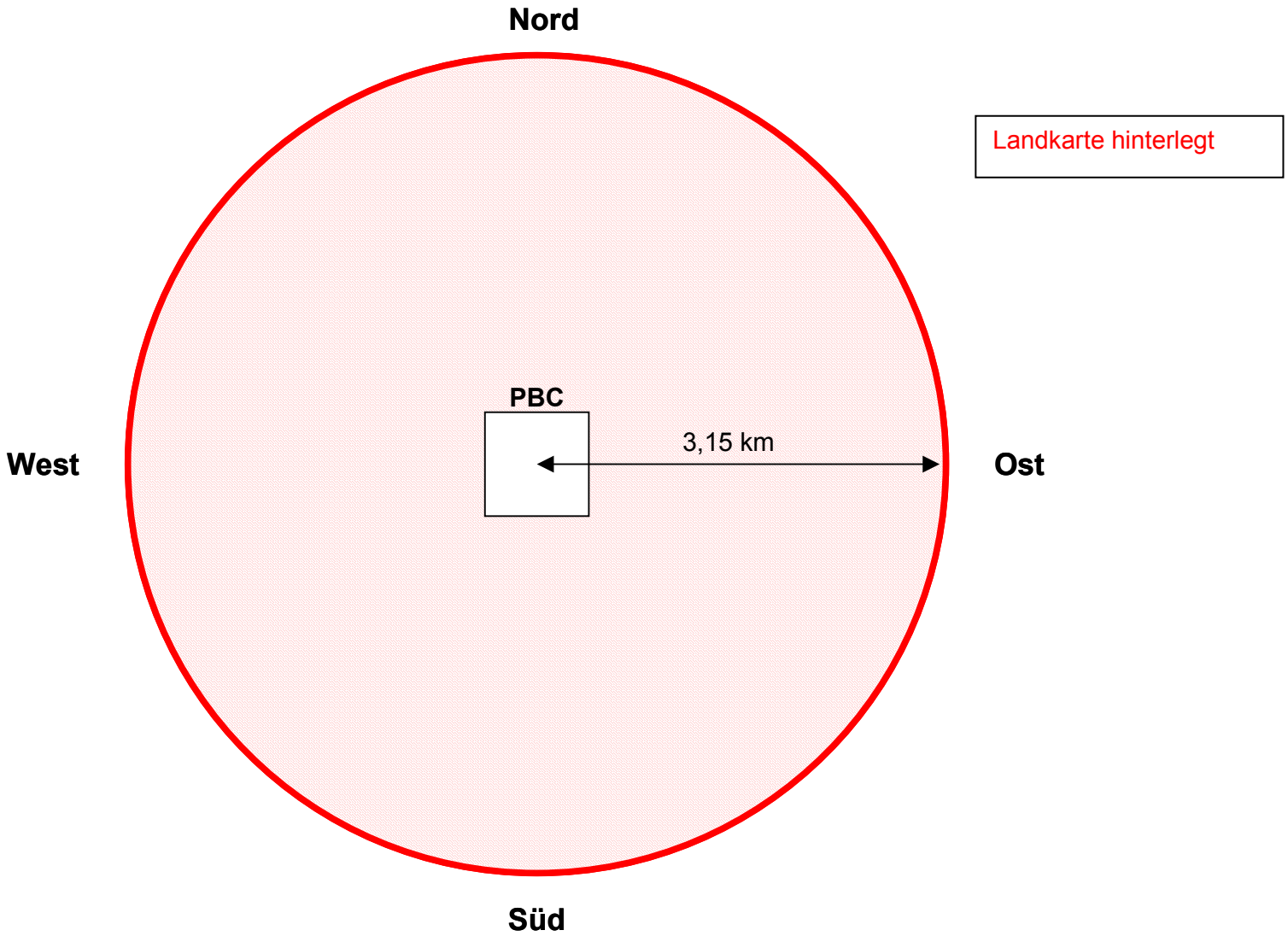
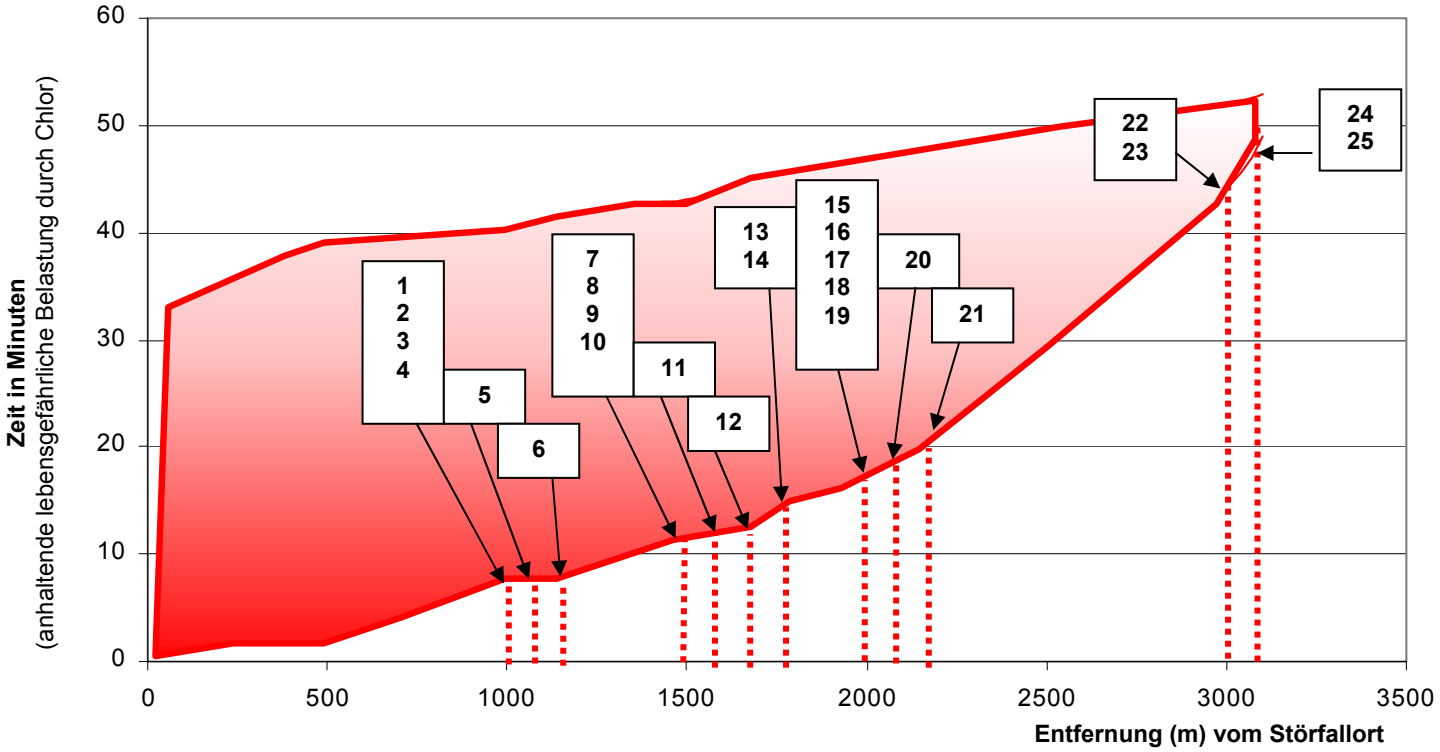


Abbildung 3: **Zeitlicher Verlauf lebensgefährlicher Belastungen bei dem ausgewählten Szenarium**



1. Bäckerei
2. Truppenteil Nr. 11245
3. WPTsch-48
4. Metallkonstruktionsbasis
5. 7. Milizabteilung
6. Siedlung Rublewo
7. Fabrik Berufsbekleidung
8. Poliklinik Nr. 83
9. Schule Nr. 580
10. Gartenanlage
11. 56. Milizabteilung
12. Kindergarten Nr. 2183
13. Kindergarten 2184
14. Schule Nr. 731
15. Autobahn
16. Kindergarten Nr. 2157
17. Klinik Solowjew
18. Dorf Luki
19. Dorf Sacharkowo
20. Kulturhaus Rublewo
21. 7. Abteilung Streifendienst
22. Sanatorium „Archangelskoje“
23. Schwimmbad Rublewo
24. Kardiologischer Wissenschafts- und Produktionskomplex
25. Dorf Golewo

Tabelle 1: Orte und schützenswerte Einrichtungen im Gefährdungsbereich (bezogen auf das ausgewählte Szenarium)

Sektor	Entfernung (km)	Ortschaft/Betrieb/Einrichtung	max. Einwirkungszeit (min)[1])		max. Konzentration (ppm)	Einwohner/ Personal
			von	bis		
	1,0	Bäckerei	8	40	34,5	25
Ost-Süd	1,0	Truppenteil Nr. 11245	8	40	34,5	160
	1,0	ВПЧ–48	8	40	34,5	30
	1,0	Metallkonstruktionsbasis	8	40	34,5	35
	1,1	7. Milizabteilung	8	41	28	100
	1,2	Siedlung Rublewo	9	42	24	8500
	1,5	Fabrik „Berufsbekleidung“	12	43	16	30
	1,5	Poliklinik Nr. 83	12	43	16	60
	1,5	Schule Nr. 580	12	43	16	270
	1,5	Gartenanlage „Freundschaft“	12	43	16	300
	1,6	56. Milizabteilung	13	44	14	15
	1,7	Kindergarten Nr. 2183	14	45	12,5	60
	1,8	Kindergarten Nr. 2184	16	45	11	100
	1,8	Schule Nr. 731	16	45	11	350
	2,0	Dorf „Sacharkowo“	18	46	9,2	200
	2,0	Dorf „Luki“	18	46	9,2	100
	2,0	Kindergarten Nr. 2157	18	46	9,2	100
	2,0	Klinik Solowjew	18	46	9,2	500
West-Nord	2,0	Autobahnring	18	46	9,2	
	2,1	Kulturhaus „Rublewo“	20	47	8,5	460
	2,2	7. Abteilung des Streifendienstes	22	48	7,5	20
	3,0	Siedlung „Archangelskoje“	44	52	4,5	3500
	3,0	Dorf „Sosnowka-2“	44	52	4,5	220
	3,0	Sanatorium „Archangelskoje“	44	52	4,5	700
	3,0	Schwimmbad der Siedlung Rublewo	44	52	4,5	8000
	3,1	Dorf „Golewo“	49	53	4,1	300
	3,1	Kardiologischer Wissenschafts- und Produktionskomplex	49	53	4,1	1500
	3,2	Dorf „Rasdori“			4	500

1) Einwirkung einer lebensgefährlichen Belastung von ungeschützten Menschen im Freien (maximale Werte auf der Achse der Spur)

2.5.3 Diskussion der Gefährdung unter Anwendung der AEGL-Werte

Die Zeitspannen, in denen lebensgefährliche Chlorkonzentrationen auf ungeschützte Menschen einwirken können, liegen im Bereich einer halben Stunde. Demzufolge können bei den Betrachtungen für Auswirkungen auf Menschen die AEGL-Werte für 30 min herangezogen werden. Wahrscheinliche Konzentrationen und der Grad der Gefährdung sind in Tabelle 2 zusammengestellt.
Achtung: In Tabelle 2 handelt sich um maximale Konzentrationen, die auf der Achse der Spur der Chlorwolke prognostiziert werden.

Tabelle 2: Maximal prognostizierte Konzentrationen bei dem ausgewählten Szenarium und deren Auswirkungen auf ungeschützte Menschen (Maßstab: AEGL-Werte für 30 min)

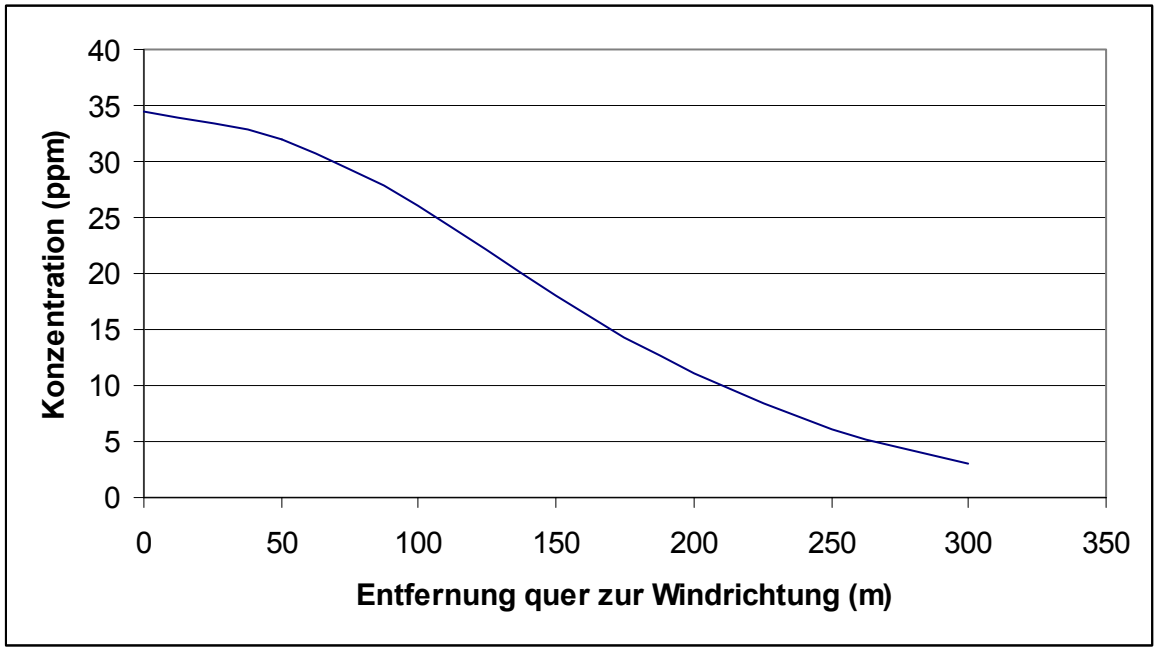
Entfernung vom Ort des Störfalls (km)	**Max. prognostizierte Konzentration im Freien (ppm)**	**Gefährdung** (zu den Zeiten einer anhaltenden vergifteten Atmosphäre, vgl. Tabelle 1)	**Max. prognostizierte Konzentration in Gebäuden[1]) (ppm)**	**Gefährdung** (zu den Zeiten einer anhaltenden vergifteten Atmosphäre, vgl. Tabelle 1)
0,25	2650	Eintritt von Tod und lebensbedrohlichen Schädigungen (schwere Schäden an Lunge, Atemwegen und Augen)	700	Möglicher Eintritt von Tod und von lebensbedrohlichen Schädigungen (an Lunge, Atemwegen und Augen)
0,5	170		40	
1,0	34,5		8	Mögliche irreversible oder andere schwerwiegende Schädigungen (vor allem Lungenschäden, möglicherweise auch Herz-Kreislaufschäden, entzündete Augen) vor allem bei empfindlichen Menschen
1,1	28	Irreversible oder andere schwerwiegende Schädigungen (vor allem Lungenschäden, möglicherweise auch Herz-Kreislaufschäden, entzündete Augen) Einschränkung der Fluchtmöglichkeiten	7	
1,2	24		6	
1,5	16		3,8	
1,6	14		3,2	
1,7	12,5		3	
1,8	11		2,7	Möglicherweise einsetzendes spürbares Unwohlsein
2,0	9,2		2,1	
2,1	8,5		2	
2,2	7,5		1,8	Leiche Geruchs-, Geschmacks- oder andere sensorische Reizungen
3,0	4,5		1	Keine Gefährdung
3,1	4,1		0,9	
3,2	4		0,8	
3,7	3		0,7	
4,0	2,6	Spürbares Unwohlsein, Reizwirkungen an Augen und Atemwegen)	0,6	

1) Luftwechselrate 0,5, d. h. Innenraum in einem Gebäude mit provisorischem Abdichten von Tür- und Fensterritzen mit nassem Papier oder feuchten Tüchern. Je besser die Abdichtung für ca. 30 min, um so effektiver können die in der letzten Spalte aufgeführten Schäden noch gemindert werden.

Auch hier ist zu beachten: Die ermittelten Werte können immer nur als rechnerisch geschätzte Mittel- oder Erwartungswerte interpretiert werden. Sie sind für die Planung geeignet, würden aber in einer tatsächlichen Situation abweichen.

Für diese Prognose wurden maximale Werte zugrunde gelegt, d. h. Werte, die gewissermaßen in der Mitte der Chlorwolke wahrscheinlich wären. Diese werte verringern sich quer zur Windlichtung bedeutend. Das unterstreicht die Bedeutung des sofortigen Aufsuchens von Innenräumen in Gebäuden, um irreversible oder andere schwerwiegende Schädigungen (vor allem Lungenschäden, möglicherweise auch Herz-Kreislaufschäden, entzündete Augen) vor allem bei empfindlichen Menschen zu vermeiden.

Abbildung 4: Verlauf der Konzentration quer zur Windrichtung in der Chlorwolke des gewählten Szenariums bei 1 km Entfernung vom Störfallort (im Freien)



3 Vorbereitung der Gefahrenabwehr

3.1 Kräfte des RWS

Bezeichnung	Personelle Stärke	Schicht	Einsatzzeit (min)	Ausbildungsstand	Ausrüstung
Zusammengefasstes Spezialkommando zur Havariebekämpfung	1 : 100	1 : (08:00-20:00) 1 : (20.00–08.00)	ca.	mit den speziellen Aufgaben der Havariebekämpfung im Werk vertraut	Kraftfahrzeuge 10 Technikeinheiten 3
davon im Bestand					
Gruppe Gasrettung	1 : 11	ЦОВ–1 1 : (08:00-20:00) 1 : (20.00–08.00)		mit den speziellen Aufgaben der Bekämpfung von Chlorfreisetzungen und der Rettung vertraut	Wassersprühfahrzeug 1 Planierraupe 1 Lastenheber 1
Entgiftungsgruppe	1 : 24	ЦОВ–1 1 : (08:00-20:00) 1 : (20.00–08.00)			Kraftfahrzeuge 2
Gruppe radiologisch-chemische Erkundung	1 : 13	ЦНС 1 : (08:00-20:00) 1 : (20.00–08.00)		Ausgebildet zur Erkundung von Chlorfreisetzungen und anderen möglichen Schadenslagen	Kraftfahrzeuge 2
Formation Beobachtung und Laborkontrolle					

Bezeichnung	Personelle Stärke	Schicht	Einsatzzeit (min)	Ausbildungsstand	Ausrüstung
Ordnungsgruppe	1 : 15	РСЦ 1 : (08:00-20:00) 1 : (20.00–08.00)		Ausgebildet zur Aufrechterhaltung der Ordnung und Sicherheit im Werk	Kraftfahrzeuge 2
Sanitätszug	1 : 22	1 : (08:00-20:00) 1 : (20.00–08.00)		Ausgebildet zur Erweisung der Ersten Hilfe und zum Verletztentransport	Autobus 1
Nachrichtentrupp	1 : 7	ЦА и КИП 1 : (08:00-20:00) 1 : (20.00–08.00)		Ausgebildet für die Aufrechterhaltung von Draht- und Funkverbindungen sowie zur Warnung	Lastenheber 1 Klein-LKW 1
Gruppe Mechanik	1 : 33	ЦМиТр 1 : (08:00-20:00) 1 : (20.00–08.00)			Kraftfahrzeuge 10 Kompressor Kran Schweißaggregat
Zusammengefasste ZV-Gruppe für Havarien an der Wasseraufbereitung	1 : 24	ЦОВ–2 1 : (08:00-20:00) 1 : (20.00–08.00)			
Gruppe Havarien an Wasserleitungen					
Gruppe Havarien am Elektroenergienetz					
Gruppe Havarien an der Wärmeversorgung					

Bezeichnung	Personelle Stärke	Schicht	Einsatzzeit (min)	Ausbildungsstand	Ausrüstung
Gruppe materiell-technische Versorgung					
Rettungsgruppe					

3.2 Ausrüstungen zur Gefahrenabwehr

Im folgenden sind die Ausrüstungen zur Gefahrenabwehr zusammengestellt. Fahrzeuge und mobile Geräte sind bei den Kräftegruppen aufgeführt, vgl. 3.1

Schutzmittel
Ausstattung des technologischen Personals

Lfd. Nr.	Bezeichnung des Schutzmittels	Einheit	Menge								
			SShR	Chlordosierung							
				Mischer		RTschW		RK		TschOS	
				Nr. 1	Nr. 2	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 2	Nr. 1	Nr. 2
1	Leichter Schutzanzug L-1	Stck	4							2	2
2	Isolierendes Atemschutzgerät IP-4	Stck	4							2	2
3	Filtrierende Schutzmaske Marke B oder BKF	Stck	4	2	2	2	2	2	2	2	2
4	Schlauchgerät PSch-1	Stck	1							1	1
5	Medizinisches Sauerstoffkissen	Stck	2							1	1
6	Handfeuerlöscher für Chemikalien	Stck	2	2	2	2	2	2	2	2	2
7	Verbandkasten	Stck	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	Sodawasser (1 %ige Lösung)	l	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	Salmiakgeist	l	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
10	Indikatorpapier	Packung	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	Gummihandschuhe	Paar	4	2	2	2	2	2	2	2	2
12	Bandagen mit Schellen, Schrauben und Bolzen	Satz	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13	Sortiment von Schraubenschlüsseln, Dichtungen, Verschlussstücke	Satz	1	1	1	1	1	1	1	1	1
14	Montagegürtel	Stck	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Ausrüstung für Störfallbekämpfung

Lfd. Nr.	Bezeichnung der Ausrüstung	Einheit	Lagerort							Gesamt
			Chlorlager	Auswasch-turm (Block 3)	Bunker (ZV)	I Mischer	II Mischer	RK Nr. 1	RK Nr.2	
1	Isolierender Schutzanzug Nr. 1	Stck.	-	5	5	-	-	-	-	10
2	Filterschutzmaske W	Stck.	-	-	5	-	-	-	-	5
3	Schlauchgerät	Stck.	-	1	1	-	-	-	-	2
4	Schutzhandschuhe aus PVC oder aus Butylkautschuk	Stck.	5	5	5	-	-	-	-	15
5	Gummistiefel	Stck.	5	5	5	-	-	-	-	15
6	Schutzumhänge	Stck.	2	1	1	1	1	1	1	8
7	Nylonseile	m	20	20	20	-	-	-	-	60
8	Gazeschlüssel Nr. 1	Stck.	2	1	1	1	1	1	1	8
9	Gazeschlüssel Nr. 2	Stck.	-	1	1	1	1	1	1	6
10	Schraubenschlüssel 10x12	Stck.	2	1	1	1	1	1	1	8
11	Schraubenschlüssel 13x14	Stck.	2	1	1	1	1	1	1	8
12	Schraubenschlüssel 14x17	Stck.	2	1	1	1	1	1	1	8
13	Schraubenschlüssel 17x19	Stck.	2	1	1	1	1	1	1	8
14	Schraubenschlüssel 19x22	Stck.	2	1	1	1	1	1	1	8
15	Hammer 100 g	Stck.	2	1	1	1	1	1	1	8
16	Meißel	Stck.	2	1	1	1	1	1	1	8
17	Metallschere	Stck.	2	1	1	1	1	1	1	8
18	Drillbohrer	Stck.	1	1	1	1	1	1	1	7
19	Feilen	Stck.	4	2	2	2	2	2	2	16
20	Akkulampe	Stck.	1	1	1	1	1	1	1	7
21	Latzgummischürze	Stck.	3	1	1	-	-	-	-	5
22	Feuerlöscher SU-2	Stck.	10	-	-	2	2	2	2	18
23	Medizinisches Sauerstoffkissen	Stck.	2	1	1	-	-	-	-	4
24	Sodawasser (1 %ige Lösung)	l	3	3	3	3	3	3	3	21

Lfd. Nr.	Bezeichnung der Ausrüstung	Einheit	Lagerort							Gesamt
			Chlorlager	Auswasch-turm (Block 3)	Bunker (ZV)	I Mischer	II Mischer	RK Nr. 1	RK Nr.2	
25	Salmiakgeist	l	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	3,5
26	Indikatorpapier für Chlor	Pack	3	3	3	3	3	3	3	21
27	Medikamente für erste ärztliche Hilfe	Stck.	1	1	1	1	1	1	1	7
28	Handtuch	Stck.	6	3	3	1	1	1	1	16
29	Seife	Stck.	6	3	3	1	1	1	1	16
30	Gummiband, flach 3 – 5 mm	kg	3	3	3	3	3	3	3	21
31	Paronit 3 – 5 mm	kg	2	2	2	2	2	2	2	14
32	Regenerationspatronen für IP 4	Stck.	20	5	5	-	-	-	-	30
33	Schutzanzug KICh-5	Stck.	16	-	-	-	-	-	-	16
34	Schutzmaske IP-4	Stck.	16	5	5	-	-	-	-	26
35	Schutzanzug RINBA	Stck.	3	-	-	-	-	-	-	3
36	Atempatrone SCBA	Stck.	3	-	-	-	-	-	-	3
37	Helm	Stck.	3	-	-	-	-	-	-	3

3.3 Erforderliche Handlungen und deren Erfüllbarkeit

4 Warnung und Öffentlichkeitsinformation

4.1 Warnung

Bei einem Störfall mit Chlor ist zunächst davon auszugehen, dass das gesamte Betriebsterritorium betroffen ist.

Durch den Dispatcher werden die Elektrosirenen ausgelöst. Über Laufsprecher werden Hinweise zur Situation gegeben.

Nach dem Sirenensignal:

- Sofort Flucht in ein geschlossenes Gebäude quer zur Windrichtung,
- Schließen und Abdichten von Türen und Fenstern mit feuchten/nassen Materialien (Papier, Zellstoff, Tücher, Gaze, Werg u. a.), Klebestreifen
- Ausschalten jeglicher Ventilationseinrichtungen,
- Löschen des Feuers in Öfen,
- Anlegen von Atemschutzmasken oder Bereithalten von feuchten Tüchern.

Weitere Signale und Lautsprecherdurchsagen abwarten.

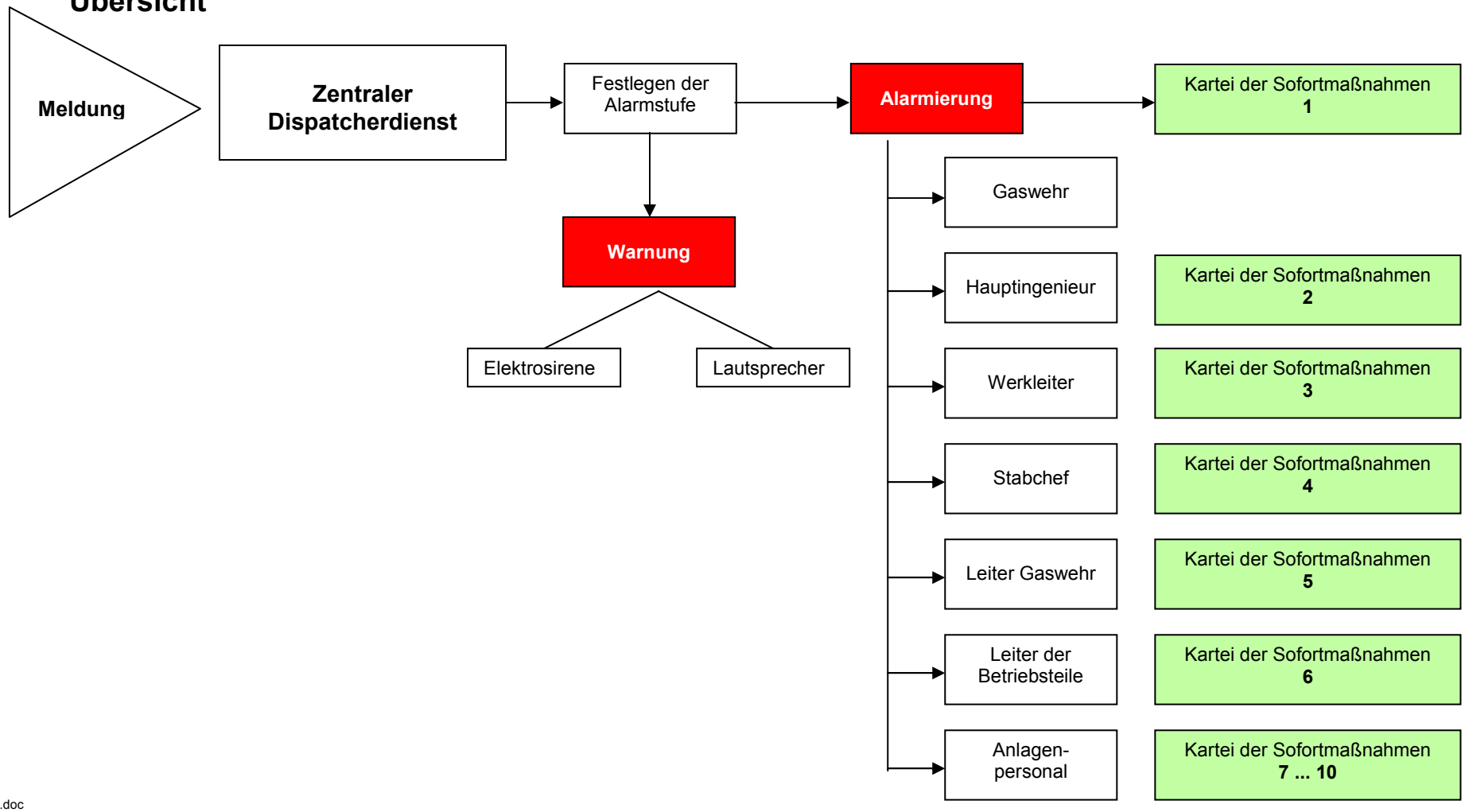
Warntexte:

4.2 Information der Öffentlichkeit

Informationsstelle	Angaben zur Informationsstelle	Verantwortlich für den Aufbau
Bürgertelefon	Tel. Nr.	
Pressebüro	Gebäude ..., Raum	
Pressezentrum	Gebäude ..., Raum ...	
Auskunftsstelle für Bürger	Anschrift: ... Gebäude ..., Raum ...	

5 Handlungen bei einem Störfall

5.1 Übersicht



5.2 Kartei der Sofortmaßnahmen

5.2.1 Sofortmaßnahmen für den zentralen Dispatcherdienst.

Bei der Führung der Handlungen nimmt der ***zentrale Dispatcherdienst*** eine Schlüsselstellung ein.
Für die Durchführung der Handlungen in der Dispatcherzentrale werden sofort Gehilfen eingesetzt: .....

Handlungen	Bemerkungen	Vollzugsmeldung an
Festlegen der Alarmstufe entsprechend der gemeldeten Situation		Hauptingenieur
Warnungen für das Werk auslösen - Elektrosirene - Lautsprecher	„Achtung! Chlorfreisetzung“, Windrichtung angeben Es wird zunächst davon ausgegangen, dass das ***gesamte*** PBC betroffen ist	
Alarmieren der Gaswehr		
Alarmieren des Personenkreises entsprechend ermittelter Alarmstufe	Festgelegte Reihenfolge einhalten	
Erstes Prognostizieren der Lage	Ausgehend von dem gemeldeten Ereignis	Hauptingenieur
Lagebericht an den Hauptingenieur nach dessen Eintreffen in der Dispatcherzentrale		Werkleiter
Bestätigung des Erhalts des Signals von den Leitern der Betriebsteile bzw. den Diensthabenden in den Betriebsteilen einholen		
Benachrichtigen - ГУГОЧС - Moswodokanal Zentrale	Der Inhalt der Informationen wird mit Werkleiter bzw. Hauptingenieur abgestimmt	

5.2.2 Sofortmaßnahmen für den Leiter des Wasserwerks (PBC)

Handlungen	Bemerkungen	Vollzugsmeldung an
Übernahme der Führung der Handlungen zur Bekämpfung des Störfalls und der Rettung der Menschen	nach Eintreffen im PBC	
Benachrichtigung des MMP „Moswodokanal“		
Anfordern von externen Kräften und Mitteln zur Durchführung der Rettungs- und unaufschiebbaren Instandsetzungsarbeiten	bei Notwendigkeit nach Bestimmen des Arbeitsumfangs dieser anzufordernden Kräfte	
Einberufen einer Spezialistengruppe zur Unterstützung der Störfallbekämpfung		

5.2.3 Sofortmaßnahmen für den Hauptingenieur

Handlungen	Bemerkungen	Vollzugsmeldung an
Entgegennahme des Lageberichts beim zentralen Dispatcherdienst		
Überprüfen der Alarmierung der Gaswehr, des medizinischen Dienstes und der Führungskräfte	Alarmierung entsprechend der ermittelten Alarmstufe; gegebenenfalls Verändern der Alarmstufe und Weiterführen der Alarmierung	
Entfalten des Führungspunktes		Leiter PBC und zentralen Dispatcherdienst
Veranlassen der Ermittlung der Personen im Gefahrenfeld		
Erteilen von Anordnungen an den Stab ZV, die Gaswehr, die Kräfte zur Begrenzung der Folgen und die Durchführung der Rettungsarbeiten	Anordnungen werden im Namen des Werkleiters erteilt	
Veranlassen besonderer Schutzmaßnahmen in Abhängigkeit von der Lage	Aufsuchen möglichst abgedichteter Räume, Evakuierung	
Organisieren von Absperrmaßnahmen		
Lagemeldung an den Leiter PBC		

5.2.4 Sofortmaßnahmen für den Stabchef der Zivilverteidigung des Betriebes

Handlungen	Bemerkungen	Vollzugsmeldung an
Präzisieren des Planes zum Schutz der Arbeiter und Angestellten bei Störfällen	entsprechend der konkreten Lage	Leiter PBC
Erteilen von Anordnungen zur Durchführung von Schutzmaßnahmen	nach Zustimmung des Leiters PBC	Leiter PBC
Erteilen von Aufgabenstellungen an die Kommandeure der Kräftegruppen zur Durchführung der Erkundung des Wirkungsherdes und zur Durchführung der Rettungs- und unaufschiebbaren Instandsetzungsarbeiten.	nach Zustimmung des Leiters PBC	Leiter PBC
Organisation der Stabsarbeit - Innerer Dienst - Lage - Einsatz (Erkunden, Retten, Bergen, Begrenzen der Auswirkungen - Betreuung der Einsatzkräfte - Versorgung - Öffentlichkeitsarbeit - Kommunikation	Erforderliche Anordnungen, Berichte, Meldungen, Vorschläge werden für den Leiter PBC vorbereitet.	
Kontrolle der rechtzeitigen Hilfe für Verletzte und der Einhaltung von Schutzmaßnahmen		

5.2.5 Sofortmaßnahmen für den Leiter der Gaswehr

Handlungen	Bemerkungen	Vollzugsmeldung an
Führen der Rettungsarbeiten vor Ort	in Abstimmung mit dem zuständigen Leiter des Betriebsteils, dessen Stellvertreter oder dem diensthabenden Ingenieur	
Sicherstellen der Ausstattung der Kräfte mit den erforderlichen Schutzmitteln, Geräten und Materialien zur Durchführung der Störfallbekämpfung		
Organisieren der Erkundung vor Ort	in Abstimmung mit dem zuständigen Leiter des Betriebsteils, dessen Stellvertreter oder dem diensthabenden Ingenieur	
Einteilen von Posten an Zufahrtswegen zum Wirkungsherd		
Periodisches Melden der Situation an den Stab ZV		

5.2.6 Sofortmaßnahmen für den Leiter eines Betriebsteils, den Technologen bzw. den diensthabenden Ingenieur

Handlungen	Bemerkungen	Vollzugsmeldung an
Sofortentscheidung über die Unterbrechung der Chlorzufuhr und das schnelle Abfahren des technologischen Prozesses,		
Meldung an den Dispatcher		
Alarmieren und Einsetzen der Reparaturbrigade		zentralen Dispatcherdienst
Ermitteln der Anzahl des betroffenen Personals		zentralen Dispatcherdienst, Stab ZV
Fach- und ortskundiges Anleiten der Handlungen der Gaswehr oder der Feuerwehr		
Kontrolle der Handlungen zur Beseitigung der Quelle der Chlorfreisetzung		
Melden des Fortgangs der Arbeiten zur Begrenzung der Folgen im Rhythmus von 10 min bzw. bei eskalierenden Situationen		Stab ZV

5.2.7 Sofortmaßnahmen für das Anlagenpersonal - Chlorlager

Störfallsituation	Handlungen	Bemerkungen
Druckerhöhung im Tank über 12 bar (1,2 Mpa)	Unterbrechen der Zufuhr aus dem EKW 1. Stellen des Ventils am EKW auf die Position „КЦ“, 2. Öffnen des Ventils Position „H“ zur Förderung des Chlor in den Reservetank, 3. Öffnen des Ventils Position „A“ zur Abgasableitung aus dem Reservetank in die Reinigungsanlage	
Leck im Tank Korrosion und mechanischer Verschleiß Freisetzung von Chlor Bildung einer toxischen Wolke Ansprechen des Sicherheitsventils	1. Anlegen außenluftunabhängiger Atemschutzmittel, 2. Visuelle Kontrolle der Einschaltung der Havarieventilation und der Förderpumpen für die Natronlauge in den Skrubber. Bei Versagen der Automatik: - Drücken des Anlassers Position „B“ der Havarieventilation - Drücken des Anlassers Position „Щ“ der Laugenzufuhr 3. Auf dem EKW Schließen des Ventils Position „НЦ“ für die Zuführung von Chlor in den havarierten Tank, 4. Öffnen des Ventils Position „H“ zur Förderung des Chlor in den Reservetank, 5. Öffnen des Ventils Position „A“ zur Abgasableitung aus dem Reservetank in die Reinigungsanlage	

Störfallsituation	Handlungen	Bemerkungen
Leck in der Flüssigchlorleitung zum Tank in einer Lagerbox	1. Anlegen außenluftunabhängiger Atemschutzmittel, 2. Schließen des Ventils Position „HЦ“ für die Zuführung von Chlor in den Tank, 3. Visuelle Kontrolle der Einschaltung der Havarieventilation und der Förderpumpen für die Natronlauge in den Skrubber. Bei Versagen der Automatik: - Havarieventilation durch Drücken des Knopfes Position „KB“ oder des Anlassers Position „B“ - Pumpe für die Laugenzufuhr durch Drücken des Knopfes Position „KЩ“ oder Anlassers Position „Щ“ 4. Schließen des Ventils Position „H-O“ für die Zuführung von Chlor in die Box 5. Befreien der havarierten Leitung durch Ausblasen der Luft in den Reservetank, indem das Ventil Position „H“ auf die Zufuhr von flüssigem Chlor in den Reservetank geöffnet und zur Rohrleitung die Luftzufuhr auf Position „3H“ angeschlossen wird 6. Evakuieren der Chlorleitung durch Anschließen der havarierten Anlage an das Vakuumsystem und Öffnen des Ventils Position „A“ auf die Abgaslinie des Reservetanks 7. Durchführung der Reparaturarbeiten	

Störfallsituation	Handlungen	Bemerkungen
Leck in der Rohrleitung mit gasförmigem Chlor in einer Lagerbox	1. Schließen des Ventils Position „НЦ“ für die Zuführung von Chlor in den Tank, 2. Bei nicht Funktionieren der Havarieventilation Einschalten der Lüfter durch Drücken des Knopfes Position „B“ und der Laugenpumpe durch Drücken des Knopfes Position „Щ“ 3. Schließen der Zuführung von flüssigem Chlor in den Tank der Lagerbox Position „H“ 4. Schließen des Ventils Position „A“ in der Abgasrohrleitung des betreffenden Tanks, 5. Schalten der Leitung auf die Reinigungsanlagen, 6. Durchführen der Reparaturen	

5.2.8 Sofortmaßnahmen für das Anlagenpersonal - Chlorverdampfer

Störfallsituation	Handlungen	Bemerkungen
Leck in der Rohrschlange	1. Anlegen außenluftunabhängiger Atemschutzmittel, 2. Schließen des Ventils Position „6“ der Zuführung von Flüssigchlor in den havarierten Verdampfer, 3. Schließen des Ventils Position „28-1“ der Wasserzufuhr in das Gehäuse des Verdampfers 4. Schließen des Ventils Position „7“ der Zufuhr von gasförmigen Chlor in das Puffergefäß, 5. Öffnen des Ventils Position „28-2“ der Wasserzufuhr in das Gehäuse des Reserve-Verdampfers, 6. Öffnen des Ventils Position „8“ der Zufuhr von gasförmigem Chlor in das Puffergefäß, 7. Öffnen des Ventils Position „9“ der Zufuhr von Flüssigchlor in den Reserve-Verdampfer	
Leck im Puffergefäß	1. Anlegen außenluftunabhängiger Atemschutzmittel, 2. Schließen des Ventils Position „21“ der Zufuhr von gasförmigem Chlor in das Puffergefäß, 3. Öffnen der Ventile der Positionen „22“, „24“, „27“ in der Zufuhr von gasförmigem Chlor in das Puffergefäß, 4. Durchführen der Reparaturen	

5.2.9 Sofortmaßnahmen für das Anlagenpersonal – innerbetriebliche Rohrleitungen

Störfallsituation	Handlungen	Bemerkungen
Druckerhöhung in der Rohrleitung mit gasförmigem Chlor Verschleiß durch Korrosion Leck in der Rohrleitung	1. Anlegen außenluftunabhängiger Atemschutzmittel, 2. Öffnen der Ventile Positionen „25“, „27“, „28“ der Zufuhr von gasförmigem Chlor nach dem Puffergefäß in den Verdampfer, 3. Schließen der Ventile Positionen „26“, „29“ nach dem Puffergefäß in den Verdampfer, 4. Öffnen der Ventile Positionen „1-1“, „2-2“ im Puffergefäß in den Chlordosator.	
Leck in der oberirdischen Flüssigchlorleitung	1. Anlegen von außenluftunabhängigen Atemschutzmitteln und Schutzanzügen. 2. Abschalten des Kompressors. 3. Schließen der Ventile der Zufuhr von Flüssigchlor aus dem EKW in das Chlorlager.	

5.2.10 Sofortmaßnahmen für das Anlagenpersonal – Chlordosierung

Chlordosator Mischer Nr. 1,
Chlordosator Mischer Nr. 2,
Chlordosator RK Nr. 1,
Chlordosator RK Nr. 2.

Störfallsituation	Handlungen	Bemerkungen
Druckerhöhung Verschleiß durch Korrosion Leck im Puffergefäß	1. Anlegen außenluftunabhängiger Atemschutzmittel, 2. Schließen des Ventils Position 1,2 in der Zuführung von gasförmigem Chlor in den havarierten Behälter, 3. Öffnen der Ventile Positionen „1-1“, „2-2“ in der Zufuhr von gasförmigem Chlor in das Reserve-Puffergefäß	

5.3 Handlungen bei einem Gefahrgutunfall (Anfahrt zur Chlorabfüllstation)

Störfallsituation	Handlungen	Ausführung
Entgleisen des EKW ohne Freisetzung von flüssigem Chlor	1. Meldung des Gefahrgutunfalls an den diensthabenden Dispatcher	Mitarbeiter, der den Unfall beobachtet hat
	2. Meldung an den Leiter der Bahnstation oder seinen Stellvertreter	Diensthabender Dispatcher
	3. Alarmieren der Gaswehr und anderer Kräfte bei Notwendigkeit in Abhängigkeit von der Lage	
	4. Inbereitschaftssetzung der Gaswehr am Einsatzort	Hauptingenieur, Leiter der Abteilung Vorbeugung
	5. Inbereitschaftssetzung der Formation SSK (bei möglicher Freisetzung von Chlor aus dem EKW)	Kommandeur der SSK
	6. Alarmieren der Eisenbahnhavarie-Brigade	Dispatcher
	7. Melden des Gefahrgutunfalls an die ГУГОЧС und an MGP „Moswodokanal“	
	8. Einführen von Löschfahrzeugen der Berufsfeuerwehr-48 und 2 Wassersprengfahrzeugen des Werks an den Unfallort	Hauptingenieur
	9. Fahrt zum Unfallort, Lagebeurteilung und Entschlussfassung über den Einsatz von Kräften und Mitteln	
	10. Aufrichten des EKW gemeinsam mit der Eisenbahnhavarie-Brigade	
	11. Meldung über den Abschluss der Bergungsarbeiten an MGP „Moswodokanal“ Präfektur	Leiter des Wasserwerks

Störfallsituation	Handlungen	Ausführung
	Diensthabenden der ГУГОЧС und der Präfektur GOP MGP „Moswodokanal“	Dispatcher
Entgleisen des EKW mit Freisetzung von flüssigem Chlor	1. Meldung des Gefahrgutunfalls an den diensthabenden Dispatcher	Mitarbeiter, der den Unfall beobachtet hat
	2. Meldung an den Leiter der Bahnstation oder seinen Stellvertreter Melden des Gefahrgutunfalls an die ГУГОЧС und an MGP „Moswodokanal“ Alarmieren der Eisenbahnhavarie-Brigade	Diensthabender Dispatcher
	3. Alarmierung der Formation SSK	
	4. Berechnung der möglichen Gefahrenfelder, der Ausbreitung der Chlorwolke und Warnen der Beschäftigten im PBC, der Bevölkerung entsprechend Warnschema bei Chlorfreisetzung	
	5. Inbereitschaftssetzung der Formation SSK Marsch zum Ort des Störfalls	Kommandeur SSK Stabchef
	6. Beordern von Löschfahrzeugen, von zwei Wassersprengfahrzeugen, einer Planierraupe an den Unfallort. Bei Unmöglichkeit ist ein Löschhubschrauber anzufordern.	Hauptingenieur
	7. Fahrt zum Unfallort, Lagebeurteilung und Entschlussfassung über den Einsatz von Kräften und Mitteln, über die Notwendigkeit, weitere externe Kräfte heranzuziehen	
	8. Organisieren der ersten medizinischen Hilfe und des Abtransportes von Verletzten aus dem vergiftetem Gebiet	
	9. Meldung über den Abschluss der Bergungsarbeiten an MGP „Moswodokanal“ Präfektur	Leiter des Wasserwerks

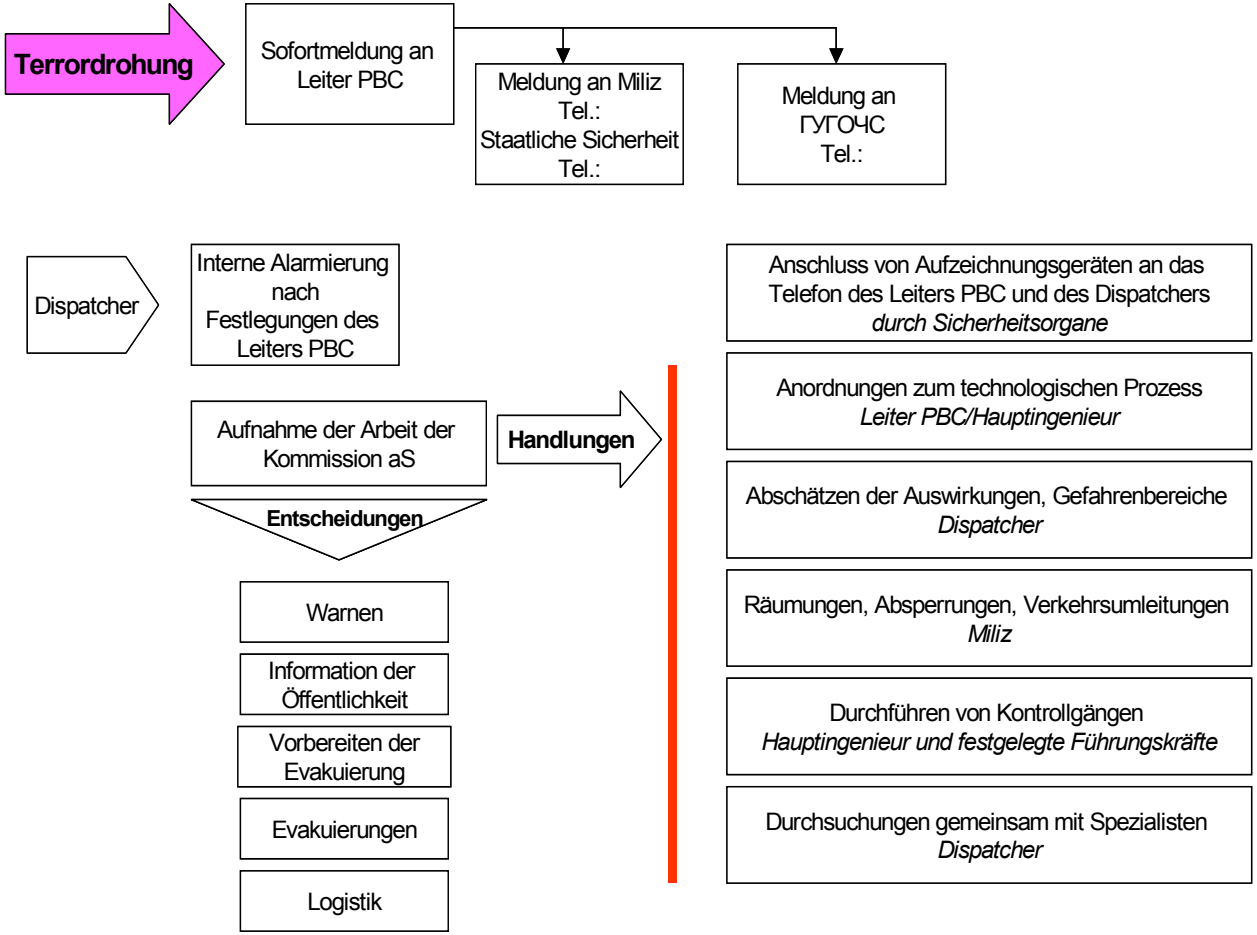
Störfallsituation	Handlungen	Ausführung
	Diensthabenden der ГУГОЧС und der Präfektur GOP MGP „Moswodokanal“	Dispatcher
Brand des den EKW mit Chlor begleitenden Güterwagens	1. Meldung des Brandes an den diensthabenden Dispatcher	Mitarbeiter, der den Unfall beobachtet hat
	2. Meldung an den Leiter der Bahnstation oder seinen Stellvertreter über den Brand	Dispatcher
	3. Alarmieren der Berufsfeuerwehr	
	4. Meldung über den Brand an die Anschlussstation „Kunzewo-2“	
	5. Alarmieren der Gaswehr	
	6. Inbereitschaftssetzung der Gaswehr am Einsatzort	Hauptingenieur
	7. Fahrt zum Unfallort, Lagebeurteilung und Entschlussfassung über den Einsatz von Kräften und Mitteln zur Brandbekämpfung	
	8. Organisieren der Brandbekämpfung und der Folgen des Brandes gemeinsam mit der Feuerwehr	
	9. Meldung über den Abschluss der Havariebekämpfung	

5.4 Eingriff Unbefugter

Jeder Androhung einer terroristischen Aktion ist von der konkreten Situation aus zu begegnen.

Allgemeine Erkenntnisse sind:

- Täter versuchen, das eigene Risiko bei der Durchführung eines Anschlages zu minimieren,
- Täter brechen bei mangelnder Aussicht auf Erfolg und bei ihnen bewusst gewordenen Hindernissen meistens ihr Vorhaben ab.



5.5 Einweisung externer Einsatzkräfte

Meldekopf: Einfahrt , Gebäude (bei Ausfall des Wachgebäudes steht ein Lotse an der Einfahrt .....straße)

Lotse: Mitarbeiter aus der diensthabenden Schicht

Entwurf: Präzisieren entsprechend realen Einsatzzeiten und Ausbildungsstand

5.6 Kalenderplan der Hauptmaßnahmen bei einem Störfall im Rublewer Wasserwerk (Chlorfreisetzung)

Nach Meldung einer Chlorfreisetzung: Sofortige Besetzung der zentralen Dispatcherzentrale im erweiterten Bestand

Nr.	Maßnahme	Ausführung	Zeit der Durchführung der Maßnahmen																		Verantwortlich	Dokument
			Minuten				Stunden											Tage				
			5	10	30	60	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	24	2	3	4	5		
	Alarmieren	Dispatcher																				Dispatcher	Alarmplan
	- Führungskräfte																						
	- Gaswehr																						
	- Erkundung																						
	- CCK AXOB																						
	- Ordnung																						
	- San. Zug																						
	- Nachrichtentrupp																						
	- Entgiftung																						
	- Mechanik																						
	- Wassernetz																						
	- Elektronetz																						
	- Med. Dienst																						
	- Spezialistengruppe																					Hauptingenieur	
	Warnen	Dispatcher																				Werkleiter	Warnplan
	- Betrieb																						
	- Bevölkerung																						

Nr.	Maßnahme	Ausführung	Zeit der Durchführung der Maßnahmen																			Verantwortlich	Dokument
			Minuten				Stunden											Tage					
			5	10	30	60	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	24	2	3	4	5		
	Melden an																					Werkleiter	Alarmplan
	- MGP „Mosw.kanal“	Werkleiter																					
	- HV ZVaS	Dispatcher																					
	- Bahnstation								***(nur bei Unfällen im Schienennetz)***														
	Einholen Wetterdaten	Dispatcher																					
	Erkunden Quellterm	Hauptingenieur																					
	Prognose	Dispatcher Stab ZV																					
	Freisetzung Cl_2 unterbinden	Leiter Betriebsteil Rep. Schlosser																				Hauptingenieur	ПЛАС
	Leck abdichten																						
	Umpumpen Cl_2																						
	Cl_2-Lache abdecken																						
	Wasserschleier																						
	Skrubber einschalten																						
	Erkunden	Erkundungs-gruppe																				Leiter Abteilung Vorsorge Stabchef ZV	
	- Verletzte																						
	- Chlorkonzentrationen																						
	- Schäden																						
	Führung entfalten	Stabchef ZV																				Werkleiter	
	- Hauptführungsstelle																					Stabchef ZV	
	- vor Ort																					Hauptingenieur	
	Entschlussfassung	Hauptingenieur																				Werkleiter	

Nr.	Maßnahme	Ausführung	Zeit der Durchführung der Maßnahmen																			Verantwortlich	Dokument
			Minuten				Stunden											Tage					
			5	10	30	60	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	24	2	3	4	5		
	Festlegen	Stab ZV																				Stabchef ZV	
	- Bereitstellungsräume für Einsatzkräfte																						
	- Verletztensammelstelle																					Stabchef ZV	
	- Landeplatz Rettungshubschrauber																					Leitender Notarzt	
	- Krankenwagenhaltepunkt																						
	Besetzen Meldeköpfe																					Stabchef ZV	
	Einsatz																						
	- Gaswehr																					Stabchef/Leiter Abt. Vorsorge	
	- Gruppe Erkundung																						
	- CCK AXOB																					Stabchef ZV	
	- Gruppe Öff. Ordnung																						
	- San. Zug																						
	- Nachrichtentrupp																						
	- Gruppe Entgiftung																						
	- Gruppe Mechanik																						
	Aufbau besonderer Kommunikationlinien	Nachrichtentrupp																				Leiter Nachr.	
	Absperrmaßnahmen	Ordnungsgruppe																				Leiter Sicherheit	
	Einrichten																						
	- Bürgertelefon	Pressesprecher																				Leiter Nachr.	
	- Auskunftsstelle																					Stabchef ZV	
	- Pressezentrum																						
	Informationen für Bevölkerung vorbereiten	Stabchef ZV																				Werkleiter	

Nr.	Maßnahme	Ausführung	Zeit der Durchführung der Maßnahmen																			Verantwortlich	Dokument
			Minuten				Stunden											Tage					
			5	10	30	60	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	24	2	3	4	5		
	Information Bevölkerung	Pressesprecher																				Werkleiter	
	Information Medien																						
	Berichterstattung vom Einsatzort	Leiter Betriebsteile					*In Abständen von 30 min bis zum Abschluss der Arbeiten*															Leiter Betriebsteile	
	Lagemeldung vor КЧС/Werkleiter	Hauptingenieur Stabchef ZV					*Stündlich bis zum Abschluss der Arbeiten*															Hauptingenieur	
	Bilden von Reserven	Stab ZV																					
	Verpflegung, Versorgung der Einsatzkräfte																						
	Psycho-soziale Unterstützung																						
	Unterkunft für Einsatzkräfte vorbereiten																						
	Evakuierung	Stab ZV	***Nur bei drohender Gefahr einer Freisetzung von Chlor***																			Werkleiter	
	- im Betrieb	Stab ZV																				Stabchef ZV	
	- im Wohngebiet	Stabchef ZV				***Vorschlag an HV ZVaS***																Werkleiter	
	Folgen im Werk beseitigen	Leiter Betriebsteile																				Hauptingenieur	

Anmerkungen:
Dünne Linie bedeutet: Bei Notwendigkeit

Erläuterung von Begriffen

AEGL-Werte (Acute Exposure Guideline Levels)
Für wichtige Gefahrstoffe werden für drei Stufen möglicher Gesundheitsschäden (AEGL1, AEGL2, und AEGL3) jeweils für vier Belastungszeiten (1/2 h, 1 h, 4 h und 8 h) unterschiedliche Konzentrationswerte festgelegt.

AEGL-1 ist die luftgetragene Stoff-Konzentration, ab der die allgemeine Bevölkerung, inklusive empfindlicher aber exklusiv hyperempfindlicher Individuen, spürbares Unwohlsein erleiden können. Luftgetragene Stoff-Konzentrationen unterhalb des AEGL-1-Wertes repräsentieren Expositionswerte, die leichte Geruchs-, Geschmacks- oder andere sensorische Reizungen hervorrufen können.
AEGL-2 ist die luftgetragene Stoff-Konzentration, ab der die allgemeine Bevölkerung, inklusive empfindlicher aber exklusiv hyperempfindlicher Individuen, irreversible oder andere schwerwiegende langandauernde Schädigungen oder eingeschränkte Fluchtmöglichkeiten erleiden können. Luftgetragene Stoff-Konzentrationen unterhalb des AEGL-2-Wertes aber oberhalb des AEGL-1-Wertes repräsentieren Expositionswerte, die spürbares Unwohlsein hervorrufen können.

AEGL-3 ist die luftgetragene Stoff-Konzentration, ab der die allgemeine Bevölkerung, inklusive empfindlicher aber exklusiv hyperempfindlicher Individuen, lebensbedrohliche Schädigungen oder Tod erleiden können. Luftgetragene Stoff-Konzentrationen unterhalb des AEGL-3-Wertes aber oberhalb des AEGL-2-Wertes repräsentieren Expositionswerte, die irreversible oder andere schwerwiegende langandauernde Schädigungen hervorrufen oder die Fluchtmöglichkeiten einschränken können.

Belastungsfaktor
Der Belastungsfaktor ist ein Maß für die Gefährlichkeit des Konzentrationsverlaufes an einem Ort. Er ergibt sich aus dem Quotienten der Belastung und der Referenzbelastung. Die Referenzbelastung ist das Produkt der Referenzkonzentration (wenn vorhanden, der ERPG-2-Wert) mit der Referenzzeit 1 h. Die Belastung ist das gewichtete Integral über den zeitlichen Verlauf der Konzentration in einem Punkt.

ERPG-Werte
Emergency Response Planning Guidlines

Schadstoffkonzentrationen, die von der Organization Resources Counelors, Inc (ORC) und von der American Industrial Hygiene Association (AIHA) für die Planung von Notfallmaßnahmen ausgearbeitet wurden. In Deutschland verbreitet (vorgesehen ist die amtliche Einführung von AEGL-Werten)

ERPG -1-Wert
Die maximale luftgetragene Konzentration, bei der davon ausgegangen wird, dass unterhalb dieses Wertes beinahe sämtliche Personen bis zu einer Stunde lang exponiert werden könnten, ohne dass sie unter mehr als leichten, vorübergehend nachteiligen gesundheitlichen Auswirkungen leiden bzw. ohne dass sie einen eindeutig definierten unangenehmen Geruch wahrnehmen.

ERPG-2-Wert
Die maximale luftgetragene Konzentration, bei der davon ausgegangen wird, dass unterhalb dieses Wertes beinahe sämtliche Personen bis zu einer Stunde lang exponiert werden könnten, ohne dass sie unter irreversiblen oder sonstigen schwerwiegenden gesundheitlichen Auswirkungen oder Symptomen leiden bzw. solche entwickeln, die die Fähigkeit einer Person beeinträchtigen könnten, Schutzmaßnahmen zu ergreifen.

ERPG-3-Wert
Die maximale luftgetragene Konzentration, bei der davon ausgegangen wird, dass unterhalb dieses Wertes beinahe sämtliche Personen bis zu einer Stunde lang exponiert werden könnten, ohne dass sie unter lebensbedrohenden gesundheitlichen Auswirkungen leiden bzw. solche entwickeln.

Oberhalb des ERPG-3-Wertes kann es zu lebensbedrohenden gesundheitlichen Auswirkungen kommen.

Gefährdungsbereich
Der Gefährdungsbereich für Zwecke der Katastrophenschutzplanung ist die Fläche, die sich aus der Abschätzung der Auswirkungen möglicher Katastrophen und anderen besonderen Gefährdungslagen ergibt und auf der Menschen, Nutztiere und Sachgüter geschädigt werden.

Hypothetischer Störfall
Hypothetische Störfälle sind vernünftigerweise auszuschließende destruktive Ereignisse an betrieblichen Anlagen. Sie werden *ungeachtet getroffener störfallverhindernder Vorkehrungen ausschließlich als Grundlage für die betriebliche Alarm- und Gefahrenabwehrplanung sowie für die außerbetriebliche Katastrophenschutzplanung entwickelt.* Ausgangspunkte sind die Stoffmenge im größten Behälter, extreme Verfahrensbedingungen, eine plausible Art der Freisetzung aus der Anlage und die Umgebung der Anlage. *Die Ursachen für das Eintreten dieser Störfälle werden nicht begründet.*

MAK
Maximale Arbeitsplatzkonzentration: MAK ist die Konzentration eines Stoffes in der Luft am Arbeitsplatz, bei der im allgemeinen die Gesundheit der Arbeitnehmer nicht beeinträchtigt wird.

R-Sätze
R-Sätze sind Bezeichnungen der besonderen Gefahren bei gefährlichen Stoffen und Zubereitungen (EU-Richtlinie RL 67/548/EWG Stoffrichtlinie). Im einzelnen bedeuten für die Gefahrstoffe im RWS

R 23:	Giftig beim Einatmen
R 34:	Verursacht Verätzungen
R 50:	Sehr giftig für Wasserorganismen
R 36/37/38:	Reizt die Augen, Atmungsorgane und die Haut

S-Sätze
S-Sätze sind Sicherheitsratschläge für gefährliche Stoffe und Zubereitungen (EU-Richtlinie RL 67/548/EWG Stoffrichtlinie). Im einzelnen bedeuten für die Gefahrstoffe im RWS

S 9	Behälter an einem gut gelüfteten Ort aufbewahren
S 26	Bei Berührung mit den Augen sofort gründlich mit Wasser abspülen und Arzt konsultieren
S 45	Bei Unfall oder Unwohlsein sofort Arzt hinzuziehen
S 61	Freisetzung in die Umwelt vermeiden. Besondere Anweisungen einholen/Sicherheitsdatenblatt zu Rate ziehen

S 1/2 Unter Verschluss und für Kinder unzugänglich aufbewahren
S 36/37/39 Bei der Arbeit geeignete Schutzkleidung, Schutzhandschuhe und Schutzbrille/Gesichtsschutz tragen

T
Gefahrensymbol für einen giftigen Stoff. Kriterien für einen giftigen Stoff sind:

R 25 Giftig beim Verschlucken
Akute Toxizität:
- LD_{50} oral, Ratte: $25 < LD_{50} \leq 200$ mg/kg
- kritische Dosis, oral, Ratte, 5 mg/kg: 100%ige Überlebensrate, jedoch offensichtliche Vergiftungserscheinungen

R 24 Giftig bei Berührung mit der Haut
Akute Toxizität:
- LD_{50} dermal, Ratte oder Kaninchen: $50 < LD_{50} \leq 400$ mg/kg

R 23 Giftig beim Einatmen
Akute Toxizität:
- LC_{50} inhalativ, Ratte, für Aerosole oder Stäube: $0{,}25 < LC_{50} \leq 1$ mg/l/4 h
- LC_{50} inhalativ, Ratte, für Gase und Dämpfe: $0{,}5 < LC_{50} \leq 2$ mg/l/4 h

R 39 Ernste Gefahr irreversiblen Schadens
- erhebliche Anhaltspunkte, dass irreversible Gesundheitsschäden ... durch eine einmalige Verabreichung über einen geeigneten Aufnahmeweg im allgemeinen im Bereich der oben genannten Dosen verursacht werden können.
  Zur Angabe des Aufnahmeweges/der Art der Verabreichung ist eine der folgenden Kombinationen zu verwenden: R 39/23, R 39/24, R 39/25, R 39/23/24, R 39/23/25, R 39/24/25, R 39/23/24/25.

R 48 Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition
- schwerer Gesundheitsschaden (eindeutige funktionelle Störungen oder morphologische Veränderungen von toxikologischer Bedeutung) kann bei wiederholter oder längerer Exposition über einen geeigneten Aufnahmeweg verursacht werden.
  Stoffe und Zubereitungen werden mindestens als giftig eingestuft, wenn diese Schäden durch deutlich niedrigere Dosen (z. B. zehnmal niedriger) als die für R 48 ... verursacht werden.

Zur Angabe des Aufnahmeweges/der Art der Verabreichung ist eine der folgenden Kombinationen zu verwenden: R 48/23, R 48/24, R 48/25, R 48/23/24, R 48/23/25, R 48/24/25, R 48/23/24/25.

C
Gefahrensymbol für einen ätzenden Stoff. Kriterien für einen ätzenden Stoff im RWS sind:

R 34 Verursacht Verätzungen
- wenn bei Aufbringen auf die gesunde intakte Haut von Versuchstieren nach einer Einwirkungszeit bis zu 4 Stunden Zerstörung des Hautgewebes in seiner gesamten Dicke hervorgerufen wird oder wenn dieses Ergebnis vorausgesagt werden kann

N
Gefahrensymbol für einen umweltgefährlichen Stoff. Kriterien für einen umweltgefährlichen Stoff im RWS sind:

R 50 Sehr giftig für Wasserorganismen

Akute Toxizität
96 h LC_{50} (Fisch): ≤1 mg/l oder
48 h EC_{50} (Daphnia) ≤ 1 mg/l oder
72 h IC_{50} (Alge) ≤ 1 mg/l

WGK
WGK bedeutet Wassergefährdungsklasse. Im einzelnen bedeuten:
WGK 3 stark wassergefährdend
WGK 2 wassergefährdend
WGK 1 schwach wassergefährdend
Eingestuft wird nach R-Sätzen.

Ausbildungsplan

Grundsätze

Einweisungen nach Arbeitsunterbrechungen, nach Änderungen der Vorschriften

Überprüfung der Kenntnisse der Arbeiter und des ingenieurtechnischen Personals zur technischen Sicherheit

Arbeiter	jährlich
Operatoren	jährlich
ingenieurtechnischen Personal	einmal in drei Jahren

(bei Notwendigkeit Wiederholungsprüfung innerhalb eines Monats)

Ausbildung entsprechend Ausbildungsprogramm Zivilverteidigung/Schutz und Verhalten bei außergewöhnlichen Situationen

Übungsalarme zweimal im Jahr

Lfd. Nr.	Ausbildungsmaßnahme	Verantwortlich	Termine		Bemerkungen
			Vorbereitung	Durchführung	
	Kommission außergewöhnliche Situationen				
1					
¦					
	Stab ZV zur Störfällen				
1					
¦					
	Einsatzkräfte				
1					
¦					
	Ausbildung der Arbeiter und Angestellten				
1					
¦					

Einsatztagebuch

Außergewöhnliche Situationen

Bei Eintreten außergewöhnlicher Situationen oder Situationen mit Möglichkeiten einer Eskalation im Rublewer Wasserwerk sind der gesamte Informationsfluss sowie die angewiesenen und ergriffenen Maßnahmen im Einsatztagebuch zu vermerken.

Das Einsatztagebuch wird vom zentralen Dispatcherdienst geführt. Nach Einberufen der Kommission für außergewöhnliche Situationen des PBC wird ein Einsatztagebuchführer festgelegt.

Vorrangig zu informierende oder zu alarmierende Personen und Institutionen sind im Alarmplan angegeben.

Lfd. Nr.	Datum Uhrzeit	Information/Meldung	Maßnahmen des zentralen Dispatcherdienstes/ der КЧС		Bemerkungen
			Interne Alarmierung (A) Meldung an (M an:) weitere Maßnahmen (Text)	Uhrzeit	

Anhang 4

Meldeformulare

Vorabmeldung

A. Allgemeine Angaben

Meldung von Rublewer Wasserwerk — Uhrzeit: — Datum:
an Hauptverwaltung ZV:
an Miliz:

Gebäude/Anlage — Eintritt der Störung: — Uhr
Wind aus Richtung: — Windgeschwindigkeit: — m/s
Kurztext der Meldung:

B. Art des Ereignisses

B1 Vorsorgliche Information ☐
B2 Personenschaden ☐ B4 Brand ☐ B6 flüssiger Stoffaustritt ☐
B3 sonstiges ☐ B5 Explosion ☐ B7 gasförmiger Stoffaustritt ☐

freigesetzter Stoff:

C. Erwartete Wirkung außerhalb des Betriebes

	Geruchs-einwirkung	Gesundheits-gefährdung	Explosions-gefahr	Gewässer-verunreinigung	Sonstige Gefährdungen/ Belästigungen
nicht zu erwarten	C1 ☐	C5 ☐	C09 ☐	C13 ☐	C17 ☐
nicht auszuschließen	C2 ☐	C6 ☐	C10 ☐	C14 ☐	C18 ☐
wahrscheinlich	C3 ☐	C7 ☐	C11☐	C15 ☐	C19 ☐
bereits gegeben	C4 ☐	C8 ☐	C12 ☐	C16 ☐	C20 ☐

D. Einstufung der Kategorien (Meldestufen)

D1 ☐ D2 ☐ D3 ☐ D4 ☐

Ergänzende Angaben

Bearbeiter:

Name: Telefon: Unterschrift:

Ereignismeldung

1. Meldende Stelle	Rublewer Wasserwerk Wassili-Botilew-Str. 1 121500 Moskau	Ansprechpartner bei Rückfragen: Dispatcher Name: Tel.-Nr.: 414-30-84
2. Zeitpunkt des Ereignisses	Datum Uhrzeit ca.	**3. Wetterlage** Wind aus Richtung mit m/s Temperatur °C Luftfeuchtigkeit %
4. Ort des Ereignisses	Ort Anlage/Abt. Anlagenteil	Werkstraße: Gebäude-Nr. Anlage

		nein	ja	
5. Art des Ereignisses	Brand	☐	☐	in Brand geratenen Stoffe:
	Explosion	☐	☐	Explosion wurde ausgelöst durch:
	Unfall	☐	☐	Art des Unfalls:
	Stofffrei-setzung	☐	☐	freigesetzte Stoffe:
				Bezeichnung: Menge
	Stoff ist	☐ ungefährlich	☐ giftig	☐ ätzend/reizend
		☐ leichtentzündlich	☐ explosiongefährlich	☐ umweltgefährlich
	sonstiges	☐	☐	

		nein	ja	
6. Art und Umfang des Schadens	Personen-schäden	☐	☐	Verletzte ☐ leicht ☐ verletzt ☐ schwer verletzt Tote Vermißte
	Sachschaden		☐	☐ betroffene Sache Art des Schadens Umfang ☐ klein ☐ mittel ☐ groß
	Umwelt-schäden	☐	☐	Art Umfang

		nein	ja		
7. Akute Gefahren	Schadstoff-austritt	☐	☐	Stoff gefährdet sind	Art der Gefährdung ☐ Luft ☐ Boden ☐ Wasser ☐
	Auswirkungen	☐	☐	betroffene Personen	☐ Beschäftigte im Werk ☐ Bevölkerung ☐
	Art der Auswirkungen auf andere				

		nein	ja	
8. Bisherige Maßnahmen	Schadstoff-messungen	☐	☐	erfolgte Messungen
	Schutzmaß-nahmen	☐	☐	Ort Art

9. Voraussichtliche weitere Entwicklung: Eine Gefährdung außerhalb des Ereignisortes ☐ besteht nicht ☐ besteht ☐ kann entstehen

10. Sonstiges, Ergänzungen:

11 ausgefertigt von: Name Datum Uhrzeit Unterschrift

Anlage 5

Ausgesuchte Beispiele von Havarien bei Produktion, Lagerung, Transport und Anwendung von Chlor in Russland in den Jahren 1996 bis 2000

2002

Vorhaben:

„Modellhaftes technologisches Konzept für die Verbesserung der Sicherheit bei der Chlorlagerung am Beispiel eines Moskauer Großwasserwerkes in Verbindung mit Maßnahmen zur Verbesserung des anlagenbezogenen Gewässerschutzes“

UBS-FKZ 380 01 005

Euro Institute for Information and Technology Transfer in Environmental Protection GmbH

Die Havarien
bei Produktion, Lagerung, Transport und Anwendung von Chlor
(1996-2000)

- 27.05.1996; 11.45. **Beresnikowskoe AO „Soda**“
  Chlor ist ausgetreten aus der Reservechlorleitung, die durch Korrosion einen Riß hatte. Der Grund: Es gab in den technischen Unterlagen keine Instruktion, wie man die Reservechlorfernleitung behandeln sollte. Die Chlorleitung wurde bei der Konservierung (Stillstand) nicht gereinigt. Der Gasdruck wurde in der Reservechlorleitung nicht kontrolliert. Das Chlor ist aus dem Gebäude nicht ausgelaufen. Der Riß in der Chlorleitung wurde repariert.

- 03.08.1997;22.00. **GUP „Wodokanal St.Petersburg“**
  Chloraustritt im Raum der Chlordosierungstation der Hauptwasserversorgungstation.
  Der Chloraustritt geschah im Reduktionsventil des Chlordosierungsgerät LONIII – 100 (1992 Bj). Der Grund: Die Gummidichtung des Reduktionsventils hat seine Elastizität verloren. Das Chlor ist in den Raum und ins Gelände der Wasserversorgungsstation ausgetreten. Gasprüfgeräte waren nicht vorhanden.

- 28.08.97. **AO „Kotlasskii ZKB**“
  Der Chloraustritt geschah bei der Reparatur der Chlorleitung auf der Straße. Der Grund: Die Reservechlorleitung wurde beim Schweißen beschädigt. 3-5 kg Chlor sind ausgetreten. 5 Menschen wurden vergiftet und ins Krankenhaus gebracht.

- 04.04.97. **Lipezkoe MUP „Wodokanal**“
  Der Chloraustritt geschah bei der Entgasung des leeren Containers in der Kläranlage. Das Chlor wurde mit dem Wasser in den Behälter mit Kalkmörtel verdrängt. Das Absperrventil war defekt. Das Chlor ist bei der Reparatur der Flanschbindung (Ansatzring) aus dem Container ausgelaufen. Das Personal hatte Gasmasken und ist nicht geschädigt worden. Die Reparatur wurde bei offenen Türen und laufender Ventilationsanlage gemacht. 4-5 kg des Chlorgases sind in 1-2 Min. aus dem Raum ausgetreten und vom Wind in die Richtung des Labors geblasen. Die maximale Entfernung der Gasverbreitung ist 140 m. 31 Menschen sind geschädigt worden. 5 davon hatten schwere Gasvergiftungen , 9 mittlere und 17 leichte. Die Diagnose lautete toxische Laryngitis. Die Umwelt des Ortes der Havarie wurde nach der visuellen Untersuchung nicht beeinträchtigt.

- 14.06.97. **Bahnhof Kovrow der Eisenbahn Gorkovskaja**
  Der Chloraustritt geschah wegen der Undichtigkeit des Containers. Dieser Container wurde im „AO Kurganchimmasch“ im September 1995 produziert. Das Chlor ist durch ein Loch (10 x 12 mm) ausgelaufen. Die Kommission, die den Havarieort untersucht hat, hat festgestellt, daß der Container von Mitarbeitern des Produzenten repariert wurde. Ein Produktionsfehler wurde im nachhinein beseitigt. Es wurden die Löcher für den Regenwasserabfluß in dem Bereich des Containerabschluß durchschnitten. Der Grund für die Undichtigkeit des Containers waren mehrere Mikrorisse, die bei den Untersuchungen und Hydrotests nicht entdeckt worden. Die Funkenbildung im Nulldrahtbereich hat die Bildung der Mikrorisse verursacht. Mit der Zeit (der Container wurde 3 mal gefüllt und zum Hauptabnehmer (Verbraucher) geschickt; dabei ist ein Riß durchsichtig geworden und hat zur Undichtigkeit des Containers geführt.

- 07.11.97. **MUPP „Volgogradvodokanal“ Nord VOS**
  Beim Austausch des leeren Containers wurde festgestellt, daß durch das obere Ventil der Chlorgaszuführung in den Kollektor das Chlor austritt. Der Container wurde bei der Anfüllung beim Hersteller (AOOT „Kaustik“ Volgograd) überfüllt. Der Container wurde beim Ankommen (Empfang) nicht abgewogen, weil es keine Waage gab. 2 Container wurden zusammengefügt, um von dem überfüllten Container zu einem leeren etwas umzugießen. Das flüssige Chlor floß durch das obere Ventil der Chlorgaszuführung. Der Container wurde, nachdem die beiden Ventile geschlossen wurden, beiseite gestellt. Beim nächsten Rundgang wurde festgestellt, daß aus dem Container durch einen Mikroriß das Chlor weiter austritt. Der Container wurde in den Degasationsbunker mit dem Alkalimörtel gestellt. Um eine Chloraustrittgefahr abzuwenden, wurde ein Wasservorhang rund um das Lager des Chlores und rund um die Uhr angestellt. Außerdem spritzten 2 Feuerwehren einen Wasservorhang rund um den Degasationsbunker. Die Intensität vom Chloraustritt nahm zu. In der Zeit vom 8. –10. November 1997 wurde das Chlor neutralisiert und die Situation und der Ort wurden rund um die Uhr kontrolliert. Das Chlor ist nicht aus dem Lager ausgelaufen. Nach dem Herausziehen des Containers aus dem Degasationsbunker wurde festgestellt, daß der Mikroriß sich bis 10 -12 mm vergrössert hat, und der Container ist deformiert worden. Die Sachverständigengutachtenkommission hat auch festgestellt, daß die Containerschädigung und die Rißbildung wegen des enorm hohen Gasdrucks geschah. Der Gasdruck betrug 13 Gpa, das ist 8,5 mal höher als Arbeitsgasdruck; 5,7 mal höher als vorgegebene und 2,6 mal höher als maximale Zulassung.

  Die Komission hat die folgenden Gründe für die Havarie genannt:
  - Die Überfüllung des Containers mit dem flüssigen Chlor: deswegen hat sich der Gasdruck im Container so enorm vergrößert und danach ist der Container deformiert worden. Der Mikroriß wurde größer und war am Ende offen.
  - Die Abwesenheit von der Waagenkontrolle beim Ankommen des Containers.
  - Das gefährliche Umgießen aus einem Container in den anderen, das nicht technologisch geprüft und auch nicht kontrollierbar ist.

- 27.12.97. **OAO „Usoljechimprom“** (Produktion Chlor und Kaustick).
  Bei Chlorung der „Kalkmilch“ nach dem Abschluß der chemischen Reaktion.
  Der Eintritt des Chlores wurde nicht gestoppt, weil die Mitarbeiter die Situation nicht kontrolliert haben. Als Resultat ist das Chlor ins Gebäude und nach draußen ausgetreten (80mg/m³). Die Havarie wurde vom Personal und von der Truppe WGSO liquidiert. Der Mitarbeiter der Chlorabteilung wurde tot gefunden. Die Sachverständigengutachtenkommission hat den Mann für betrunken erklärt. Als Gründe der Havarie wurde folgendes genannt: Die Abwesenheit der Kontrolle für die Führung des technologischen Prozesses wegen des Defekts des Messgerätes und die Disziplinlosigkeit.

- 18.04.98. GUP „**Wodokanal St-Petersburg“ Petrogradskaja Station für Wasserversorgung**
  Der Chloraustritt geschah im Raum der Dampfstation beim Containeraustausch (wegen defekter Armatur). Der Reparaturschlosser ist vergiftet worden und wurde ins Krankenhaus gebracht.

- 10.10.98. **Cherepowez MP „Wodokanal“**
  Beim Ankommen des Containers mit dem flüssigen Chlor wurde festgestellt, daß einige Container Defekte in der Verschlußarmatur (Absperrarmatur) haben, bei einigen fehlen die Schwungräder.

- 10.01.99. OAO „**AutoWAS“ Toljatti**
  Die Kläranlage für die industrielle Abwässer der Werksabteilung für Warm- und Wasserversorgung, Abwasserentsorgung und Wasserumlauf in der Energieherstellung.
  Das Chlor ist aus dem Container ausgetreten (der Hersteller „Chimprom“, St. Nowocheboksarsk). Der Chloraustritt ist beim Containeraustausch nach der Öffnung des Ventils geschehen.
  Der Container wurde in den Degasationsbunker mit dem Natriumsulfat umgestellt. Bei der Ventilreparatur ist das Chlor in den Raum ausgetreten. Den Wasservorhang produzierte wieder die Feuerwehr. Die neutralisierende Lösung (Mörtel) wurde mit dem Natriumsulfat addiert. Ein Bleistöpsel wurde statt des ausgefallenen Ventils eingesetzt. Der Container wurde für die vollkommene Neutralisation mit dem Sonderauto nach RSGH abgefahren. Die Havarie wurde liquidiert. Das Chlor ist nicht über die Laborgrenzen ausgetreten. Insgesamt wurde 800 – 1.000 kg des Chlores neutralisiert. Kein Mensch wurde geschädigt. Die Kommission für die Havarieuntersuchung hat als der Grund einen Defekt der Verschlußarmatur genannt.

- 05.02.99. **OAO „Kirovo-Chepezkij Chimkombinat“**
  Die Explosion von 3 fluor..... Rollen ist in dem Polymerwerk beim Schweißen an der Rohrleitung des Spirituschlorierunsystems geschehen.

- 24.03.99. **Novomoskovskaja Aktiengesellschaft „Asot“ – „Stickstoff“**
  Die Chlorwolke ist nach der Undichtigkeit der Chlorleitung und dem Chlorgasaustritt im Arbeitsraum gebildet worden.

- Die Hinwendung **MGUP „Mosvodokanal**“ zu Gosgortekhnadsor Rußlands nach der Unterstützung der Ausschließung und der Lieferungen von defekten Containern zu Wasserversorgungsstationen. Die Fakten für die Lieferungen des Containers mit der defekten Verschlußarmatur (Absperrarmatur) und die Verstöße gegen die Regeln PBH-93 in der Periode 1998-1999 in den Unternehmen NAK „Asot“ St.Nowomoskowsk (10 Fälle) und AO „Kaprolaktam“ St. Dzerjinsk (2 Fälle) sind erläutert worden.

- 17.04.99. **NAK „Asot“ St. Nowomoskowsk**
  Der Chloraustritt ist in der Selbstlauflinie für die Chlorzuführung passiert. Das Chlor tritt aus dem defekten Verschlußventil aus. 100 kg des Chlores traten in die Luft aus. Die Havarie wurde mit der Hilfe eines Wasservorhanges (4 Feuerwehren) liquidiert. Nach der Untersuchung wurde festgestellt, daß das Ventil aus Titan gemacht wurde und ist wegen des Kontakts mit dem Chlor teilweise zerstört.

- 08.06.99.**GUP „Vodokanal ST.-Petersburg“**
  Der Chloraustritt aus dem Contaner, der in AOOT „Kaustik“ (St. Volgograg) gefüllt wurde. Der Defekt (Riß) befindet sich auf dem zylindrischen Teil des Containers in der Nähe der Schweißnaht (in 2 Sm). Der Defekt ist mit dem „Konsol“ – das Magnetventil repariert worden. Nach der Untersuchung wurde festgestellt, daß der Container mit dem Defekt vom „Kurganchimmasch“ hergestellt wurde. Alle Container (19 Stück), die von dem gleichen Hersteller stammen, wurden aus dem Betrieb genommen.

- 06.06.99. **AOOT „Sovietskij ZBS“**
  Die Chlorabteilung des Zellulosewerks.
  Der Chloraustritt passierte in der Chlorleitung beim Umgießen aus dem Tankwagen zum stationären Behälter (der Riß: 1mm; die Zeit: 20 Min.). Das Gas hat sich in der

Umgebung verbreitet. 7 Menschen sind vergiftet worden. Diese wurden im Krankenhaus untersucht.

- 5.08.99. **OAO „Ufachimprom“**
  Chloraustritt aus der Chlorleitung der Verbindung der Lager 1 und 2.
  Die Undichtigkeit der Clorleitung ist bei der routinemäßigen Reparaturarbeit passiert. Die Firma, die repariert hat, hatte keine Erlaubnis für die Arbeit in Betrieben, in denen eine chemische Gefahr besteht. Die Mitarbeiter wurden nicht gewarnt, daß die Chlorleitung nicht ausgeschaltet ist. Bei der Demontage der ausgeschalteten Rohrleitung wurde auch die Chlorleitung beschädigt. Nach der Havarie hatten 22 Mitarbeiter gesundheitliche Beschwerden, 12 wurden ärztlich behandelt. Außerdem in der Firma OAO“Baschneftechim“, die befindet sich in der Nähe ~ 400 m, hatten 59 Personen gesundheitliche Beschwerden, 4 davon wurden behandelt. In der Firma ELS „Svet“ hatten 64 Leute gesundheitliche Beschwerden, keiner wurde behandelt. Die Havarie wurde mit den eigenen betrieblichen Kräften liquidiert. Der Wasservorhang ist angestellt worden. In 70 Min. wurde die Luftanalysen als befriedigend bezeichnet.

- 09.01.2001.
  Die Kläranlage der Eisenbahnstation Chabarovsk – 1.
  17.40 Uhr geschah der Chloraustritt aus dem Ventil des Ballons bei der Lieferung aus dem Lager zur Chlorstation. Der Wasservorhang wurde gebildet. Der Ballon wurde in die Neutralisationskammer gebracht. Das Personal handelte entsprechend den Regeln den Havarienliquidation. 2 Mitarbeiter wurden ärztlich behandelt und nach 12 Stunden wieder gesund geschrieben.

Anlage 6

Präsentation der Ergebnisse in zwei Seminaren

2001 - 2002

Vorhaben:

„Modellhaftes technologisches Konzept für die Verbesserung der Sicherheit bei der Chlorlagerung am Beispiel eines Moskauer Großwasserwerkes in Verbindung mit Maßnahmen zur Verbesserung des anlagenbezogenen Gewässerschutzes“

UBS-FKZ 380 01 005

Euro Institute for Information and Technology Transfer in Environmental Protection GmbH

Programm
des Russisch-Deutschen Seminars bei Mosvodokanal
15.03.2001

ab 08.30		Mosvodokanal	Registrierung der Teilnehmer
09.00	MVK, BMU	Hr. Chramenkov, MVK Dr. Pettelkau, BMU Hr. Enderlein, UNECE	Begrüßung / Eröffnung
09.20	Gosgortekh-nadsor	Hr. Shatalov	Stand der Anlagensicherheitsgesetzgebung in der Russischen Föderation, Probleme und Perspektiven
09.50	BMU	Dr. Pettelkau	Gesetzliche Grundlagen und Anforderungen für die Anlagensicherheit in Deutschland mit dem Schwerpunkt Gefahrstoff Chlor
10.20	Chlorbeso-Pasnost	Hr. Jagud	Vergleichende Analyse zu Gesetzen, Regeln und Methoden in Russland und Deutschland in Zusammenhang mit der Chlorlagerung
10.40	Chlorbeso-Pasnost	Hr. Abreimov Hr. Mislavskij	Die Sicherheit der Ausrüstungen beim Transport, der Lagerung, der Abfüllung von Chlor in Russland; Schutzmittel für das Anlagenpersonal und für die Bevölkerung
11.10		Diskussion / Kaffeepause	
11.30	EITEP /UCB	Dr. König Hr. Csontos	Ziele und bisherige Ergebnisse des Vorhabens zur Anlagensicherheit bei Mosvodokanal MGU
12.00	GEW Köln	Dr. Spiess	Vergleichende Betrachtung zu Wasseraufbereitungsanlagen und dem Einsatz von Chlor in der deutschen und russischen Trinkwasserversorgung am Beispiel der Wasserstation Ruvljovo
12.15	TÜV Rheinl.	Hr. Schottländer	Sicherheitsbetrachtung zur Chlorverladung und Chlorlagerung im WWk Rubljovo im Vergleich mit dem Stand nach den a.R.d.T. in Westeuropa
12.45	EITEP	Hr. Csontos	Technologietransfer nach Russland und Mittelosteuropa durch das deutsche Gas- und Wasserfach vertreten durch EITEP

13.05		Mittagspause / Präsentation von Ausrüstungsgegenständen oder Poster der Firmen	
14.15	Mosvodo-Kanal	Hr. Podkovyrov	Organisatorische, technische und technologische Abspekte bei der Anwendung von Chor in Wasserwerken der Stadt Moskau
14.35	EMCO	Hr. Kuttler	Be- und Entladung von Chlor-Eisenbahn-Kesselwagen mittels eigenbalancierter Gelenkarme
14.55	Phönix	Hr. Röder	Anforderungen an Absperr- und Regeleinrichtungen beim Einsatz im Chlorbereich
15.15		Diskussion	
15.45	EITEP	Hr. Csontos	Alternative Verfahren zur Trinkwasserdesinfektion und Oxidation – ein Überblick
16.05	Prominent	Hr. Baumgärtner Hr. Bugatykh	Erfahrungen zum Einsatz von Chlordioxid in der Trinkwasseraufbereitung
16.25	USF Wallace & Tiernan	Hr. Russ	Erfahrungen zum Einsatz von Chlorelektrolyseanlagen in der Trinkwasseraufbereitung
16.45	Alldos	Hr. Knapp Prof. Labanov	Moderne Chlordosierung von Trinkwasser mit Anwendung der Mess- und Regeltechnik
17.0		Diskussion	
18.00	Ende		

Trinkwasseraufbereitung unter den Gesichtspunkten von Zuverlässigkeit, Sicherheit und Qualität

Seminarprogramm zum Abschluss des deutsch/russischen Projektes
"Modellhaftes technologisches Konzept für die Verbesserung der Sicherheit bei der Chlorlagerung am Beispiel eines Moskauer Großwasserwerkes in Verbindung mit Maßnahmen zur Verbesserung des anlagenbezogenen Gewässerschutzes"
Moskau, Mosvodokanal
(Stand: 14.05.2002)

7. Juni 2002

09.00 Uhr **Begrüßung**
- *S. Chramenkov, GUP Mosvodokanal, Russland*
- *Prof. W. Lohrer, Umweltbundesamt, Deutschland*
- *Dr. W. Machold, Bundesministerium für Umwelt, Deutschland*

09.20 Uhr **Schwerpunkte des Bundesministeriums für Umwelt beim Umwelttechnologietransfer in die MOE-Staaten**
Dr. H.-J. Pettelkau, Bundesministerium für Umwelt, Deutschland

Die Aufgabe von Gosgortechnadsor für Sicherheitsfragen in russischen Wasserwerken
Dr. A. Schatalov, Gosgortechnadsor, Russland

Selbstverwaltung, Sicherheitsmanagement und Technologietransfer der deutschen Wasserversorgung
Dr. K. Ritter, EITEP/DVGW, Deutschland

10.30 Uhr **Die Trinkwasseraufbereitung in Moskau**
V. Podkovyrov,GUP Mosvodokanal, Russland

Die Trinkwasseraufbereitung in Langenau mit besonderer Berücksichtigung der Desinfgektion
Dr. Fischeder*, Landeswasserversorgung Baden-Württemberg, Deutschland*

Kriterien für die Sicherheit des Systems Trinkwasseraufbereitung
Dr. J. Rachmanin, NIIECHGOKS, Russland

11.10 Uhr Kaffeepause

11.30 Uhr **Ergebnisse des Projektes "Modellhaftes technologisches Konzept"**

- Methodisches Herangehen und die gewonnenen Erkenntnisse
Dr. M. König, EITEP-Projektleiter, UCB Berlin, Deutschland

- Technologische Verbesserung - der Gelenkarm der Abfüllstation
Fr. A. Becker, Firma EMCO Wheaton, Deutschland

- Nutzung der Ergebnisse in Russland
Dr. B. Jagud, Chlorbesopasnost, Russland

12.30 Uhr **Sicherheitsmanagementsystem entsprechend der Seveso-II-Richtlinie**
Dr. M Schindler, Berater, Deutschland

Das Konzept der AEGL-Werte bei der Bewertung der toxikologischen Wirkung von Schadstoffen
Fr. Prof. Dr. J. Stephan, Störfall-Kommission beim BMU, Deutschland

13.10 Uhr Mittagspause

14.15 Uhr **Methoden der Trinkwasserdesinfektion**

- Alternative Verfahren, Übersicht und Vergleich
W. Roeske, USF Wallace & Tiernan, Deutschland

- Einsatz von Ozon und Chlordioxid bei der Trinkwasseraufbereitung
B. Baumgärtner, Prominent-Dosiertechnik, Deutschland

- Möglichkeiten des Einsatzes von Chlordioxid in der Moskauer Wasseraufbereitung
A. Koverga, Mosvodokanal, Russland

- Membrantechnologie
Dr. A. Hagen, VA TECH WABAG, Deutschland

16.15 Uhr **Abschlussdiskussion**
Moderation: V. Podkovyrow,GUP Mosvodokanal, Russland
Dr. W. Machold, Bundesministerium für Umwelt, Deutschland

Es wird simultan übersetzt.

Selbstverwaltung, Sicherheitsmanagement und Technologietransfer der deutschen Wasserversorgung

Dr. Klaus Ritter
EITEP GmbH

Vorbetrachtung

Die Globaliserung der Märkte verändert die Welt mit einer Geschwindigkeit und Tragweite, die alle Bereiche des öffentlichen Lebens betrifft. Keine Volkswirtschaft und keine Branche kann es sich heute erlauben, sich von den Entwicklungen der anderen abzukoppeln und nur seinem eigenen Entwicklungspotential zu vertrauen.

Aus der Zusammenarbeit zieht jeder komparative Vorteile, sowohl der vermeintlich weniger entwickelte als auch der vermeintlich stärker entwickelte.

Allerdings müssen wir in der internationalen Zusammenarbeit auch lernen, einander zu verstehen – und dies nicht nur sprachlich. Um voneinander zu profitieren müssen wir auch erkennen, welchen technologischen, administrativen und strukturellen Stand der andere erreicht hat, welche Entwicklungen dazu durchlaufen wurden und welche gesellschaftspolitischen, geografischen und wirtschaftlichen Voraussetzungen für diese Entwicklung bestimmend waren. Erst wenn dies bekannt ist, kann der Verkäufer sich auf einem fremden Markt erfolgreich präsentieren und der Käufer kann das Angebot richtig einordnen.

Die EITEP, Euro Institute for Information and Technology Transfer in Environmental Protection GmbH, ist vom DVGW Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfachs e.V. gegründet worden, um durch Know how und Technologie-Transfer Unternehmen auf internationalen Märkten zu unterstützen.

Um die Zusammenarbeit zwischen der deutschen und russischen Wasserwirtschaft zu fördern, hat EITEP deshalb das Projekt „Modellhaftes technologisches Konzept für die Verbesserung der Sicherheit bei der Chlorgaslagerung", in dessen Rahmen unser heutiges Seminar stattfindet, entwickelt und mit vielen deutschen und russischen Partnern durchgeführt.

Das gesamte Projekt – ebenso, wie mein folgender Vortrag – haben das Ziel, eine Plattform zu schaffen für eine noch bessere zukünftige Zusammenarbeit russischer und deutscher Unternehmen.

1. Die deutsche Wasserversorgung und die Rolle des DVGW

1.1 Unternehmen der Wasserversorgung

In Deutschland existieren etwa 14.000 Gemeinden mit knapp 7.000 Wasserversorgungsunternehmen. Damit sind 98 % der Bevölkerung an eine zentrale Wasserversorgung angeschlossen. Der Anteil der Unternehmensformen privaten Rechts beträgt bereits 25 % bezogen auf die Anzahl der Unternehmen und fast 50 % bezogen auf die Wasserabgabe **(Abbildung 1.1).** Daraus ist ablesbar, daß die größeren Unternehmen den derzeit favorisierten Schritt zu privatwirtschaftlichen Organisationsstrukturen teilweise schon vollzogen haben.

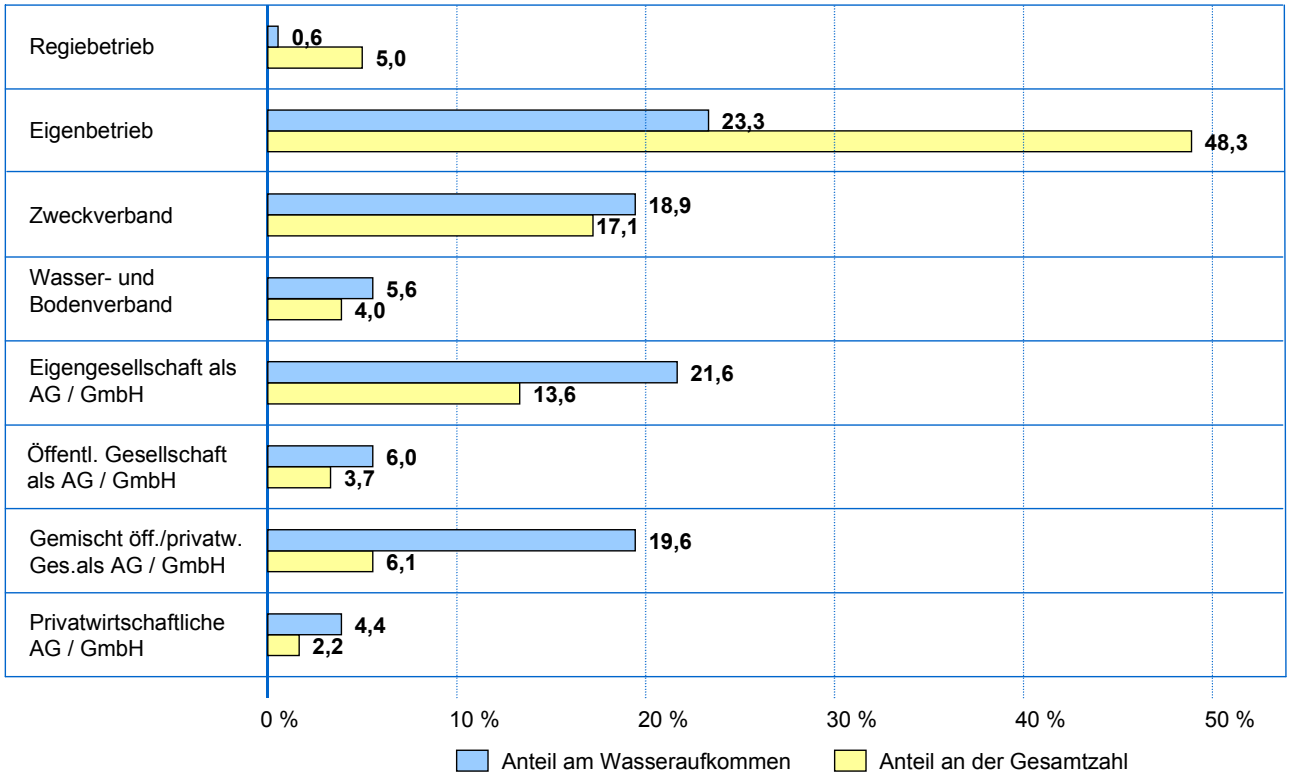


Abbildung 1.1: Unternehmensformen in der Trinkwasserversorgung

Wenn auch Größe und Konzentration der Wasserversorgung nicht als alleiniger Parameter für Effizienz der Unternehmen verstanden werden kann, so kann man dennoch festhalten, daß im Zuge der Globalisierung Konzentrationen der kleinststrukturierten deutschen Wasserversorgung dringend gefordert sind.

1.2 Rechtliche Grundlagen

Die öffentliche Wasserversorgung ist vielfältig eingebunden in die öffentliche Rechtsordnung. Nach dem Grundgesetz ist für den Wasserhaushalt der Bund als Rahmengesetzgeber verantwortlich. Für die Umsetzung dieser Rahmengesetze sind die Länder zuständig. Auch das EG-Recht wirkt als Rahmen, der durch nationale Regelungen eingehalten werden muß **(Abbildung 1.2)**.

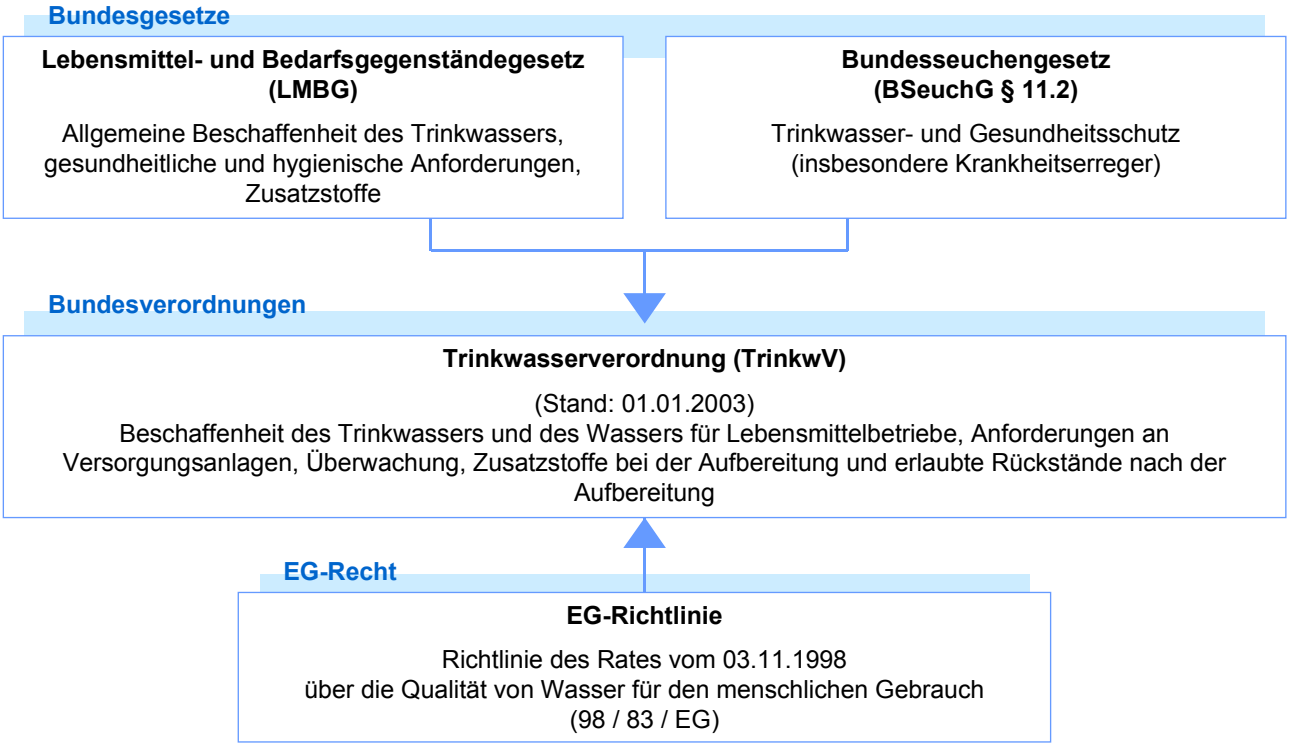


Abbildung 1.2: Wesentliche Vorschriften für die Wasserqualität

Die Durchführung der Wasserversorgung ist Aufgabe der Städte und Gemeinden. Sie bedienen sich hierzu ihrer Versorgungsbetriebe, die als Eigenbetriebe oder Gesellschaften in Form einer privatrechtlichenGmbH oder AG geführt werden können. Es werden auch Zweckverbände und Wasserbeschaffungsverbände von öffentlich-rechtlichen Gebietskörperschaften gegründet und die mit Wasserversorgung betraut.

Das Wasserversorgungsunternehmen ist eingebettet in einen großen Rahmen von Gesetzen und Ausführungsverordnungen, was man vereinfacht in der **Abbildung 1.3** darstellen kann.

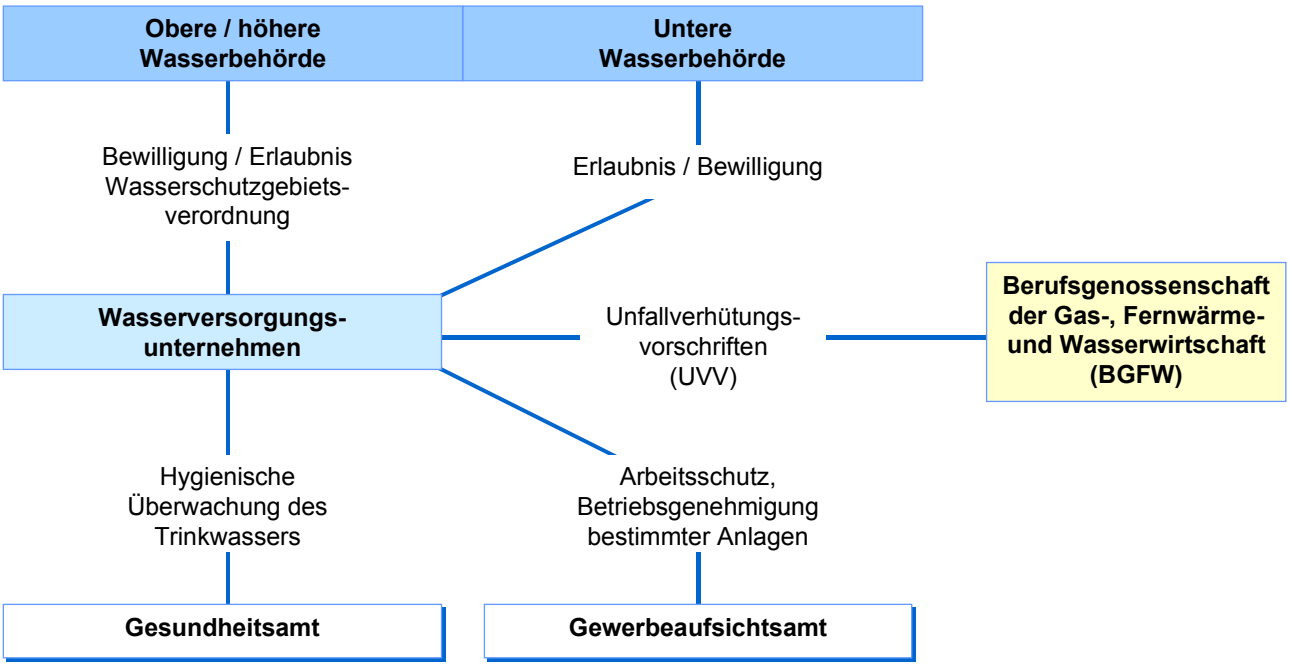


Abbildung 1.3: Berührungspunkte der Versorgungsunternehmen mit staatlichen Aufsichtsbehörden und der Berufsgenossenschaft

Die Landeswassergesetze – ebenso wie die Richtlinien der EU - verlangen, daß bei Planung, Bau, Betrieb und Instandhaltung von Wasserversorgungsanlagen allgemein anerkannte Regeln der Technik einzuhalten sind.

Diese enthalten technische Festlegungen, die – im Gegensatz zu den festgelegten Schutzzielen des Staates – laufend überarbeitet und dem technischen Fortschritt angepaßt werden. Rechtlich verbindlich sind die „Unfallverhütungsvorschriften (UVV)“ der Berufsgenossenschaften. Sie sind vom Bundesminister für Arbeit genehmigt und besitzen Rechtskraft.

Als Regeln der Technik in der Wasserversorgung gelten z.B. DIN-Normen, die vom DVGW Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e.V. herausgegebenen Technischen Regeln und die Bau- und Prüfungssätze des Instituts für Bautechnik (IFBT).

1.3 Die technische Selbstverwaltung der Gas- und Wasserversorgung durch den DVGW

Der DVGW wurde 1859 in der Zeit der ersten „industriellen Revolution“ gegründet, um bei der raschen technischen Entwicklung den Erfahrungsaustausch unter den Technikern und Wissenschaftlern der sich entwickelnden Versorgungsunternehmen zu fördern.

Heute sind im DVGW rd. 9.140 persönliche Mitglieder (Wissenschaftler, Planer, Experten, Praktiker), 1.630 Versorgungsunternehmen, 1.550 Produzenten und Dienstleister sowie 200 Behörden, Institute und sonstige Verbände organisiert. Interessant ist, daß zunehmend Unternehmen, Verbände und Fachleute aus dem Ausland die Mitgliedschaft anstreben.

Für seine Mitglieder hält der DVGW das im Folgenden aufgelistete Servicepaket bereit. Er unterstützt diese damit bei ihrem Bemühen, die Gas- und Wasserversorgung unter ökonomischen, technischen und gesellschaftspolitischen Gesichtspunkten stets optimal zu gestalten. Der DVGW ist Partner für die nationalen und EU-weiten Aufsichtsbehörden und für die Gesetzes- und Verordnungsgeber.

1.3.1 Technische Regeln

113 Regeln Gas, 150 Regeln Wasser und 46 Regeln Gas und Wasser sind in DVGW-Gremiem aufgestellt worden und werden in etwa 80 Ausschüssen permanent den veränderten Anforderungen und Entwicklungen angepaßt. Bei seiner Regelsetzung und Normung arbeitet er eng zusammen mit dem Deutschen Institut für Normung e.V. (DIN) und auf europäischer Ebene mit der Vereinigung im CEN (Comité Européen de Normalisation. Auf der internationalen Normungsebene engagiert sich der DVGW bei der ISO (International Organization for Standardization).

1.3.2 Prüfung und Zertifizierung

Technische Regeln und Normen erfüllen nur dann ihren Zweck, wenn sie umfassend, d.h. bezogen auf Produkte, Unternehmen, Personen und Qualitätsmanagementsysteme, konsequent in der Praxis angewandt werden. Aufgabe des Prüf- und Zertifizierwesens des DVGW ist es, darüber zu wachen, daß die im DVGW-Regelwerk festgeschriebenen Standards tatsächlich umgesetzt werden. Seit Anfang der 90er Jahre dokumentiert die satzungsgemäß neutrale und unabhängige DVGW-Zertifizierungsstelle die Konformität der Produkte und Werkleistungen der Betriebe mit den technischen Regeln, Normen und Richtlinien durch Vergabe eines allgemein anerkannten Zertifikats. Das DVGW- bzw. das DVGW-DIN-Prüfzeichen, die CE-Kennzeichnung oder das DVGW-Qualitätszeichen belegen, daß der Stand der Technik erfüllt ist.

Mit der Zertifizierung von Qualitätsmanagementsystemen nach DIN EN ISO 9000 ff. können Produkthersteller, Fach- und Versorgungsunternehmen gegenüber Kunden und Aufsichtsbehörden eine betriebsinterne Ablauforganisation nachweisen, die einem weltweit anerkannten Qualifikationsstandard auf der Basis der Anforderungen des DVGW-Regelwerks entspricht. Als Branchenzertifizierer für das Gas- und Wasserfach ist die DVGW-Zertifizierungsstelle gleichzeitig der größte europäische Zertifizierer für gasfachliche Produkte („Notified body“). Die vielfältigen Nutzenerwartungen an die Zertifizierung sind in der **Abbildung 1.4** dargestellt.

Für jede Zielgruppe besteht eine ganz spezifische Nutzungserwartung.

Verfahren / Zielgruppe	**Hersteller**	**Dienstleister**	**Versorgungs-unternehmen**	**Sachverständiger**
CE-Kennzeichen	*Marktzugang Europa*			
DVGW- / DIN-DVGW-Prüfzeichen	*Marktzugang allgemein*			
DVGW-Qualitätszeichen	*neutrale Güterkennzeichnung*			
Management-systeme	*Produktüberwachung Qualitätssicherung Kundenbindung*	*Marktzugang Präqualifikation Qualifikationsnachweis*	*Exculpation, Effizienzsteigerung, Kundenbindung*	
Personen-zertifizierung				*Qualifikations-nachweis*

Abbildung 1.4: Nutzenerwartung Zertifizierung

1.3.3 Forschung und Entwicklung

Der DVGW regt gas- und wasserfachliche Forschungsvorhaben an, fördert und begleitet sie bis zur Umsetzung und forscht selbst in vier eigenen Forschungseinrichtungen. Ziel ist die kontinuierliche Vertiefung des Fachwissens und die Weiterentwicklung der Technik. Neben Fragen der Sicherheit, der Hygiene, des Umwelt- und Gesundheitsschutzes, spielen vor allem im Zuge des steigenden Wettbewerbsdrucks auch Aspekte der Wirtschaftlichkeit von Produkten und Verfahren eine Rolle.

Die F & E-Tätigkeit des DVGW ist eng verzahnt mit der Arbeit am Regelwerk. Neueste wissenschaftliche Erkenntnisse fließen deshalb unmittelbar in die Regelsetzung ein. Die Unternehmen des Gas- und Wasserfaches, die sich am DVGW-Regelwerk orientieren, sind damit immer auf dem aktuellen Stand der Technik.

1.3.4 Berufsbildung

Die kontinuierliche Weiterentwicklung des DVGW-Regelwerks, die praktische Anwendung der neuesten Erkenntnisse aus Forschung und Entwicklung sowie die wachsenden Qualitätsanforderungen an Produkte und Leistungen stellen die Unternehmen des Gas- und Wasserfachs in einen dynamischen Prozeß, der nur noch von hochqualifiziertem Personal zu bewältigen ist. Damit wird auch die berufliche Weiterentwicklung zu einem immer wichtigeren Wettbewerbsfaktor.

Diese Aufgabe übernimmt der DVGW in Kooperation mit anderen Fachorganisationen. Pro Jahr werden über ein DVGW-Berufsbildungswerk 1.200 Weiterbildungsveranstaltungen mit rd. 40.000 Teilnehmern (Wissenschaftler, Ingenieure, Praktiker) durchgeführt. Das Bildungsangebot umfaßt alle technischen Bereiche des Gas- und Wasserfachs. Die Inhalte orientieren sich im wesentlichen an den Anforderungen aus der Praxis, den Ergebnissen der Arbeit der Ausschüsse und der Forschung und Entwicklung.

1.3.5 Information

Der kontinuierliche technische Fortschritt im Gas- und Wasserfach sowie sich ändernde wirtschaftspolitische und rechtliche Rahmenbedingungen, nicht zuletzt bedingt durch die europäische Integration, führen zu einer ständig wachsenden Informationsflut, die verarbeitet werden muß. Der DVGW selektiert die für seine Mitglieder wichtigen Informationen, ordnet sie nach Fachdisziplinen und stellt sie bedarfsgerecht aufbereitet zur Verfügung.

Ein Produkt dieser Arbeit sind die Fachzeitschrift „DVGW-PRAXIS“, die die Mitglieder 12 mal pro Jahr erhalten. Eine Vielzahl weiterer Printmedien zu Einzelthemen des Gas- und Wasserfachs ergänzt das Informationsangebot. Diese werden teilweise über die Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser (WVGW), deren Gesellschafter der DVGW ist, verbreitet oder über den Oldenbourg-Verlag durch die Fachzeitschrift „gwf Das Gas- und Wasserfach“, ein weiteres wichtiges Vereinsorgan des DVGW.

1.3.6 Beratung

Das Beratungsspektrum des DVGW orientiert sich an den Schwerpunkten Technik und Wissenschaft, Sicherheit und Hygiene sowie Wirtschaftlichkeit und Umweltschutz. Die Beratung deckt alle Bereiche der Wasserversorgung ab.

Der umfassende Beratungsservice kann in vielen Fällen telefonisch erfolgen. Bei komplexen Sachverhalten werden bei Bedarf aber auch ausführliche Studien oder Gutachten erstellt. Dabei geht es vor allem um die Auslegung und Umsetzung des Regelwerks sowie um technische und technisch-wissenschaftliche Fragen des Gas- und Wasserfachs. Die DVGW-Landesgruppen und das Technologiezentrum Wasser sind Bestandteile bei der Wahrnehmung seines Beratungsauftrags.

2. Das Technische Sicherheitsmanagement TSM des DVGW für die öffentliche Gas- und Wasserversorgung

Aus der vielschichtigen Arbeit des DVGW soll im Folgenden über eine Entwicklung berichtet werden, die im Zusammenhang mit dem Projekt „Sicherheit von Chlorgasanlagen“ interessant sein kann. Natürlich sind die Gefahrenpotentiale unterschiedlich zu bewerten, die Ansätze sind aber durchaus vergleichbar.

2.1 Auslöser für das TSM im Bereich Gas

Die aus dem Graugussrohrnetz resultierenden Gasunfälle des Winters 1996/1997 waren Anlass für die Energieaufsicht, das über Jahrzehnte bewährte Selbstverwaltungsprinzip der öffentlichen Gasversorgung grundsätzlich in Frage zu stellen

Dies führte zum Vorschlag zur Einrichtung des überbetrieblichen TSM für die öffentliche Gasversorgung. Kernaufgabe des TSM ist die Stützung des eigenverantwortlichen Handelns der Unternehmen und die gleichzeitige Kompetenzstärkung der technischen Selbstverwaltung der öffentlichen Gasversorgung. Als wichtigstes Verwirklichungsinstrument wurde mit der Technischen Regel G 1000 ein detaillierter Leitfaden erarbeitet. Er ermöglicht den Unternehmen in einem ersten Schritt die Aufbau- und Ablauforganisation im Wege einer Selbsteinschätzung systematisch zu überprüfen. Mit diesem Hilfsmittel können Schwachstellen aufgedeckt werden. Gleichzeitig werden die Betreiber technischer Einrichtungen ihrer Verantwortung in den einzelnen Geschäftsbereichen gerecht und können z.B. dem Vorwurf des Organisationsverschuldens vorbeugen.

Gerade in dem tief greifenden und immer schneller werdenden Umstrukturierungsprozess der Versorgungswirtschaft wird die Technische Regel G 1000 und der Leitfaden zu einem der wichtigsten Hilfsmittel, Organisationsschwachpunkte kurzfristig und sicher erkennen zu können.

2.2 Ausweitung auf den Wasserbereich

Im Jahre 2000 wurde parallel zur Gasseite auch für die Wasserversorgung WVU ein Technisches Sicherheitsmanagement Wasser TSM eingeführt.

Kernaufgabe des TSM ist die Unterstützung der WVU bei der Erfüllung der Anforderungen des DVGW-Arbeitsblattes W 1000 „Anforderungen an Trinkwasserversorgungsunternehmen“. Damit sollen vor allem auch kleinere und mittlere Versorgungsunternehmen in die Lage versetzt werden, systematisch Defizite in ihrer Organisation zu erkennen und Schwachstellen zu beseitigen.

Parallel zur Erstellung des Arbeitsblattes W 1000 wurde auch die DIN 2000 „Leitsätze für Anforderungen an Trinkwasser, Planung, Bau, Betrieb und Instandhaltung der Anlagen“ überarbeitet, die mit ihren Leitsätzen für die zentrale Wasserversorgung die Philosophie der deutschen Trinkwasserversorgung wiedergibt. Beide Standards fordern u.a., daß die Trinkwasserversorgungsunternehmen über eine angemessene personelle und technische Ausstattung sowie über eine Organisation verfügen müssen, mit der eine sichere, zuverlässige und wirtschaftliche Versorgung der Kunden mit Trinkwasser gewährleistet ist. DIN 2000 und W 1000 ergänzen sich im Rahmen des TSM Wasser widerspruchsfrei.

2.3 Grundlagen des TSM–Arbeitsblattes W 1000

2.3.1 Aufbau- und Ablauforganisation

Die Organisation eines Versorgungsunternehmens muß nach W 1000 unmißverständlich sein, d.h. die Kompetenzen, alle Arbeitsabläufe und alle innerbetrieblichen Kooperationsbeziehungen sowie die Schnittstellen zu Fremdunternehmen müssen klar geregelt und dokumentiert sein.

Alle Personen, die Leitungs- und Beaufsichtigungsaufgaben wahrnehmen, haben die Anwendung und Wirksamkeit der im Unternehmen geltenden Regelungen in angemessenen Zeitabständen zu überprüfen. Zeigen sich dabei Mängel in der Organisation bzw. Umsetzung, sind unverzüglich Änderungen vorzunehmen. Diese Überwachungs- und Kontrolltätigkeiten sind entsprechend zu dokumentieren.

Soweit in gesetzlichen Vorschriften, Genehmigungsbescheiden, behördlichen und berufsgenossenschaftlichen Anordnungen oder den allgemein anerkannten Regeln der Technik keine anderweitigen Vorgaben gemacht werden, sollen alle relevanten Aufzeichnungen zum Nachweis der sach- und fachgerechten Ausführung der betrieblichen Aufgaben und Tätigkeiten mindestens sechs Jahre lang jederzeit wieder auffindbar aufbewahrt werden.

2.3.2 Anforderungen an das Personal im TSM – W 1000

Die Verantwortung für das Versorgungsunternehmen trägt grundsätzlich die Unternehmensleitung. Sie kann die Verantwortung für einzelne oder mehrere Aufgaben- und Tätigkeitsfelder aber auf eine oder mehrere Personen übertragen. Diese Mitarbeiter müssen allerdings ausreichend qualifiziert sein, um die ihnen übertragenen Aufgaben auch erfüllen zu können.

Besondere Anforderungen sind an das technisch-verantwortliche Betriebspersonal in Wasserwerken zu stellen **(Abbildung 2.1)** .

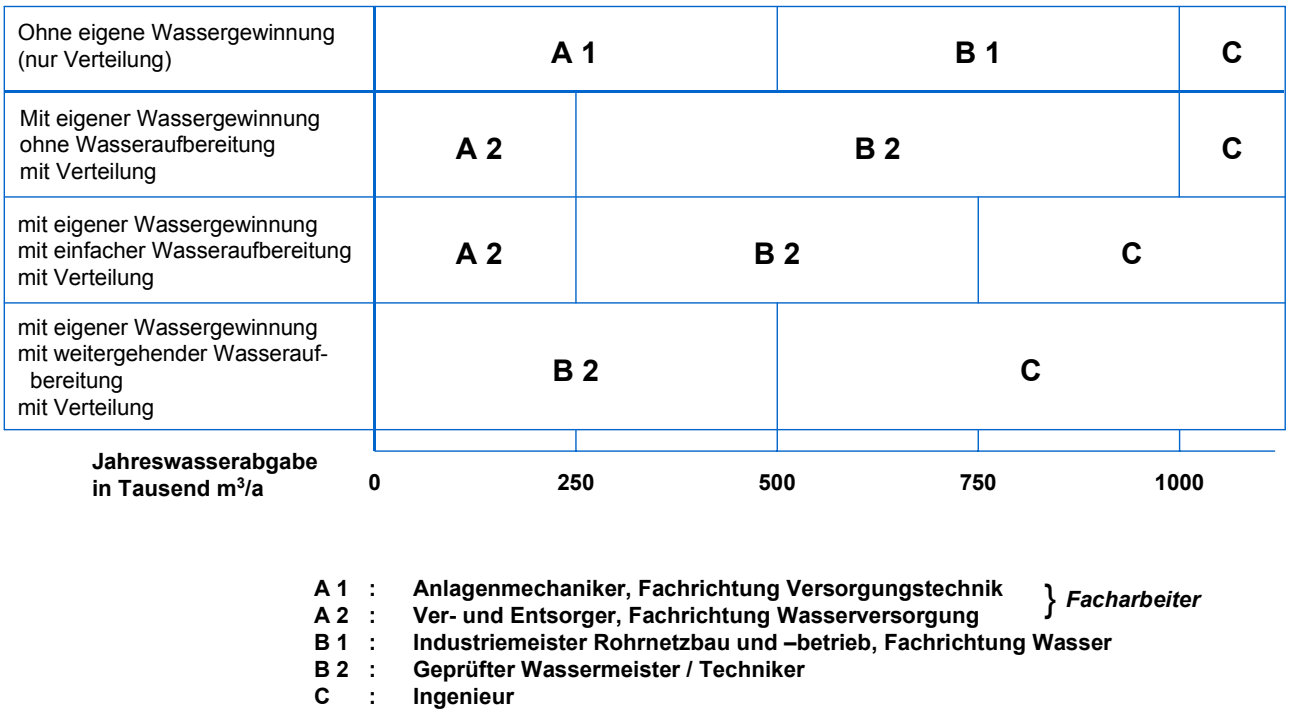


Abbildung 2.1: Anforderungen nach W 1000 an technisch-verantwortliches Personal

2.3.3 Weiterbildung und Unterweisung des Fachpersonals

Nach W 1000 ist das Fachpersonal zur beruflichen Weiterbildung verpflichtet. Die Aufrechterhaltung des erforderlichen Wissensstandes ist wichtig, um angesichts der schnellen technischen Entwicklung und der sich auch durch neue europäische Regelungen ändernden nationalen rechtlichen Rahmenbedingungen jederzeit angemessen auf eine Beeinträchtigung von Sicherheit und Hygiene reagieren zu können.

Das Versorgungsunternehmen muss daher sicherstellen, daß alle Mitarbeiter entsprechend ihren Aufgaben über den jeweils aktuellen Stand der für sie gültigen Rechtsvorschriften, Technische Regeln und unternehmensinternen Anweisungen informiert und unterwiesen sind. Die erforderlichen aktuellen Fortbildungsangebote werden vom DVGW und seinen Partnern allen Versorgungsunternehmen angeboten.

2.3.4 Ergänzende Leitfäden des DVGW (Checklisten)

Um die Unternehmen bei der Erfüllung der Anforderungen des Arbeitsblattes W 1000 zu unterstützen, hat der DVGW einen Leitfaden in Form einer Checkliste entwickelt, der es den Unternehmen in einem ersten Schritt ermöglicht, ihre Aufbau- und Ablauforganisation sowie die Erfüllung der fachspezifischen Anforderungen an Planung, Bau, Betrieb und Instandhaltung aller Wasserversorgungsanlagen systematisch zu überprüfen.

Der Leitfaden soll die Unternehmen darin unterstützen,

- Schwachstellen aufzudecken,
- Die technische Sicherheit zu gewährleisten,
- Die Erfüllung aller trinkwasserhygienischen Anforderungen abzusichern.

2.3.5 Umsetzung des Technischen Sicherheitsmanagements Wasser

Das Technische Sicherheitsmanagement Wasser ist als modulares System zu verstehen, das auf der Grundlage des Arbeitsblattes W 1000 insbesondere aus folgenden Bausteinen besteht **(Abbildung 2.2*).***

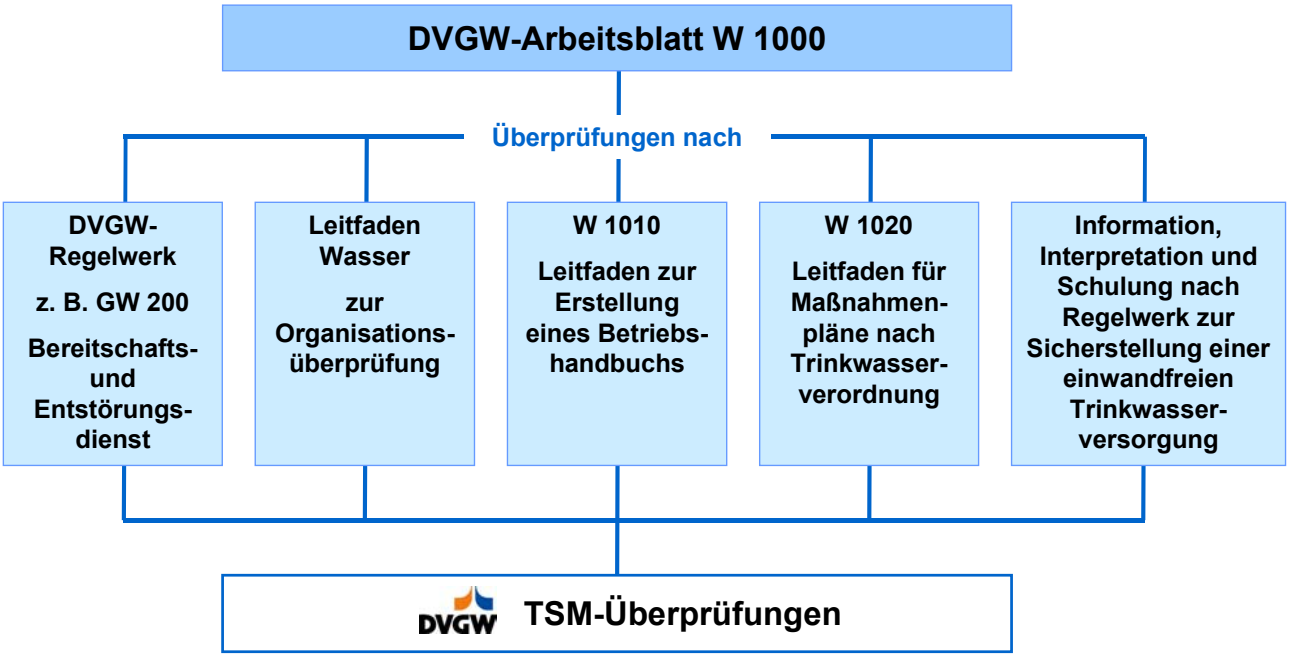


Abbildung 2.2: Bausteine des Technischen Sicherheitsmanagements TSM-Wasser

Der Leitfaden zur Organisationsüberprüfung nach W 1000 ist als Checkliste zunächst ausschließlich für eine unternehmensinterne Verwendung zur Aufnahme des Ist-Zustandes mit anschließender interner Bewertung gedacht. Bei Schwierigkeiten im Verständnis und in der Beantwortung der einzelnen Fragen wird den WVU bei Bedarf auch die Unterstützung durch ein TSM-Expertenteam des DVGW angeboten.

Über das Technische Sicherheitsmanagement besteht auf Wunsch des Versorgungs-unternehmens auch die Möglichkeit, daß der DVGW dem Unternehmen nach einer erfolgreichen Überprüfung durch das Expertenteam die Erfüllung der Anforderungen nach W 1000 bestätigt. Hierbei hat sich folgende Vorgehensweise bewährt:
Schritt 1: Interne Überprüfung auf der Grundlage des Leitfadens W 1000 (Checkliste) durch das WVU
Schritt 2: Kontaktaufnahme mit DVGW-Hauptgeschäftsführung bzw. Landesgruppe, ggf. informelles Vorgespräch
Schritt 3: Externe Überprüfung des WVU durch das TSM-Expertenteam auf der Grundlage des ausgefüllten Leitfadens
Schritt 4: Feststellung des Handlungsbedarfs zur Erfüllung der Anforderungen nach W 1000
Schritt 5: DVGW-Bestätigung bei Erfüllung der Anforderungen nach W 1000.

Ergibt sich aus den Vorgesprächen bzw. Überprüfungen Handlungsbedarf, z.B. für die Entwicklung von Betriebs- oder Centerhandbüchern, so ist diese weitergehende Beratung bzw. Umsetzung dann auf Veranlassung des Unternehmens in einer zusätzlichen Stufe vorzusehen.

2.4 Behördliche Akzeptanz

Dieses Prinzip der sicherheitstechnischen Eigenverantwortung im deutschen Energie- und Wasserfach ist ein Privileg im Vergleich zum sonstigen gewerblichen Sicherheitsrecht. Es hat sich in der Vergangenheit sehr bewährt. Es ist aber auch historisch durch die bisher besonderen Bedingungen der Strom- und Gasversorgung begründet:

- Zum einen wohl durch die meist besondere Staatsnähe (staatliche und kommunale Träger),
- vor allem aber auch durch die besonderen Bedingungen des Monopolschutzes, der den Unternehmen die Erfüllung hoher, auch teuerer Sicherheitsstandards wirtschaftlich erleichtert und damit das Bedürfnis nach staatlicher Kontrolle reduziert hat.

Beides ist heute mit der laufenden Privatisierung und der Liberalisierung so nicht mehr gegeben. Damit stellt sich ganz zwangsläufig die Frage, ob dieses privilegierte Prinzip der vorrangigen Eigenverantwortung der Wirtschaft weiterhin begründbar ist.

Dabei ist dies nicht eine Frage an den Gesetzgeber, sondern eine Frage nach bereits geltendem Recht an die Aufsichtsbehörden. Denn der Wortlaut der einschlägigen Aufsichts-Vorschrift verlangt sehr allgemein:

„Die Behörde überwacht die Einhaltung der Vorschriften dieses Gesetzes.“

Er gibt damit der Aufsichtsbehörde durchaus den Ermessungsspielraum – und damit ggf. auch die Verpflichtung – auch für eine wesentlich intensivere sicherheitstechnische Überwachung, als sie bisher praktiziert wurde.

Die Länder-Aufsichtsbehörden wollen dies nicht. Sie können dies in der Regel auch personell gar nicht. Aber eine weiterhin zurückhaltende Aufsicht braucht eine auch weiterhin überzeugende Legitimation. Diese kann nur dadurch erbracht werden, daß die sicherheitstechnische Eigenverantwortung sich auch und trotz und gerade unter den Bedingungen des neuen Ordnungsrahmens weiterhin bewährt.

Im Rahmen ihrer Möglichkeiten sind die Aufsichtsbehörden deshalb bestrebt, die Umsetzung bzw. Anwendung der TSM des DVGW zu unterstützen.

3. Technologietransfer

3.1 Ausgangssituation der Globalisierung

Forciert durch die rasche Entwicklung in der Informations- und Kommunikationstechnologie verändert sich die Welt in einer Geschwindigkeit, wie nie zuvor. Dabei wächst die Welt auf einer Basis von TV, Telefax und Internet zusammen, so daß wir seit etwa rd. 10 Jahren von einem globalen Markt sprechen. Davon betroffen sind die ökonomische, die soziale und die ökologische Basis aller Nationen.

Durch den Wegfall der wirtschaftlichen Barrieren sehen sich die Industrienationen plötzlich in einer neuen Konkurrenzsituation, und die Schwellenländer sind einem extremen Druck ihrer Bevölkerung ausgesetzt, die die Errungenschaften der Industrienationen ebenfalls schnellstmöglich erreichen wollen.

Die Reaktionen sind

- in den Industrieländern:
  Kostensenkung durch Umstrukturierung und Liberalisierung, Suche nach neuen Absatzmärkten
- in den Schwellen- und Entwicklungsländern:
  Öffnen des eigenen Marktes für das Engagement von Firmen aus den Industrieländern

Deutlich wird, daß beide Seiten aufeinander angewiesen sind, um einerseits (Industrieländer) den erreichten Standard zu erhalten und um andererseits die vorhandene Lücke (Schwellenländer) schnellstmöglich zu schließen. Selbstverständlich ist, daß auch Geben und Nehmen mittelfristig ausgeglichen sein muss.

Ein gutes Beispiel für optimales Handeln eines Schwellenlandes stellt für mich in diesem Zusammenhang die VR China dar:
Aufgrund der weitgehenden Öffnung dieses Marktes werden heute bereits 50 % der lebenswichtigen Ausfuhren dieses Landes in Joint Ventures mit ausländischen Firmen erarbeitet. Die jährliche Wachstumsrate des Brutto-Inlandproduktes von rd. 8 % wäre ohne diesen Effekt kaum vorstellbar.

3.2 Bündelung für ein internationales Engagement – Gründung der EITEP GmbH

In Deutschland sind Konzentration und Bündelung erforderlich, um mit den bisher so erfolgreichen mittelständischen Strukturen auch in Zeiten der Globalisierung erfolgreich zu sein. In der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft sind die Zeichen erkannt: Der DVGW gründete deshalb 2000 die EITEP, um deutsche Firmen im internationalen Geschäft begleiten zu können.

Die EITEP bietet Unterstützung bei der internationalen Geschäftsanbahnung in allen Phasen der Marktbearbeitung an. Dazu gehören Aufgaben der

Marktbeobachtung
Studien, Recherchen, Infodienst, Newsletter

Marktvorbereitung
Transfer aus dem deutschen Regelwerk, Bildungs-, Stipendiatenprogramme, Kooperationen mit Verbänden, Ministerien, Unternehmen vor Ort, Fach- und Werbezeitschriften für Zielmärkte, Kongresse, Präsentationen, Aufgaben der Entwicklungszusammenarbeit

Markteinstieg
Kontaktbörsen, Partnersuche und –vermittlung, Beratung bei Geschäftsanbahnung, Aufbau von Bietergemeinschaften, Tagungen, Messen, Kongresse, Delegationsbesuche, Recherchen, Feasibilty – Studien, Systemportal

Marktbegleitung
Verkaufsunterstützung, Förderbeartung, Produkt- und Dienstleistungsportal, Werbezeitschrift, Service for Kooperationsprojekte (Projektmanagement, Schulungsprogramme, Marketingkonzepte, Expertengestellung)

Bei der internationalen Geschäftsanbahnung konzentriert sich EITEP in Schlüsselregionen auf folgende Zielregionen:

- **Asien** (Büro Beijing)
- **Arabische Staaten** (Büro Kairo)
- **Mittel- und Osteuropa, GUS** (Büro Moskau)
- **Europäische Union und Nordamerika** (Büro Brüssel)
- **Mittel- und Südamerika**

3.3 Struktur und Instrumente der EITEP

Ziel der EITEP-Arbeit ist es deshalb, Netzwerke in den Schwellen- und Entwicklungsländern aufzubauen und mit dem deutschen Netzwerk auf der Basis der DVGW-Mitglieder zu verknüpfen. Dazu werden im Prinzip 8 Aktivitätsfelder beschritten:

3.3.1 Lobbyarbeit

Aktuelle Informationen zur Marktentwicklung und Kontakte zu Entscheidungsträgern braucht jedes Unternehmen beim Einstieg in neue Märkte. Die EITEP unterhält Kooperationsvereinbarungen mit Branchenverbänden in Schlüsselregionen. In Asien und im arabischen Raum haben diese Kooperationen bereits lange Tradition. In Mittel- und Osteuropa sowie dem europäischen Raum stehen die Vereinbarungen kurz vor dem Abschluß. Enge Beziehungen bestehen zu russischen Ministerien für natürliche Ressourcen, zu Mosvodokanal und zur Vereinigung der russischen Wasserwerke RAWW. Die Kooperationen sind Türöffner bis in die höchsten Politik und

Wirtschaftsspitzen. Sie sind damit geeignet, die russisch-deutsche Zusammenarbeit in den Fachbereichen Gas, Wasser, Umwelt langfristig zu fördern. Zusätzlich dienen zahlreiche Delegationsreisen und Kooperationsveranstaltungen vor Ort der Kontaktfindung.

3.3.2 Werbe- und PR-Zeitschriften

Werbung soll die Zielgruppen möglichst genau erreichen, auch im Ausland. Zum Beispiel in der deutsch-chinesischen Fachzeitschrift „Germany-China-TRANSFER“. Sie erscheint in Zusammenarbeit der CWSA China Water Supply Association, der CGA China Gas Association, des NPHCC National Patriotic Health Campaign Committee und des DVGW-Tochterunternehmens EITEP.

In chinesischer Sprache berichtet „Germany-China-TRANSFER“ über deutsche Technologien und Produkte und ihre Anwendungsmöglichkeiten in China. Ergänzend erscheinen Anwendungsberichte aus deutsch-chinesischen Kooperationen. Die Zeitschrift erreicht in einer garantiert verbreiteten Auflage 25.000 Leser in der chinesischen Gas- und Wasserwirtschaft. Ein ähnliches Projekt ist jeweils für den russischen und arabischen Markt in Vorbereitung.

Die erste Zeitschrift für den russischen Markt, die Germany-Russia-TRANSFER, erscheint gemeinsam mit der RAWW im September diesen Jahres in einer Auflage von 10.000 Exemplaren **(Abbildung 3.1)**.

Abbildung 3.1: Germany-Russia-TRANSFER

3.3.3 Kontaktbüros

Präsenz vor Ort ist die Voraussetzung für langfristigen Erfolg. Doch ein eigenes Büro rentiert sich oft erst mit dem ersten Auftrag. Auf Basis befreundeter Institutionen und Unternehmen können hier kostengünstig Produkte präsentiert werden. Auch bei der Kontaktaufnahme in die Branche unterstützen kompetente Fachleute vor Ort. Der Mitvertrieb von Produkten und Dienstleistungen gehört ebenso zum Serviceangebot. Das Büro in Beijing arbeitet bereits erfolgreich. In Moskau und Kairo werden in Kürze Kontaktbüros eröffnet.

3.3.4 Schlüsselprojekte

Um Entscheider zu überzeugen, bedarf es häufig realer Anlagen „zum Anfassen“.
Die EITEP realisiert Schlüsselprojekte im Auftrag von Bundes- und Landesministerien und internationalen Organisationen und setzt dabei Experten aus Mitgliedsunternehmen des DVGW ein.

Zu Schlüsselprojekten zählt beispielsweise das Projekt „Modellhaftes technologisches Konzept für die Verbesserung der Sicherheit der Chlorgaslagerung in Russland“. Im Ergebnis geht es uns nicht nur um die kurzfristige Lösung der Problematik – es geht auch darum, russische und deutsche Firmen aus diesem Teilbereich der Wasseraufbereitung zusammenzuführen, damit sich lang- bzw. mittelfristig daraus eine enge wirtschaftliche Zusammenarbeit ergeben kann. In diesem Sinne ist auch die Erstellung einer Schulungs- und Informationsbroschüre zu verstehen, die gerade mit einer Anfangsauflage von 2.000 Exemplaren gemeinsam mit dem russischen Unternehmen IRB fertiggestellt wird **(Abbildung 3.2)**. Als weiteres beabsichtigen wir auf der Basis dieser Broschüre gemeinsam mit der russischen Vereinigung der Wasserwerke und unter Beteiligung von Firmen eine Seminarreihe zum Thema „Trinkwasserdesinfektion mit Chlor und alternative Desinfektionsverfahren“ anzubieten. In Deutschland haben wir über 20 Jahre mit einem derartigen Vorgehen gute Erfahrungen gesammelt. Die ersten positiven Ergebnisse liegen aus China vor, und wir gehen davon aus, daß mittelfristig auch in Russland/GUS-Staaten Chancen und Notwendigkeiten der Weiterbildung erkannt werden.

Daß wir durch die Hinzuziehung von Firmen (Produzenten und Dienstleister) auch den Technologie-Transfer in einer Weise fördern, wie dies sonst kaum möglich ist, liegt auf der Hand.

Abbildung 3.2: Schulungs- und Informationsbroschüre

3.3.5 Das Branchenportal GermanGasWaterNet.de

Die deutsche Gas- und Wasserwirtschaft genießt weltweit hohes Ansehen. Wie aber finden potentielle Interessenten das Angebot der Unternehmen ?

Sie nutzen das Branchenportal GermanGasWaterNet **(Abbildung 3.3)**. Denn hier finden sie schnell, einfach und in mehreren Sprachen die gewünschten Produkte und Dienstleistungen. Und sie kennen GermanGasWaterNet. Denn die EITEP vermarktet das gebündelte Angebot aus Deutschland weltweit, mit Werbung in Fachzeitschriften, Präsentationen auf Messen, Direct Mails, Suchmaschinenhosting und Banneraustausch mit Partnerinstitutionen vor Ort. Mit der Präsenz in diesem branchenbezogenen, einfach strukturierten und leicht zu bedienenden Branchenportal finden viele Unternehmen kostengünstig den ersten Kontakt zu neuen Kunden und Partnern.

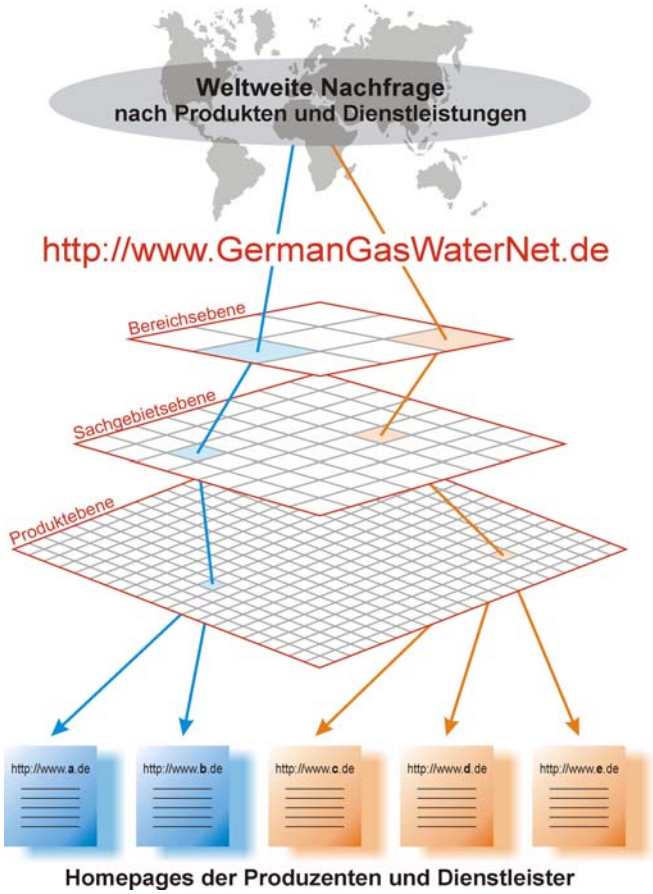


Abbildung 3.3: Das Branchenportal GermanGasWaterNet.de

3.3.6 Förderdatenbank Foerderservice.de

Die Auftraggeber im Ausland fragen heute nicht nur nach Technik und Technologien. Sie erwarten, daß Anbieter auch die Finanzierung mitbringen. Um Mittelständlern Zugriff auf weltweite Finanzierungs- und Förderinstrumente zu ermöglichen, haben wir eine branchenspezifische Förderdatenbank eingerichtet. Derzeit befinden sich mehr als 140 Förderprogramme aus aller Welt in der EITEP-Datenbank. Die EITEP steht in engem Kontakt zu den Geberinstitutionen und berät bei der Antragstellung und Bearbeitung.

3.3.7 Regelwerkstransfer

Auf Auslandsmärkten gelten häufig andere Regeln und Normen als in Deutschland, mit anderen Anforderungen an Produkte und Dienstleistungen. Teilweise sind manche Bereiche des Faches gar nicht über Regeln gesichert.

Das deutsche Gesetzes- und Regelwerk findet wegen seiner Vollständigkeit und Qualität Interesse in allen Regionen der Welt. Auch um Preisdumping durch niedrige Qualitäts- und Umweltstandards vorzubeugen, bemüht sich die EITEP um den Transfer des deutschen Regelwerks überall dorthin, wo Interesse besteht und realisiert Informations- und Schulungsmaßnahmen zum Regelwerkstransfer.

3.3.8 Bildungsprogramm

Für Projekte im Ausland ist qualifiziertes Personal oft der Schlüssel zum Erfolg. Neben Fach- und Sprachkenntnissen hat Vertrauen entscheidende Bedeutung.

Seit vielen Jahren bildet die EITEP Nachwuchskräfte aus, zum Beispiel aus China. Diese halten heute Schlüsselpositionen in der Gas- und Wasserwirtschaft des Landes inne. Die EITEP hält ein vollständiges Bildungsprogramm vor **(Abbildung 3.4)** und vermittelt auf Anfrage Praktikanten oder junge Nachwuchskräfte. Im Rahmen von Delegationsreisen werden deutsche Unternehmen vorgestellt. Auch dadurch wird der Kontakt nachhaltig gefördert.

Abbildung 3.4: EITEP-Bildungsbausteine

3.4 Technologietransfer mit Interessenausgleich

Nach zweijähriger Tätigkeit hat sich die EITEP auf diesem neuen Feld der Förderung der internationalen Zusammenarbeit und des Informations- und Technologie-Transfers etabliert.

Die nächsten Arbeitsschritte werden darin bestehen, um Verständnis zu werben - und dies auch in der internationalen Zusammenarbeit zu realisieren – daß Geben und Nehmen im Rahmen der Globalisierung mittelfristig im Saldo ausgeglichen sein muß. Einerseits müssen die Industrieländer (in der Regel Geberländer) sicher sein, daß sich ihre Investitionen im Ausland mittelfristig rentieren werden, und es muß andererseits bei den Schwellen- und Industrieländern (Nehmerländer) bewußt werden, daß nur ein eigenes Engagement durch eigene Initiative und Leistungen nachhaltig eine Entwicklung im Land fördert. Ich verweise in diesem Zusammenhang nochmals auf die oben erwähnte Entwicklung in China. Dies nenne ich im Sinne der Globalisierung nachhaltig – auch wenn es bedeutet, daß sich Unternehmen aus Industrieländern langfristig im Nehmerland etablieren. Unter Industrieländern ist dies schon lange ein selbstverständlicher Vorgang.

Der Einsatz von Ozon und Chlordioxid in der Trinkwasseraufbereitung

Dipl.-Ing. Bernhard Baumgärtner
ProMinent Dosiertechnik GmbH, Heidelberg

Einleitung

Im Folgenden werden die typischen Einsatzgebiete von Ozon und Chlordioxid in der Trinkwasseraufbereitung skizziert. Der Begriff Trinkwasseraufbereitung steht hier nicht nur die Desinfektion, sondern umfasst auch die vorhergehenden Reinigungsschritte. Denn der Erfolg der Desinfektion und die Minimierung der Nebenproduktproblematik kann nur unter der Betrachtung der gesamten Aufbereitungsschritte sinnvoll verbessert und optimiert werden.

Weiterhin werden die am meisten verbreiteten Technologien zur Erzeugung von Ozon und Chlordioxid vorgestellt.

ProMinent Dosiertechnik ist seit über 40 Jahren auf dem Gebiet der Trinkwasseraufbereitung tätig. Dosierung von Flüssigkeiten, z.B. Flockungsmittel oder Bleichlauge sowie die Herstellung von Sensoren für pH und Chlor sind das Kerngeschäft. Darüber hinaus werden Chlordioxid- und Ozonanlagen, aber auch Umkehrosmose- und UV-Desinfektionsanlagen in eigenen Fertigungsstätten hergestellt.

1. Trinkwasser ist lebensnotwendig

„Trinkwasser ist eine elementare Anforderung für den Erhalt des menschlichen Lebens und den Schutz der Gesundheit“ (1). In diesem Zitat des Umweltinstitutes der Europäischen Kommission werden zwei wesentliche Punkte angesprochen. Trinkwasser ist lebensnotwendig und gleichzeitig soll der Konsum von Trinkwasser die Gesundheit des Menschen nicht nachteilig beeinflussen.

Starkes Bevölkerungswachstum, zunehmende Verschmutzung unserer natürlichen Ressourcen und vor allem die zunehmende Versteppung und die Ausdehnung der Wüstengebiete in vielen Regionen der Erde machen es immer schwieriger diese beiden Forderungen zu erfüllen. So ist zum Beispiel infolge der zunehmenden globalen Erwärmung der Meeresspiegel in den letzten hundert Jahren um etwa 25 Zentimeter angestiegen. Die Dicke der Gletscher nimmt weltweit um durchschnittlich 30 Zentimeter pro Jahr ab. Die Wärmemenge, die für das Schmelzen dieser Eismenge notwendig ist, beträgt drei Watt pro Quadratmeter, und diese drei Watt entsprechen neueren Berechnungen zufolge ziemlich genau der zusätzlichen Energie, die durch den vom Menschen gemachten Treibhauseffekt auf die Erdoberfläche gelangt. Ob diese Übereinstimmung ein Zufall ist oder nicht, weiß niemand (2)

2. Sichere Hygiene hat die höchste Priorität

Die Problematik der Trinkwasserversorgung wird also zunehmen. Jetzt schon sterben jährlich ca. 10 Millionen Menschen an Krankheiten deren Ursache mikrobiologisch verseuchtes Wasser ist. Die sichere Desinfektion des Trinkwassers ist also ein entscheidender Schritt in der Trinkwasseraufbereitung.

Wird ein Desinfektionsmittel zum Wasser zugegeben so reagiert es immer auch als Oxidationsmittel, das heißt, es wird durch die Wasserinhaltsstoffe gezehrt. Damit wird nicht nur der Verbrauch über das notwendige Maß hinaus erhöht, sondern es bilden sich in der Regel auch unerwünschte Nebenprodukte, welche die Gesundheit des Menschen u.U. mittel- oder langfristig negativ beeinflussen können. Die Sicherstellung der hygienischen Anforderungen hat die höchste Priorität. Erst im zweiten Ansatz sollte der Fokus auf der Verbesserung der Aufbereitungstechnik liegen, mit dem Ziel der Minimierung der Zehrung.

In der oxidativen Vorreinigung werden Eisen (II) und Mangan (II) entfernt und die organischen Substanzen (z.B. Huminsäuren, Stoffwechselprodukte von Algen) reduziert. An dieser Stelle des Aufbereitungsprozesses wird als Alternative zum Einsatz von Chlor oder Chlordioxid bei der Aufbereitung von Oberflächengewässern in vielen Fällen Ozon eingesetzt.

Trinkwasser mit einem DOC-Gehalt von 2 mg/l hat nicht nur ein geringes Nebenprodukt-Bildungspotential, sondern ist auch im Verteilungsnetz besser gegen Reinfektion geschützt.

3. Ozon als Oxidationsmittel

Der Einsatz von Ozon hat bereits eine lange Tradition in der Trinkwasseraufbereitung. So wurden schon ab dem Jahr 1906 Ozonanlagen in den Wasserwerken von Nizza, Florenz, Berlin und St. Petersburg eingesetzt. Die Ozonerzeugungstechnologie steckte zu dieser Zeit noch in den Kinderschuhen und so hat das kurze Zeit später auftauchende, preiswerte Chlorgas die Verwendung des Ozons zunächst in den Hintergrund gedrängt.

Eigentlich zu Unrecht, denn Ozon hat eine Reihe von positiven Eigenschaften, die seinen Einsatz gerade bei der Aufbereitung von Oberflächengewässern, sehr interessant sind. Ozon ist das stärkste Oxidationsmittel, das in der Trinkwasseraufbereitung zum Einsatz kommt. Im Ozonmolekül sind drei Sauerstoffatome miteinander verbunden, es stellt also eine „aktivierte Form“ des Sauerstoffs dar. Bei seiner Verwendung zerfällt es wieder zu natürlichem Sauerstoff.

Der Reaktionsmechanismus wird durch den pH-Wert beeinflusst. Im neutralen Bereich reagiert das Ozonmolekül direkt. Im alkalischen Medium bilden sich OH-Radikale. Dabei vergrößert sich die Oxidationswirkung, aber gleichzeitig vergrößert der Ozonbedarf deutlich, da viele Konkurrenzreaktionen ablaufen.

Organische Substanzen werden durch Ozon oxidiert. Langkettige Verbindungen werden niedermolekularen Verbindungen umgewandelt. Zyklische Ringverbindungen werden aufgespaltet und ebenfalls zu Molekülen oxidiert, die besser biologisch abbaubar sind. In einem nachgeschalteten biologisch aktiven Filter können diese Substanzen entfernt werden. Bei machen Wässern entsteht beim Einsatz von Ozon eine sogenannte Mirkoflockung, die auf einer nachgeschalteten Filtration entfernt wird.

Die Wirkungsweise bei der Eliminierung von organischen Bestandteilen in Trinkwasser mit Ozon beruht also nicht auf einer vollständigen Oxidation der unerwünschten Substanzen zu Kohlendioxid (CO_2) und Wasser, sondern auf einer partiellen Oxidation und Entfernung, vorzugsweise über eine nachgeschaltete Aktivkohlefiltration. Somit wird gefärbtes Rohwasser wieder klar - Farbe und Geruchsprobleme werden vollständig entfernt. Das Wasser wird sauber und appetitlich (3).

Tab.1: Zehrung von Ozon

Wasserinhaltsstoff	Ozonzehrung pro mg
Eisen, Fe^{2+}	0,44 mg
Mangan, Mn^{2+}	0,88 mg
Nitrit, NO_2^-	1,10 mg

Natürlich wirkt Ozon auch als ausgezeichnetes Desinfektionsmittel. Eine richtig dimensionierte Ozonstufe stellt eine fast 100%ige mikrobiologische Barriere in einer Wasseraufbereitung dar. Da nach den Aktivkohlefilter kein Ozon mehr vorhanden ist und da Ozon eine kurze Halbwertszeit (einige Minuten) besitzt, muss am Ende der Aufbereitung ein zusätzliches Desinfektionsmittel dosiert werden, damit das Wasser auf dem Weg zum Verbraucher mikrobiologisch geschützt bleibt. Bei Wässern mit einem geringen Zehrungspotential kann auch Ozon als Abschlussdesinfektion verwendet werden.

Abb.: 1: Ozonerzeugungsanlage aus Basis Luftsauerstoff

Die Herstellung von Ozon erfolgt aus Sauerstoff. Entweder wird reiner Sauerstoff eingesetzt oder man verwendet Umgebungsluft, deren Wasserhalt über eine Trocknungsstufe auf einen Taupunkt von –60° reduziert wurde. Dies ist bei dem heutigen Niveau der Ozonerzeugungstechnologie Stand der Technik.

Die erzielbaren Ozonkonzentrationen sind bei der Verwendung von Sauerstoff in Druckanlagen deutlich höher, als beim Luft. Auch der elektrische Energieeintrag für die Herstellung des Ozons ist niedriger, doch muss bei der Betrachtung der Kostenseite das gesamte System: Sauerstoffherstellung oder –einkauf, Erzeugung des Ozons und der Lösevorgang des Ozons in Wasser berücksichtigt werden. Bis zu einer Leistung von 1-2 kg/h überwiegen die Vorteile der Luftanlagen deutlich im Vergleich zu dem Einsatz von reinem Sauerstoff für die Herstellung von Ozon.

Aber auch die Sicherheitsaspekte sollte nicht außer Acht gelassen werden. Ozonanlagen auf der Basis von Luftsauerstoff arbeiten mit einen Injektor, der einen Gasstrom erzeugt und gleichzeitig das entstandene Ozon sehr effektiv mit dem zu behandelnden Wasser vermischt. Der Vorteil liegt vor allem darin, dass die ozonführende Gasleitung im Unterdruck steht. Dadurch kann im Fall einer Leckage kein Ozon nach außen treten, sondern es wird höchstens Umgebungsluft nach innen gesaugt. Der Injektor zieht „Falschluft“. Dies wird über eine Lufstrom-Messung, die zwischen Trocknung und Ozonerzeuger eingebaut ist, sensiert und die Ozonanlage schaltet automatisch ab.

4. Chlordioxid als Desinfektionsmittel

Chlordioxid wird seit 1947 in Trinkwasserwerken eingesetzt. Im Gegensatz zu Ozon wird es vorwiegend als Desinfektionsmittel, also am Ende der Wasseraufbereitung dosiert. Chlordioxid hat – je nach Restgehalt an oxidierbaren Anteilen - eine Halbwertszeit von einigen Stunden bis Tagen und ist somit hervorragend geeignet das Trinkwasser, nach abgeschlossener Aufbereitung, auf seinem Weg zum Verbraucher mikrobiologisch zu schützen.

Die Desinfektionskraft ist größer, als beim Chlor, vor allem, wenn der pH-Wert oberhalb von pH 7 liegt.

Mikro-Organismus	**Reduktionsrate [%]**	**Chlor c x t [mg/l x min]**	**Chlordioxid c x t [mg/l x min]**	**Ozon c x t [mg/l x min]**
Crypto-sporidium Parvum	99,9	1440	> 120	> 5
Giardia Lamblia	99,9	104-122	23	1,4
Escherichia Coli	> 99,99	3-4	1,2	0,012 - 0,4

Tab.2: Gegenüberstellung der mikrobiologischen Wirksamkeit von Chlor, Chlordioxid und Ozon – E. Schleupen, GWF, 1996

Problematisch beim Einsatz von Desinfektionsmitteln ist die Bildung von Nebenprodukten. Beim Chlor bilden sich, unterstützt durch hohe TOC-Werte, die unerwünschten Trihalogenmethane (THM`s). Diese stehen im Verdacht krebserregend zu wirken. Einige Veröffentlichungen sprechen davon, dass alleine in den USA jährlich ca. 10.000 Menschen, auf Grund der dort üblichen THM-Werte (Grenzwert z.Z. 80 ppb) im Trinkwasser an Krebs erkranken. In der Schweiz, Deutschland, Österreich und einigen nordeuropäischen Ländern wurde in den 80er Jahren ein deutlich niedriger Grenzwert (10 ppb) in der Trinkwasseraufbereitung eingeführt. In den USA wird die EPA (Environmental Protection Agency) das Limit für Trihalogenmethane schrittweise weiter reduzieren.

Chlordioxid bildet keine THM´s. Bei hohen Gehalten an Huminsäuren kann sich allerdings Chlorit bilden. Chlorit steht nicht im Verdacht krebserregend zu wirken, aber in Tierversuchen wurde bei hohen Verzehrmengen eine Veränderung des Blutbildes festgestellt. In Europa gilt ein Grenzwert von 0,2 ppm und in den USA sind 0,8 ppm die Obergrenze für Chlorit im Trinkwasser.

Chlordioxid kann aus Sicherheitsgründen nicht wie Chlorgas in Flaschen oder Fässer abgefüllt werden. Es muss vor Ort hergestellt werden. Hierzu gibt es verschiedene Verfahren.
Das Verfahren unter Verwendung von Chlorat ist auf Grund seiner hohen Chloritbildung nur für industrielle Anwendungen, wie z.B. Kühlwasser- oder Abwasserdesinfektion oder bei der Papierbleiche geeignet.

In der Trinkwasserdesinfektion werden vor allem zwei Verfahren eingesetzt. Das erste basiert auf der Reaktion von Chlorgas mit Natriumchlorit und das zweite arbeitet mit Salzsäure und Natriumchlorit. In der Anfangsphase der Chlordioxidpraxis in Wasserwerken das wurde Chlorgas-Verfahren benutzt, da häufig schon Chlorgasanlagen vorhanden waren und diese Umstellung somit nahe lag. Problematisch war jedoch der weiterhin notwendige Umgang mit Chlorgas und die damit verbundenen Sicherheitsrisiken.

Die Verwendung von Injektoren zur Medienförderung ist nur sehr schlecht an schwankende Bedarfsmengen automatisch anpassbar. Erst mit der Erfindung der Dosierpumpe und der damit verbundenen exakten Dosierung von Flüssigkeiten, setzte sich das Säure-Chlorit Verfahren durch. Mittlerweile sind alleine in Italien ca. 1000 Chlordioxiderzeugungsanlagen auf Basis Säure-Chlorit in der Trinkwasserdesinfektion im Einsatz.

Das hohe Sicherheitsniveau dieser Erzeugungstechnik lässt sich auch an den geringeren Auflagen in den einschlägigen Unfallverhütungsvorschriften (in Deutschland die „UVV Chlorung“) erkennen. So wird im allgemeinen für eine Chlorgasanlage oder für eine Chlordioxidanlage auf Basis Chlorgas-Chlorit immer ein separater Aufstellungsraum gefordert, in dem sich keine Arbeitsplätze befinden dürfen. Dieser Raum muss mit einer Reihe von Sicherheitseinrichtungen, z.B. Gaswarngerät, ausgerüstet sein.

Bei einer Chlordioxidanlage auf Basis Säure-Chlorit ist kein separater Raum notwendig. So kann in einem Getränkebetrieb, z.B. in einer Brauerei eine solche Chlordioxidanlage in der Abfüllhalle montiert werden.

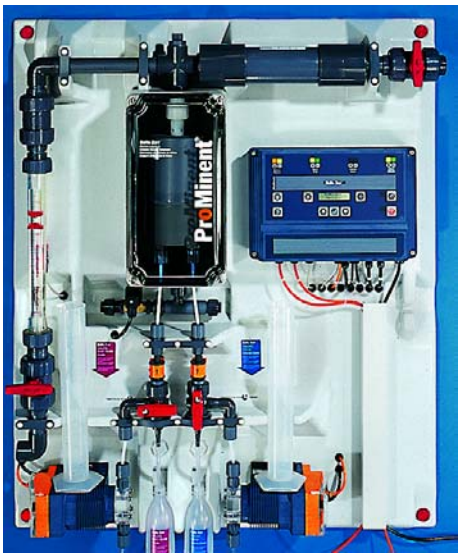
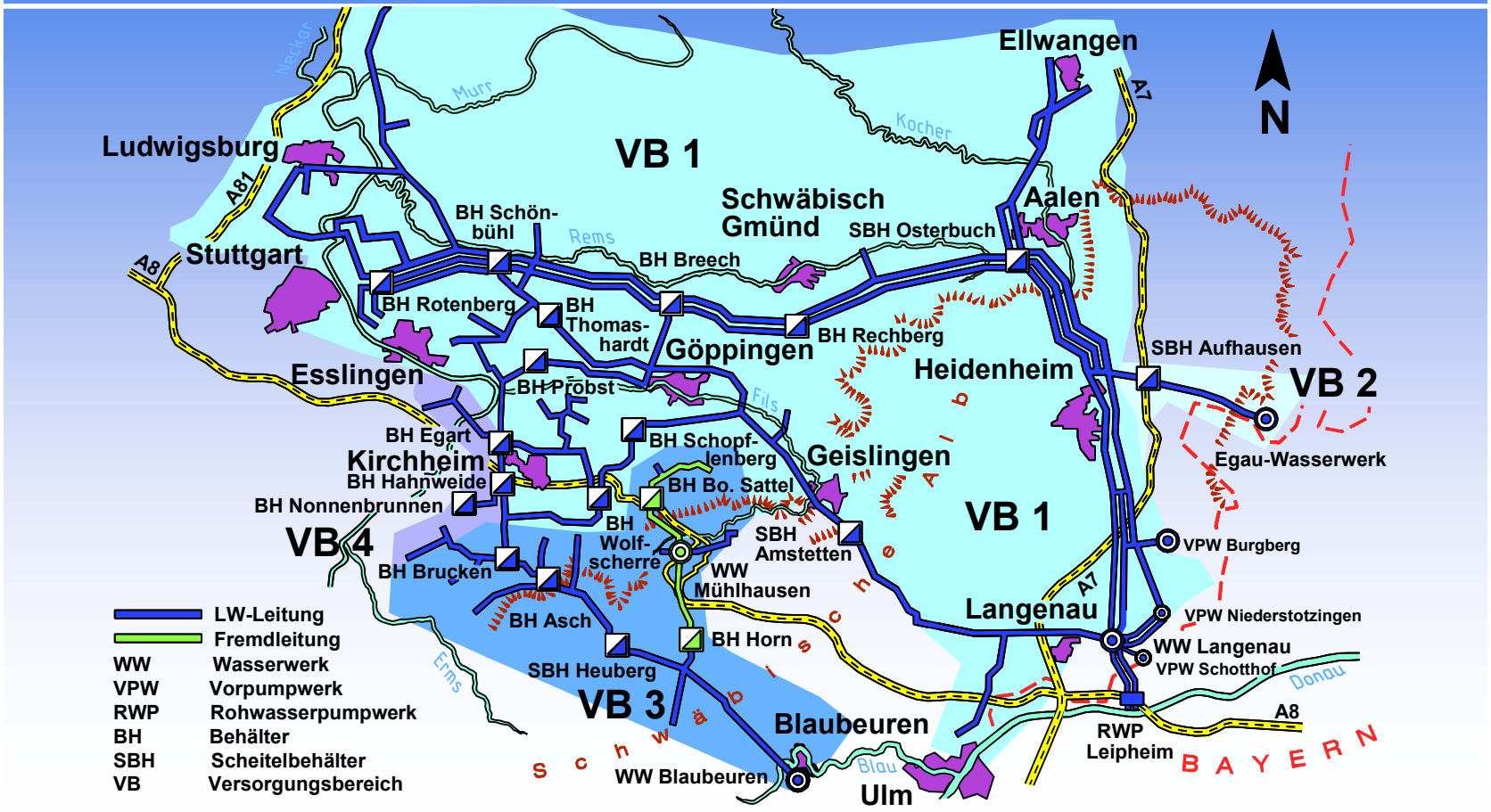


Abb.2: Bello Zon-Anlage zur Herstellung und simultanen Dosierung von Chlordioxid

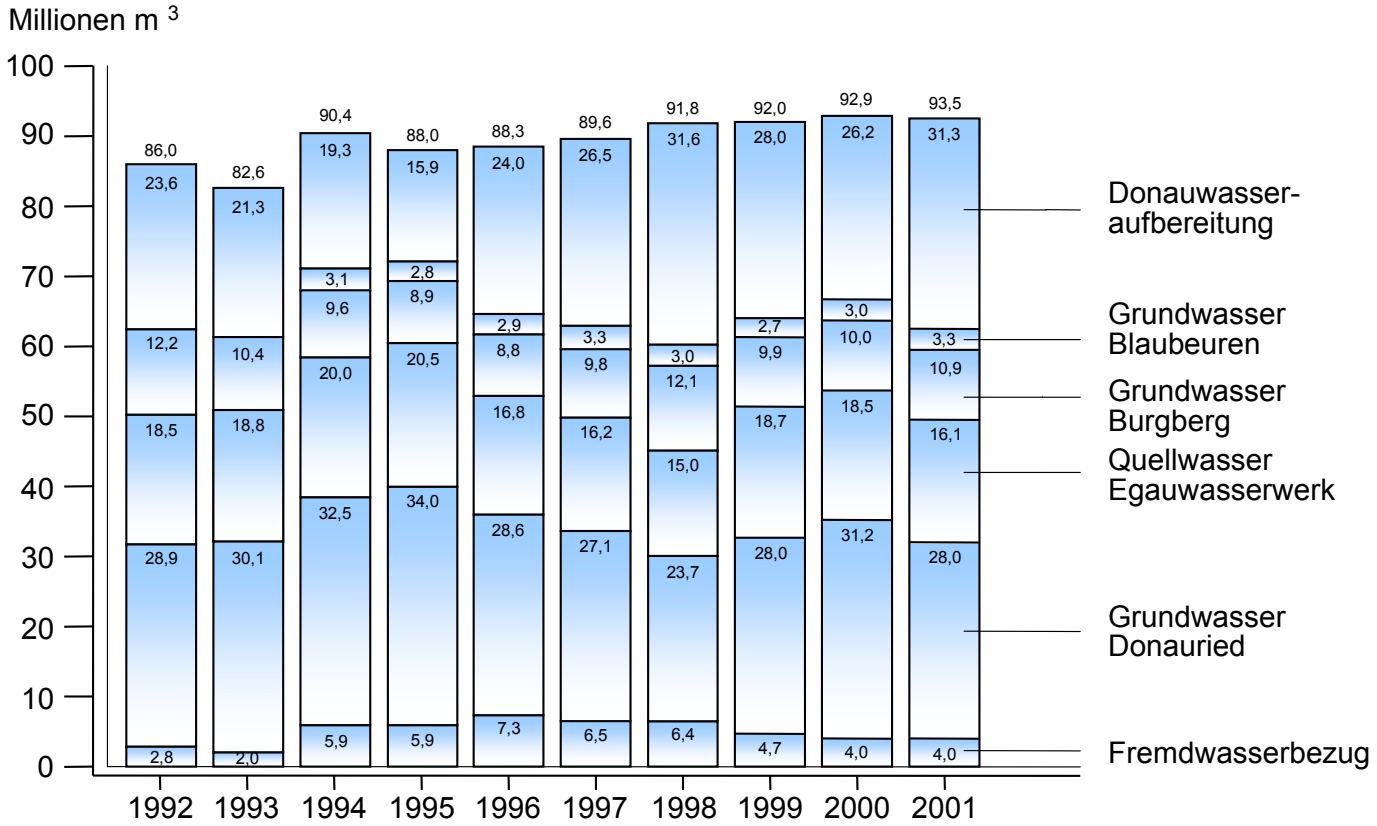
Literatur:

(1) Standards and Strategies in the European Union to control Trihalomethanes (THMs) in Drinking water – Environment Institute European Commission, EUR 17289, 1997
(2) Wasser, Stoff zum Leben – Prof. Viktor Dulger, Wissenschaftlicher Verlag Trier, 1999
(3) Wasserozonung in der Praxis – Maier, Gilbert, Kurzmann, Oldenbourg Verlag München, 1993

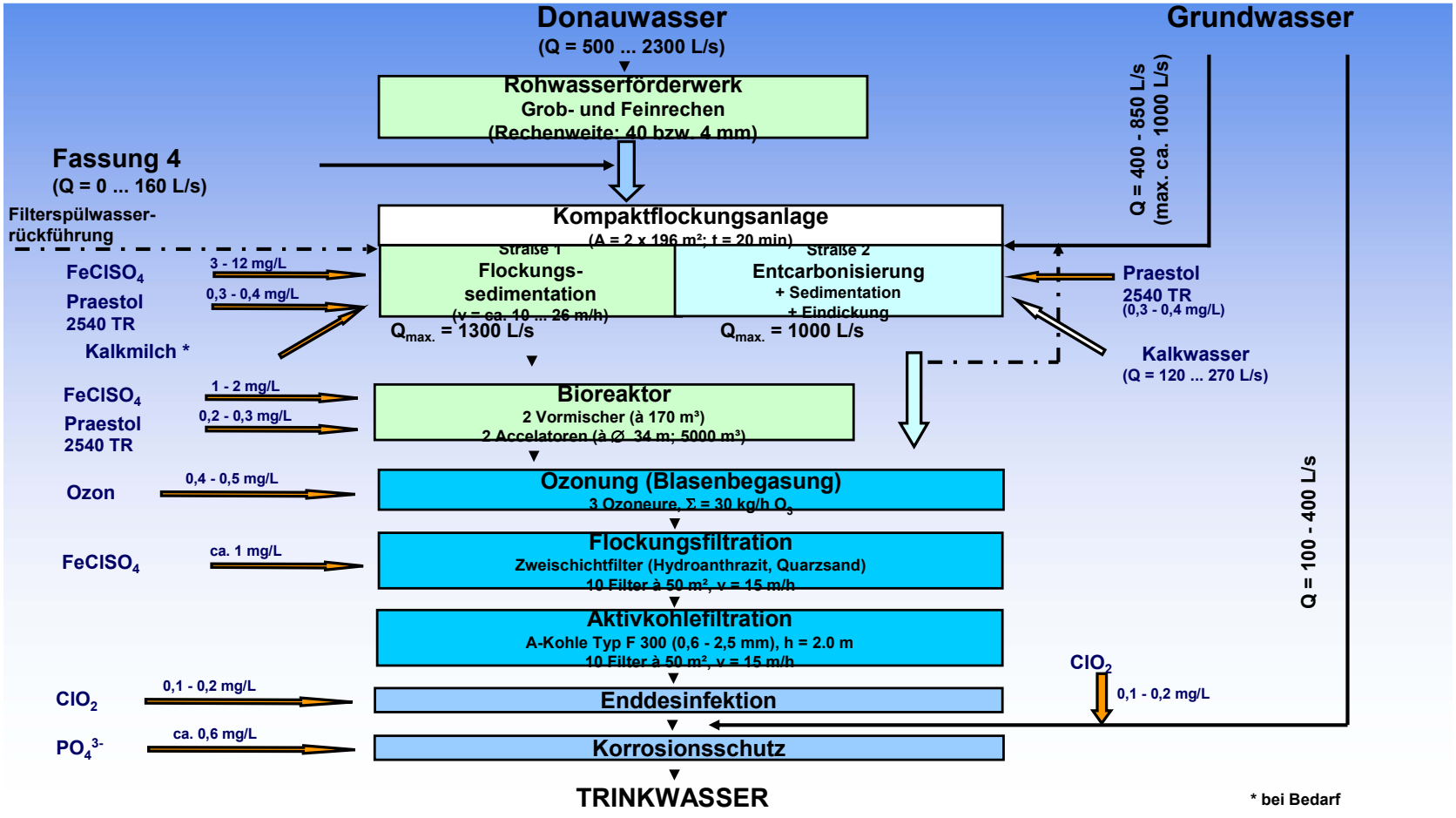
Die Versorgungsbereiche



Wasserbereitstellung aus den einzelnen Gewinnungsanlagen 1992 - 2001

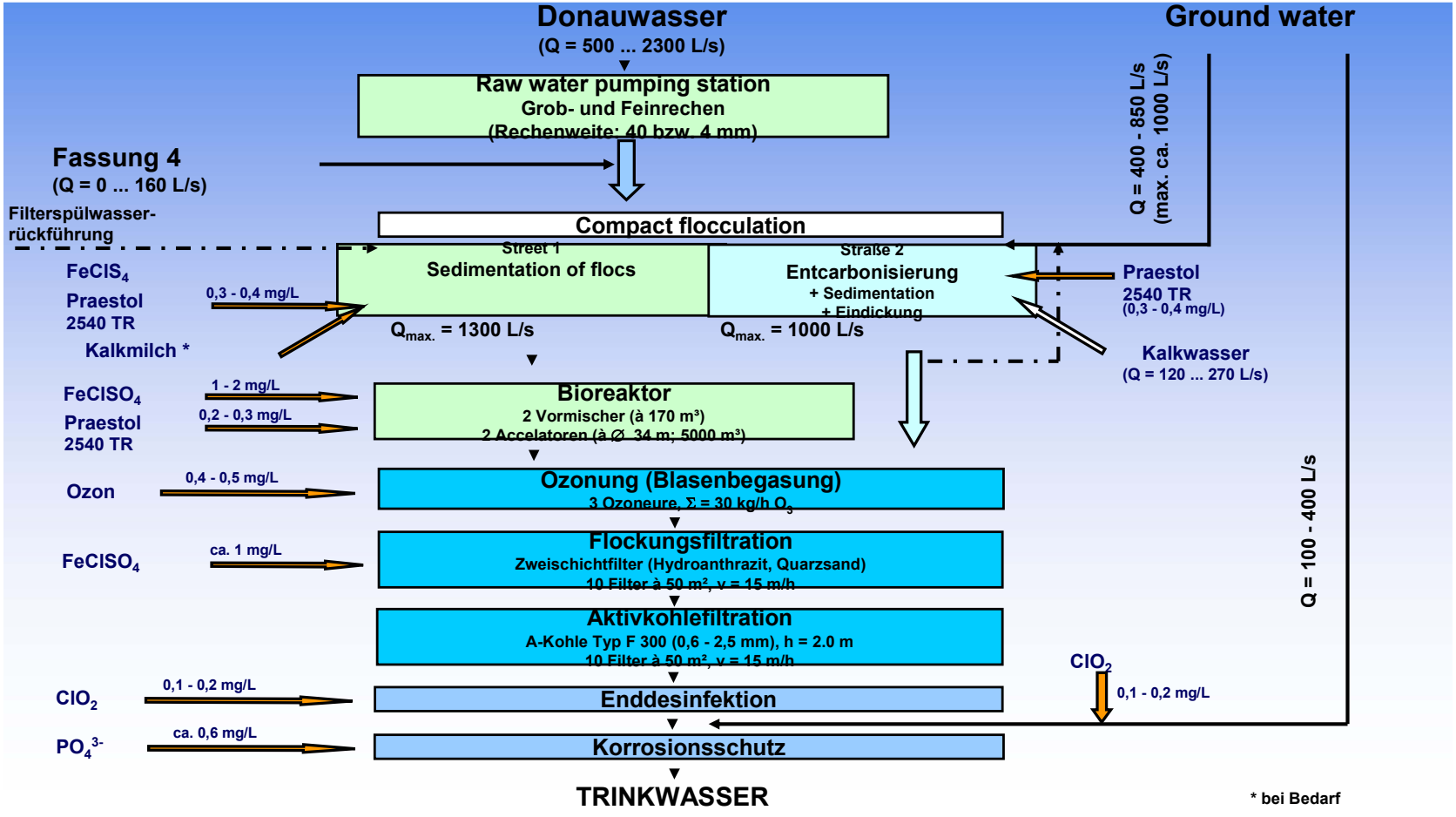


Verfahrensschema der Aufbereitung im Wasserwerk Langenau (Stand: Nov. 2001)

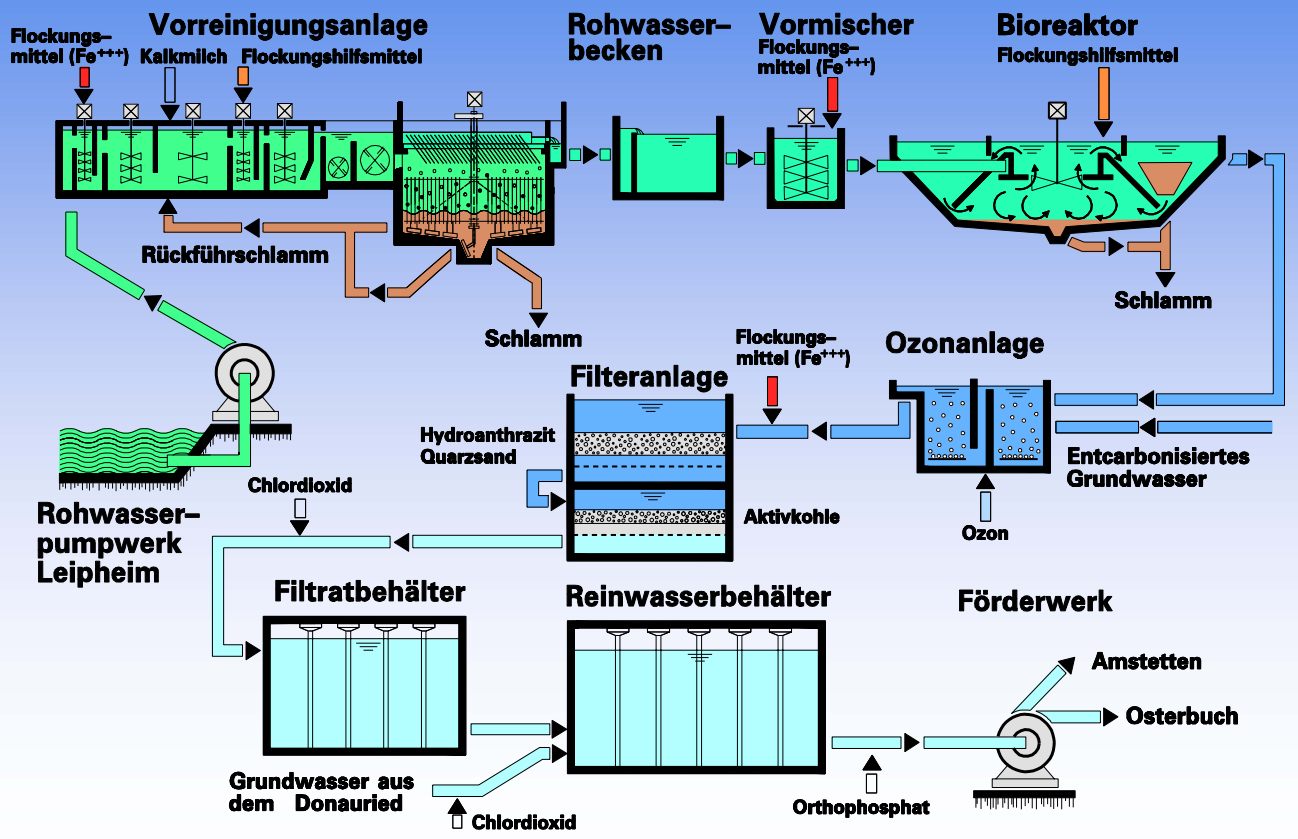


* bei Bedarf

Treatment Scheme at Langenau Waterworks (Nov. 2001)

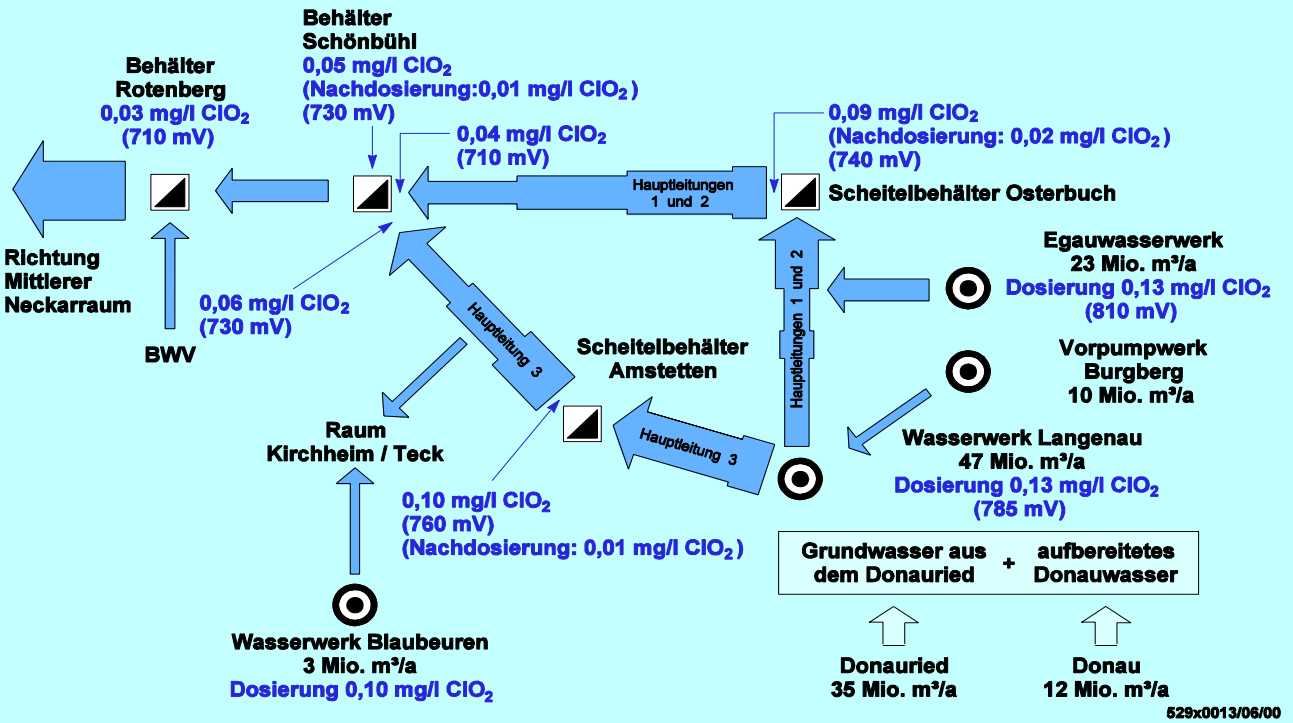


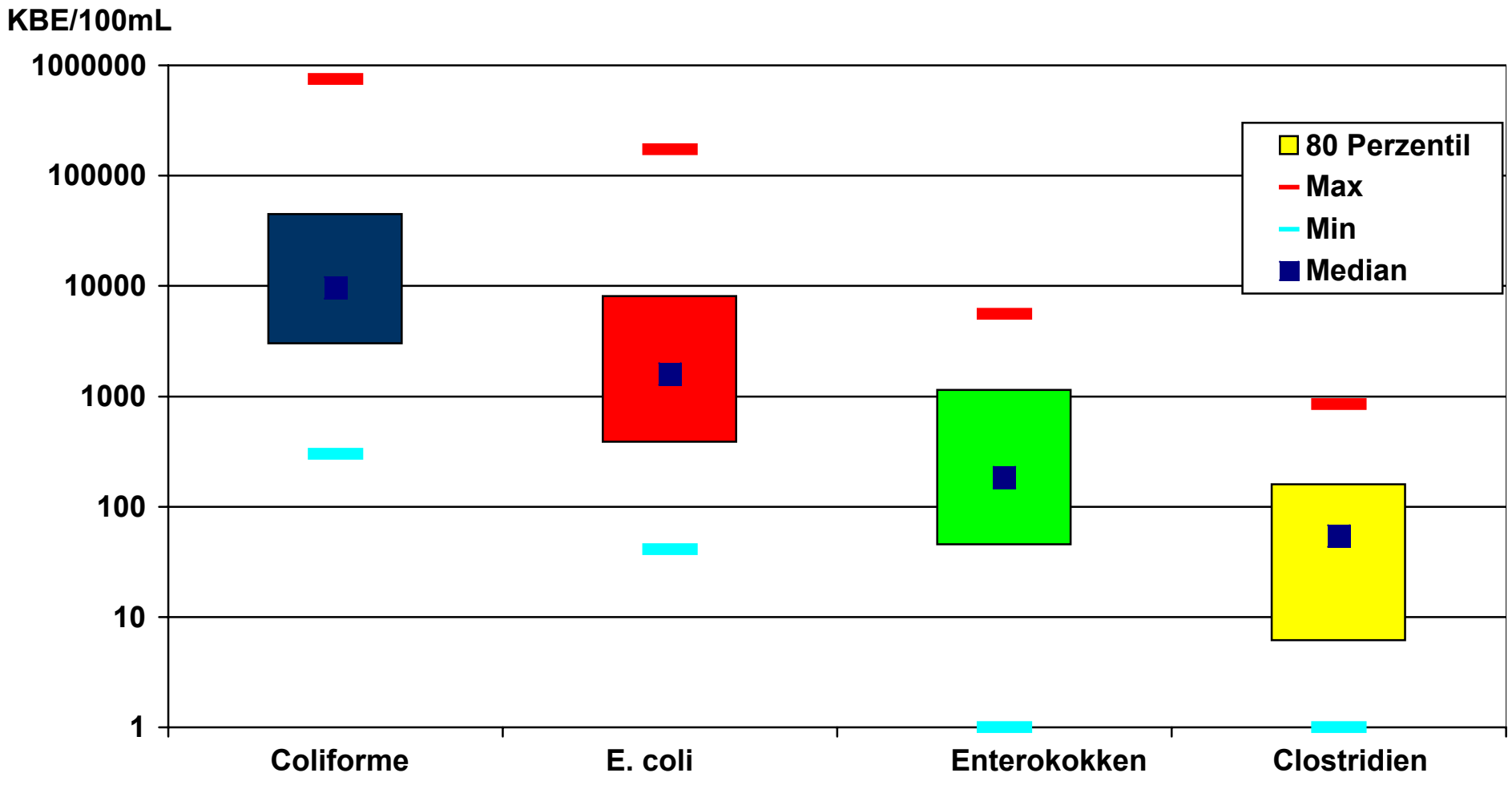
Schema der Aufbereitung von Donauwasser im Wasserwerk Langenau der Landeswasserversorgung

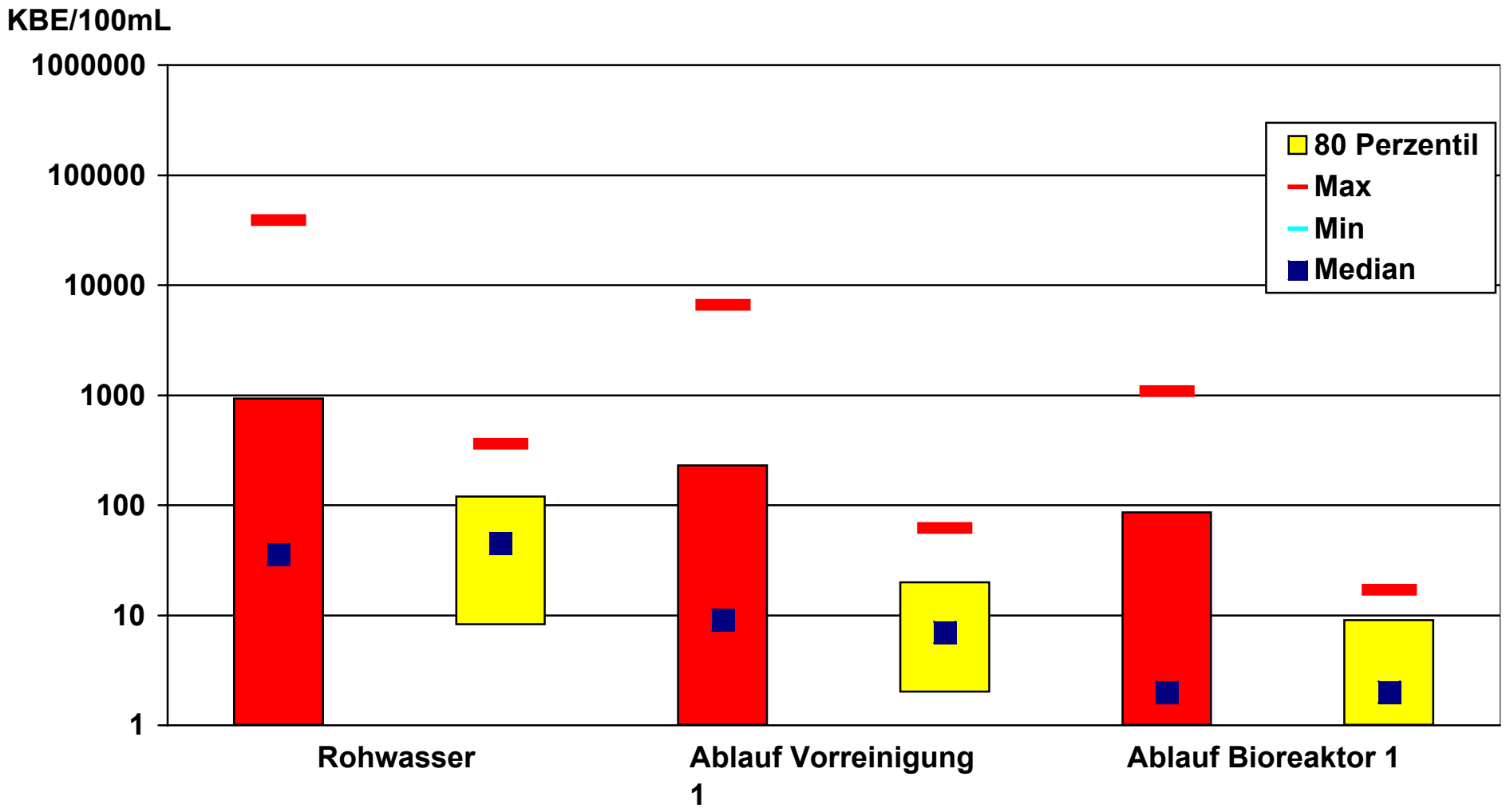


524x0007/01/94

Chlordioxid-Konzentration und Redoxspannung [mV]




KBE/100mL
1000000
100000
10000
1000
100
10
1
80 Perzentil
Max
Min
Median
Coliforme
E. coli
Enterokokken
Clostridien


KBE/100mL
1000000
100000
10000
1000
100
10
1
80 Perzentil
Max
Min
Median
Rohwasser
Ablauf Vorreinigung 1
Ablauf Bioreaktor 1

Trinkwassergewinnung bei der Landeswasserversorgung

Dr. Regine Fischeder

Betriebs- und Forschungslaboratorium des Zweckverbandes Landeswasserversorgung (LW)

1. Einleitung

Der Zweckverband Landeswasserversorgung (LW), mit Sitz in Stuttgart, ist eine der ältesten und größten deutschen Fernwasserversorgungen und hat im Jahr 2001 mehr als 90 Millionen Kubikmeter Trinkwasser für seine Verbandsmitglieder im Großraum Stuttgart und im gesamten nordost-württembergischen Raum bereitgestellt (s. Abb. 1).

Abb. 1: Versorgungsbereiche des Zweckverbandes Landeswasserversorgung (LW)

Zur Gewinnung dieses Trinkwassers nutzt der Zweckverband

- Grundwasser aus dem Donauried, das nordöstlich von Ulm zwischen Langenau und Sontheim an der Brenz liegt,
- Wasser aus dem Tiefenkarst bei Burgberg,
- Karstquellwasser aus der Buchbrunnenquelle im Egautal bei Dischingen und
- Karstgrundwasser aus dem Blautal bei Blaubeuren.

Zusätzlich ist es schon seit vielen Jahren notwendig, auch Oberflächenwasser aus der Donau aufzubereiten, das etwa 20 km flussabwärts von Ulm aus dem Unterwasser der Staustufe *Leipheim* direkt aus der fließenden Welle entnommen wird. Dadurch ist es möglich, die benötigten Trinkwassermengen ganzjährig störungsfrei vorhalten zu können, also auch dann, wenn das Grundwasserdargebot besonders niedrig ist.

Gerade in den niederschlagsarmen Sommern Mitte und Ende der 90er Jahre war es erforderlich, die verminderte Wasserbereitstellung aus dem Grundwasservorkommen im Donauried wie auch aus der Buchbrunnenquelle im Egautal durch eine gesteigerte Menge an aufbereitetem Donauwasser auszugleichen.

Abb. 2: Wasserbereitstellung aus den einzelnen Gewinnungsanlagen in den Jahren 1992 bis 2001

2. Flusswasseraufbereitung im Wasserwerk Langenau

Bei der Planung der Donauwasseraufbereitungsanlage für das Wasserwerk Langenau in den 60er Jahren wurde eine Kombination von optimierten Aufbereitungsschritten ausgewählt, die gewährleistet, dass das zu Trinkwasser aufbereitete Flusswasser jederzeit, d.h.

unabhängig von Schwankungen der Rohwasserbeschaffenheit, einem guten Grundwasser qualitativ völlig gleichwertig sein soll.

Das Oberflächenwasser aus der Donau wird im Wasserwerk Langenau zu Trinkwasser aufbereitet. Ein Teil des Grundwassers aus dem Donauried wird entcarbonisiert und vor der Flockungsfiltration mit dem bereits teilaufbereiteten Donauwasser gemischt. Das Gesamtfiltrat wird desinfiziert (Dosierung etwa 0,16 mg/l ClO_2) und zusammen mit desinfiziertem Grundwasser aus dem Donauried und Tiefenkarstwasser aus Burgberg (Dosierung etwa 0,1 mg/l ClO2) in den Reinwasserbehälter (20.000 m³ Inhalt) eingeleitet.
Die Abbildung 3 zeigt schematisch die Aufbereitung und Mischung der verschiedenen Wässer des Langenauer Wasserwerks einschließlich der Donauwasseraufbereitung und der Entcarbonisierung eines Grundwasserteilstroms, in Abbildung 4 ist die Donauwasseraufbereitung etwas detaillierter dargestellt.
Das Trinkwasser wird zum größten Teil über die Hauptleitung 3 zu den Verbrauchern befördert, während nur eine relativ geringe Teilmenge aus dem WW Langenau zusammen mit dem aufbereiteten Karstquellwasser aus dem Egauwasserwerk über die Hauptleitungen 1 und 2 transportiert werden.
Über drei große Hauptleitungen und eine Vielzahl von Nebenleitungen mit mehr als 500 km Länge wird das Trinkwasser zu den Mitgliedsgemeinden transportiert. Diese verteilen es dann über die Ortsnetze bis zu den einzelnen Haushalten. Bis zu den entferntesten Abnehmern kann das Wasser unter Umständen bis zu vier Tage unterwegs sein.
Auf der Strecke nach Stuttgart sind im Behälter Amstetten (Hauptleitung 3), im Behälter Osterbuch (Hauptleitungen 1 und 2) sowie im Behälter Schönbühl Chlordioxid-Dosieranlagen installiert.

Abb. 3: Wasserwerk Langenau, Verfahrensschema

Abb. 4: Donauwasseraufbereitung im Wasserwerk Langenau

3. Mikrobiologische Untersuchungen der Donau und des Rohwassers in der Aufbereitung

Während eine Überschreitung der Grenzwerte bei chemischen Parametern zwar zu beanstanden ist, im allgemeinen aber keine unmittelbare Gesundheitsgefährdung bedeutet, kann schon eine einmalige Aufnahme von Krankheitserregern zur Erkrankung führen. Bei der Nutzung eines Oberflächenwassers wie der Donau zur Trinkwassergewinnung ist die Kennt-

nis der bakteriologischen Beschaffenheit ebenso wichtig wie der Nachweis der Reduktion der Bakterienzahlen während der Aufbereitung.

Eine routinemäßige Untersuchung des Roh- und Trinkwassers auf Krankheitserreger würde aber aufgrund der Vielfalt der in Frage kommenden Mikroorganismen und der z.T. langwierigen und aufwendigen Untersuchungsverfahren einen unverhältnismäßig großen Aufwand bedeuten und ist daher nicht zu realisieren. Aus diesem Grund werden Trink- und Rohwässer auf Indikatorbakterien untersucht, deren Nachweis darauf hindeutet, dass eine Verunreinigung fäkalen oder auch nicht-fäkalen Ursprungs stattgefunden hat. Bei einem Rohwasser wie der Donau geht es weniger um die Frage, ob eine Belastung stattgefunden hat, sondern wie hoch diese ist. Deshalb werden ausschließlich quantitative Untersuchungen durchgeführt.

Folgende Stufen der Donauwasseraufbereitung im WW Langenau werden mindestens einmal wöchentlich untersucht: Ablauf Vorreinigung 1, Ablauf der Accelatoren, nach Ozonung sowie Gesamtfiltrat. Dazu kommen natürlich die (qualitativen) Untersuchungen des abgegebenen Trinkwassers ab Werk und auf der Strecke bis nach Stuttgart.

Entsprechend der EG-Trinkwasserrichtlinie aus dem Jahr 1998 und, daraus folgend, der novellierten Trinkwasserverordnung, die am 1.1.2003 in Kraft tritt, müssen alle Wasserversorger, die Oberflächenwasser zur Trinkwassergewinnung nutzen, das Trinkwasser auf *Clostridium perfringens*, einschließlich Sporen, untersuchen.
C. perfringens gehört zu den anaeroben Sporenbildnern und soll ein Indikator für das Vorkommen von Parasiten wie *Cryptosporidium* und *Giardia* sein.
Bislang gibt es auch für Rohwässer nur wenige Daten zum Vorkommen von Clostridien, daher werden im Betriebs- und Forschungslabor der Landeswasserversorgung seit mehreren Jahren alle Rohwässer sowie das Gesamtfiltrat vor der Desinfektion zusätzlich zu den Indikatorparametern *E. coli*, Coliforme und Enterokokken auf diesen Parameter untersucht.

Abb. 5: Donau bei Leipheim 1998/02: Nachweis von Coliformen, *E. coli*, Enterokokken und Clostridien, n = 216

Wie erwartet, liegen die Zahlen der untersuchten Indikatorbakterien in der Donau in einem mehrere log-Stufen umfassenden Schwankungsbereich (s. Abb. 9), die Mediane der vier Parameter liegen etwa 0,5 bis 1 log-Stufe auseinander. Die Werte für die Clostridien bewegen sich zwischen 0 und ca. 1000 KBE/100 mL.

Die Werte des Rohwassers (Donauwasser gemischt mit Grundwasser der Fassung 4), im Ablauf der Vorreinigung und des Bioreaktors schwanken ebenfalls im Bereich von 2 – 4 log-Stufen, die Mediane für *E. coli* und Clostridien im Ablauf des Bioreaktors liegen allerdings nur noch bei 2 KBE/100 mL (s. Abb. 11). Nach der Ozonung sind nur noch vereinzelt

Clostridien nachweisbar, da die Sporen gegen die üblichen Desinfektionsmittelkonzentrationen resistent sind. Im Gesamtfiltrat (vor Desinfektion) sind keine Indikatorbakterien mehr nachzuweisen (n = 900, Daten nicht gezeigt).

Für den neuen Parameter *Clostridium perfringens* sind nach den vorliegenden Untersuchungen keine Befunde im Trinkwasser zu erwarten.

Abb. 6: Bakteriologische Befunde der Donauaufbereitung 1998/02: Nachweis von *E. coli* (rot) und Clostridien (gelb), n = 200. Dargestellt sind das 80 Perzentil, Minimum, Maximum und Median-Wert.

4. Kontrolle der Desinfektion und Verhinderung der Aufkeimung

Bei der Landeswasserversorgung wird seit 1976 die Redoxspannung des Trinkwassers gemessen und im Jahr 1988 wurde die Desinfektion von Chlor auf Chlordioxid umgestellt. Der Einsatz von Chlordioxid, zusammen mit den geringen DOC-Gehalten (< 1 mg/l) und den sehr niedrigen Trübungswerten (< 0,05 FNU), hat den Vorteil, dass die Zehrung auf der Strecke nach Stuttgart im Vergleich zum Chlor geringer ist und dass die Konzentration an Haloformen deutlich reduziert wurde.

Bei der LW wird an den Wasserwerksausgängen und an den meisten Behältern der Hauptleitungen die Chlordioxid-Konzentration und die Redoxspannung parallel gemessen (Abb. 7). Die Messung der Redoxspannung erfolgt mit Platinelektroden gegen Ag/AgCl-Bezugselektroden mit 3-molarer KCl-Lösung. Bezogen auf die Standard-Wasserstoffelektrode (gemäß DIN 38404) liegen die so bestimmten Werte bei 10 °C um 217 mV niedriger.

Die durchschnittlichen Werte der beiden Parameter am Ausgang der jeweiligen Wasserwerke und in den Behältern der drei Hauptleitungen sind in der Abbildung zusammengefasst.

An den *Wasserwerksausgängen* ersetzt die Messung der Redoxspannung eine zweite, parallel betriebene Chlordioxidbestimmung. Sie dient z.B. dazu, bei einer Abweichung des Chlordioxidwertes vom Sollwertbereich zu erkennen, ob es sich tatsächlich um eine unerwünschte Zu- oder Abnahme der Chlordioxidkonzentration handelt oder ob der Fehler beim Messgerät liegt. Nimmt z.B. der Redoxwert gleichzeitig mit dem ClO_2-Wert ab, so liegt mit einiger Wahrscheinlichkeit ein Ausfall der ClO_2-Dosierung vor.

In den meisten der an den *Hauptleitungen* der LW gelegenen Behältern werden ebenfalls Chlordioxid-Konzentration und Redoxspannung parallel gemessen. Da die Chlordioxid-Konzentrationen mit zunehmender Entfernung vom Wasserwerk bzw. von der letzten Chlordioxid-Zugabestelle abnehmen, liegen sie bei den weiter von den Werken entfernten Behältern teilweise nur bei 0,02 mg/l und darunter. Da jedoch die ClO2-Messung spätestens bei Werten unter 0,01 mg/l problematisch wird, ist in diesen Fällen die Redoxspannung von be-

sonderer Bedeutung, weil sie gerade bei niedrigen Desinfektionsmittelgehalten besonders empfindlich reagiert. Somit ergänzen sich die beiden Messungen hervorragend.
An den Werksausgängen liegt die am Gerät abgelesene Redoxspannung zwischen 780 und 820 mV. Am Endbehälter Rotenberg , von dem aus die Stadt Stuttgart das LW-Wasser, nach Zumischung von geringen Anteilen an Bodenseewasser, erhält, wird eine mittlere Redoxspannung von etwa 700 mV gemessen. Ein unterer Wert von 650 mV sollte nicht unterschritten werden.

Abb. 7: Chlordioxid-Konzentrationen und Redoxspannungen im Verteilungssystem der Landeswasserversorgung

5. Zusammenfassung

Trotz der großen Qualitätsschwankungen des Donaurohwassers in bezug auf die mikrobielle Belastung erfolgt durch das im Wasserwerk Langenau konzipierte Aufbereitungsverfahren eine sichere Elimination relevanter Mikroorganismen. Als besonders wirkungsvoll hat sich dabei die Kombination von Ozon mit anschließender Zweischicht-Flockungsfiltration erwiesen.
Wie die langjährigen Erfahrungen mit der Redoxspannungsmessung zeigen, können durch die Einhaltung der Werte über 650 mV Aufkeimungen auf dem Transportweg sicher vermieden werden. Zahlreiche bakteriologische Untersuchungen bestätigen die einwandfreie Qualität des Trinkwassers.

WABAG-UF-Anlage der VG Hermeskeil zur Aufbereitung von Talsperrenwasser

Inhalt

1 Einleitung und Problemstellung

2 Rohwasserbeschaffenheit und –förderung

3 Aufgabenstellung der Wasseraufbereitung

4 Aufbereitungsschema

5 Technische Daten der UF-Anlage

6 Betrieb der Anlage
6.1 Energiebedarf
6.2 Chemikalienverbrauch
6.3 Spülwasserverbrauch
6.4 Druckverlust/Permeabilität
6.5 Trübung
6.6 Partikelanzahlverteilung
6.7 Bakterien- und Parasitenrückhalt

7 Zusammenfassung

Autor:

Herr Dr.rer.nat. K. Hagen

VA TECH WABAG GmbH Deutschland
Standort Kulmbach
Lichtenfelser Str. 53
95326 Kulmbach

1 Einleitung und Problemstellung

Parasiten der Arten Giardia und Cryptosporidium sowie Keime, Ecoli und coliforme Keime können bei der Aufbereitung von Oberflächenwasser für die Trinkwasserversorgung Probleme ergeben, da diese Parasiten, Bakterien etc. in der konventionellen Filtration nicht immer mit ausreichender Sicherheit zurückgehalten werden und sie auch nicht mit den gängigen Desinfektionsverfahren mit ausreichender Sicherheit inaktiviert werden können. In den letzten Jahren ist es im Ausland vereinzelt zu Erkrankungen durch im Trinkwasser enthaltene Giardia und Cryptosporidien gekommen. Am aufsehenerregendsten waren die Erkrankung von weit über 100.000 Menschen in Wisconsin, USA in 1993 und etwas weniger spektakulär vor einiger Zeit an einer Talsperre im Raum Aachen.

Ein wirksames und zukunftsträchtiges Verfahren zur Elimination von Giardia und Cryptosporidien aus Trinkwasser stellt die Ultrafiltration dar, zumal die Kosten dieses Membranfiltrationsverfahrens in den letzten Jahren durch abnehmende Membrankosten und durch einen durch den Dead-End-Betrieb dramatisch reduzierten Energieaufwand eine wirtschaftlich vertretbare Größenordnung erreicht haben.

Im Wasserwerk in Hermeskeil im Hunsrück wurde erstmals eine Ultrafiltrationsanlage zur Aufbereitung von Talsperrenwasser von VA TECH WABAG GmbH Kulmbach installiert.

Diese Anlage ging im Februar 1999 ans Netz. In der neu erstellten Trinkwasseraufbereitungsanlage mit einer Nennleistung von 140 m³/h wird ein Mischwasser, bestehend aus Quellwasser der nahe gelegenen Diebskopfquelle und dem Wasser der Trink- und Brauchwassertalsperre Nonnweiler (Rheinland-Pfalz, Saarland) aufbereitet.

Da die in Deutschland vorliegenden praktischen Erfahrungen zum Einsatz der Ultrafiltration im wesentlichen auf dem Betrieb halbtechnischer Versuchsanlagen beruhen und die Ultrafiltration zur Trinkwasseraufbereitung aus Talsperrenwasser bis dato nicht großtechnisch eingesetzt wurde, trägt die im Wasserwerk Hermeskeil errichtete Anlage Pilotcharakter. Mit der großtechnischen Umsetzung des Ultrafiltrationsverfahrens ist diese Technologie darüber hinaus zum Stand der Technik geworden.

Aufgrund des geringen Erfahrungsumfangs mit Ultrafiltrationsanlagen im großtechnischen Maßstab entschloß sich die VA TECH WABAG GmbH Kulmbach

nach Inbetriebnahme der großtechnischen Anlage in Hermeskeil zu weiterführenden Untersuchungen zum längerfristigen Betriebsverhalten.
Ziel war es vor allem, das mittelfristige Betriebsverhalten der Anlagenparameter der Membrananlage zu erfassen, zu überwachen und zu beurteilen, die Betriebsweise der Anlage Hermeskeil im Hinblick auf Funktionssicherheit und Wirtschaftlichkeit zu optimieren sowie mit geeigneten Maßnahmen auf eine Veränderung im Betriebsverhalten zu reagieren.

Schließlich war es auch Ziel, Aussagen zu gewinnen, die andern Orts bei ähnlichen Aufgabenstellungen anwendbar sind.

2 Rohwasserbeschaffenheit und –förderung

Es wird ein Mischwasser, bestehend aus Quellwasser der Diebskopfquelle und Oberflächenwasser der Talsperre Nonnweiler aufbereitet. Die Zusammensetzung variiert saisonal entsprechend Rohwasserdargebot und Trinkwasserbedarf sehr stark. So trägt die Diebskopfquelle in den Monaten Oktober bis April mit einer Maximalschüttung von 28 m³/h zu etwa 55 % und im Zeitraum Mai bis September mit einer Minimalschüttung von 8 - 10 m³/h zu etwa 15 % zur Bedarfsdeckung (1500 - 1600 m³/d im Sommer, 1150 - 1200 m³/d im Winter) bei.
Da das Quellwasser im Freigefälle der Wasseraufbereitungsanlage zufließt, das Talsperrenwasser dagegen etwa 220 m hinauf gepumpt werden muss, wird eine maximale Ausnutzung der Quellschüttung angestrebt.

Eine Aufstellung der Mengen ist in Bild 1 dargestellt.

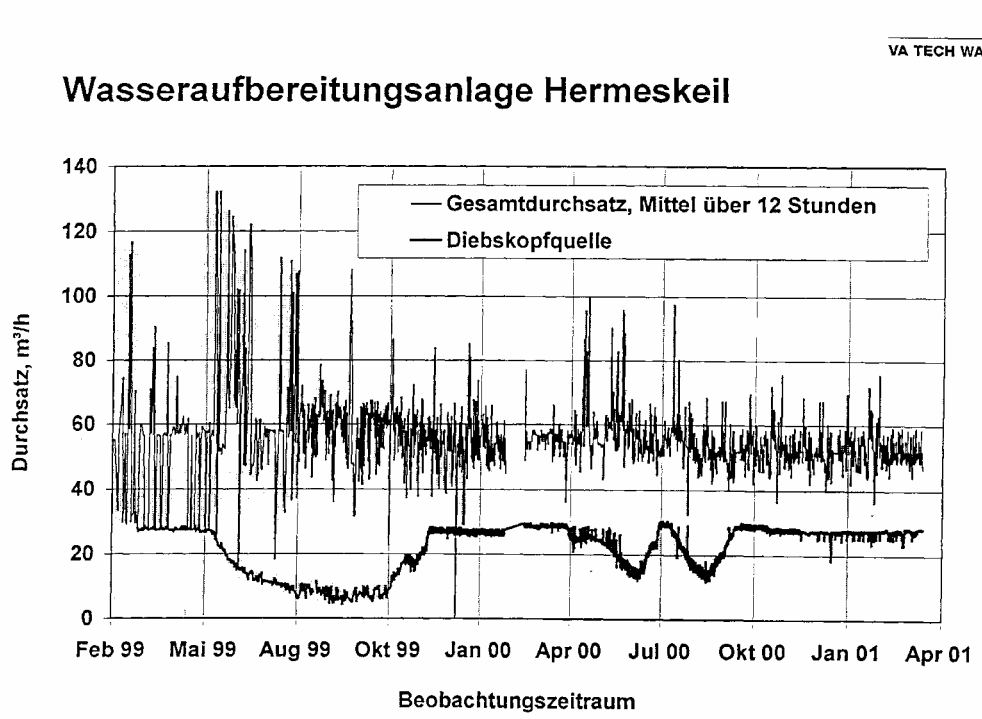


Bild 1: Rohwassermengen

Beide Hauptzuflüsse liefern ein sehr weiches, karbonatarmes Wasser mit geringer Pufferkapazität, das aufgrund saurer Niederschläge einen niedrigen pH-Wert aufweist. Das Talsperrenwasser weist nur eine geringe CO_2-Konzentration auf und ist aufgrund seiner Gesamthärte von derzeit etwa 1 °dH als sehr weich im Härtebereich 1 einzustufen. Die Leitfähigkeit von ca. 95 µS/cm ist sehr gering. Die pH-Werte liegen bei etwa 6,5 bis 7,5 beim Talsperrenwasser und bei 5 bis 5,5 beim zufließenden Quellwasser .
Die Eisengehalte liegen in Abhängigkeit von der jahreszeitlichen Änderung der Zusammensetzung zwischen 0,01 und 0,03 mg/l im Rohmischwasser. Die Mangangehalte schwanken zwischen 0,02 und 0,08 mg/l.

3 Aufgabenstellung der Wasseraufbereitung

Folgende Aufgaben sind durch die Anlage zu erfüllen:

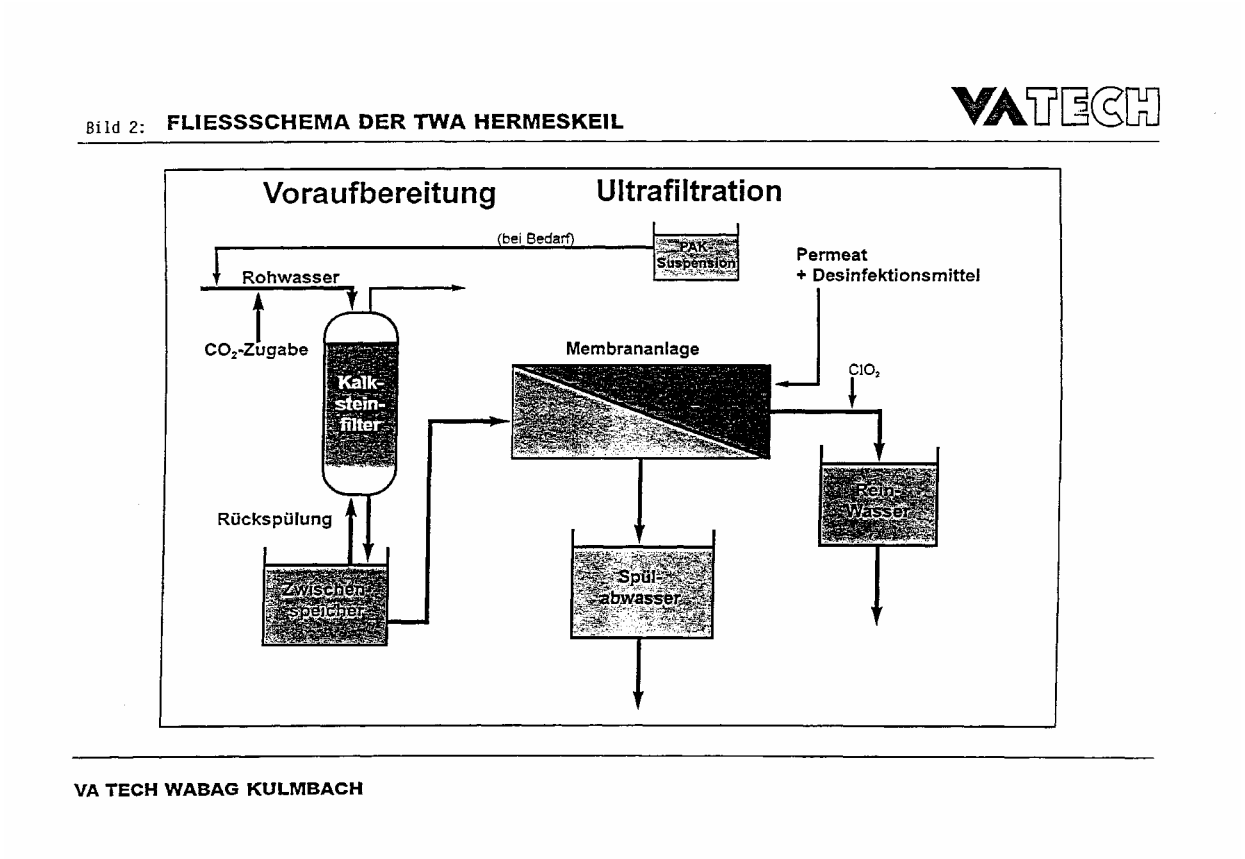
- Entfernung von Eisen, Mangan und Aluminium
- pH-Wert-Anhebung

- Aufhärtung des Wassers
- Entfernung partikulärer Wasserinhaltsstoffe
- Desinfektion

Dafür wurde ein Verfahrenskonzept entwickelt, das alle an die Aufbereitung des Talsperrenwassers zu Trinkwasser zu stellenden Anforderungen berücksichtigt. Dieses Konzept wurde auch durch Versuche bestätigt /2/.

4 Aufbereitungsschema

Bild 2 Fließschema der TWA Hermeskeil



Die Aufbereitung erfolgt in einer zweistufigen Anlage durch Kalkstein- und Membranfiltration. Der Membranfiltration kommt die Aufgabe der Entfernung der im Talsperrenwasser enthaltenen partikulären Wasserinhaltsstoffe zu, während die vor-

geschaltete Kalksteinfiltration eine Entsäuerung und Aufhärtung sowie Entmanganung und Aluminiumentfernung bewirkt.

Der jährliche Trinkwasserbedarf der Verbandsgemeinde Hermeskeil beträgt ca. 750.000 m^3. Die Wasseraufbereitungsanlage Hermeskeil wurde im 1. Jahr vorwiegend in den Nachtstunden unter Ausnutzung der günstigeren Stromtarife betrieben. Die Anlage wurde deshalb auf eine Nennleistung von 140 m^3/h ausgelegt. Daran anschließend wurde und wird die Anlage meist mit durchschnittlich 60 m^3/h betrieben. Ein Durchsatz von 140 m^3/h wird entweder kurzzeitig zur vergleichenden Messung des Druckverlustes oder bei Verbrauchsspitzen eingestellt.

5 Technische Daten der UF-Anlage /3/

Als Membranen sind Hohlfasermembranen installiert, die einen Innendurchmesser von ca. 0,8 mm aufweisen. Die gesamte Membranfläche beträgt 1.400 m^2, entsprechend der Nennleistung der Anlage von 140 m^3/h. Die Membranfläche ist auf vier Straßen (Skids) mit je $\leq$ 35 m^3/h = 350 m^2 Membranfläche/Straße aufgeteilt. Die Auslegung beruht auf einem maximalen Fluss von 100 L/hm^2 bar bei einer Rohwassertemperatur von 4 bis 8 °C. Dieser Wert wurde in Vorversuchen ermittelt /1/.
Die Membranen werden von der Innenseite mit Rohwasser beaufschlagt. Das Permeat wird an der Membranaussenseite abgezogen und gelangt direkt in den Trinkwasserbehälter. Die Anlage wird im Dead-End-Betrieb gefahren, d.h. während des Filtrationsbetriebs wird die gesamte Wassermenge über die Membranen filtriert. In regelmäßigen zeitlichen Abständen erfolgt eine Spülung der Membranen mit Filtrat unter Zugabe einer Spülchemikalie. Die Spülung einer Membranstraße erfolgt mit dem Filtrat der drei übrigen Membranstraßen. Als Spülchemikalie wird Wasserstoffperoxid in einer Konzentration von ca. 200 mg/l eingesetzt. Im Rahmen der betriebsbegleitenden Untersuchungen wurden der Spülchemikalienbedarf und die Spülhäufigkeit optimiert. Weiterhin wurden von VG Hermeskeil und WABAG die Einmischung des H_20_2 optimiert. Das bei der Spülung anfallende Spülabwasser wird in das Absetzbecken, das ein Volumen von 30 m^3 aufweist, abgegeben und von dort erfolgt eine Ableitung direkt in die Kanalisation. In bestimmten Abständen erfolgt eine Reinigung mit Chlorbleichlauge an Stelle von H_20_2.

6 Betrieb der Anlage

6.1 Energiebedarf

Der im bisherigen Untersuchungszeitraum von Januar 99 – Mai 01 ermittelte Energiebedarf liegt bei 0,043 kWh/m^3 und damit deutlich unter dem garantierten Wert von 0,1 kWh/m^3. Dies liegt sicherlich an den später aufgeführten niedrigen Transmembrandrücken.

6.2 Chemikalienverbrauch

Aufgrund der Optimierung der Spülung im laufenden Betrieb ergab sich ein H_20_2-Verbrauch (35%) von 1,6 m^3/a anstatt der vorgegebenen 2,5 m^3/a bezogen auf 750 000 m^3/a.

6.3 Spülwasserverbrauch

Der nach Optimierung der Spülung ermittelte Spülwasserverbrauch für den Volllastbetrieb der Anlage (140 m^3/h über 22 h/d) liegt bei 2,9%, bei der normalerweise gefahrenen Teillast im Bereich von 6 %.

	Grundlage für Kostenberechnung	**DM/m^3**
Abschreibung	Gebäude Pumpen & Verrohrung	0,14
Energie	0,043 kWh/m^3, 0,18 DM/kWh	0,008
Wartung/Personal	1 h pro Werktag	0,046
Chemikalien	44 mL Wasserstoffperoxid bzw. 0,3 mg Chlorbleichlauge pro m^3	0,007
Membranersatz	150 DM/m^2; Standzeit 7 Jahre	0,050
Spülwasseranfall	ca. 6 % Rohwasserpreis 0,27 DM/m^3	0.009
Summe Kosten DM/m^3		0,26

Tabelle 1: Gesamtkosten

6.4 Transmembrandruck/Permeabilität

Der Verlauf des sogenannten transmembranen Druckes (TMP) bei Volllast über die bisherige Betriebszeit ist in Bild 3 aufgezeichnet. Man erkennt hier die Abhängigkeit des TMP von der Zugabe von H_20_2 zur Spülung.

VA TECH WABAG

Wasseraufbereitungsanlage Hermeskeil

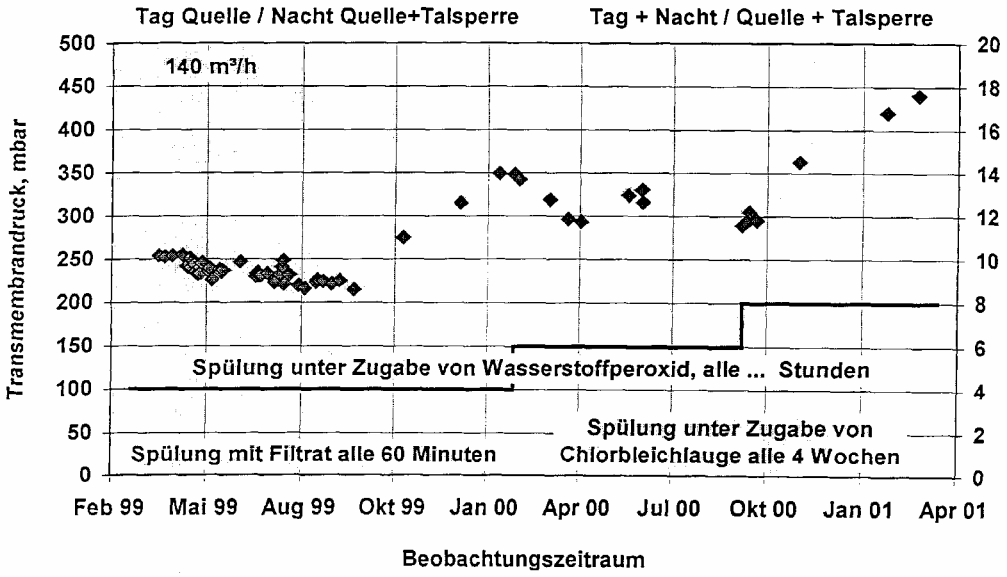


Bild 3: Transmembraner Druck

Aufgrund des geringen TMP ergibt sich definitionsgemäß eine sehr hohe Permeabilität von i.M. 650 l/m^2 * h * bar bezogen auf 25°C, wie dies aus Bild 4 hervorgeht. Die Gleichmäßigkeit der vier Skids zeigt sich in Bild 5.

Bild 4: Permeabilität bei Maximallast - bezogen auf 25 °C in 1999

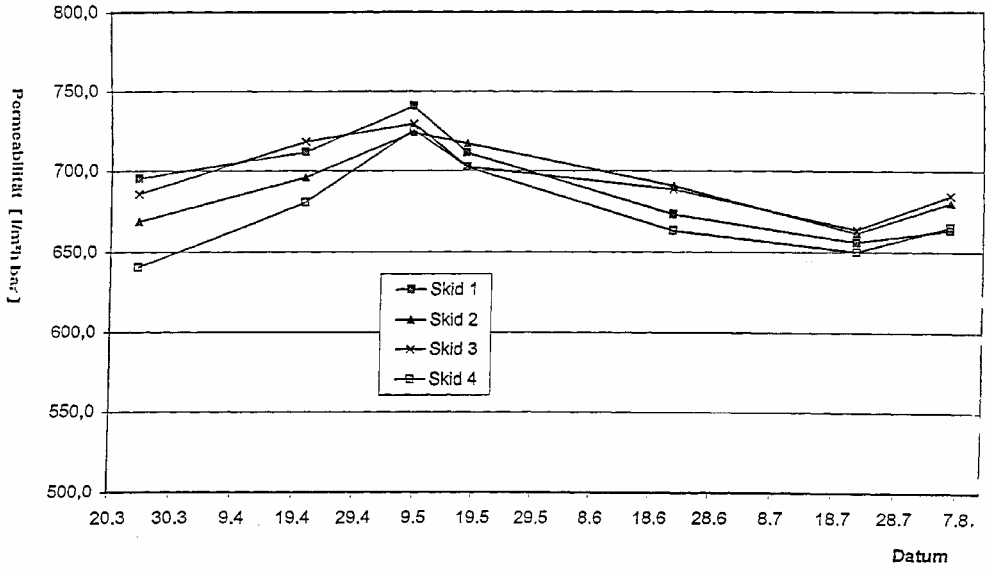
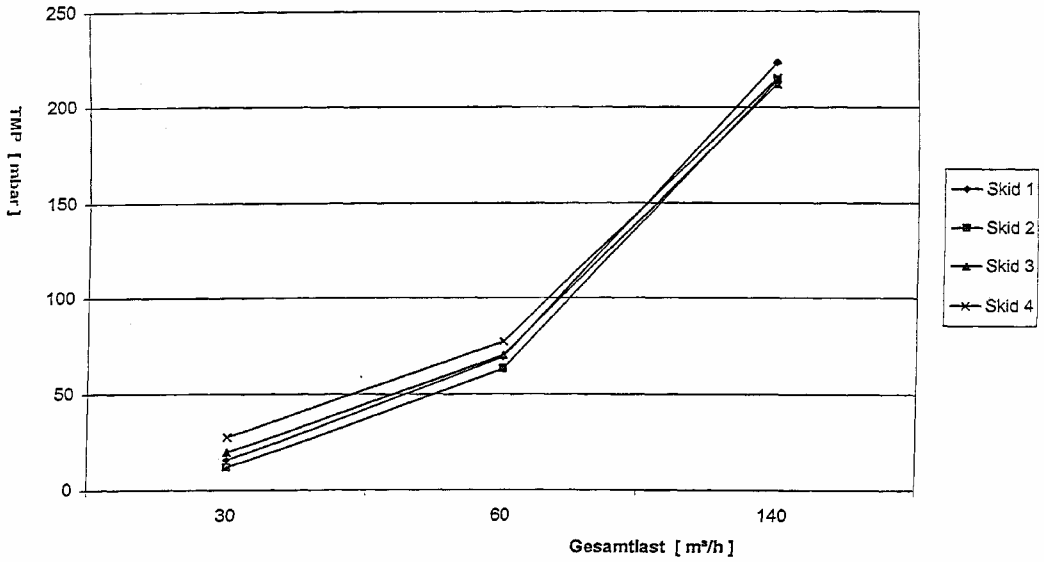


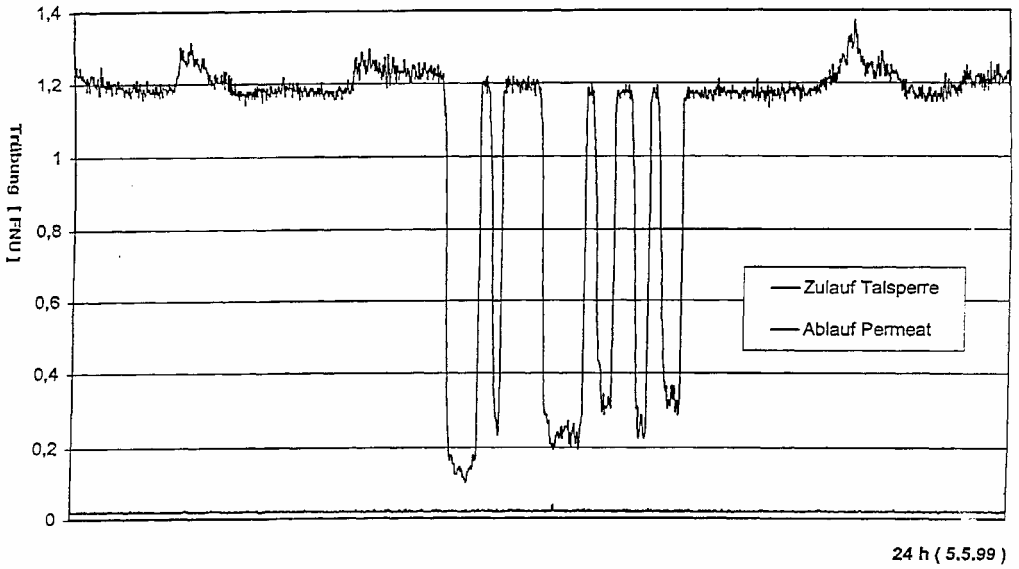
Bild 5: TMP in Abhängigkeit von der Gesamtlast



6.5 Trübung

Der Trübungsverlauf ist beispielhaft in Bild 6 aufgezeichnet. Man erkennt hier einen entscheidenden Vorteil der Ultrafiltration gegenüber konventionellen Verfahren, die absolute Unabhängigkeit der Trübung im Reinwasser vom Rohwasser. Der absolute Wert liegt i.a. bei 0,03 FNU und damit deutlich niedriger als der Ablauf konventioneller Filter

Bild 6: Trübung im Talsperren- und Reinwasser



6.6 Partikelanzahlverteilung

Die Untersuchung der Partikelanzahlverteilung wurde mehrfach durch das TZW durchgeführt. Aus den in Bild 7 beispielhaft dargestellten Ergebnissen geht hervor, dass der Partikelgehalt im Ablauf der Membrananlage sehr gering ist (z.B. 5/ml im Größenbereich 1-100 µm). Diese Ablaufqualität bestätigt sich bei allen Messungen bis heute.

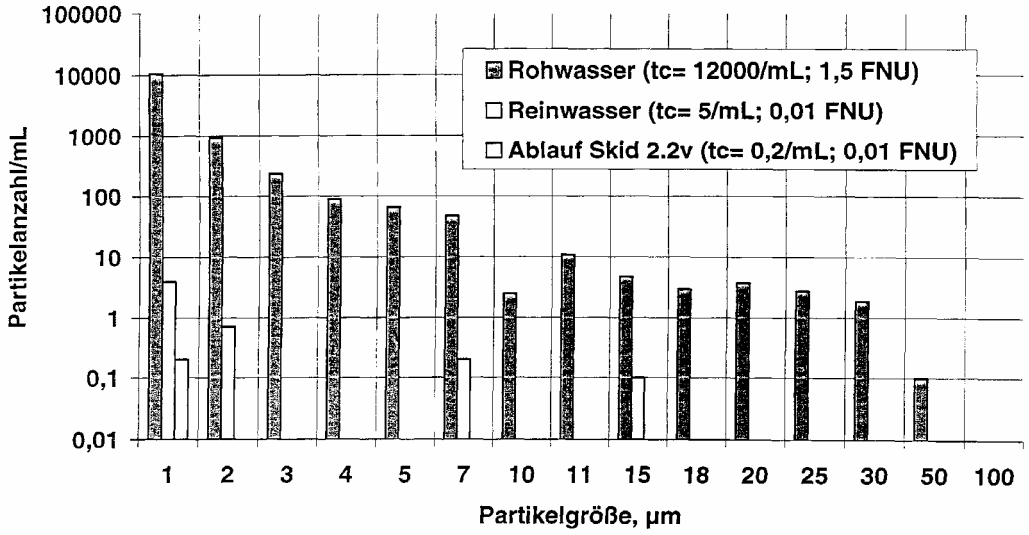


Bild 7: **Partikelanzahlverteilung (1-100µm) in den verschiedenen Wässern der Trinkwasseraufbereitungsanlage Hermeskeil am 15.05.2001**

6.7 Bakterien- und Parasitenrückhalt

Ebenfalls vom TZW Karlsruhe wurden die Untersuchungen zum Rückhalt der Parasiten Giardia lamblia und Cryptosporidien gemacht (Tabelle 2). Auch hier zeigt sich der vollständige Rückhalt dieser Parasiten.

	Giardia	**Cryptosporidien**
Rohwasser	6 in 120 L	4 in 120 L
Reinwasser	n.n. in 400 L	n..n. in 400 L

Tabelle 2: Nachweis der Parasiten Giardia lamblia und Cryptosporidien (Messungen erfolgten durch TZW Karlsruhe, Außenstelle Dresden)

Die bakteriologischen Untersuchungen KBE, E coli und coliforme Keime wurden mehrfach vom TZW sowie dem Medizinaluntersuchungsamt Trier durchgeführt. Die Ergebnisse der Tabelle 3 zeigen ebenfalls die bakteriologisch hervorragende Qualität der Gesamtanlage trotz der vorhandenen Belastung im Rohwasser.

	Ecoli [100 ml]	**colif.Keime [100 ml]**	**KBE 36°C [1/ml]**	**KBE 20°C [1/ml]**	**Datum Probenahme**
Rohwasser	6	+	29	262	23.03.01
nach Marmorfilter	+	1	9	166	23.03.01
nach Membrane	0	0	0	0	23.03.01
nach Membrane	0	0	1	0	17.04.01
Rohwasser	0	+	88	50	26.06.00
nach Membrane	0	0	0	0	26.06.00

Tabelle 3: Bakteriologische Untersuchungsergebnisse (Untersuchung durch Landesuntersuchungsamt Rheinland-Pfalz, Trier)

7 Zusammenfassung

Nach mehr als dreijährigem Betrieb der ersten Ultrafiltrationsanlage zur Aufbereitung von Talsperrenwasser in Deutschland lassen sich folgende wichtige Punkte zusammenfassen:

- Stabiler, vollautomatischer und sicherer Betrieb
- Permeat vollständig frei von Bakterien und Parasiten
- Transmembraner Druck von ca. 300 mbar bei Volllast (abh. von der Temperatur und der Spülweise)
- Energieverbrauch von < 0,05 hWh/m^3
- Spülwasserverlust von $\leq$ 6% (abh. vom Betrieb)
- Chemikalienverbrauch deutlich unter dem Sollwert

8 Literatur

/1/ Hagen, K.; Schmitt, A; Theis, B: Betriebserfahrungen der ersten Ultrafiltration zur Talsperrenwasseraufbereitung im Trinkwasser in Deutschland; 3. Aachener Tagung Siedlungswasserwirtschaft und Verfahrenstechnik, 08./09.02.2000

/2/ Lipp, P.; Schmitt, A; Baldauf, G: Untersuchungen zur Aufbereitung eines Talsperrenwassers mittels Ultrafiltration und vorgeschalteter Aufhärtung; 6. Aachener Membran Kolloquium 3.-5. März, Preprints, VDI-Gesellschaft Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen (1997), S. 385 – 388;

/3/ Hagen, K: Removal of particles, bacteria and parasites with ultrafiltration for drinking water treatment; Desalination 119 (1998) 85-91

Dr. M. König
ucb Managementberatung GmbH

Ergebnisse aus dem gemeinsamen deutsch-russischen Vorhaben

„Modellhaftes technologisches Konzept für die Verbesserung der Anlagensicherheit bei der Chlorlagerung am Beispiel des Chlortanklagers Rubljovo (Mosvodokanal)"

Sehr geehrte Damen und Herren,

1. Einführung

In meinem Vortrag möchte ich zunächst einiges über die Rahmenbedingungen und Voraussetzungen des Vorhabens berichten. Dann werde ich auf die Ziele des Vorhabens, die Mannschaft mit der diese Ziele erreicht wurden sowie auf die Ergebnisse und die verallgemeinerbaren Erfahrungen und die Schlussfolgerungen aus dem Projekt für die weitere deutsch-russische Zusammenarbeit eingehen.

Das Projekt, das ein weites Spektrum unterschiedlicher Schritte beinhaltete

(Studien, Analysen, Übersetzungen von Dokumenten, Sicherheitsbericht, Gefahrenabwehrplan, Informationsreisen, offizielle Gespräche in Ministerien, die Errichtung einer flexiblen Anlage zum Umfüllen von Flüssigchlor aus Eisenbahnkesselwagen)

lief über einen Zeitraum von insgesamt zwei Jahren seit dem August 2000. In vorangegangenen Studien zur Anlagensicherheit hatte sich gezeigt, dass der gefährliche Stoff Chlor für die RF eine besondere Rolle spielt; insbesondere deshalb weil – im Gegensatz zur Situation in Deutschland - die Trinkwasserentkeimung nahezu ausschließlich über die Chlorung von Oberflächenwasser erfolgt.

In den städtischen Ballungsgebieten, wie auch in Moskau mit seinen fast 12 Mio Bewohnern und einem Jahresverbrauch von 2,3 x 10^9 m³ Trinkwasser, müssen daher große Mengen des gefährlichen Stoffes Chlor gelagert werden, die ein erhebliches Gefahrenpotential für die Umwelt und die Menschen darstellen. Allein in der im Projekt untersuchten Wasserstation Rubljovo können bis zu 250 t Chlor gelagert werden. Das ist exakt das 10-fache des oberen Schwellenwertes der SEVESO-II-RL (25 t für die erweiterten Pflichten). Es muss also von einem hohen Gefahrenpotential ausgegangen werden. Die direkte Nähe zu Siedlungen und zum Autobahnring sind dabei weitere Faktoren, die zu betrachten sind.

Deshalb war das Umweltbundesamt bereit das Vorhaben mit Modellcharakter für die gesamte Russische Föderation großzügig zu fördern.

2. Rahmenbedingungen

Aufgrund der geringen zur Verfügung stehenden Zeit muss ich mich hier schlaglichtartig auf die wesentlichen Vorhabensschwerpunkte konzentrieren.

Zunächst zum deutsch-russischen Projektteam, das sich im Verlauf des Vorhabens in seinen Auffassungen immer stärker annäherte.

Tabelle 1 Mitglieder des deutsch-russischen Projektteams

Name	Firma
Dr. B. Ju. Jagud (Projektleiter)	Chlorbesopasnost AO, Direktor
Dr. M. König (Projektleiter)	UCB Managementberatung GmbH
Dr. A. Spiess	GEW Köln, Betriebsleiter
Dr. V. Perevoschikov	IRB OOO, Direktor
Dr. M. Schindler	TÜV Rheinland
Herr P. Schottlaender	TÜV Rheinland
Herr G. Csontos	EITEP GmbH
Frau Usova	Chlorbesopasnost AO
Herr Schimjakin	Mosvodokanal MGP
Frau Dr. Karsten	EITEP GmbH
Herr Dr. A. Lein	IRB OOO
Dr. W. Panteleev	IRB OOO

Daneben wirkte eine das Projekt begleitende internationale Expertenkommission für die Erreichung der Ziele des Vorhabens, der neben Herrn MinR Dr. Pettelkau (BMU), Herrn Dr. A. Schatalov (Gosgortekhnadsor), Herrn Dr. Machold (BMU) und Herrn Minister Faleev (Emercom) auch Herr Reinhold (RP Darmstadt) und Herr Perevoschikov (IRB OOO) angehörten. Zahlreiche für den Erfolg des Projektes entscheidende Kontakte wurden auf diese Weise geknüpft.

Zahlreiche Firmen haben das Vorhaben unterstützt. Durch die Teilnahme an Seminaren, durch Materialien, die den Stand der Sicherheitstechnik in Deutschland dokumentieren und nicht zuletzt durch direkte Investitionen in die Anlagensicherheit der Wasserversorgungsstation Rubljovo. Das Projektteam bedankt sich bei den Firmen

- Emco Wheaton
- Mosvodokanal
- ProMinent
- USF Wallace and Tiernan

- Netzsch

Für die im Vorhaben geleistete Arbeit. Unser besonderer Dank gilt dabei den Herrn Kuttler und Frau Becker von Emco; Herrn Baumgärtner von ProMinent und Herrn Ppodkovyrov von Mosvodokanal für ihre Unterstützung.

3. Ziele und Aufgaben des Vorhabens

Der zentrale Ausgangspunkt zur Erreichung der im Vorhaben gestellten Ziele war die Durchführung einer detaillierten **Gefahrenanalyse** für das Chlortanklager der Wasserstation Rubljovo von Mosvodokanal, mit seinen Betriebsteilen

- Umfüllstation für das Flüssigchlor aus den Eisenbahnkesselwagen in die Rohrleitungen
- Chlorlagerbehälter
- Chlorverdampfer und
- Chlorinjektoren.

Die Gefahrenanalyse erfolgte auf der Basis folgender Einzelmaßnahmen:

1. Die Anlagenbegehungen durch die Experten und die Diskussionen mit dem Personal zu Beinahe-Störfällen bzw. zu Betriebsstörungen
2. Die Recherche zu dokumentierten Störfällen mit dem Gefahrstoff Chlor in Deutschland und in der Russischen Föderation. Aus vergangenen Unfällen zu lernen, ist eine zentrale Forderung der SEVESO-II-Richtlinie.

   Störfälle müssen in Deutschland nach einem vorgeschriebenen Meldeverfahren an die zentrale ZEMA-Datenbank im UBA gemeldet werden. Diese ist für alle Personen öffentlich zugänglich und die Mitarbeiter des Umweltbundesamtes sind auskunftspflichtig.

   Schwieriger ist die Situation bei Betriebsstörungen, die nicht meldepflichtig sind, aus denen jedoch wichtige Schlussfolgerungen gezogen werden können. In der Russischen Föderation existiert eine

Unfall-Datenbank bei Gosgortekhnadsor bzw. in den Dokumenten der Ministerien der Sovietunion.

3. Zwischen den Experten fand ein intensiver Erfahrungsaustausch zum Stand der Sicherheitstechnik in beiden Ländern sowie zu den besten verfügbaren Techniken statt. Welche Maßnahmen muss der Betreiber einer gefährlichen Anlage in Deutschland ergreifen, damit die Anlage von den Inspektoren als sicher eingeschätzt wird. Hier existiert derzeit noch eine erhebliche Differenz zwischen den Anforderungen an Chlortanklageranlagen in beiden Staaten. Es wurde deshalb im Rahmen unseres Vorhabens ein Leitfaden für die russischen Kollegen erstellt, in dem der Stand der deutschen Sicherheitstechnik dokumentiert wurde. Er stellt de facto den Fragenkatalog dar, mit dem ein deutscher Anlagensicherheitsexperte in eine Anlage geht, um eine Sicherheitsanalyse erstellen. Viele der technischen Standards sind in deutschen Normen und Regeln festgeschrieben und müssen vom Betreiber in seinem Betrieb umgesetzt werden. Hierbei hat sich das Checklistenverfahren des TÜV Rheinland sehr bewährt. Auch in der RF existiert heute ein umfangreicher Anforderungskatalog an Chloranlagen durch die Norm von Gosgortekhnadsor. Eine Schwäche dieser Regelung sehen wir darin, dass keine Fristen für die Realisierung dargestellt sind. Aus den Ergebnissen des Vorhabens resultierend wurde eine gemeinsame Erklärung zu Grundsätzen bei der Realisierung des Standes der Technik verabschiedet.

4. Mit Hilfe des Programmpaketes DISMA wurden Szenarien für plausible wahrscheinliche und hypothetische Störfälle berechnet, wie z.B. Stofffreisetzungen des giftigen Chlors durch den Riss einer Rohrleitung mit Flüssigchlor in Folge von Korrosionsvorgängen, das Abreißen eines Manometerstutzens u.a.m. Nach den entwickelten Szenarien wurden

Langzeitschäden für die menschliche Gesundheit im Umkreis von maximal 2 km zu den Chloranlagen berechnet.

Diese Gefahrenanalysen bildeten die Basis für den Sicherheitsbericht gemäß § 9 der deutschen Störfall-Verordnung aus dem Jahre 2000, d.h. der in das deutsche Recht umgesetzten SEVESO-II-RL. Im Ergebnis eines Sicherheitsberichtes wird in Deutschland die Frage entschieden, ob der Betrieb der Anlagen nach den Kriterien des Standes der Sicherheitstechnik und des Sicherheitsmanagements als sicher eingestuft werden kann. Der deutsche Stand der Sicherheitstechnik und die deutschen Kriterien von wirkungsvollen Sicherheitsorganisationen lassen sich nicht ohne weiteres auf russische Verhältnisse übertragen. Um es klar zu sagen, die Chloranlagen in Rubljovo erfüllen nicht das deutsche Regelwerk für Chlorlager und entsprechen auch nicht den wesentlichen Elementen von Sicherheitsmanagement-Systemen wie sie in der SEVESO-II-RL niedergelegt wurden. Eine kurzfristige Realisierung der deutschen Forderungen würde große Aufwendungen vom Betreiber verlangen und ist im Moment vernünftigerweise vom Betreiber nicht einzufordern. Unter den gegenwärtigen Bedingungen des Übergangs von der Plan- zur Marktwirtschaft entspricht die Anlage den in Rußland üblichen Standards und somit als bedingt sicher einzustufen. Diese Aussage stützt sich wesentlich auf die erheblichen sicherheitsorganisatorischen Aufwendungen des Betreibers.

Als Empfehlung der Expertengruppe für die schrittweise Annäherung an die westlichen Standards der Sicherheitstechnik und des Sicherheitsmanagements wurde ein Maßnahmekatalog mit 33 kurz-, mittel- und langfristigen Maßnahmen aus der Gefahrenanalyse (Checklistenverfahren) abgeleitet. Die Maßnahmen haben Pilotcharakter für die Russische Föderation, dienen ausschließlich der weiteren Publikation dieser Standards um Impulse für die weitere Anhebung des Anlagensicherheitsniveaus zu setzen.

Behördliche Auflagen können, um Wettbewerbsnachteile für die Betreiber Mosvodokanal zu vermeiden, nur nach der Einführung neuer gesamtstaatlicher gesetzlicher Regelungen erfolgen.

Hier beispielhaft einige wichtige Maßnahmevorschläge für die Chloranlagen in Rublovo:

3.1 Kurzfristig zu realisierende Maßnahmen

- Installation von Not-Aus-Systemen in der Verladestation (Einbau von 2 Tastern im Außenbereich der Türen).

- Schnellschlusseinrichtungen mit pneumatischen Antrieben an den chlorführenden Rohrleitungen vom EKW zum Lager in der Verladestation. (Mindestens für jede Leitung 2, d.h. insgesamt: 12)

- Einbau von Druckausgleichsgefäßen an absperrbaren Flüssigchlorleitungen (nach der Realisierung der Punkte 3, 4 sind einfache Blasenbehälter oder Sicherheitsventile)

- Installation einer Funktionsüberwachung für die Drucklufttrocknung mit Alarmierung bei Grenzwertüberschreitung und automatischer Abschaltung der Anlage bei Fehlfunktion.

- Die Überfüllsicherungen an den Tanklagerbehältern für Flüssigchlor müssen redundant und diversitär sein. (Wichtige Maßnahme, da Behälterüberfüllungen eine der häufigsten Störfallursachen darstellen.)

- Schutz der Manometer im Bediengang des Chlorlagers vor Abriss oder Ersatz durch eine elektronische Anzeige. Die relativ dünnen mit Chlor befüllten Leitungen sind unzureichend vor Abriss geschützt

- Verbesserung der Kommunikationsmöglichkeiten für das Bedienpersonal vor Ort, z.B. durch Funksprechgeräte

3.2 Mittelfristige Maßnahmen

- Installation eines Drehgelenkarmes für die Chlorverladung aus den EKW in das Tanklager (die Mindestforderung des deutschen und des russischen Anlagensicherheitsrechts lautet: starre durch flexible Leitungen ersetzen) *Bemerkung: Maßnahme wird gegenwärtig durch Mosvodokanal gemeinsam mit der Fa. EMCO realisiert!*

- Einbindung der Gaswarnanlage in das Notaussystem

- Einbau von Faile-Safe-Armaturen mit Faltenbalg bei Anlagenteilen für Flüssigchlor mit häufiger Nutzung und bei hohem Druck

- Auslegung der Wasserbehälter in den Verdampfern als Druckbehälter und Einbau von Alarmierungen bzw. einer automatischen Abschaltung der Gaszufuhr bei Chloraustritt aus der Rohrleitungsschlange. Das deutsche Recht fordert, dass auch die äußeren Behälter drucksicher ausgelegt werden.

- Fernbedienung wichtiger Sicherheitskomponenten von der zentralen Leitwarte aus

- Aufbau und zusammenhängende Dokumentation eines Sicherheits-Managementsystems zur Abstimmung aller organisatorischen

Maßnahmen zur Erhöhung der Anlagensicherheit. Formulierung eines Konzeptes (Unternehmenspolitik) zur Verbesserung der Anlagensicherheit im Betrieb und von konkreten Zielen und kontinuierliche Überprüfung und Auswertung der Zielerreichung. (Kontinuierlicher Verbesserungsprozess).

3.3 Langfristige Maßnahmen

- Einbau von 2 Schnelltrenneinrichtungen je Verlader in den flexiblen Anschluss, um bei einer Bewegung des EKW den Fluss des Chlors zu unterbrechen (diese Forderung ergibt sich aus dem deutschen Recht ist aber nicht kurzfristig zu realisieren).

- Einbau von Faile-Safe-Armaturen mit Faltenbalg bei Anlagenteilen für gasförmiges Chlor und bei niedrigem Druck.

- Installation einer Monitorüberwachung für die gesamte Verladestation, nachdem die Eingriffsmöglichkeiten von außen geschaffen wurden.

Einem der technischen Maßnahmevorschläge kommt eine besondere Bedeutung zu:

Erstmalig für die Russischen Föderation sollen zum Umfüllen von Flüssigchlor aus Eisenbahnkesselwagen in die Tanks flexible Drehgelenkarme eingesetzt werden. Dies entspricht sowohl dem deutschen Stand der Sicherheitstechnik als auch den neuen russischen Normen für den Umgang mit Chlor.

Die Planung, Konstruktion und Durchführung dieser Maßname erfolgt noch im Rahmen des laufenden Vorhabens durch die Firma EMCO Wheaton GmbH (Kirchhain) in Abstimmung mit Mosvodokanal MGP. Diese Anlage soll im August 2002 in Betrieb gehen und wird von Gosgortekhnadsor künftig als Demonstrationsanlage genutzt werden, um die Sicherheitsvorteile von Drehgelenkarmen in Umfüllstationen auch anderen Betreibern von Chlortanklageranlagen aufzuzeigen.

Frau Becker (EMCO Wheaton GmbH) wird die Investition noch im Detail hier vorstellen. Für die Vorreiterrolle bei der erstmaligen Realisierung dieser Technik in Rußland und für die Bereitstellung von Finanzmitteln, von Arbeitszeit und -kräften gebührt sowohl der Firma EMCO Wheaton als auch Mosvodokanal AO unser Dank. Spätestens im August, also zum Ende des Projektes, soll der Arm installiert sein. Dann werden auch Sie die Vorteile dieser Technik in Augenschein nehmen können.

4. Schlußfolgerungen

4.1 Know-how- und Umwelttechnologie-Transfer

Der Transfer zum Stand der Sicherheitstechnik und zu Formen der Organisation der Sicherheit in gefährlichen Betrieben muss im Sinne der Harmonisierung der Anlagensicherheit zwischen beiden Ländern verstärkt werden. Hierfür ist die im Rahmen dieses Vorhabens erstellte Dokumentation zum Stand der Sicherheitstechnik in Deutschland ein erster wichtiger Schritt.

Das gestern unterzeichnete 10-Punkte-Papier als der gemeinsame Standpunkt des Projektteams zu den besten Techniken für die Sicherheit von Chlortanklagern und die gemeinsame Erklärung zu Sicherheitsmanagement-Sytemen sind Leitfäden für die Betreiber solcher von Chlortanklagern.

Wie die internationalen Analysen gezeigt haben, sind der überwiegende Teil der schweren Unfälle in Chemiebetrieben auf Fehler im Sicherheitsmanagement zurückzuführen. Moderne Management-Systeme mit einem kontinuierlichen Verbesserungsprozess sind daher ein geeignetes Instrument für die Verbesserung der Anlagensicherheit in der Russischen Föderation. Sie erfordern nur geringe Kosten, dafür aber Fachkräfte und eine verantwortungsvolle Leitung des Betriebes. Im Rahmen eines deutsch-russischen Modellvorhabens sollten die Vorteile der SMS für gefährliche Betriebe demonstriert werden.

4.2 Sicherheitsbericht und Maßnahmekatalog

Der erstellte Sicherheitsbericht des Chlortanklagers Rubljovo ist ein Beispiel für die Herangehensweise in Deutschland. Insbesondere die Gefahrenanalyse mittels Checkliste ist ein einfaches und probates Mittel für die Untersuchung des Gefahrenpotentials der Anlage.

Der abgeleitete Maßnahmekatalog ist am deutschen Stand der Sicherheitstechnik orientiert und hat daher für die Station Rubljovo lediglich empfehlenden Charakter.

4.3 Betrieblicher Alarmplan

Es wurde eine hohe Übereinstimmung zwischen der europäischen und der russischen Alarmplanung gefunden.
Es wird empfohlen, die Alarm- und Gefahrenabwehrpläne von Gosgortekhnadsor und von Emercom zu einem einheitlichen Plan zu verbinden.
Fragen der Öffentlichkeitsarbeit, wie

- die Einrichtung von Bürgertelefonen

- Pläne für die Arbeit der Unternehmensleitung mit Rundfunk, Fernsehen, Presse im Alarmfall
- Breitere Information zu Handlungen der Bevölkerung im Alarmfall Durch die Unternehmensleitung.

4.4 Alternative Desinfektionsverfahren

Die schrittweise Verringerung des Anteils der Chlorung an der Wasserdesinfektion bedeutet eine Erhöhung der Anlagensicherheit und die Verringerung der Umweltbelastung durch chlororganische Verbindungen. Vor allem das Verfahren der Chlorung von Abwässern in regionalen Abwasserbehandlungsanlagen muss wegen der hohen Umweltgefahren schrittweise durch alternative Verfahren ersetzt werden. Die im Vorhaben fertiggestellte Informationsbroschüre gibt eine Überblick über die in Deutschland üblichen alternativen Desinfektionsverfahren.

.

Methoden der Trinkwasserdesinfektion

Alternative Verfahren, Übersicht, Vergleich

Dipl.-Chem.-Ing. Wolfgang Roeske
USF Wallace & Tiernan, Günzburg

Heute haben wir fundierte Kenntnisse darüber, dass bestimmte Infektionskrankheiten durch Wasser übertragbar sind.

So können durch Trinkwasser eine Anzahl von Erkrankungen, insbesondere des Magen-Darm-Traktes, übertragen werden. Es handelt sich hierbei vor allem um Krankheiten wie Cholera, Typhus, Paratyphus, Ruhr, Leptospirosen und Wurmkrankheiten sowie durch Viren ausgelöste Krankheiten wie z. B. Hepatitis und Poliomylitis.

Weiterhin bildet die Vermehrung der Legionellen im Leitungsnetz von Warmwassersystemen ein ernst zu nehmendes Problem. Als Infektionsweg ist das Einatmen legionellenhaltiger, lungengängiger Aerosole aus dem Warmwasserbereich anzusehen.

Durch die weltweite Reisetätigkeit sowohl in privaten als auch in geschäftlichen Bereichen und damit durch die Verbindung mit endemischen Seuchengebieten ist eine Gefährdung auch unseres Trinkwassers in seuchenhygienischer Hinsicht jederzeit gegeben. Die letzte große Cholera Epidemie von 1991 in Lateinamerika mit über 500 000 Krankheitsfällen hat gezeigt, dass nach fast 100 Jahren die Cholera wieder massiv zurückgekehrt ist und überall auf der Welt wieder auftreten kann.

Während in den meisten industrialisierten Ländern nach Einführung der Trinkwasserdesinfektion die durch verseuchtes Wasser hervorgerufenen Epidemien schlagartig zurückgingen, werden nach Untersuchungen der WHO (World Health Organization) achtzig Prozent der Krankheiten und Seuchen in der Dritten Welt auf Mängel in der Trinkwasserversorgung zurückgeführt.

Die Chlorung als Desinfektionsverfahren in der Trinkwasseraufbereitung und zur Verhinderung einer Wiederverkeimung in Rohrnetzen hat sich seit über 100 Jahren bewährt.

Neben Chlorgas und Chlorverbindungen stehen auch andere Desinfektions- und Oxidationsmittel wie Chlordioxid, Ozon, Wasserstoffperoxid und Kaliumpermanganat zur Verfügung.

Als physikalisches Verfahren wird für die Desinfektion von Trinkwasser die UV-Bestrahlung eingesetzt und zur Eliminierung von Giardia, Cryptosporidien und anderen Mikroorganismen die Ultrafiltration mit Membranen.

Chlorgas-Dosieranlagen

Die derzeit üblichen Chlorgasdosiergeräte arbeiten fast alle nach dem Vakuumprinzip und werden ausschließlich für die indirekte Chlorung eingesetzt. Unter indirekter Chlorung versteht man in der Wasseraufbereitung die Herstellung einer Chlorlösung, die am Ort des Einsatzes aus Chlorgas und Wasser bereitet wird. Diese Chlorlösung dient dann als Desinfektionsmittel. Mit der Einführung der Vakuum-Chlorgasdosiergeräte sind auch von Seiten der Sicherheit keine Bedenken mehr gegen die Anwendung von Chlorgas zu erheben.

Unter dem Begriff Vakuum versteht man, dass in der gesamten Installation, d. h. von der Chlorflasche bzw. vom Chlorfass bis zur Impfstelle (Injektoreinführung) Unterdruck vorliegt. Dadurch kann bei einem Defekt, sei es in der Chlorgaszuführung, im Dosiergerät oder in der Gasleitung zum Injektor (Zusatzstelle), kein Chlorgas austreten. Im Falle einer Undichtigkeit würde nur Luft im System eintreten, und damit ist ein Risiko durch ausströmendes Chlorgas ausgeschlossen. Das Vakuumprinzip stellt somit ein Höchstmaß an Sicherheit dar. **Bild 1** zeigt eine Vakuum-Chlorgasdosieranlage.

Ab dem Flaschen- bzw. Chlorfassanschlussventil wird der Chlorgasdruck in der Flasche von etwa 6 bar auf einen Unterdruck von –150 mbar reduziert. Dadurch ist sichergestellt, dass bei Undichtigkeiten oder gar Leitungsbruch kein Chlorgas austritt. Über einen automatisch arbeitenden Behälterumschalter wird von den leeren Chlorflaschen bzw. vom Chlorfass auf die vollen umgeschaltet, so dass eine ununterbrochene Chlorversorgung gewährleistet ist. Als zusätzliche Sicherheitseinrichtung zur Überwachung des Chlorgas-Lager- und Dosierraumes sollte ein Chlorgaswarngerät installiert werden.

Um eine sichere Desinfektion und die vorgeschriebenen Chlorwerte im Trinkwasser einzuhalten, muss die Chlordosierung der Wassermenge und der Chlorzehrung entsprechend angepasst werden. Eine automatische Chlordosierung kann nach der Wassermenge, nach dem Chlorüberschuss oder nach beiden Kriterien vorgenommen werden.

Voraussetzung für die automatische Chlordosierung nach dem Chlorüberschuss ist die genaue Messung des Chlorgehaltes und eine exakte Regelung der Chlordosierung. Nur durch eine zuverlässige, kontinuierliche und genügend empfindliche Chlormessung und entsprechende Regler kann eine automatische Chlordosieranlage zufriedenstellend arbeiten.

Natriumhypochlorit-Bereitungs- und Dosieranlage

Zur Chlorung von kleineren Wassermengen lässt sich für die Trinkwasserdesinfektion auch Natriumhypochlorit einsetzen. Dieses steht handelsüblich als Lösung zur Verfügung oder kann direkt am Einsatzort aus Salzsole durch Elektrolyse hergestellt werden.

Die handelsübliche Natriumhypochlorit-Lösung ist nur begrenzt haltbar. Sie zersetzt sich allmählich, wobei der Gehalt an wirksamen Chlor abnimmt. Dieser Nachteil der begrenzten Lagerung kann ausgeschlossen werden, indem man die Natriumhypochlorit-Lösung direkt am Verwendungsort durch Elektrolyse herstellt.

Hier werden Lösungen mit geringerer Konzentration bereitet, die ohne lange Zwischenlagerung verbraucht werden.

In **Bild 2** ist der schematische Aufbau einer Rohrzellen-Elektrolyseanlage zur Bereitung von Natriumhypochlorit dargestellt. Verfahrenstechnisch läuft die Elektrolyse folgendermaßen ab: In einem separaten Lösebehälter wird aus Salztabletten und enthärtetem Wasser gesättigte Salzsole bereitet und mit einer Dosierpumpe der Elektrolysezelle zugeführt. Gleichzeitig erfolgt die Zugabe von Verdünnungswasser, so dass die Salzkonzentration ca. 3% beträgt.

Aus 3 kg Kochsalz werden 1 kg Chlor erzeugt. Kochsalz bzw. Industriesalz, das für die Herstellung der Natriumchlorid-Lösung verwendet wird, enthält immer Spuren von Calcium- und Magnesiumsalzen, die die Elektroden belegen.
Es ist daher eine regelmäßige Reinigung der Elektroden mit verdünnter Salzsäure notwendig.

Im Schaltschrank sind alle Steuer- und Überwachungsgeräte für den vollautomatischen Betrieb, die Reinigung und die Spülung der Anlage enthalten. Die im Chargenbetrieb erzeugte Natriumhypochlorit-Lösung stellt eine stabile Lösung von 6...8 g/l Chlor dar. Selbst bei längeren Lagerzeiten verändert sich die Konzentration nur unwesentlich.

Ein weiteres Verfahren zur Herstellung von Natriumhypochlorit oder Chlorgas ist das Membran-Elektrolyseverfahren. Als Ausgangsstoff wird auch hier Kochsalz oder Salzsäure eingesetzt. Die Membran-Elektrolyseanlagen die mit Salzsäure arbeiten sind nur für kleine Leistungen bis max. 35 g Chlor pro Stunde einsetzbar.

Beim Membran-Elektrolyseverfahren werden der Anoden- vom Kathodenraum durch eine Membran getrennt. Im Anodenraum entsteht Chlorgas, während im Kathodenraum, der mit enthärtetem Wasser durchflossen wird, Natronlauge und Wasserstoff enstehen. Außerhalb der Elektrolysezelle werden Chlorgas und Natronlauge zusammen geführt und es entsteht Natriumhypochlorit.

Das Membran-Elektrolyseverfahren ist das wirtschaftlichste Verfahren; hier wird aus 1,7 kg Kochsalz (NaCl) 1 kg Chlor produziert, also das gesamte Chlorid aus dem Kochsalz in Chlor umgesetzt. Die produzierte Natriumhypochlorit-Lösung hat einen Gehalt an Aktivchlor von 25 bis 30 g/l.

Chlordioxid-Bereitungsanlagen

Seit 1974 ist bekannt, dass bei der Chlorung von Trinkwasser als Nebenreaktion Trihalogenmethane (Haloforme) entstehen können. Huminstoffe, die in jedem Wasser vorkommen können, bilden durch den Zusatz von Chlor Trihalogenmethane. Da Trihalogenmethane im Trinkwasser unerwünscht sind, wurden Grenzwerte festgelegt. In Deutschland besteht ein Grenzwert von 10 µg/l. Durch den Einsatz von Chlordioxid als Alternative zum Chlor wird die Bildung von Trihalogenmethanen stark eingeschränkt.

Chlordioxid hat gegenüber Chlor weitere Vorteile: So lassen sich unangenehme Geruchs- und Geschmacksstoffe im Wasser, die z. B. von Phenolen, Algen oder deren Zersetzungsprodukten herrühren, durch Chlordioxid so verändern, dass sie anschließend nicht mehr organoleptisch wahrgenommen werden können. Im

Gegensatz zu Chlor bildet Chlordioxid mit Phenolen keine übelriechenden Chlorphenole. Manche zu desinfizierende Wässer enthalten Ammonium, das die Desinfektion mit Chlor stören kann. In diesen Fällen empfiehlt sich der Einsatz von Chlordioxid, das mit Ammonium- und anderen Stickstoff-Verbindungen nicht reagiert.

Die sporizide und viruzide Wirkung von Chlordioxid ist bei gleicher Konzentration besser als die von Chlor. Die bakterizide Wirkung ist im pH-Bereich von 6 bis 9 nahezu konstant.

Dies ist ein besonderer Vorteil des Chlordioxids gegenüber Chlor, weil bei Chlor die desinfizierende Wirkung mit steigendem pH-Wert abnimmt. Da Chlordioxid selbst noch im Bereich pH 8 bis 9 gute desinfizierende Eigenschaften besitzt, ist es besonders für die Desinfektion von Wässern mit höheren pH-Werten geeignet.

Auch für die Legionellen-Bekämpfung in Warmwassersystemen wird Chlordioxid erfolgreich eingesetzt.

Chlordioxid ist im Wasser sehr beständig. Nach abgeschlossener Zehrung lässt sich ein Überschuss über längere Zeit aufrecht erhalten, so dass auch bei ausgedehnten Rohrnetzen ein Überschuss bis in die Endstränge gehalten werden kann und somit einer Wiederinfektion des Wassers im Rohrnetz wirksam begegnet wird.

Aufgrund der physikalischen und physikalisch-chemischen Eigenschaften wird Chlordioxid nur in Form von wässrigen Lösungen am Ort der Verwendung in besonderen Apparaturen bereitet. Chlordioxid wird entweder aus Natriumchlorit ($NaClO_2$) und Chlor (Cl_2) als Aktivierungsmittel oder aus Natriumchlorit und Salzsäure (HCl) hergestellt.

Chlordioxid-Bereitungsanlagen gibt es in verschiedenen Leistungsbereichen: von 5 ... 250 g/h ClO_2 bis hin zu Anlagen, die 5 kg/h Chlordioxid erzeugen können. Diese Menge (5 kg/h) ist z.B. ausreichend, um 12000 m^3 Trinkwasser pro Stunde zu desinfizieren.

Als Ausgangschemikalien für die Chlordioxidbereitung nach dem Chlorit/Chlor-Verfahren werden Natriumchlorit-Lösung und Chlorgas verwendet. **Bild 3** zeigt das Fließschema einer Chlordioxid-Bereitungsanlage nach dem Chlorit/Chlor-Verfahren. Für die Herstellung der notwendigen Konzentration von min. 3,5 g/l an gelöstem Chlor ist eine Betriebswasserversorgung mit ausreichendem Vordruck erforderlich. Am Durchflussmesser wird der Wasservolumenstrom exakt in l/h eingestellt und elektrisch über einen Reedkontakt überwacht. Der entsprechende Chlorgas-Massenstrom wird am Vakuum-Chlorgasdosiergerät in g/h eingestellt und mit dem Vakuumschalter überwacht. Mit der hohen Konzentration von 3,5 g/l Chlor wird eine stark saure Chlorlösung bereitet. Gleichzeitig wird die Natriumchlorit-Lösung mit einer Dosierpumpe aus dem Liefergebinde angesaugt und unmittelbar vor Eintritt in den Reaktionsbehälter mit der Chlorlösung vermischt.

Chlordioxid kann weiterhin aus Natriumchlorit und Salzsäure bereitet werden wobei handelsübliche, konzentrierte Lösungen zum Einsatz kommen.
Bild 4 zeigt schematisch das Verfahren einer Chlorit/Salzsäure-Chlordioxidanlage.

Die Bevorratung der Natriumchlorit-Lösung (24%ig) und der Salzsäure (33%ig) erfolgt in Lagertanks. Die in der Bereitungsanlage enthaltenen Zwischenbehälter werden direkt am jeweiligen Tank angeschlossen und mit je einer Umfüllpumpe automatisch nachgefüllt. Die Verdünnung der konzentrierten Lösungen und die Bereitung der Chlordioxid-Lösung wird nach folgendem Verfahren durchgeführt:
Mit Hilfe eines Injektors werden gleichzeitig Natriumchlorit-Lösung und Salzsäure im richtigen Verhältnis angesaugt und vermischt. Das Betriebswasser für den Injektor wird am Durchflussmesser genau eingestellt und über einen Kontakt elektrisch überwacht. Erst dann, wenn am Injektor genügend Unterdruck vorhanden ist, öffnen die federbelasteten Rückschlagventile und ermöglichen die Chemikalien-Zudosierung.

Durch diese besondere hydraulische Verfahrensweise und durch die elektrische Überwachung ist sichergestellt, dass die beiden konzentrierten Lösungen (Salzsäure und Natriumchlorit-Lösung) niemals ohne die notwendige Wassermenge vermischt werden.

Weiterhin kann Chlordioxid auch aus vorverdünnten Lösungen bereitet werden. In diesem Fall setzt man eine 7,5%ige Natriumchlorit-Lösung und eine 9%ige Salzsäure ein.

UV-Bestrahlungsanlagen

Als Alternative zur chemischen Desinfektion wird die UV-Bestrahlung eingesetzt. UV-Strahlung im Wellenbereich 240-290 nm dringt in den Zellkern der Mikroorganismen ein, schädigt die DNA und bewirkt so ein Absterben der Mikroorganismen.

UV absorbierende Wasserinhaltsstoffe, gemessen als spektraler Schwächungskoeffizient bei 254 nm (SSK-254) schwächen das UV-Licht, so dass eine höhere Einstrahlleistung für die Desinfektion notwendig wird.

Zwei Wirkungsfaktoren spielen bei der UV-Desinfektion eine entscheidende Rolle: Die Bestrahlungsintensität und die Bestrahlungsdauer. Jeder Mikroorganismus muss beim Passieren des Bestrahlungsraumes insgesamt einer Raumbestrahlung von mindestens 400 J/m^2, bezogen auf die Strahlung der Wellenlänge 254 nm, ausgesetzt sein, um eine Abtötung von mehr als 4 Dekaden sicherzustellen.

Die Auswahl und Projektierung einer UV-Anlage hängt ab von der zu behandelnden Wassermenge, der Transmission (Durchlässigkeit des UV-Lichts im Wasser), dem Typ der jeweiligen Mikroorganismen und der notwendigen Dosis an UV-Bestrahlung (J/m^2), die für die gewünschte Entkeimungsrate benötigt wird.

Verfahren der Trinkwasserdesinfektion

Desinfektionsmittel Verfahren	Zugabemenge Dosis	Nebenprodukte	Depotwirkung	Kontrolle des Verfahrenserfolges
Chlorgas	max 1,2 g/m^3	Trihalogenmethane max. 0,01 mg/l	gut	Chlorüberschuss-Messung
Natriumhypochlorit (Chlor-Elektrolyse)	max. 1,2 g/m^3	Trihalogenmethane max. 0,01 mg/l Bromat max 0,01 mg/l Chlorat	gut	Chlorüberschuss-Messung
Chlordioxid	max. 0,4 g/m^3	Chlorit max. 0,2 mg/l Chlorat	sehr gut	Chlordioxid-Messung, Redox-Spannung
UV-Bestrahlung	400 J/m^2	keine	keine	Überwachung der Strahlendosis, Keimzahlbestimmung

Sicherheitsmanagementsystem

SMS

Umsetzung der Seveso-II-Richtlinie

Sicherheitsmanagementsystem

Das Sicherheitsmanagementsystem ist Teil des Managementsystems eines Unternehmens und darauf gerichtet, die Sicherheitspolitik des Unternehmens umzusetzen.

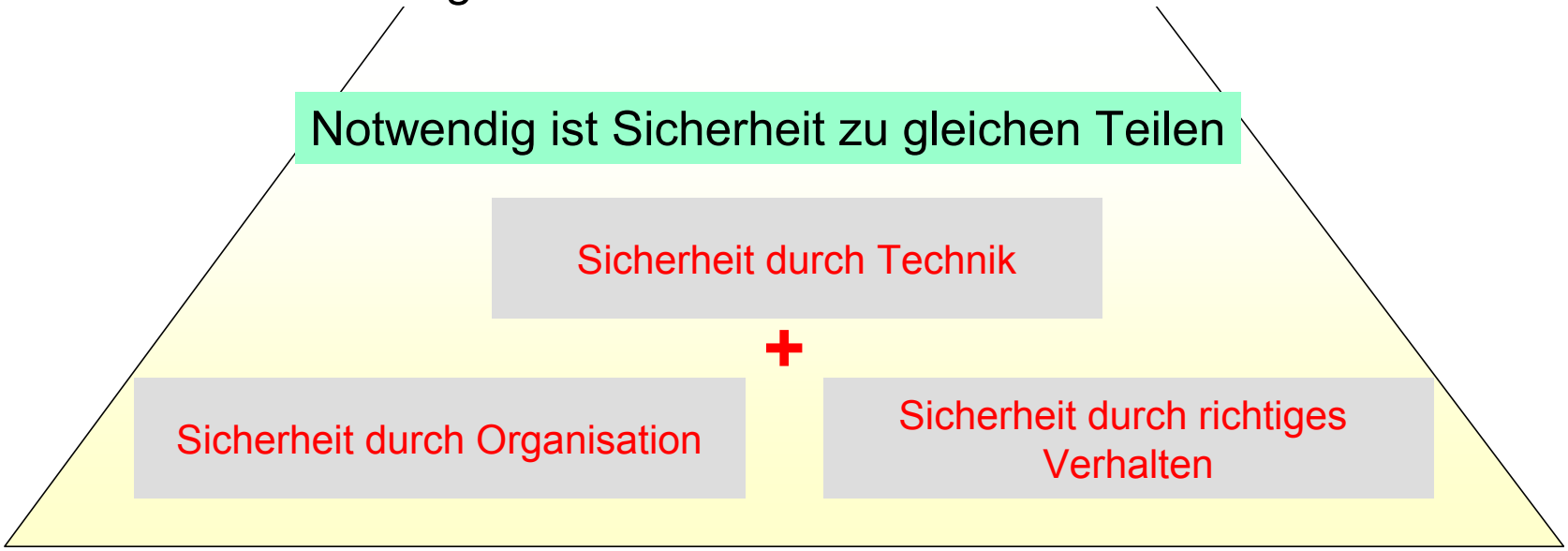
SMS umfasst

- aufeinander abgestimmte,
- praktizierte und
- dokumentierte

Handlungen, die der Unternehmensleitung eine optimale Führung des Unternehmens zum Erreichen der Sicherheitsziele und zum Verhüten und Begrenzen schwerer Unfälle ermöglichen.

EU (Ispra):
90 % der untersuchten 130 Störfälle haben ihre Ursache in „organisatorischen Versäumnissen der Unternehmensführung“

Sie sind häufig die Folge von unzureichender Kontrolle und organisatorischem Versagen, von Organisations- und Verhaltensmängeln.

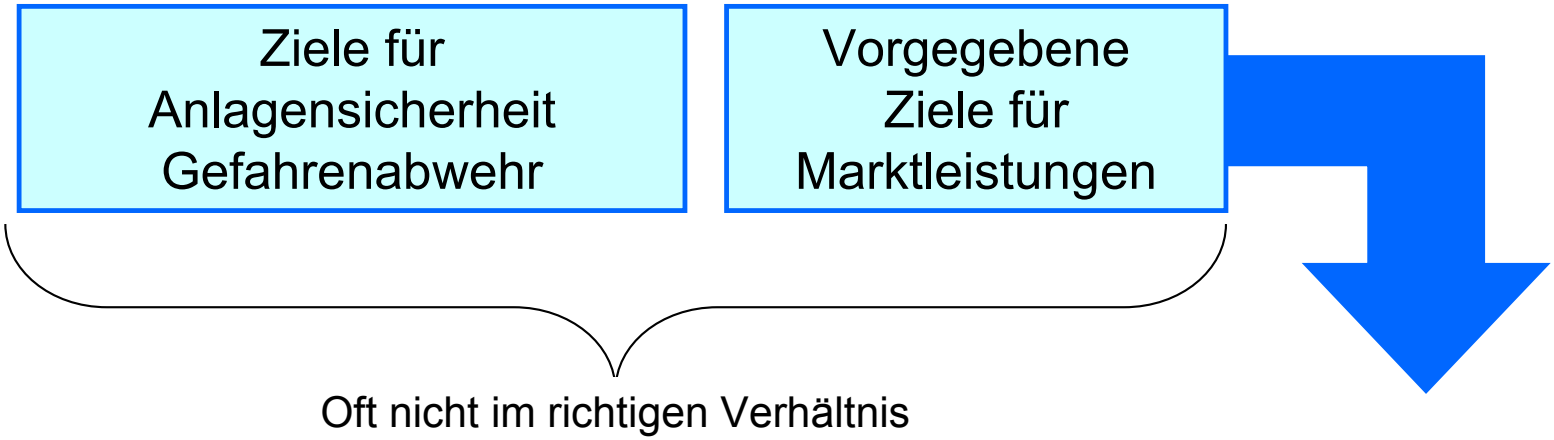


Problemlösungen

Selbst die zuverlässigste und modernste Technik kann bei Mängeln in Organisation und Verhalten das Sicherheitsniveau nicht erhöhen.

Verbessern des SMS ist für Unternehmen ebenso bedeutsam wie das Vervollkommnen der Sicherheitstechnik.

Problemlösungen



Unternehmenspolitische Zielsetzung auch auf Anlagensicherheit und Gefahrenabwehr ausrichten und adäquat durch Top-Management umsetzen.

Gesetzliche Grundlage in der EU
Seveso-II-Richtlinie

Der Betreiber ist verpflichtet, eine **Unterlage zur Verhütung schwerer Unfälle** (Konzept zur Verhinderung von Störfällen) auszuarbeiten und dessen ordnungsgemäße Umsetzung sicherzustellen.

Mit dem **Konzept** soll durch geeignete

- Mittel,
- Organisation und
- Managementsysteme

ein hohes Schutzniveau für Mensch und Umwelt sichergestellt werden

Konzept zur Verhinderung von Störfällen

Strategisches Dokument

Sicherheitsphilosophie und grundsätzliche Sachverhalte zur Verhinderung von Störfällen und zur Begrenzung von Störfallauswirkungen

Konzeption zur Verhinderung von Störfällen
(Inhalt)

Schutzziele des Unternehmens

Gefahrenpotenzial des Werks

Beschreibung des Sicherheitsmanagementsystems

Aktionsplan zur Vervollkommnung des SMS

Methoden

Termine

Innerbetriebliche Kontrolle der festgelegten Maßnahmen

Basis des Sicherheitsmanagements

Zum Sicherheitsmanagement gehören jene Teile
des allgemeinen Überwachungssystems,
die für das Verhindern von Störfällen relevant sind:

das sind

Organisationsstruktur	**Verantwortungsbereiche**
Handlungsanweisungen	**Verfahren**
Prozesse	**Mittel**

Sicherheitsmanagementsystem

Hauptinhalt

- Organisation und Personal
- Ermittlung und Bewertung der Gefährdungen/Risiken
- Betriebskontrolle
- Sichere Durchführung von Änderungen
- Planung für Notfälle
- Überwachung der Leitungsfähigkeit des SMS
- Systematische Überprüfung und Bewertung des SMS

Verantwortung, Kompetenzen, Aufgaben im Hinblick auf die Verhütung und Begrenzung von Störfällen

Generaldirektor

Stellvertreter des GD
Leiter von Abteilungen
Schichtführer
Anlagenfahrer

Beauftragte

- Störfallbeauftragter
- Sicherheitsfachkraft
- Gewässerschutzbeauftragter
- Immissionsschutzbeauftragter
- Gefahrgutbeauftragter
- Umweltschutzbeauftragter

u. a..

→ Festlegen

→ Bekanntmachen

→ Befähigen

Verantwortung, Kompetenzen, Aufgaben
im Hinblick auf die Verhütung und Begrenzung von Störfällen

Beauftragte

Von der Unternehmensleitung berufene Betriebsangehörige für die Beratung, Unterstützung und Überwachung von Maßnahmen zur Verhinderung von Industrieunfällen und zur Notfallplanung

- ➔ Vorbereitung von Entscheidungen im Zusammenwirken mit technischen und wirtschaftlichen Bereichen
- ➔ Überwachung von Sicherheitsfestlegungen
- ➔ Zusammenarbeit mit Behörden
- ➔ Gefahrenanalysen, Sicherheitsbericht, Notfallplanung im Zusammenwirken mit technischen Bereichen

Ausbildung
zur Beherrschung der Gefahren bei schweren Unfällen
(Ausbildungsbedarf, -methoden, -termine und Kontrolle)

Unterweisen der Beschäftigten
(Werksangehörige und Beschäftigte von Fremdfirmen)

Training der Führungskräfte, Planspiele

Ausbildung der Einsatzkräfte

Stabstrainings

Übungen
- betriebliche Übungen
- Übungen mit örtlichen Kräften

Ermittlung und Bewertung des Störfallrisikos

Zur systematischen Analyse der Gefahrenquellen (Anlagen/Anlagenteile mit potentiellen Gefährdungen) ist es notwendig, die Prozeduren und Methoden zu bestimmen:

Gefährdungsanalyse (Checklisten, PAAG-Verfahren u. a.)

Einschätzung der Störfallauswirkungen (Was wäre, wenn...?)

➔ Einbeziehen unabhängiger Sachverständiger

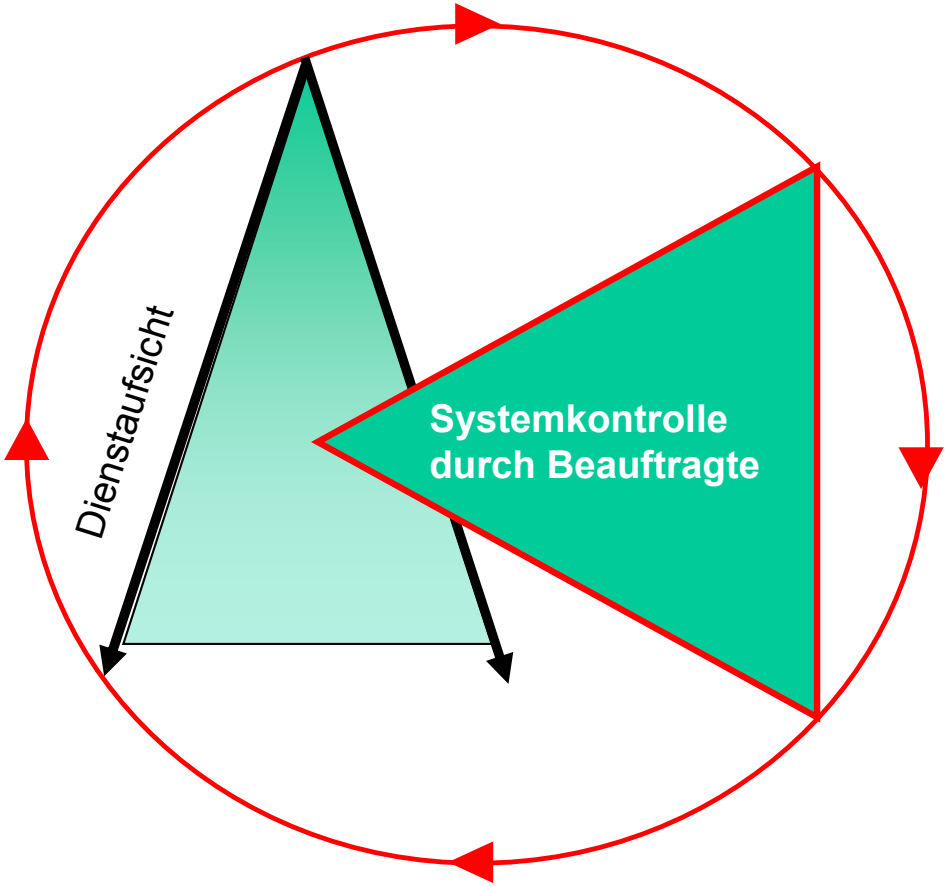
Überwachung zum sicheren Betrieb

Ausarbeiten und Anwenden von Verfahrensweisen für einen sicheren Betrieb der Anlagen (gesetzlich vorgeschrieben, darüber hinaus im Interesse einer störungsfreien Produktion vom Betrieb festgelegt)

- Prüfungen
- Wartungen
- Instandsetzungen
- Betriebsinspektionen
- Verfahrensanweisungen
- Tätigkeitsbeobachtungen

Wie im Prinzip?

Innerbetriebliche Kontrollen



Außerdem:
Kontrollen durch zuständige Behörden

Aspekte der Sicherheit bei der Durchführung von Änderungen

Festlegung und Anwendung von Verfahren und zur Gewährleistung der Sicherheit bei Prozess- und Anlagenänderungen

- schon bei der Aufgabenstellung für eine Änderung
- bei Genehmigungsanträgen

Sicherheitsbetrachtungen bei Änderungen/Bau von Anlagen

- Emissionen
- Brand- und Explosionsschutz
- Abwasser, Abfall
- Rückschlüsse auf die Notfallplanung

Überarbeiten der Planungsunterlagen

Verändern des Konzepts zur Verhinderung/Begrenzung von Störfällen

- Fortschreiben des Sicherheitsberichtes
- Präzisieren der Pläne

Störfallplanung

Festlegung und Anwendung von Verfahren

- zur Ermittlung vorhersehbarer Notfälle aufgrund einer systematischen Analyse und
- zur Gefahrenabwehr

1 Angenommene Szenarien

Szenarien sind Voraussetzung für die Planung:
Szenarien vermitteln Angaben zum *Zeitverlauf*,
zur *betroffenen Fläche* und zu den *Auswirkungen*

2 Interner Notfallplan

- Plan zur Lokalisierung von Störfallsituationen (ПЛАС)
- Plan der Handlungen (Emercom)

zweckmäßig – ein Plan

3 Übungen

Daten für die externe Notfallplanung

Überwachung der Leistungsfähigkeit des SMS
(Qualitätssicherung)

Einrichten von Mechanismen zur Untersuchung und Korrektur bei Nichterreichen der festgelegten Ziele zur Beherrschung der Gefahren, Ableiten von Schlussfolgerungen

Festlegen und regelmäßiges Überprüfen des Systems für Meldungen (Beinaheunfälle, Unfälle, Versagen von Schutzmaßnahmen)

Dokumentation von Erfahrungen aus jeglichen Abweichungen (insbesondere bei Versagen von Maßnahmen)

Durchführen von Workshops zu Sicherheitsfragen mit kompetenten Fachleuten (aus Betrieb, Behörden, Instituten)

Systematische Überprüfung und Bewertung des SMS

- Monatliche Selbstkontrolle entsprechend Maßnahmeplan
- Kontrollgänge der Beauftragten, Funktionsprüfungen sicherheitstechnischer Einrichtungen
- Anfertigen von Analysen zum erreichten Stand und zu speziellen Problemen im Zusammenwirken mit den zuständigen technischen Struktureinheiten und den Betriebsteilen
- Vorbereitung von Vorlagen für die Tagungen der Geschäftsführung
  - Bewertung des Standes beim Erreichen der Ziele des Unternehmens zur Verhütung schwerer Unfälle
  - Stand der Anlagensicherheit
  - Auswertung gefährlicher Situationen
- Unterbreitung von Vorschlägen zur Präzisierung des Sicherheitsmanagements

Strategie des Betriebes
bei der Einführung eines Sicherheitsmanagementsystems

- Anlagensicherheit und Gefahrenabwehr sind Unternehmensziele
- Dokumentieren eines betriebsspezifischen SMS unter Beibehalten bewährter Praktiken
- Umsetzen der festgelegten Sicherheitsmanagementpraktiken in allen Führungsebenen und Arbeitsbereichen
- Eigenverantwortliches, betriebsinternes, regelmäßiges Überprüfen der Einhaltung des Vorschriften- und Regelwerks
- Motivieren/Schulen der Mitarbeiter zum Umsetzen des SMS

Empfehlungen zum Einführen eines Sicherheitsmanagements

In jedem Betrieb ist ein SMS vorhanden – mehr oder weniger zweckmäßig

Realisieren der Festlegungen
der Seveso-II-Richtlinie

1. Schritt (Staat)
Ändern/Anpassen der gesetzlichen Grundlagen
(z. B. zum Sicherheitsmanagementsystem)

2. Schritt (Betrieb)
Ergänzen/Dokumentieren/Präzisieren des SMS

3. Schritt (Betrieb)
Durchsetzen und ständiges Vervollkommnen des SMS entsprechend den betrieblichen Bedingungen

Schritt 2 und 3 in Betrieben

Vorhandenes SMS im Betrieb analysieren

Checkliste
- Fragen zum SMS
- Ja/nein

Defizite
- inhaltlich
- organisatorisch

Maßnahmeplan
- Was ist wie, wann zu tun

Oft: externe Sachverständige

Dokumentieren des SMS

Varianten:
- neues SMS-Handbuch oder
- Erweiterung vorhandener Managementdokumentationen

Konzept zur Verhinderung von Störfällen

Verwendung als Instrument der Realisierung der SMS-Maßnahmen entsprechend den betrieblichen Schwerpunkten, der Kontrolle und der laufenden betriebsspezifischen Vervollkommnung des SMS

Sicherheitsmanagementsystem entsprechend der Seveso-II-Richtlinie

Dr. Manfred Schindler

Folie 1

Meine sehr verehrten Damen und Herren!

Es ist keine neue Erkenntnis, dass ein Betrieb, der giftige, explosible oder brennbare Stoffe herstellt, lagert oder in einem technologischen Verfahren verwendet, ein Sicherheitsmanagement benötigt. Keiner wird bestreiten, dass industrielle Verwendung von gefährlichen Stoffen und Sicherheit zusammengehören, wie zwei Seiten einer Medaille.

Zunächst zum Begriff „Sicherheitsmanagementsystem“, das in der Seveso-II-Richtlinie für Unternehmen in der EU einen aus Erfahrungen resultierenden Rahmen erhielt.
Das Sicherheitsmanagementsystem ist Teil des allgemeinen Managementsystems zur Führung eines Unternehmens. Es ist - ganz allgemein gesagt – darauf gerichtet, die Sicherheitspolitik des Unternehmens umzusetzen.

Folie 2

Das Sicherheitsmanagementsystem umfasst aufeinander abgestimmte, praktizierte und dokumentierte Handlungen, die der Unternehmensleitung eine optimale Führung des Unternehmens zum Erreichen der Sicherheitsziele und zum Verhüten und Begrenzen von Störungen und Störfällen ermöglichen.

Wie es nun einmal im Leben ist, es gibt Unternehmen, die haben sich hohe Sicherheitsziele gesteckt und erreichen diese auch. Anderen gelingt es aus unterschiedlichen Gründen nicht, ihre verkündete Sicherheitspolitik in allen Punkten umzusetzen.

Im Vorschriften- und Regelwerk ist vieles zur technischen Sicherheit festgelegt. In der deutschen Industrie ist – weil es gesetzlich verankert ist - ein anspruchsvolles Niveau bei der technischen Sicherheit realisiert worden.

Folie 3

Aber bei einer Auswertung von 130 Störfällen in Chemiebetrieben der Europäischen Union wurde festgestellt, dass bei 90 % dieser Störfälle letztlich die Ursache in organisatorischen Versäumnissen der Unternehmensführung liegt. Als Gründe dafür wurden Managementdefizite ermittelt: unzureichende Kontrolle, organisatorische Mängel, falsches oder unzweckmäßiges Verhalten bei verschiedenen Angelegenheiten. Immer bessere technische Sicherheitsvorkehrungen, die in westeuropäischen Unternehmen in den Jahren nach den großen Störfällen der letzten Jahrzehnte getroffen wurden, trugen zwar zur einer Minderung des Störfallrisikos bei, verdrängten aber etwas die Komplexität der Sicherheit: Sicherheit durch Technik, durch Organisation und durch richtiges Verhalten ***gleichwertig*** zu erreichen, sie immer wieder neu auf den Prüfstand zu stellen und einen breiten Erfahrungsschatz auszuwerten.

Folie 4

Selbst die zuverlässigste und modernste Technik kann bei Mängeln im Management das Sicherheitsniveau nicht erhöhen. Daher reift die Erkenntnis, dass ein Verbessern des Sicherheitsmanagements für ein Unternehmen ebenso bedeutsam ist wie das Vervollkommnen der Sicherheitstechnik.

Es gibt aber noch einen weiteren Aspekt. Unbestritten sind Motor in der Marktwirtschaft Leistungen und Produktion für den Markt. Wenn aber gefährliche Anlagen ohne Rücksicht auf Sicherheitserfordernisse betrieben werden, um schnell und viel Profit zu machen, sind einerseits Störfälle vorprogrammiert. In der Marktwirtschaft können aber andererseits Produktionsausfall und Imageverlust infolge eines Störfalls unter Umständen ein wirtschaftliches Desaster nach sich ziehen – eine Erkenntnis der großen Chemieunternehmen Europas.

Folie 5

Daher sollten die Ziele für die Marktleistungen im richtigen Verhältnis zu den Zielen für Anlagensicherheit und Gefahrenabwehr stehen. Wenn ein Unternehmen gefährliche Stoffe und Anlagen benutzt und Störfälle – wenn auch nur theoretisch - möglich sind, muss das Top-Management unternehmenspolitische Ziele für Anlagensicherheit und Gefahrenabwehr formulieren und Mechanismen zur Durchsetzung einführen.

Folie 6

Der Rat der Europäischen Union legte daher fest, dass ein Betreiber verpflichtet ist, eine Unterlage zur Verhütung schwerer Unfälle auszuarbeiten (ein Konzept zur Verhinderung von Störfällen) und dessen ordnungsgemäße Umsetzung sicherzustellen. Mit dem Konzept soll durch geeignete Mittel, Organisation und Managementsysteme ein hohes Schutzniveau für Mensch und Umwelt sichergestellt werden.

Ein solches Konzept zur Verhinderung von Störfällen ist als ein strategisches Dokument des Unternehmens aufzufassen.

Folie 7

Es soll gewissermaßen Aussagen treffen zur Sicherheitsphilosophie des Unternehmens und zu grundsätzlichen Sachverhalten zur Verhinderung von Störfällen und zur Begrenzung von Störfallauswirkungen.

Folie 8

Im einzelnen sollten in das Konzept aufgenommen werden:

- Schutzziele des Unternehmens,
- Bewertung des Gefahrenpotenzials des Werks,
- Beschreibung des Sicherheitsmanagementsystems, das allen gesetzlichen Vorschriften und dem Regelwerk Rechnung trägt und das den konkreten Bedingungen im Werk am besten entspricht,
- Aktionsplan zur Vervollkommnung des Sicherheitsmanagementsystems (ein Plan, in dem die dazu erforderlichen Methoden, die Formen der innerbetrieblichen Kontrolle und die Termine aller einmaligen und periodischen Maßnahmen enthalten sind).

Was gehört nun zum Sicherheitsmanagementsystem?

Folie 9

Zunächst ist festzustellen, dass zum Sicherheitsmanagementsystem alle jene Teile des allgemeinen Überwachungssystems des Betriebes gehören, die für das Verhindern von Störfällen relevant sind. Das sind Struktur der Organisation der Sicherheit, Verantwortungsbereiche in Bezug auf die Sicherheitsfragen, Handlungsanweisungen, Verfahren, Prozesse und Mittel.
Im einzelnen werden im Sicherheitsmanagementsystem folgende Punkte berücksichtigt:

Folie 10

- Organisation und Personal
- Ermittlung und Bewertung der Gefahren von Störfällen
- Überwachung des Betriebs
- Sichere Durchführung von Änderungen
- Planung für Notfälle
- Überwachung der Leistungsfähigkeit des Sicherheitsmanagementsystems („Qualitätssicherung" des SMS)
- Systematische Überprüfung und Bewertung des SMS

Kurz einige Bemerkungen zu diesen Punkten.

Auf allen Organisationsebenen – vom Generaldirektor bis zum Anlagenfahrer - sind Verantwortungsbereiche und Aufgaben festzulegen, die in irgendeiner Hinsicht zur Verhinderung von Störfällen und zur Begrenzung der Auswirkungen beitragen. Das ist den Betreffenden bekannt zu machen, und es sind auch Maßnahmen zu bestimmen, die diese Betriebsangehören zur Wahrnehmung der Aufgaben befähigen.

Folie 11

Noch eine einige Worte zu den Beauftragten.

Folie 12

Beauftragte sind von der Unternehmensleitung berufene Betriebsangehörige für die Beratung, Unterstützung und Überwachung von Maßnahmen zur Verhinderung von Störungen und Störfällen

und zur Notfallplanung. Sie sind gewissermaßen das wachsame Auge der Unternehmensleitung. Sie sind auf der Grundlage gesetzlicher Festlegungen mit beträchtlichen Kompetenzen zur Gewährleistung der Einhaltung von Sicherheitsbestimmungen ausgestattet.
Im einzelnen haben sie unter anderem

- Entscheidungen für die Unternehmensleitung im Zusammenwirken mit den technischen und ökonomischen Bereichen für die Unternehmensleitung vorzubereiten,
- Sicherheitsfestlegungen zu überwachen,
- mit den zuständigen Behörden zusammenzuarbeiten,
- Gefahrenanalysen, Sicherheitsberichte, Notfallplanung im Zusammenwirken mit den technischen Bereichen zu erstellen.

Im Bereich Organisation und Personal spielt die Ausbildung zur Beherrschung der Gefahren bei Störungen und Störfällen eine große Rolle.

Folie 13

Für eine Unterweisung der Beschäftigten, das Training der Führungskräfte und für Übungen sind Ausbildungsbedarf, -methoden, -termine festzulegen und die Kontrolle zu organisieren.

Ein weiterer Punkt im Sicherheitsmanagementsystem betrifft das Ermitteln und Bewerten des Störfallrisikos.

Folie 14

Im Sicherheitsmanagementsystem wird bestimmt, welche Verfahren zur systematischen Gefahrenanalyse bei bestimmungsgemäßem und nicht bestimmungsgemäßem Betrieb angewendet werden, z. B. Gefahrenanalyse nach dem Checklistenverfahren, nach dem PAAG-Verfahren oder andere. Es wird festgelegt, wie Störfallauswirkungen mit welchen Methoden abgeschätzt werden. In manchen Fällen ist es erforderlich, externen Sachverstand einzuholen.

Ein wesentliches Element im Sicherheitsmanagementsystem ist die Überwachung zum sicheren Betrieb der Anlagen.

Folie 15

Das Unternehmen legt seine internen Verfahrensweisen fest, wie – natürlich unter Beachtung der gesetzlichen Vorschriften – die Anlagen störungsfrei und im Interesse hoher Produktionsleistungen betrieben werden:

- Wann werden durch wen die Anlagen geprüft, aber nicht ausschließlich durch die behördliche Prüfung?
- In welchen Abständen werden welche Anlagen gewartet – bei laufender Produktion oder bei periodischen Stillegungen?
- Welche Verfahrensweise wird bei Instandsetzungen praktiziert, welche Subunternehmen werden einbezogen und wie ist deren Image?
- Welche Ebene führt in welchen Zeitabständen Betriebsinspektionen durch und wie werden die festgestellten Maßnahmen dokumentiert und ausgewertet?
- Sind für alle angewendeten Verfahren auch Anweisungen formuliert, die mögliche Abweichungen ausweisen und die entsprechenden Gegenmaßnahmen festlegen?
- Werden für Arbeiten an gefährlichen Anlagen, die mitunter eintönig sein können oder für die hohe Konzentration erfordernden Handlungen in Dispatcherzentralen Tätigkeitsbeobachtungen in welchen Zeitabständen durch wen durchgeführt?

Bei uns hilft besonders in diesem Teil des Sicherheitsmanagements die doppelte innerbetriebliche Kontrolle:

Folie 16

- Einerseits betrifft das die Dienstaufsicht durch die Direktoren, über die Abteilungsleiter und Schichtführer, die ja alle ohnehin für das Motivieren und Durchsetzen aller Aufgaben zuständig sind,
- andererseits spielt die Systemkontrolle durch die Beauftragten hierbei eine große Rolle, denn die unterschiedlichen Beauftragten für verschiedene Sicherheitsbereiche stellen die komplexe Durchsetzung auf allen Ebenen für ihren Zuständigkeitsbereich fest und entdecken leicht, wenn etwas in der Dienstaufsichtslinie verloren geht.

Es versteht sich von selbst, das bei Änderungen in der Technologie und an Anlagen von Beginn an Sicherheitsprobleme erkannt und gelöst werden.

Folie 17

Verfahren zur Planung von Änderungen bestehender Anlagen oder Verfahren oder zur Auslegung einer neuen Anlage oder eines neuen Verfahrens sind festzulegen und anzuwenden. Vorbeugende Sicherheitsanalysen sind bereits in der Planungsphase durchzuführen. Die Erkenntnisse solcher Sicherheitsbetrachtungen am Reißbrett, im Konstruktionsbüro oder in einer Pilotanlage zu Emissionen, zum Brand- und Explosionsschutz, zu Abwasser und Abfall, zur Planung der Handlungen in außergewöhnlichen Situationen können unter Umständen das Konzept zur Verhinderung von Störfällen verändern.

Da es bekanntlich kein Null-Risiko gibt, ist es im Sicherheitsmanagement erforderlich, Verfahren zur Ermittlung vorhersehbarer außergewöhnlicher Situationen festzulegen und anzuwenden.

Folie 18

Mögliche Szenarien, aber auch solche, die vernünftigerweise auszuschließen sind, sollten abgeleitet werden, um Klarheit über den hoffentlich nie eintretenden Störfall zu bekommen.
Die daraus abgeleiteten Vorkehrungen sind in einem internen, betrieblichen Notfallplan zu dokumentieren (in Russland gibt es hierzu durchaus zweckmäßige, aber unterschiedliche Vorgaben, die die Betriebe veranlassen, eigentlich zwei Pläne vorzubereiten. Ein Handlungsdokument mit allen erforderlichen Aspekten würde aber meines Erachtens ausreichen).
Die Angaben dieser internen Notfallpläne sind für die externen Notfallpläne der Behörden äußerst wichtig.
Das enge Zusammenwirken der Unternehmen mit den Behörden zur gegenseitigen Hilfeleistung ist im Rahmen des Sicherheitsmanagements für den Fall außergewöhnlicher Situationen zu regeln.

Das Sicherheitsmanagementsystem ist ein dynamisches System, d. h. einmal festgelegte Regeln im Betrieb sind durchaus nicht als ehernes Gesetz aufzufassen, sie müssen ab und zu auf den Prüfstand.

Folie 19

Damit die vom Staat geforderte und die vom Betrieb gewollte Sicherheit immer auf dem erforderlichen Niveau bleibt, muss das Sicherheitsmanagement „leben“. Das aber in einem Unternehmen zu organisieren, gehört zu den gesetzlichen Pflichten eines Betreibers.
Dazu sind wiederum Methoden zur Überwachung der Leistungsfähigkeit notwendig, gewissermaßen eine Qualitätssicherung für das Sicherheitsmanagementsystem:

- Mechanismen zur Untersuchung und Korrektur bei Nichterreichung der festgelegten Ziele sind einzurichten. Bei Nichterreichen dieser Ziele zur Beherrschung der Gefahren sind entsprechende Schlussfolgerungen zu ziehen und Maßnahmen festzulegen.
- Ein System für Meldungen von Störungen jeglicher Art, Beinaheunfällen, Unfällen, Versagen von Schutzmaßnahmen ist zu schaffen und regelmäßig zu überprüfen.

- Die Erfahrungen, die bei der Korrektur jeglicher Abweichungen gewonnen wurden, sind zu dokumentieren.
- Zweckmäßig ist das Durchführen von Workshops, um Erfahrungen anderer Bereiche aufnehmen zu können.

Schließlich rundet die systematische Überprüfung und Bewertung das Sicherheitsmanagement ab.

Folie 20

Dazu gehören unter anderem

- die monatliche Selbstkontrolle entsprechend einem Maßnahmeplan, jeder für seinen Zuständigkeitsbereich,

- Kontrollgänge der Beauftragten und Funktionsprüfungen von sicherheitstechnischen Einrichtungen,

- Anfertigen von Analysen zum erreichten Stand und zu speziellen Problemen im Zusammenwirken mit den zuständigen Abteilungen und Betriebsteilen,

- Regelmäßige Berichterstattung bei der Geschäftsführung durch die Beauftragten oder durch Abteilungsleiter zu speziellen Problemen,

- Unterbreitung von Vorschlägen zur Präzisierung des Sicherheitsmanagements.

Vieles, was hier jetzt kurz umrissen wurde, ist eigentlich selbstverständlich. Manches Unternehmen in Deutschland war der Meinung, man „renne durch eine offene Tür“. Bei einer systematischen Analyse reifte aber dann die Erkenntnis, dass man sein eigenes Sicherheitsmanagement doch noch besser einrichten kann. Erstaunt nahm man nach einer systematischen Analyse gewisse Defizite zur Kenntnis, deren Inhalte entweder in Vergessenheit geraten waren oder die man gar nicht erkannt hatte.

Wie gehen die Unternehmen heran, das Sicherheitsmanagementsystem zu ordnen.

Folie 21

Zunächst werden die Unternehmensziele zur Anlagensicherheit und zur Gefahrenabwehr formuliert. Sie stehen in Übereinstimmung mit Zielen zum Umweltschutz und zur Qualitätssicherung.

Es ist zweckmäßig, das SMS unter Beibehalten der im Unternehmen bewährten Praktiken zu dokumentieren, denn oft ist vieles nur mündlich festgelegt oder wird nach Belieben gehandhabt. Beim Weggang von Erfahrungsträgern gehen mitunter äußerst wichtige Erkenntnisse verloren und werden meistens unter eigentlich vermeidbaren Verlusten wieder gewonnen.

Es wird dafür gesorgt, dass festgelegte Sicherheitsmanagementpraktiken in allen Führungsebenen und Arbeitsbereichen umgesetzt werden. Wesentlich ist, dass jene Schwerpunkte umgesetzt werden, die für den jeweiligen Betrieb notwendig sind. Das Unternehmen benötigt dazu Freiräume, denn der Betrieb ist für seine Sicherheit verantwortlich, er haftet ja auch bei einem Störfall.

Als bedeutsam erweisen sich die betriebsinternen Aktivitäten. Eigenverantwortliches Überprüfen ist besser als auf behördliche Kontrollen zu warten.

Schließlich wird vieles dafür getan, die Mitarbeiter zur Sicherheit zu motivieren. Das darf keine einmalige Aktion sein, sondern ist als ständiger Prozess mit Leben zu erfüllen.

Wie ging man in den Ländern der EU heran? Ähnliche Schritte wären auch in der Russischen Föderation denkbar:

Folie 22

Ein erster Schritt setzt das Ändern oder Anpassen der gesetzlichen Grundlagen voraus. In Deutschland wurde die Störfall-Verordnung vor zwei Jahren neu verabschiedet.

Ein zweiter Schritt danach auf der Ebene der Unternehmen besteht im Ergänzen und Dokumentieren des Sicherheitsmanagementsystems. Das wird im Zusammenhang mit der Erarbeitung der neu geforderten Konzepte zur Verhinderung von Störfällen und mit dem Erstellen von Sicherheitsberichten realisiert.

Ein dritter Schritt ist eine ständige Aktion: Durchsetzen und laufendes Vervollkommnen des Sicherheitsmanagementsystems entsprechend den betrieblichen Bedingungen.

In den Betrieben selbst wird das Problem in der Regel folgendermaßen bewältigt:

Folie 23

Erstens wird das vorhanden Sicherheitsmanagementsystem im Werk analysiert. Das wird erfahrungsgemäß mittels ausführlichen Checklisten durchgeführt, meistens auch durch externe Sachverständige, die nicht mit der gewissen „Betriebsblindheit“ ausgestattet sind. Im Ergebnis werden inhaltliche und organisatorische Defizite aufgedeckt, und es wird festgelegt, was ist wie und wann zu tun.

Das nunmehr vervollständigte SMS wird dokumentiert, entweder in einem Sicherheitsmanagement-Handbuch oder als gesonderter Teil in einer anderen Management-Dokumentation (z. B. im Qualitätsmanagementhandbuch oder Umweltschutzmanagementhandbuch).

Parallel dazu wird das Konzept zur Verhinderung von Störfällen erstellt. Der darin enthaltene Aktionsplan ist gleichzeitig ein geeignetes Realisierungs- und Kontrollinstrument.

Das Umweltbundesamt in Deutschland unterstützte diesen Prozess bereits vor Erlass der Störfall-Verordnung durch Projekte, in deren Rahmen Beispiele zur Gestaltung des SMS für verschiedene Arten von Unternehmen ausgearbeitet wurden. Ein auch für Ihr Land zweckmäßiger Lösungsansatz, vor einer gesetzlichen Regelung solche Pilotvorhaben zu starten.

Mit der zunehmenden Durchsetzung marktwirtschaftlicher Bedingungen in der russischen Wirtschaft werden sich auch in den Betrieben, die gefährliche Stoffe verwenden, sicher Umstellungen ergeben. Die Seveso-II-Richtlinie bietet zu den Sicherheitsaspekten Lösungsmöglichkeiten nicht nur formal für gesetzliche Anpassungen, sondern auch für die praktische Umsetzung der Festlegungen in gefährlichen Objekten. Und das nicht nur zum Sicherheitsmanagement.

Anlage 7

Besuchsbericht über die Informationsreise

2002

Vorhaben:

„Modellhaftes technologisches Konzept für die Verbesserung der Sicherheit bei der Chlorlagerung am Beispiel eines Moskauer Großwasserwerkes in Verbindung mit Maßnahmen zur Verbesserung des anlagenbezogenen Gewässerschutzes“

UBS-FKZ 380 01 005

Euro Institute for Information and Technology Transfer in Environmental Protection GmbH

Programmteil

Besuch einer russischen Expertengruppe
Bei Unternehmen in Deutschland
28.01. bis 02.02.02

Besuchsbericht

A) Teilnehmer Seite 1

B) Besuchsprogramm Seite 2

C) Bericht über Firmenbesuche Seite 6

D) Arbeitsmappe für die russischen Experten Seite 12

E) Seminar beim RP in Darmstadt Seite 25

F) Beratung der projektbegleitenden Arbeitsgruppe Seite 32

Besuch einer russischen Expertengruppe
bei Unternehmen in Deutschland
28.01. bis 02.02.02

G) Teilnehmer

Russische Teilnehmer:

Fr. L. Ganchina	- Gosgortechnadsor Rossii, Abteilungsleiterin im Bereich Überwachung in der chemischen, ölchemischen und ölverarbeitenden Industrie
Hr. Dr. B. Jagoud	- Chlorbesopasnost, Direktor
Hr. Ju. Schemykin	- Moswodokanal, Wasserwerk "Rublewskaja", Hauptingenieur
Hr. A. Karpuschenko	- Moswodokanal, Wasserwerk "Nord"
Hr. V. Perevochtchikov	- Institut für Risiko und Sicherheit, Direktor
Hr. Dr. M. Segal	- Institut für Risiko und Sicherheit, Leiter der Abteilung

Deutsche Begleiter:

EITEP Euro Institute for Information and Technology Transfer in Environmental Protection:

Hr. Dr.- Ing. K.Ritter, Geschäftsführer, Leiter des Projektes (zeitweise)
Fr. Dr. L.Karsten, Projektmanagerin
Hr. G.P.Jürß, Referent
Fr. B. Langenhagen, Referentin (zeitweise)

Die Besuchsgruppe wird am Abend den 28.01.02 im Weingut "Schloß Vollrath" von DVGW / EITEP - Hauptgeschäftsführer Dr.Ritter begrüßt und in das Besuchsprogramm eingeführt.
Die Verabschiedung erfolgte am 01.02.02. in Darmstadt.

Besuch einer russischen Expertengruppe
bei Unternehmen in Deutschland
28.01. bis 02.02.02

B) Besuchsprogramm

Besuchsprogramm

"Modellhaftes technologisches Konzept für die Verbesserung der Sicherheit bei der Chlorlagerung am Beispiel eines Moskauer Großwasserwerkes in Verbindung mit Maßnahmen zur Verbesserung des anlagenbezogenen Gewässerschutzes" vom 28.1. bis 2.2.2002

Datum	**Uhr-zeit**	**Programm**	**Ansprechpartner**
Mo 28.01.		Ankunft Frankfurt - Flughafen (Aeroflot 255)	
	13.00	Mittagessen / Begrüßung durch Dr. Ritter	
	14.30	**ESWE Wiesbaden** Besichtigung Wasseraufbereitung Wasser aus der fließenden Welle des Flusses Rhein, Desinfektion mit ClO2 **Thema**: Desinfektion/Wiederverkeimung im Rohrnetz	Wasserwerk Wi-Schierstein Söhnleinstr. 42 Fr.Drews, 0611/780-4325
		Einchecken im Hotel Ludwigshafen	Hotel EUROPA, Ludwigshafen Ludwigsplatz 5-6 Tel: 0621 59870
	17.30	Gemeinsames Abendessen. Begrüßung durch Dr.Ritter	Schloß Vollrad, Oestrich-Winkel Tel: 06723 5270
Di 29.01.	9.00	**BASF Ludwigshafen** Besichtigung Chlorgaslager Thema: Sicherheit von Chlorlagern	Carl-Busch-Str. 1-3, Werkfeuerwehr Bau Z 70, H.Haselhorst, 0621/60-23301
	10.30	Weiterfahrt nach Langenau/Günzburg	

	13.00	Mittagessen	
	15.00	**Fa. Wallace & Tiernan, Günzburg** Besichtigung ClO2, Cl2, NaCl-Elektrolyse, UV-TW-Desinfektion **Thema**: Einsatz unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten	Auf der Weide 10 Fr. Hoser, 08221/904-225, Hr.Röske, Hr. Csontos
	18.00	Einchecken im Hotel Anschließend Abendessen in Ulm	Hotel Zettler, Günzburg, Ichenhauser Str. 26A Tel: 08221/ 36480
Mi 30.01.	9.30	**Landeswasserversorgung Baden-Württemberg, Langenau** (Donauwasser und Grundwasser) **Thema**: Betriebsmanagement/ Technologietransfer	Wasserwerk Langenau, Hr. Dr. Haakh, Fr. Dr.Fischeder, 0734/5963861
	11.30 13.00	Mittagessen Weiterfahrt nach Heidelberg	
	16.00	**Fa.Prominent Dosiertechnik, Heidelberg** Thema: Technologie für die Trinkwasserdesinfektion	Im Schuhmachergewann 5-11 H.Baumgärtner, 06221/842-549
		Abendessen im Schloß Heidelberg Eincheken in Hotel	Hotel Weinmichel, Darmstadt, Schleiermacherstr. 10-12 Tel.: 06151 / 29080
Do 31.01.	10.00	**<u>Regierungspräsidium Darmstadt</u>** Vortragsveranstaltung	Luisenplatz 2, Sitzungsaal NORD, Hr. Reinhard, 06151/12-5566
	18.30	Gemeinsames Abendessen	Übernachtung Hotel Weinmichel
Fr 01.02.	11.00	**Fa. Emco, Kirchhain** **Thema**: Anlagentechnik für Wasserwerke	Emcostr. 2-4 H.Kuttler, 06422/84-124
		Gemeinsames Mittagessen	

Sa 02.02.	vorm. 16.05	frei Rückflug Frankfurt - Flughafen (Aeroflot 256)	

Begleitpersonen: Frau Dr. Luisa Karsten Handy 0171/37344493
Herr G.-Peter Jürß Handy 0170/ 3243052

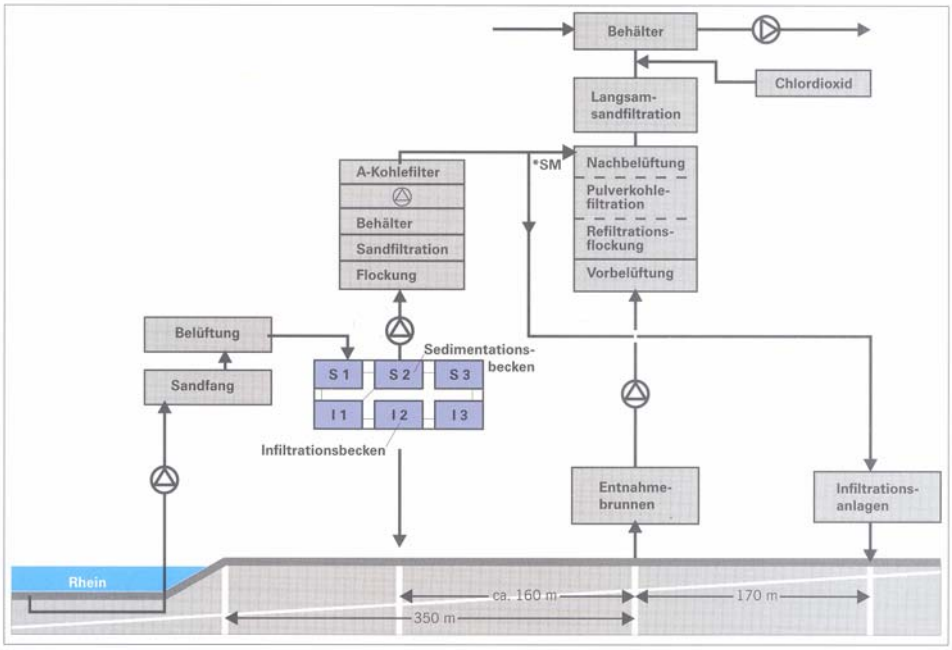
Besuch einer russischen Expertengruppe
bei Unternehmen in Deutschland
28.01. bis 02.02.02

C) Bericht über Firmenbesuche

Montag, 28.01.02

ESWE Versorgung AG, Schierstein, Wiesbaden
Besichtigung Wasseraufbereitung
Wasser aus der fließenden Welle des Flusses Rhein. Desinfektion mit ClO_2
Thema: Desinfektion / Wiederverkeimung im Rohrnetz
Betreuer im Unternehmen: Fr. Dipl.Ing. Drews, Betriebsleiterin

Die Wassergewinnung in Wiesbaden Schierstein ist für die Wasserversorgung der Landeshauptstadt und der sie umgebenden Region von grundlegender Bedeutung.
Die Jahresproduktion betrug in den letzten Jahren zwischen 5 und 7 Mio. m³/Jahr, das sind rund ein Drittel des Wiesbadener Wasserbedarfs. Da der Wiesbadener Raum aus geologischen Gründen arm an Grundwasser ist, nimmt man zur Trinkwassergewinnung aufbereitetes Rheinwasser hinzu.
Das ca. 1 km² große Wasserwerksgelände liegt ca. 10 km unterhalb der Mainmündung an einer Uferstrecke zwischen Rhein-Kilometer 506 und 507,5 auf der rechten Rheinseite.
Etwa 1/10 des gesamten Geländes wird von den sechs Becken eingenommen, die zusammen mit den Entnahme- und Infiltrationseinrichtungen parallel zum Rhein liegen.
Das aus der Strommitte in der Rheinsohle entnommene Wasser wird zunächst über den Sandfang und die Belüftungskaskade dem Beckensystem zugeleitet. Dort versickert ein kleiner Teil des Wassers. Der größere Teil wird nach Durchlaufen der Becken im Rheinwasseraufbereitungswerk physikalisch-chemisch bearbeitet und dann über Schluckbrunnen und Sickerschlitzgräben in den Boden infiltriert. Nach einer mehrwöchigen Verweilzeit im Boden wird das angereicherte Grundwasser über Entnahmebrunnen gefördert und anschließend im Grundwasseraufbereitungswerk zu Trinkwasser verarbeitet. Zwei Pumpwerke leiten dann das Wasser nach Desinfektion mit Chlordioxid in das Versorungsnetz. Wiederverkeimung im Netz ist wegen der Qualität des Trinkwassers und wegen des effektiven Rohrnetzmanagement ausgeschlossen.



*SM = Sondermaßnahme, Direkteinspeisung nur in Ausnahmefällen mit Genehmigung des RP-Darmstadt

Blockschema der Wassergewinnung Schierstein

Verfahrenschema:

Auf besonderen Wunsch der Verantwortlichen des Wasserwerkes“Moswodokanal“ Moskau, fand eine Besichtigu*ng mit anschließender* Erläuterung des *Wasserwerkes Wiesbaden-Schierstein,* der ESWE statt. Frau Dipl.-Ing. Drews stellte die technischen Anlagen dieses Wasserwerkes vor und stellte die Zusammenhänge zum deutschen Gesetzeswerk (Trinkwasserverordnung) und dem Regelwerk des DVGW besonders heraus.
Die Besucher hatten ausreichend Gelegenheit zur Fragestellung und erhielten zu den vorgetragenen Problemstellungen aus der Wasserwerkspraxis ihrer Heimat, sachkundige Antworten von den Fachleuten dieses Versorgungsunternehmens.

Dienstag, 29.01.01.

BASF Ludwigshafen
Besichtigung Chlorgaslager
Thema: Sicherheit von Chlorlagern.

Betreuern im Unternehmen: Hr. H.Haselhorst, Leiter Brandschutz,
Hr. S. Fiedler, Brandschutzingenieur

Die BASF ist ein transnationales Unternehmen der chemischen Industrie, das seinen Wert durch Wachstum und Innovation nachhaltig steigern will. Die BASF bietet ihren Kunden ein leistungsfähiges Sortiment, die hochveredelten Chemikalien, Kunststoffe, Farbstoffe und Pigmente, Dispersionen, Fahrzeug- und Industrielacke, Pflanzenschutzmittel, Feinchemikalien sowie Erdöl und Erdgas umfasst.
Die ausgeprägte Verbundstrategie ist eine besondere Stärke der BASF: Sie sichert Kostenführerschaft und somit langfristig entscheidende Wettbewerbsvorteile. Mit einem Umsatz von rund 36 Milliarden Euro im Jahr 2000 und über 90.000 Mitarbeiter ist die BASF eines der weltweit führenden Chemieunternehmen. Die BASF richtet ihr Handeln am Leitbild der nachhaltig zukunftsverträglichen Entwicklung, Sustainable Development, aus.

In den Vormittagsstunden wurde die Reisegruppe durch verantwortliche Mitarbeiter der Firma BASF (Hr. S.Fiedler, AIFireE, Brandschutzingenieur, Werkfeuerwehr) am Standort Ludwigshafen empfangen und schwerpunktmäßig über den besonderen Umgang mit Gefahrstoffen, insbesondere mit Chlor, informiert.
Anlagentechnik zur Abfüllung und Lagerung von Chlor sowie die Gefahrenabwehr beim Transport waren hier von besonderem Interesse und wurden intensiv hinterfragt.
Das Management eines Chemie-Großunternehmens beim Umgang mit Gefahrstoffen fand große Anerkennung.
Die Erläuterungen der Fachleute von BASF zur Durchführung von entsprechenden Übungen zur Gefahrenabwehr und die Zusammenarbeit mit den jeweiligen örtlichen Organen wurden ebenfalls mit großem Interesse aufgenommen.
Meldewege und Einsatzplanung wurden abschließend in der Leitzentrale anschaulich erläutert.

USF Wallace & Tiernan GmbH, Günzburg

Besichtigung ClO2, Cl2, NACl - Elektrolyse, UV - TW - Desinfektion
Thema: Einsatz unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten / Qualitätsmanagement

Betreuer im Unternehmen: Dipl.-Chem.Ing. W.Roeske, Leiter Vertrieb.

Seit 85 Jahren gehört Wallace & Tiernan zu den führenden Spezialisten in der Entwicklung und Herstellung von Dosier-, Meß- und Regelanlagen in allen Bereichen der Wasseraufbereitung.
Produktion: Herstellung von Chlordosieranlagen zur Desinfektion von Trinkwasser und Schwimmbeckenwasser mit Chlor bzw. Chlordioxid unter Berücksichtigung der gesetzlichen Bestimmungen zur Entkeimung des Wassers.
Produktion von Anlagen zur Phosphatelimination, Kalk- löschanlagen, Bereitungsanlagen für Polyelektrolytlösungen und Trockengutdosierer für den Abwasserbereich.
Herstellung von zur Überwachung und Dosierung notwendigen Mess- und Regelgeräten einschließlich der automatischen Steuerung.
Systemlösungen im Bereich der Wasseraufbereitung.
Fertigung von Präzisionsdruckmessgeräten und pneumatischen Messkoffern mit analoger und digitaler Anzeige für Kalibrierzwecke.

Nach dem offiziellen Empfang durch die Geschäftsleitung und Spezialisten aus Marketingabteilung (Dipl. Chem.-Ing. W. Roeske, Dipl. Chem.-Ing. G.Csontos) ist den Gästen die gesamte Produktpalette der Firma vorgestellt worden.
Unmittelbar in der Produktion konnten sich die Fachleute vom hohen Stand der Anlagentechnik: Dosieranlagen, UV – Desinfektionsanlagen überzeugen. Eine anschaulichen Darstellung ausgeführter Anlagen rundete diesen Besuch bei der Firma “Wallace & Tiernan“ ab. Besonderer Wert wurde auf die Darstellung des Qualitätsmanagements im Rahmen der ISO 9000 ff. gelegt.

Mittwoch, 30.01.02

Zweckverband Landeswasserversorgung. Wasserwerk Langenau.

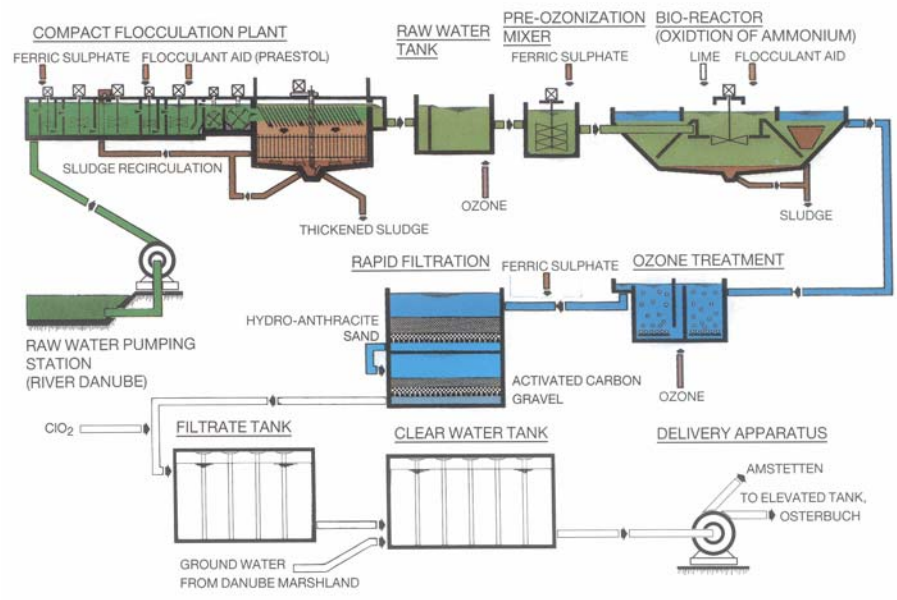
Donauwasser und Grundwasser.
Thema: Betriebsmanagement / Technologietransfer

Betreuer im Unternehmen: Fr.Dr.R.Fischeder, Leiterin des Labors

Der Zweckverband Landeswasserversorgung mit Sitz in Stuttgart betreibt mehrere Trinkwassergewinnungs- und -aufbereitungsanlagen, großvolumige Behälter, 8 Stromgewinnungsanlagen sowie ca. 250 km Transportleitungen.

Hauptziel ist die sichere Versorgung der angeschlossenen Verbände und Gemeinden mit Trinkwasser. Neben Grundwasser aus dem Donauried, aus dem Egauwasserwerk und aus Burgberg wird im Wasserwerk Langenau zusätzlich aufbereitetes Oberflächenwasser (Donauwasser) zum Transport bereitgestellt. Insgesamt werden jährlich mehr als 80 Millionen Kubikmeter Trinkwasser abgegeben. Es dient der Versorgung von ca. 2,5 Mio. Menschen und von zahlreichen Industriebetrieben.

Verfahrenschema der Wasseraufbereitung in Langenau :



Im Donauwasserwerk der Landeswasserversorgung Baden-Württemberg ,Langenau stand das Thema „Betriebsmanagement“ auf der Tagesordnung (Dr. R. Fischeder u. a.).
Die Gäste konnten aber auch die Anlagetechnik im Betriebszustand erleben, die am Tage zuvor bei der Firma „Wallace & Tiernan“ in Günzburg vorgestellt wurde.
Den Gästen wurde die gesamte Technik und das Trinkwasserlabor vorgeführt und wiederum der Betriebsalltag eines Wasserwerkes auf sehr anschauliche Weise nähergebracht.
Die bestehenden Interessenkonflikte bei der Grundwasserbewirtschaftung im Zusammenhang mit einer intensiven landwirtschaftlichen Nutzung wurden dabei ebenfalls nicht ausgespart. Den Fachleuten sind auch hier wichtige Informationen mit auf den Weg gegeben worden.

Prominent Dosiertechnik GmbH, Heidelberg

Thema: Qualitätsmanagement

Betreuer im Unternehmen: Herr Baumgärtner, Abteilungsleiter

Im Heidelberger Stammhaus ist ein großer Teil der Prominent Belegschaft in der Forschung und Entwicklung tätig. Hier stehen Laboratorien mit modernsten Ausrüstungen und Testständen zur Verfügung. Hier arbeitet die Firma an der Entwicklung ganz neuer Produkte und Verfahren. Gleichzeitig werden hier aber auch die bewährten Serienprodukte ständig auf den neuesten Stand gebracht. Ein Eigenfertigungsanteil von über 70% in der Produktion sichert ein optimales Qualitätsniveau und macht die Firma darüber hinaus unabhängig von den Schwankungen des Zuliefermarktes.
Sehr dichtes und gut ausgebautes Vertriebs- und Servicenetz erlaubt eine enge Kundenbetreuung und schnelles Reagieren auf Anfragen aller Art. Das Konzept der kurzen Wege wird flankiert durch ein Qualitätssicherungssystem, das nach DIN EN ISO 9001 zertifiziert ist und sich konsequent von der Marktforschung über die Entwicklung, die Produktion und den Versand, bis hin zur Schulung der Mitarbeiter zieht.
Die innovative Produktentwicklung und eine hochwertige Fertigungstechnik haben sich bewährt. Das erfolgreiche Unternehmenskonzept wird die ProMinent-Firmengruppe deshalb auch in der Zukunft umsetzen. Dem Aktionsradius sind dabei keine geografische Grenzen gesetzt. Mit den

unterschiedlichsten Bestimmungen und Normen auf dem internationalen Parkett ist Prominent bestens vertraut. Vertriebs- und Servicenetz und hoher Exportanteil haben Prominent zum weltweit anerkannten Partner in der Dosiertechnik gemacht.
Produktpalette: Magnetdosierpumpen, Motordosierpumpen, Mess- und Regeltechnik, Sensortechnik, Ozonerzeugungsanlagen, Elektrolyseanlagen, Chlordioxiderzeugungsanlagen, UV-Desinfektionsanlagen usw.

Vorrangiges Thema bei dem Besuch war auch hier die Trinkwasserdesinfektion mit den verschiedensten Verfahren die von diesem Unternehmen weltweit angeboten und realisiert werden. Im Mittelpunkt der Vorträge standen demzufolge die Anlagentechnik und die beispielhafte Ausführung von Anlagen sowie deren Kosten.

Freitag, 01.02.02

EMCO Wheaton, Kirchhain

Thema: Anlagentechnik

Betreuer im Unternehmen: Hr. Kuttler, Abteilungsleiter

Emco Wheaton ist ein weltweit anerkannter Lieferant und kompetenter Partner aller großen Mineralölgesellschaften, internationale Chemiekonzerne sowie der Lebensmittelindustrie, wenn es um den Transfer fließender, bzw. strömender Medien geht.
Das EMCO Wheaton Fertigungsprogramm umfaßt den kompletten Bereich für die Verladung fließender Stoffe.
Zubehör- und Ersatzteile sowie Einzelkomponenten gehören selbstverständlich auch zum umfangreichen Produktionsprogramm.
Schiffsverlader
Verladearme für Tank- und Kesselwagen
Schwimmsauganlagen
Drehgelenke usw.
Besonderes Interesse der Besucher lag an Drehgelenke, weil Firma EMCO für Mosvodokanal im Rahmen des o.g. Projektes einen Drehgelenkarm fertigt. Es fehlen jetzt nur noch einige Parameter, um dieses Gerät zu produzieren und im Wasserwerk Rubljowskaja zu installieren.
Lebhaft diskutiert wurden insbesondere die Fragen der Dichtigkeit gegen Gasaustritt in den beweglichen Teilen.
Die Expertengruppe wurde von Hr.Kuttler und andere Mitarbeiter der Firma EMCO begleitet, die alle Fragen und Problemen gelöst haben.

Besuch einer russischen Expertengruppe
bei Unternehmen in Deutschland
28.01. bis 02.02.02

D) Arbeitsmappe für die russischen Experten

Программа

" Русско-немецкий совместный проект: «Модельная технологическая концепция по улучшению обеспечения безопасности при хранении хлора на примере «Мосводоканала» с учетом мероприятий по подготовке питьевой воды путем внедрения новых технологий».

vom 28.1. bis 2.2.2002

Дата	**Время**	**Программа**	
Понедельник 28.01	12.35	Прибытие в аэропорт г. Франкфурта (Аэрофлот 255)	
	14.00	**ESWE г.Висбаден, Станция водоподготовки грунтовых вод** Знакомство с процессом водоподготовки Вода реки Рейн Дезинфекция с помощью ClO2 **Тема**: Дезинфекция / повторное заражение (загрязнение) в трубопроводных сетях	
	17.30	**Приветствие Dr. Ritter** / Ужин	**Schloß Vollrad**
		Регистрация в отеле г. Людвигсхафен	**Hotel EUROPA, Ludwigshafen** **Ludwigsplatz 5-6**
Вторник 29.01.	8.30	**BASF AG г. Людвигсхафен** Осмотр склада хлора **Тема**: Правила безопасности при хранении хлора	

	10.30	**Отъезд в г.Гюнцбург / Обед**	
	15.00	**Фирма Wallace & Tiernan/ г.Гюнцбург** ClO2, Cl2, NaCl-Электролиз, UV-TW-Дезинфекция **Тема**: Экономические аспекты применения	
	18.00	Совместный Ужин	**Hotel Zettler, Günzburg** **Ichenhauser Str. 26A**
Среда 30.01.	9.30	**Водоснабжение земли Баден-Вюртемберг/г. Лангенау** Вода реки Дунай и подземные воды **Тема**: Менеджмент производства/Передача современных технологий	
	11.30 13.00	Совместный обед Отъезд в Гейдельберг	
	16.00	**Фирма Prominent Dosiertechnik/г. Гейдельберг** **Тема:** Технология процесса дезинфекции при водоподготовке	
		Совместный ужин в Замке /Гейдельберг Регистрация в отеле	**Hotel Weinmichel, Darmsta**
Четверг 31.01.	10.00 13.30 15.00	**<u>Регирунгспрезидиум г.Дармштадт</u>** Семинар Обед Совместное заседание экспертов	
	18.30	Совместный ужин	**Hotel Weinmichel, Darmsta**

Пятница 01.02.	11.00	**Фирма Emco/ г. Кирххайн** **Тема**: Оборудование предприятий водоснабжения	
		Совместный обед	
	14.00	Возвращение в г.Дармштадт	**Hotel Weinmichel, Darmstadt**
Суббота 02.02.	Утро 16.05	Свободное время Вылет в Москву	

Сопровождают: Fr. Dr. Luisa Karsten Мобильный телефон: 0171/37344493
Herr G.-Peter Jürß Мобильный телефон: 0170/3243052

С Е М И Н А Р
в рамках русско-немецкого проекта
«Модельная технологическая концепция по улучшению обеспечения безопасности при хранении хлора на примере «Мосводоканала» с учетом мероприятий по подготовке питьевой воды путем внедрения новых технологий».

- ***Совместно с***

Регирунгспрезидиумом г. Дармштат
31 января 2002

10.00 **Приветствие**
- Регирунгспрезидент G. Dieke
- Г-жа Ганшина, Госгортехнадзор

Приветствие и введение
- Г-н Dr. Ritter, EITEP (Европейский Институт трансфера информации и технологий в области охраны окружающей среды) и DVGW (Немецкое Объединение Предприятий отрасли Газо- и Водоснабжения)

Правила безопасности и значение Отчетов о промышленной безопасности
- Г-н Dr. Ristau, (Регирунгспрезидиум, г.Дармштадт)

SPAS-программа
- Г-жа Dr. Korall, (Регирунгспрезидиум, г.Дармштадт)

Охрана водоёмов – основные направления / Охрана Рейна
- Г-н Reinhard, Регирунгспрезидиум, Дармштадт

Технические Правила - Требования и Организация
- DVGW (Немецкое объединение предприятий отрасли Газо- и Водоснабжения) научно – техническое объединение
  Г-н Dr. Ritter
- TÜV (Объединение по Техническому надзору)
  Г-н R. Leipnitz, TÜV Бавария, Хессен, Саксония

13.30 Обед

15.00 Заседание экспертной группы

17.00 Завершение мероприятия

Все доклады будут последовательно переводится.

Участники:

Русская делегация:
Г-жа Ганшина -Госгортехнадзор России
Г-н Др.Ягуд - Хлорбезопасность
Г-н Др.Сегаль - ИРБ
Г-н Перевощиков - ИРБ
Г-н Карпушенко - Мосводоканал
Г-н Шемякин - Мосводоканал

Регирунгспрезидиум/ЕЙТЕП
Г-н RP Dieke - Регирунгспрезидент
Г-н BORReinhardt - Regierungspräsidium
Г-н Др.Ristau - Regierungspräsidium
Г-жа Др.Korall - Regierungspräsidium
Г-н Др. Ritter - EITEP
Г-жа Др. Karsten - EITEP
Г-н Leipnitz - TÜV Süddeutschland

Основы к процессам дезинфекции и оксидации воды

Введение

Производство питьевой воды в России базируется в основном на подготовке воды из проточных водоёмов. В настоящее время, 86 % питьевой воды готовится из поверхностных вод и только 14 % из грунтовых вод.
В Германии очень мало питьевой воды готовится из речной воды, как например на водопроводной станции в Висбадене. Здесь практикуется водозабор проточной воды из Рейна, так как река Рейн на протяжении 80 километров до места водозабора не имеет ни одного значительного слива сточной воды. От промышленного центра Манхайм / Людвигсхафен, до Висбадена река Рейн регенерируется самостоятельно.
На схеме 1 показана принципиальная схема подготовки воды из проточных водоёмов для водопроводной станции Рублёво и пример схемы, типичной для Германии.

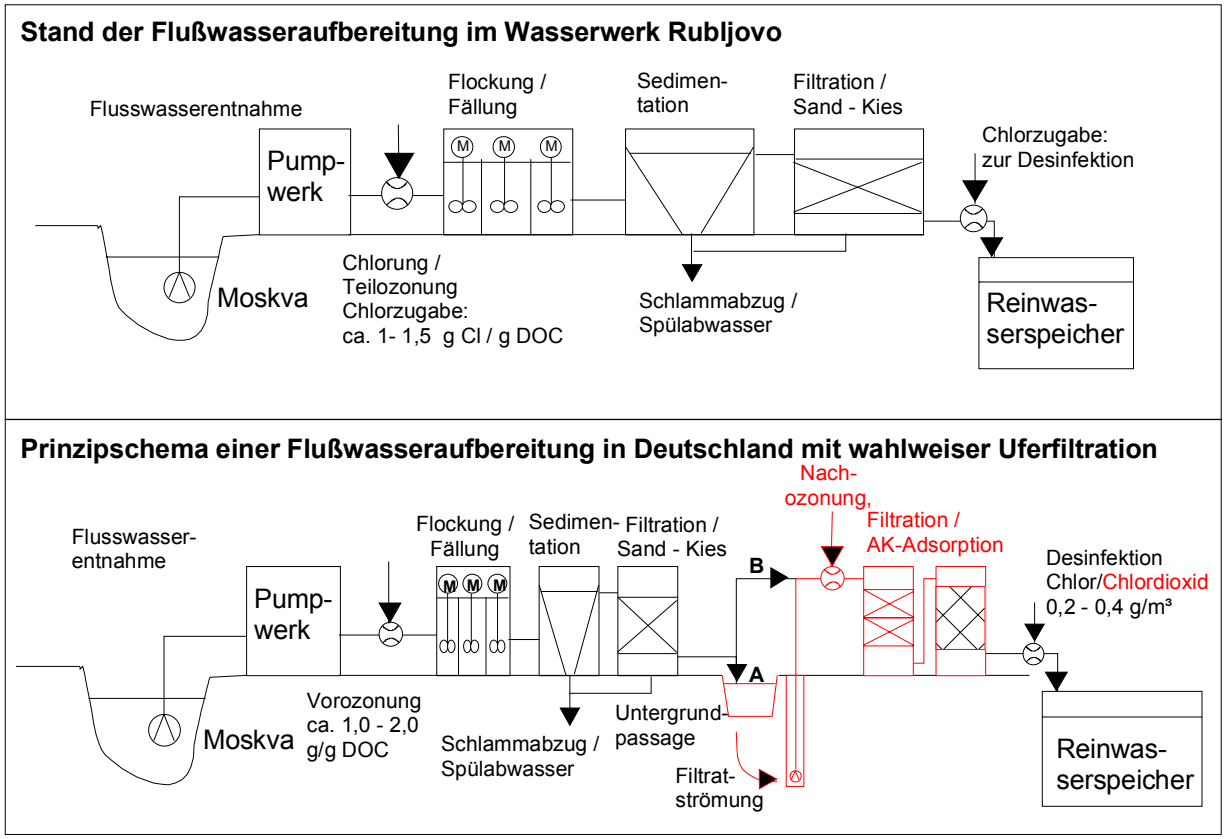
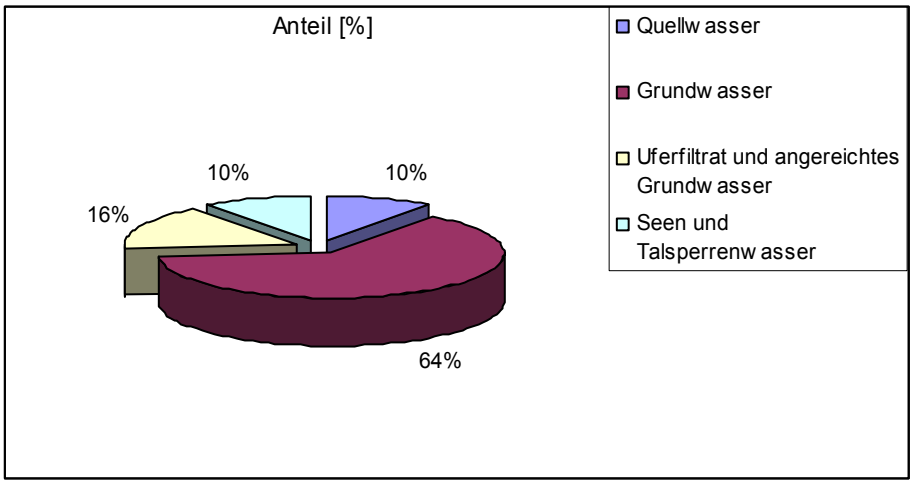


Схема 1: Сравнительные схемы подготовки питьевой воды из проточных водоёмов Россия / Германия

Качество воды в проточных водоёмах
Подготовка питьевой воды из проточных водоёмов в Германии отличается от подготовки грунтовых вод. Грунтовые воды отличаются составом растворенных в них минералов, в зависимости от материнских пород; прежде всего недонасыщенностью кислородом, повышенным содержанием железа и марганца ($c_{Fe} > 2$ г/м³, $c_{Mn} > 0{,}05$ г/м³), повышенным содержанием углекислоты или при известняковых почвах -повышенным содержанием кальция и магния.
Подготовка питьевой воды из грунтовых вод, как правило производится без дезинфекции (схема 1).



10% - озёра и водохранилища
10% - источники (родники)
16% -фильтрированная речная и очищенная грунтовая вода
64% - грунтовая вода

Схема 2: Ресурсы питьевого водоснабжения Германии. Эта схема демонстрирует, что в Германии главным источником питьевой воды являются грунтовые воды.

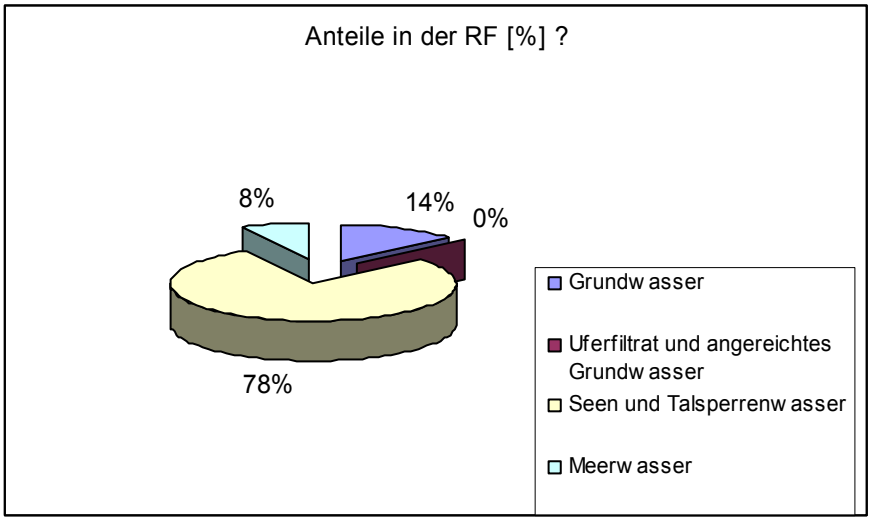


Схема 3: Ресурсы водоснабжения России
8% - морская вода
14% - грунтовая вода
78% - озёрная вода и из водохранилищ

Поверхностные воды характеризуются присутствием следующих (проблематичных) веществ:

- Органические кислоты (вещества перегноя)
- Микроводоросли, водоросли
- Микроорганизмы животного происхождения (бактерии, вирусы, паразиты)
- Тяжёлые металлы
- Органические комплексные вещества (EDTA, NTA et al.)

- Вещества для обработки растений и средства для борьбы с вредителями
- Медикаменты
- Прочие вещества, не поддающиеся биологической обработке, растворимые в воде.

Для удаления этих веществ, в Германии как правило производится начальная подготовка воды, фильтрация для удаления водорослей, интенсивное проветривание (аэрация), с заключительным пропуском воды через подземный туннель. Предварительно подготовленная таким образом вода выводится на поверхность, аэрируется (насыщается воздухом), фильтруется и дезинфицируется. Аэрация в основном производится с применением озона. Для дезинфекции, наряду с хлором, применяется в основном хлордиоксид.

Принятая в России техника подготовки питьевой воды ограничивается непосредственным забором воды из рек с последующим оксидированием хлором, коагулированием, отделением осадка, отстаиванием с последующей фильтрацией и заключительной дезинфекцией хлором. (схема 1).

Поскольку уже доказано, что хлор, взаимодействуя с многочисленными, содержащимися в воде, вредными веществами образует хлористые углеводороды, которые могут оказывать негативное влияние на организм человека, **хлорирование воды с целью оксидирования содержащихся в ней веществ, в Германии запрещено.**

В то же время хлор является важным дезинфекционным веществом, применяемым в Германии, как показано на диаграмме ниже.

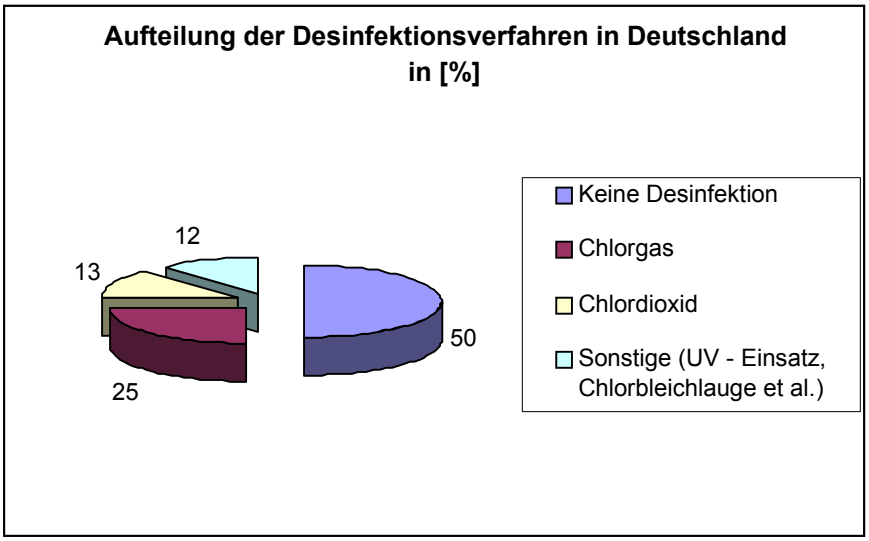


Схема 4: Применение дезинфекционных средств в Германии, данные 2000 года
50% - Без дезинфекции
25% - Газообразный хлор
13% - Хлордиоксид
12% - Остальные (ультрафиолет, хлорбелильный щёлок и т.д)

Предписания и правила при дезинфекции и оксидации

Немецкое / Европейское (EU) Законодательство

Подготовка питьевой воды в Германии ориентируется на немногочисленные законодательные и технические правила:

Европейские законы	**Функция**
Основные требования к водо-снабжению	Принимают решения об использовании водных ресурсов
Основные требования к качеству воды в водоёмах, разрешенных для купания	Определяют параметры качества воды, в водоёмах, используемых для купания, в первую очередь микробиологические параметры и условия окружающей среды
Требования к питьевой воде, для нужд населения	Определяют параметры качества, которым должна соответствовать питьевая вода
Немецкие законы	**Функция**
Закон о водоснабжении населения (WHG)	Решения об использовании водных рессурсов
Указания к требованиям к качеству питьевой воды TrinkwV	Определяют параметры качества, которым должна соответствовать питьевая вода; Перечень веществ , разрешенных для обработки воды
Указания к требованиям к качеству минеральной и столовой воды	Определяют параметры качества, которым должна соответствовать минеральная и столовая вода. Здесь возможен допуск минеральных веществ, которые не допущены требованиями TrinkwV (Например: Na^+ = 400 г/м³, в сравнении с TrinkwV < 150г/м³ !).
Земельные Законы о воде для каждой Земли Германии	
Закон о сточных водах AbwAG	Регулирует оплату отвода сточных вод для каждого непосредственного производителя сточной воды, согласно количеству содержащихся в воде вредных веществ
Указания для непосредственного и косвенного сброса сточной воды	Определяет конкретные допустимые значения для каждого параметра сточных вод, которые не должны быть превышены.
Указания к требованиям для предприятий, расположенных в городах	Определяют и регулируют максимальные нагрузки от шума, вредных веществ; минимальное освещение, потребность в свежем воздухе, оборудование рабочих помещений
Немецкая система правил	
DVGW – Система правил Вода/ Газ -/Вода	Рекомендации для оборудования установок, компонентов для установок в соответствии с законами, указаниями и DIN-нормами
DIN-нормы	Определяют специфические требования к веществам, применяемым при производстве питьевой воды (напр. $CaCO_3$), определяют техническую оснащённость установок специальным оборудованием, например озоновые установки и т.д.
Предписания по профилактике несчастных случаев	Предписания профессиональных союзов (страховых компаний для конкретных отраслей, которые определяют основные требования к предприятиям, к опасным установкам, к складам химикатов и т.д.и эти требования утверждают и проверяют).

Технические правила (свод правил) DVGW и DIN имеют в Германии такое же практическое значение, как Законы, хотя в них и не заложена функция обязательности к исполнению. При несчастных случаях и аварийных ситуациях, так же как и при серьезных нарушениях в работе оборудования Суды и Страховые компании проверяют соответствовало ли планирование, строительство и эксплуатация оборудования Техническим правилам DVGW и DIN.

2.2 Требования к дезинфекции по немецкому закону о питьевой воде / европейскому законодательству.

Согласно немецкому законодательству, сформулированы следующие требования к микробиологической чистоте питьевой воды в водоснабжении(TrinkwV):

Питьевая вода не должна содержать возбудителей болезней § 4, Абз. 1.

Существуют следующие допустимые пределы согласно актуальному выпуску TrinkwV, от 01.01.2001 (Приложение 1, часть I):

E.coli	0/100 мл
Ентерококки	0/100 мл
Coli формы	0/100 мл

Для воды, разливаемой в бутылки и другие ёмкости и используемой для питья определены слующие требования, Приложение 1 Часть 1

E.coli	0/250мл
Энтерококки	0/250мл
Coli формы	0/250мл
Pseudomonas aeroginosa	0/250мл
Число колоний 22°C	100/1мл
Число колоний 36°C	20/1мл

Требования к воде заливаемой в ёмкости являются более строгими в сравнении с требованиями к воде подаваемой через трубопроводы, поскольку в первом случае принимается во внимание срок хранения такой воды.

Определение некоторых терминов, в связи с дезинфекцией питьевой воды

Одноклеточные

Одноклеточные - это самые маленькие самостоятельные живые организмы, способные к саморазмножению путём деления клетки и имеющие собственный обмен веществ. Строение клетки предполагает ДНК, заключенное в ядре. Ядро клетки окружено протоплазмой.

Бактерии

Бактерии вместе с голубыми водорослями, так называемыми прокариотами, образуют самостоятельную системную единицу в классификации микроскопических организмов. Их размеры составляют 0,5 – 5 мкм. Клетка состоит из клеточной мембраны, внутренняя структура клетки слабо дифференцирована. Материал ядра (носитель генетической информации ДНК) образует фибриллярное тело непостоянной формы. (пример бактерий: возбудители тифа, холеры, туберкулёза, дизентерии).

Вирусы

Вирусы – это упакованные в протеиновую оболочку частицы генетического материала, которые могут перепрограммировать ферментный аппарат живых клеток на производство новых вирусов. Вирусы также называют „ошибочными генетическими кодами“ (возбудители болезней). Известным примером являются возбудители СПИДа.

Паразиты

Паразиты – это разновидность бактерий, которые питаются за счет других организмов и которые постоянно или временно находятся в организме «хозяина». В связи с водоподготовкой, имеются в виду патогеннодействующие бактерии, которые живут в воде и в данном случае используют человека, как «хозяина», для собственного размножения.

Дезинфекция

Дезинфекция в области подготовки питьевой воды и обработки сточных вод, означает уничтожение микроорганизмов, для того чтобы в случае употребления питьевой воды можно было не задумываясь наслаждаться её вкусом и предотвратить заражение инфекционными болезнями. При обработке сточных вод, дезинфекция сводится к уменьшению количества вредных микробов в очистных водах, перед тем как их снова сливают в водоприёмник.
Метод дезинфекции воды применяемый при водоподготовке, имеет своей целью с помощью оксидации уничтожить вредные микроорганизмы. В случае облучения ультрафиолетовыми лучами, основной целью является изменение генетического кода микроорганизмов так, чтобы прекратилось деление клетки возбудителя и их способность к размножению была разрушена.

Повторное заражение воды и потенциал повторного заражения:

Питьевая вода после дезинфекции и длительного отстаивания в системе трубопроводов имеет тенденцию повторного заражения - размножения в ней бактерий. Тенденция к повторному заражению зависит от выбранного метода дезинфекции, состояния системы трубопровода , от состава воды и от температуры воды.

Влияние времени хранения воды на её качество (деповлияние):

Выражение «депо-влияние» означает промежутки времени, в течение которых после применения дезинфицирующего вещества, способность этого вещества к обеззараживанию сохраняется. Это зависит от самого вещества, от его концентрации в момент применения и от качества воды.

Побочные продукты дезинфекции:

Дезинфицирующие средства действуют окисляюще на органические соединения в воде. Продукты результата реакции называются побочными продуктами дезинфекции.
При хлорировании появляются нежелательные побочные продукты дезинфекции, которые наносят вред здоровью. Примерами являются:

Трихлорметан,
Трихлорэтан.

ТНМ-Предварительные смеси:

Природная вода и сточная вода содержат вещества, которые при контакте с дезинфицирующим веществом – хлор, предпочитают превращаться в проблематичные тригалогенметаны. К этим веществам принадлежат многочисленные органические вещества:

- Альдегиды,
- Кетоны,
- Органические кислоты и т.д...

Окислительно-восстановительный потенциал:

Способность окисляющего вещества разрушать бактерии и вирусы называется редокспотенциал. Редокспотенциал описывает силу окисления водной системы в сравнении с нормальными водородными электродами. Чем больше редокспотенциал применяемого окислителя, тем выше его способность к окислению.

Методы оксидации и дезинфекции при водоподготовке

- ***Активная дезинфекция (при добавлении веществ, уничтожающих вредные бактерии):***

Под активной дезинфекцией, в этом случае, нужно понимать уменьшение числа вредных бактерий при добавлении химикатов - окислителей. Эти окислительные вещества должны быть разрешены TrinkwV (Немецкие Требования к качеству питьевой воды) и стоять в перечне допущенных веществ для приготовления питьевой воды.

При добавлении хлора:

Дозировка газообр.хлора	Cl_2
Белильный щёлок	$NaOCl$
Хлорная известь	$Ca(OCl)_2$
Электролиз хлора	OCl^-

Альтернативные хлору вещества и соединения :

Хлордиоксид	ClO_2
Озон	O_3
(Перекись водорода	H_2O_2)

Редко применяющиеся вещества:

Перманганат калия	$KMnO_4$
Перекись водорода	H_2O_2

- ***Активная дезинфекция (применение физического метода):***

Ультрафиолет. облучение	$h \times \nu$
Мембранный метод	$d_p < d_{mikro}$

- ***Пассивная дезинфекция (мероприятия для прекращения роста количества бактерий)***

Наряду с активным добавлением дезинфицирующего средства в воду, существуют и другие профилактические мероприятия, благодаря которым можно уменьшить количество дезинфицирующих средств и даже их полностью исключить (например грунтовая вода почти не требует дезинфекции):

- Защита водных ресурсов от загрязнения
- Защита и уход за системой распределения воды
- Отказ от фосфатсодержащих средств

В этом проекте, все методы, при которых применяется газообразный или жидкий хлор, признаны альтернативными методами дезинфекции.

Besuch einer russischen Expertengruppe
bei Unternehmen in Deutschland
28.01. bis 02.02.02

E) Seminar beim Regierungspräsidium in Darmstadt

Seminar

im Rahmen des Vorhabens

"Modellhaftes technologisches Konzept für die Verbesserung der Sicherheit bei der Chlorlagerung am Beispiel eines Moskauer Großwasserwerkes in Verbindung mit Maßnahmen zur Verbesserung des anlagenbezogenen Gewässerschutzes"

gemeinsam mit dem
Regierungspräsidium Darmstadt
31. Januar 2002

10.00

- **Begrüßung**
  - Regierungspräsident G. Dieke
  - Fr. Ganschina, Gosgortechnadsor
- **Begrüßung und Einführung**
  - Dr. Ritter, EITEP und DVGW
- **Störfallverordnung und Bedeutung des Sicherheitsberichts**
  - Dr. Ristau, RP Darmstadt
- **SPAS-Programm**
  - Fr. Dr. Korall, RP Darmstadt
- **Gewässerschutz-Alarmrichtlinie / Rhein-Alarm**
  - BOR Reinhard, RP Darmstadt
- **Technische Regeln - Anforderung und Organisation**
  - DVGW Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e.V.
    - technisch-wissenschaftliche Vereinigung
    Dr. Ritter
  - TÜV Technischer Überwachungsverein e.V.
    Herr R. Leipnitz, TÜV Bayern, Hessen, Sachsen

13.30 Mittagessen

15.00 Beratung der projektbegleitenden Arbeitsgruppe

Teilnehmer:

Russische Delegation

Fr. Ganschina - Gosgortechnadsor Rossii
Hr. Dr.Jagud - Chlorbesopasnost
Hr. Dr. Segal - IRB
Hr. Perewoschikow - IRB
Hr. Karpuschenko - Mosvodokanal
Hr. Schemykin - Mosvodokanal

Regierungspräsidium / EITEP

Hr. RP Dieke - Regierungspräsident
Hr. BOR Reinhardt - Regierungspräsidium
Hr. Dr.Ristau - Regierungspräsidium
Fr. Dr. Korall - Regierungspräsidium
Hr.Dr.Ritter - EITEP
Fr. Dr.Karsten - EITEP

Zusammenfassung der Vorträge

1. Begrüßung - Regierungspräsident Dieke, RP Darmstadt

RP Dieke begrüßt die russischen Gäste und stellt das Aufgabenfeld des Regierungspräsidiums Darmstadt, daß das größte und stärkste von drei hessischen Regierungspräsidien ist vor.

2. Begrüßung - Fr. Ganschina, Gosgortechnadsor Rossii

Fr. Ganschina bedankt sich bei RP Dieke und den deutschen Kollegen von EITEP für die Einladung und stellt kurz die Aufgabenfels von Gosgortechnadsor vor.

3. Begrüßung und Einführung - Dr. Ritter, EITEP

Dr.Ritter bedankt sich bei den beiden Vorrednern und führt kurz in die Problemstellung des Projektes „Modellhaftes technologisches Konzept für die Verbesserung der Sicherheit bei der Chlorlagerung am Beispiel eines Moskauer Großwasserwerkes in Verbindung mit Maßnahmen zur Verbesserung des anlagenbezogenen Gewässerschutzes“ ein.

4. Störfallverordnung und Bedeutung des Sicherheitsberichts

Dr. Ristau, RP Darmstadt

STÖRFALL-VO vom 26. April 2000
Verordnung zur Umsetzung EG-rechtlicher Vorschriften betreffend die Beherrschung der Gefahren bei schweren Unfällen mit gefährlichen Stoffen.

- Neuerungen/geschichtl. Entwicklung
- Konzept (Managementgedanke!)
- Sicherheitsbericht
- Beteiligung der Öffentlichkeit
- Behördenpflichten
- Meldeverfahren

5. SPAS-Programm

Fr. Dr. Korall, RP Darmstadt

Hessisches SonderProgramm AnlagenSicherheit - SPAS
Prüfung aller hessischen Störfallanlagen zwischen 1993 - 1999

Hessische Störfallanlagen - ca.600

Ergebnisse der SPAS

- Herausbildung von Standards wo kein Regelwerk vorhanden ist
  - Sicherheitsstandards
  - Formale Standards
- Verbesserung des Sicherheitsstandards in den Anlagen
- Dokumentation auf Stand
- Prüfung bildet Basis / Vorleistung für Inspektionsprogramm nach SEVESO II-RL
- Umfassende Anlagenkenntnisse
- Technisches Know-how zur Durchführung der Inspektionen nach SEVESO II-RL
- Liste mit bekanntgegebenen Sachverständigen

6. Gewässerschutz - Alarmrichtlinie / Rhein-Alarm

BOR Reinhardt, RP Darmstadt

Am **Flussgebiet des Rheins** sind darüber hinaus die Bundesländer Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, Saarland, Bayern, Baden-Württemberg, Thüringen und Niedersachsen und folgende Staaten beteiligt: Niederlande, Luxemburg, Belgien, Frankreich, Österreich, Schweiz, Lichtenstein und Italien.

Die Ministerinnen und Minister der Staaten am Rhein haben sich Anfang 2001 darauf verständigt, zur Koordinierung der Aufgaben nach WRRL eine Steuerungsgruppe einzusetzen. Die Steuerungsgruppe setzt sich aus nationalen Regierungsvertretern und weiteren nationalen/regionalen Vertretern zusammen.

Das Rheineinzugsgebiet wird in folgende Bearbeitungsgebiete (in Klammern federführendes Bundesland in Deutschland) gegliedert:

- Alpenrhein, Bodensee und sonstige Zuflüsse (Baden-Württemberg)
- Hochrhein (Baden-Württemberg)
- Oberrhein ohne Neckar und Main (Baden-Württemberg oder Rheinland-Pfalz)
- Neckar (Baden-Württemberg)
- Main (Bayern)
- Mittelrhein ohne Mosel (Hessen)
- Mosel und Saar (Rheinland-Pfalz)
- Niederrhein (Nordrhein-Westfalen)
- Deltarhein.

Gesamtverantwortlich für die Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie in Hessen ist das Hessische Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten (HMULF), Abteilung Wasser und Boden. Dabei werden wichtige Aufgaben an die jeweiligen Fachbehörden delegiert.
Im Ministerium wurde eine **Lenkungsgruppe** eingerichtet, deren Aufgabe es ist, den Prozess der Umsetzung in Hessen vorzubereiten und zu steuern. Das Ministerium stellt auch die übergeordnete Abstimmung mit den Flussgebietsgemeinschaften und der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) sicher. In Arbeitsgruppen werden verschiedene fachliche Aspekte der WRRL besprochen, um ein einheitliches Vorgehen in Hessen zu gewährleisten.
Im Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG) wurde das **Dezernat Flussgebietsplanung** eingerichtet. Das HLUG übernimmt wichtige Aufgaben in den Bereichen

Datenerfassung und -auswertung, Kartenerstellung sowie GIS-Anwendungen. Darüber hinaus wirkt es an der fachlichen Koordinierung innerhalb und zwischen den Flussgebieten und der Erarbeitung konzeptioneller Vorgaben mit.
Die **Staatlichen Umweltämter** der Regierungspräsidien (RPU) sind für die fachliche Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie - insbesondere der Erarbeitung des hessischen Teils des jeweiligen Maßnahmenprogramms und Bewirtschaftungsplanes - zuständig. Folgende regionale Zuständigkeiten wurden festgelegt:
Das jeweils koordinierde RPU ist verantwortlich für die fristgerechte Aufstellung des Bewirtschaftungsplans bezogen auf den hessischen Teil des jeweiligen Bearbeitungsgebietes. Aufgaben des koordinierenden Staatlichen Umweltamtes sind daher insbesondere:

- Aufstellung eines Projektplans und Controlling,
- Zusammenführung der erforderlichen Daten (soweit nicht HLUG),
- Abfassung der erforderlichen Berichte,
- frühzeitige Information und Abstimmung mit anderen regionalen und sonstigen Fachverwaltungen des Landes und des Bundes,
- Abstimmung von Maßnahmen, die sich über die Grenzen eines einzelnen RPUs hinaus auswirken,
- frühzeitige Abstimmung mit den Zielen der Raumordnung und der Landesplanung, einschließlich Information der Regionalversammlungen,
- Abstimmung mit Nachbarländern und anderen Behörden,
- Öffentlichkeitsbeteiligung (soweit dies im jeweiligen Bearbeitungsgebiet erforderlich ist).

Die übrigen RPUs sowie diejenigen hessischen Fachbehörden, die die erforderlichen Daten führen, arbeiten dem koordinierenden RPU zu. Für den Vollzug der erforderlichen Maßnahmen, die sich aus dem Bewirtschaftungsplan ergeben, bleiben die Zuständigkeiten unberührt, d.h. verantwortlich für die Umsetzung ist die jeweils auch heute zuständige Behörde.

Die rechtliche Umsetzung der WRRL wird durch Änderungen des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG), des hessischen Wassergesetzes (HWG) und durch den Erlass von Verordnungen erfolgen. Sie muss bis Ende 2003 abgeschlossen sein. Inwieweit Staatsverträge und Verwaltungsvereinbarungen in Bezug auf die erforderliche Koordinierung innerhalb eines Flussgebietes mit Nachbarländern notwendig werden, steht noch nicht endgültig fest

Rhein-Alarm

Der Gewässerschutz-Alarmplan des Umweltamtes beinhaltet einen Meldeplan für Sofort- und Folgemaßnahmen der Behörden und Stellen, die bei Unfällen oder sonstigen Ereignissen beim Transport und Umgang mit wassergefährdenden Stoffen zu informieren sind. Darin eingebunden sind die länderübergreifenden Richtlinien zum "Internationalen Warn- und Alarmdienst Rhein".

Die Erreichbarkeit der Mitarbeiter des Umweltamtes außerhalb der Dienstzeit ist über die Einsatzleitstelle der Branddirektion Frankfurt am Main gewährleistet. Hier liegt der Gewässerschutz-Alarmplan vor.

Für größere Betriebe und für Fernleitungen sind eigene Katastrophen- und Alarmpläne vorgeschrieben.

7. Technische Regeln - Anforderung und Organisation

- DVGW Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e.V. - technisch-wissenschaftliche Vereinigung

Dr.Ritter, EITEP

- TÜV Technischer Überwachungsverein e.V.

Hr. Leipnitz, TÜV Bayern, Hessen, Sachsen

Der TÜV - Von der Prüfinstitution zur Minimierung von technischen Risiken zum Dienstleistungsunternehmen

Gegründet vor 130 Jahren durch Betreiber von Dampfkesselanlagen als Selbstverwaltungsorgan der Wirtschaft mit dem Unternehmenszweck "Mensch, Umwelt und Sachgüter vor den nachteiligen Auswirkungen der Technik zu bewahren" - jeweils in den industriellen Ballungszentren in Baden, Württemberg, Bayern, Hessen und Sachsen (z.B. in Bayern als "Bayerischer Dampfkessel-Revisions-Verein").

Schrittweise Erweiterung der Arbeitsfelder parallel zur Technik-Entwicklung (u.a. Elektrischer Strom, Kraftfahrzeuge, Brandschutztechnik, Kraftwerkstechnik, Personenaufzüge, Seilbahnen, Kernkraftwerke, Umweltschutz, Produktsicherheit, Managementsysteme).

Schrittweise Internationalisierung im europäischen Binnenmarkt, in den USA und Fernost.

- Übersicht aller TÜVs in Deutschland
- TÜV Süddeutschland

1992 Fusion mit TÜV Sachsen zum TÜV Bayern Sachsen.

1996 Fusion mit TÜV Hessen zum TÜV Bayern Hessen Sachsen

1996 Fusion mit dem TÜV Südwest zum TÜV Süddeutschland.

1999 Zusammenführung der TÜV Hessen GmbH und TÜH in die TÜV Technische Überwachung Hessen GmbH (Mehrheitsgesellschafter TÜV Süddeutschland Holding AG).

Heutiges Profil:
Unabhängiger Partner der Privat- und Geschäftskunden

TÜV sorgt als unabhängiger Partner der Kunden für Zuverlässigkeit, Sicherheit, Qualität und Wirtschaftlichkeit im Spannungsfeld zwischen Mensch und Technik.

Mit den Dienstleistungen - Beratung, Gutachten, Tests, Prüfungen, Zertifizierungen und Ausbildung - werden 5,5 Millionen Privatkunden und viele Geschäftskunden aus allen Branchen erreicht.
Das Unternehmen ist markt- und kundenorientiert gegliedert: für die Hersteller und Betreiber von Anlagen und Bauwerken in den Bereich Industrie, für die Hersteller von technischen Serienprodukten in den Bereich Produkte und für die privaten und gewerblichen Kunden rund um das Auto in den Bereich Verkehr. In den Bereichen angesiedelte Business Units sind detailliert auf

ihre speziellen Kundengruppen bzw. Branchen hin konzipiert.

Der TÜV Süddeutschland erzielt mit rd. 10.000 Mitarbeitern einen Jahresumsatz von 1,6 Mrd. DM. Der Auslandsanteil beträgt rund 20%.

Weg in die Zukunft:
Das klassische Geschäft absichern, international ausbauen und mit E-Business in neue Dimensionen vorstoßen

Veränderungen bei den Rahmenbedingungen im Markt der technischen Dienstleistungen (Liberalisierung, Deregulierung, Internationalisierung) zusammen mit dem Wandel der Technik (insbesondere Mikroelektronik, Kommunikations- und Informationstechnik, netzbasierte Geschäfte und Geschäftsprozesse) führen zu neuen und veränderten Verhaltensweisen und Wünschen unserer Kunden. Portfolioverjüngung, insbesondere durch die Nutzung des Vertriebsweges Internet, sowie konsequente Internationalisierung definierter Produkte sind Chance und Herausforderung für das Unternehmen zugleich.

Durch zusätzliches E-Business, das die bestehenden Kunden noch stärker und häufiger an das TÜV bindet und neue Kunden bzw. Geschäftspartner in Allianzen zum Wohle der Kunden integriert, soll den Kunden noch besserer Mehrwert geboten und dadurch neue Geschäftsfelder erschlossen werden.

Beratung der projektbegleitenden Arbeitsgruppe

„Modellhaftes technologisches Konzept für die Verbesserung der Sicherheit bei der Chlorlagerung am Beispiel eines Moskauer Großwasserwerkes in Verbindung mit Maßnahmen zur Verbesserung des anlagenbezogenen Gewässerschutzes."

Termin: 31.01.2002 Ort: RP Darmstadt

Teilnehmer:

Fr. Ganschina
Hr.Dr. Jagud
Hr. Perevotschikov
Hr. Schemykin
Hr. Karpuschenko
Dr. Segal

MinR Dr. Pettelkau - verhindert
Hr. Winkelmann - verhindert
Dr. Ritter
Dr. König - verhindert
Dr. Karsten

Tagesordnung:

1. Einschätzung der bisher im Projekt erzielten Ergebnisse und der aktuellen Probleme.
2. Diskussion zum vorgelegten Sicherheitsbericht (deutsch / russisch)
3. Diskussion zum betrieblichen Alarm- und Gefahrenabwehrplan (deutsche / russische Fassung)
4. Inhalte einer Information der Öffentlichkeit in Rubljowo als Beispiel für Chlortanklager
5. Möglichkeiten zur Formulierung von Leitlinien zum Sicherheitsmanagement in der Russischen Föderation
6. Gibt es einen Stand der Sicherheitstechnik für Chlortanklager in der Russischen Föderation?
7. Vorbereitung des Abschlußseminars Anfang Juni
   - 7.1. Terminliche Festlegungen
   - 7.2. Inhalte der Vorträge auf der ECWATECH 2002
   - 7.3. Exponate und begleitende Firmen
8. Ziele der Schulungs- und Informationsbroschüre
9. Arbeiten zum Abschlußbericht

Ergebnisse:

Da Herr Dr. König wegen Krankheit kurzfristig absagen mußte, konnten nur einige Punkte besprochen werden:

Zu1. Einschätzung der bisher im Projekt erzielten Ergebnisse und der aktuellen Probleme.

Das Projekt konnte dank der Erfahrungen der beteiligten Partner bis jetzt zielorientiert durchgeführt werden.
Derzeit befindet man sich in einer entscheidenden Phase, in der die verschiedenen einzelnen Ausarbeitungen zu einem geschlossenen Gesamtbericht zusammen geführt werden.

Zu 2. Diskussion zum vorgelegten Sicherheitsbericht (deutsch / russisch)

und

Zu 3. Diskussion zum betrieblichen Alarm- und Gefahrenabwehrplan (deutsche / russische Fassung)

Da die Berichte den russischen Experten erst kurze Zeit in russisch zur Verfügung stehen, konnte eine tiefergehende Diskussion noch nicht erfolgen. Von den Vertretern von Mosvodokanal wurde allerdings bemängelt, daß die Berichte unvollständig (Anhänge) und in einigen Bereichen oberflächlich sind.

Zu 4. Inhalte einer Information der Öffentlichkeit in Rubljowo als Beispiel für Chlortanklager

Zu 5. Möglichkeiten zur Formulierung von Leitlinien zum Sicherheitsmanagement in der Russischen Föderation

Zu 6. Gibt es einen Stand der Sicherheitstechnik für Chlortanklager in der Russischen Föderation?

wurden nicht duskutiert.

Zu 7. Vorbereitung des Abschlußseminars Anfang Juni
- 7.1 Terminliche Festlegungen
- 7.2 Inhalte der Vorträge auf der ECWATECH 2002
- 7.3 Exponate und begleitende Firmen

Den Vorschlag, daß Abschlußseminar zu gleichen Zeit wie die ECWATECH 2002 durchzuführen wird zugestimmt, weil sich dadurch viele Synergien erzielen lassen. Eine Präsentation der Projektergebnisse auf den ECWATECH - Kongreß wird befürwortet. Die Beteiligung von deutschen Firmen am Abschlußseminar wird für sinnvoll erachtet.

Zu 8. Ziele der Schulungs- und Informationsbroschüre
Als Ziele der Broschüre wurden identifiziert:

a) Information über die Einstellung zum Chloreinsatz in Deutschland und Rußland.
b) Information über Sicherheitsfragen und Regularien bei der Desinfektion mit Chlor - Sicherheitsmanagement in Deutschland und in Rußland.
c) Information über alternative Verfahren zur Desinfektion mit Chlorgas - deren Vorteile und Nachteile.
d) Information über Hersteller alternativen Verfahren.

Zu 9. Arbeiten zum Abschlußbericht

Die Arbeiten zu Abschlußbericht (Dr.König) werden rechtzeitig begonnen, so daß die Konzeption zum Abschlußseminar vorliegt.

Anlage 8

Schulungs- und Informationsbroschüre Desinfektionsverfahren

2002

Vorhaben:

„Modellhaftes technologisches Konzept für die Verbesserung der Sicherheit bei der Chlorlagerung am Beispiel eines Moskauer Großwasserwerkes in Verbindung mit Maßnahmen zur Verbesserung des anlagenbezogenen Gewässerschutzes“

UBS-FKZ 380 01 005

Euro Institute for Information and Technology Transfer in Environmental Protection GmbH

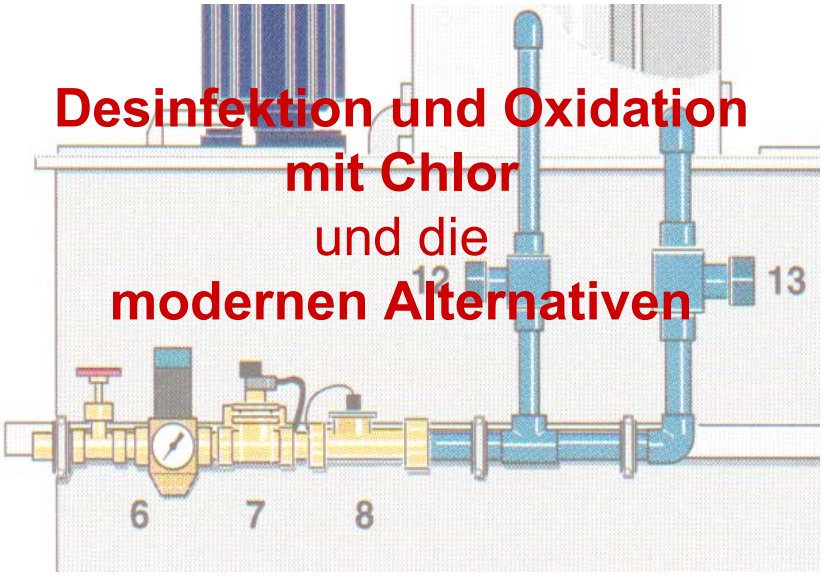
IRB OO

Russland

Germany

Handbuch

Desinfektion und Oxidation mit Chlor und die modernen Alternativen



Herausgeber

Dr. K. Ritter, EITEP
… Pereroschikow, IRB
… Jagud, Chlor…asnost

Schulungs- und Informationsbroschüre

Trinkwasserdesinfektion
Verfahren – Anlagen – Geräte

Stand der Technik
auf der Basis deutscher Gesetze,
Verordnungen und Regeln

1. **Einleitung**

2. **Krankheitserreger im Wasser**

3. **Vorschriften und Regeln der Trinkwasserdesinfektion**

3.1. Infektionsschutzgesetz

3.2. Deutsche Trinkwasserverordnung

3.2.1. Mikrobiologische Parameter

3.2.2. Chemische Parameter

3.2.3. Indikatorparameter

3.2.4. Aufbereitungsstoffe für die Desinfektion

3.2.5. Desinfektionsverfahren

3.3. DVGW-Regelwerk

3.4. Normen

3.4.1. DIN EN-Normen: Aufbereitungsstoffe

3.4.2. DIN EN ISO-Normen: Wasserbeschaffenheit

3.4.3. DIN-Normen: Messmethoden, Verfahrenstechnik

3.5. Unfallverhütungsvorschrift „Chlorung von Wasser“

4. **Begriffe der Trinkwasserdesinfektion**

4.1. Begriffe der Chlorung

4.2. Begriffe der Ozonung

4.3. Begriffe der UV-Bestrahlung
4.4. Begriffe der Membran-Filtration

5. **Desinfektionsmittel**

5.1. Chlorgas

5.2. Natriumhypochlorit

5.3. Calciumhypochlorit

5.4. Chlordioxid

5.5. Natriumdichloroisocyanurate

5.6. Ozon

5.7. Wasserstoffperoxid

5.8. Kaliumpermanganat

6. **Verfahrenstechnik der Chlorung**

6.1. Chlorgas-Dosieranlagen

6.1.1. Chlor-Verdampferanlagen

6.1.2. Sicherheitseinrichtungen für Chlorlager- und Chlordosierräume

6.1.3. Chlorgaswäscher (Chlorvernichtungsanlage)

6.2. Dosieranlagen für Natriumhypochlorit

6.3. Chlor-Elektrolyseanlagen

6.3.1. Rohrzellen-Elektrolyseanlagen

6.3.2. Membran-Elektrolyseanlagen

6.3.3. Anodische Oxidation

6.4. Dosieranlagen für Calciumhypochlorit

6.5. Chlordioxid Bereitungs- und Dosieranlagen

6.5.1. Chlorit-/Chlor-Verfahren

6.5.2. Chlorit-/Salzsäure-Verfahren

6.6. Mobile Chlorungsanlagen

6.6.1. Durchführung der Desinfektion

6.6.2. Vorreinigung und Spülung

6.6.3. Desinfektion von Behältern

6.6.4. Desinfektion von Rohrleitungen

6.6.5. Fahrbare und tragbare Chlorungsanlagen

7. Verfahrenstechnik der Ozonung

7.1. Trinkwasseraufbereitung mit Ozon

7.2. Anlagen zur Erzeugung von Ozon

7.3. Eintragsysteme für Ozon

7.4. Restozonentfernung

7.5. Unfallverhütungsvorschriften, Sicherheitseinrichtungen

8. **UV-Desinfektionsanlagen**

8.1. Anforderungen und Auslegung von UV-Bestrahlungsanlagen

8.2. Anforderungen an die Wasserqualität

8.3. UV-Bestrahlung zur Abtötung verschiedener Mikroorganismen

9. **Membranfiltrationsanlagen**

10. **Übersicht der Desinfektionsverfahren**

10.1. Beurteilung der Desinfektionsverfahren

10.2. Kostenvergleich der Desinfektionsmittel

11. **Kontrolle der Wassergüte**

11.1. Einsatz von Betriebsmessgeräten

11.2. Einbau der Messeinrichtungen

11.3. Temperatur

11.4. pH-Wert

11.5. Trübung
11.6. Freies Chlor, gebundenes Chlor, Gesamtchlor

11.7. Chlordioxid

11.8. Redox-Spannung

11.9. Ozon

11.10. UV-Adsorption

12. **Abbildungsnachweise**

1. Einleitung

Was die Bedeutung des Wassers bei der Übertragung bestimmter Infektionskrankheiten anbelangt, sind heute fundierte Kenntnisse vorhanden.

So können durch Trinkwasser eine Anzahl von Erkrankungen, insbesondere des Magen-Darm-Traktes, übertragen werden. Es handelt sich hierbei vor allem um Krankheiten wie Typhus, Paratyphus, Cholera, Brechdurchfall, Bakterienruhr, Leptospirosen und Wurmkrankheiten sowie durch Viren ausgelöste Krankheiten wie z. B. Hepatitis und Poliomyelitis.

So ist jedes vierte Krankenhausbett in der Welt von einem Patienten belegt, der durch das Trinken seuchenhygienisch nicht einwandfreien Wassers erkrankte. Auch heute noch sterben jährlich 10 Millionen Menschen an Krankheiten, deren Ursache mikrobiologisch verseuchtes Wasser ist. Durch den weltweiten Tourismus und damit durch die Verbindung mit endemischen Seuchengebieten ist eine Gefährdung des Trinkwassers in seuchenhygienischer Hinsicht jederzeit und überall gegeben.

Durch Trinkwasser darf es nicht zu einer Übertragung von Krankheitserregern kommen. Nicht überall und zu jeder Zeit kann auf ein Wasser zurückgegriffen werden, das dieser Anforderung bereits bei seiner Gewinnung genügt. Kontaminiertes bzw. potentiell kontaminiertes Wasser muss in einen Zustand gebracht werden, dass es nicht mehr zur Übertragung von Krankheitserregern kommen kann.

Die im Wasser enthaltenen Krankheitserreger müssen entweder durch Filtration aus dem Wasser entfernt werden oder durch Desinfektion abgetötet werden. Beide Verfahren sind jedoch in ihrer Elimentationsleistung nicht gleichwertig. Auf Grund ihrer natürlichen fäkalen Herkunft können die in Partikel eingebundenen bakteriellen und viralen Krankheitserreger und die gegen äußere Einflüsse einschließlich Desinfektion besonders widerstandsfähigen Parasiten nur durch Filtration zuverlässig entfernt werden.

Bei der Desinfektion, wie sie in der Trinkwasserversorgung üblicherweise eingesetzt wird, können sie nicht sicher abgetötet werden. Mit Hilfe der Desinfektion können nur einzelne frei suspendierte bakterielle und virale Krankheitserreger abgetötet werden.

Die Desinfektion sollte, wie in der Vergangenheit, zur Minimierung des Restrisikos eingesetzt werden und nicht zur Beseitigung einer nachweisbaren fäkalen Kontamination. Bei primär fäkal kontaminiertem Wasser müssen immer beide Verfahren - Filtration und Desinfektion - eingesetzt werden, um ein seuchenhygienisch einwandfreies Trinkwasser zu gewinnen. Jedes Verfahren für sich allein ist nicht ausreichend, um eine einwandfreie Trinkwasserversorgung sicherzustellen.

Die Desinfektion bietet, wie auch schon lange bekannt, einen wichtigen aber allein keinen ausreichenden Schutz vor einer Ausbreitung von Krankheitserregern mit dem Wasser. Die Zuverlässigkeit einer seuchenhygienisch einwandfreien Wasserversorgung beruht auf drei Säulen: Gewässerschutz, Aufbereitung und Desinfektion.
Die verschiedenen Schutzmaßnahmen lassen sich nicht beliebig gegeneinander austauschen. Mangelhafter Gewässerschutz oder Fehler bei der Aufbereitung können nicht durch eine Desinfektion des Trinkwassers ausgeglichen werden.

2. Krankheitserreger im Wasser

Die Krankheitserreger, die mit dem Wasser übertragen werden können, lassen sich in zwei Gruppen einteilen:

- Krankheitserreger, die im Rohwasser in so großen Mengen vorhanden sind, dass sie zu einer Gesundheitsgefährdung beim Menschen führen können und

- Krankheitserreger, die im Rohwasser in so niedrigen Konzentrationen vorhanden sind, dass sie zunächst keine Gefährdung darstellen, die sich aber beim Transport des Wassers im Verteilungssystem vermehren können und dann zu Infektionen führen können.

Eine Aufstellung der Erkrankungen bzw. Krankheitserregern ist in der Tabelle 1 wiedergegeben. In dieser Liste sind in den letzten eine Reihe neuer Krankheitserreger aufgenommen worden, und es ist zu erwarten, dass auch in Zukunft noch weitere hinzukommen. Es sind aber auch einiger Krankheitserreger, z. B. Wurmeier nicht aufgeführt. Sie werden nur unter hygienisch ganz mangelhaften Verhältnissen mit dem Wasser übertragen.

Die Krankheitserreger mit fäkal-oraler Ausbreitung werden über den Darm von Mensch und Tier ausgeschieden und zeichnen sich durch eine hohe Widerstandsfähigkeit gegen Umwelteinflüsse aus. Sie können auch noch nach Tagen, Wochen oder gar Monaten wieder zu einer Infektion beim Menschen führen, wenn sie z. B. mit Lebensmitteln oder Wasser aufgenommen werden.

Protozoen	**Bakterien**	**Viren**
Entamoeba histolytica (Amöbenruhr) Toxoplasmen Giardia intestinalis (Giardia lamblia) Cryptosporidien	Typhus Paratyphus Salmonellen Cholera E.coli (EHEC) Shigellen Yersinien Campylobacter	Hepatitis A und E (Gelbsucht) Poliomyelitis (Kinderlähmung) Adenoviren Norwalkviren Coxackieviren Enteroviren Rotaviren

Tabelle 1: Erkrankungen bzw. Krankheitserregern, die mit dem Wasser verbreitet werden können, und bei denen die Krankheitserreger bereits im Rohwasser in gesundheitlich bedenklichen Mengen vorhanden sind.

Die Tabelle 2 enthält eine Auflistung der Mikroorganismen, die sich im Wasser vermehren können. Außer für Legionellen gibt es noch keine Empfehlungen, um eine Vermehrung und damit ein mögliches Gesundheitsrisiko durch diese Mikroorganismen zu vermeiden. Die Legionellen stellen ein Gesundheitsrisiko für alle Menschen dar, unabhängig von irgendwelchen gesundheitlichen Vorschädigungen. Die anderen Krankheitserreger gefährden in der Regel nur Personen mit geschwächtem Immunsystem.

Diese Personen halten sich aufgrund der Schwere der Erkrankung im allgemeinen im Krankenhaus auf und müssen durch besondere Maßnahmen nicht nur vor den Mikroorganismen im Wasser, sondern auch vor Erregern aus anderen Quellen geschützt werden.

Legionellen Pseudomonas aeruginosa Flavobakterien Acinetobacter atypische Mycobakterien Aeromonas hydrophila Yersinien Amöben (Acantamöben, Narglerien)

Tabelle 2: Krankheitserreger, die sich im Verteilungssystem vermehren können.

Die größerer gesundheitlicher Bedeutung und bedenklich für alle Personen, auch ohne eine Vorschädigung einer anderen Erkrankung, sind die Krankheitserreger mit fäkal-oraler Übertragung. (Tabelle 1)

Diese Krankheitserreger liegen aufgrund ihrer fäkalen Herkunft nicht isoliert, einzeln suspendiert im Wasser vor, sondern in sogenannten Aggregaten, Partikeln oder Klümpchen, umgeben von Substanzen, die sie schützen.

Diese Begleitstoffe stören die mechanische Elimation nicht. Große Partikel lassen sich in der Regel sogar besser abfiltern, als kleine. Dies gilt auch für Klumpen von Mikroorganismen mit fäkalen Begleitstoffen im Vergleich zu einzelnen frei suspendierten Mikroorganismen.

So stellt eine kontrollierte Filtration eine wichtige Vorstufe der Desinfektion dar. Bei der Desinfektion werden durch physikalische Einwirkung z. B. in Form von UV-Strahlen und Hitze oder durch chemische Reaktionen die Krankheitserreger so verändert, dass sich die Mikroorganismen nicht mehr vermehren können.

Nur die thermische Desinfektion besitzt eine gleichermaßen zuverlässige Wirkung gegen alle viralen, bakteriellen und parasitären Krankheitserreger, unabhängig davon, ob sie frei suspendiert oder in Schmutzpartikel eingebunden sind.

Für eine zentrale Trinkwasserversorgung ist das Abkochen jedoch kein geeignetes Verfahren. Zu Notzeiten aber kann durch Abkochen aus einem verunreinigten Wasser ein seuchenhygienisch unbedenkliches Trinkwasser gewonnen werden.

Die anderen in der Trinkwasserversorgung üblichen Desinfektionsverfahren sind gegenüber Krankheitserregern, die in Schmutzpartikeln eingebunden sind, wirkungslos. Daher ist in diesen Fällen eine Filtration mit vorhergehender Flockung dringend notwendig.

Die hohe Bedeutung der Filtration für die Bereitstellung eines seuchenhygienisch einwandfreien Trinkwassers ist nochmals durch die durch Parasiten (Cryptosporiden, Giardien, Toxoplasmen) verursachten Epidemien deutlich geworden.

Von den Parasiten ist erst in den letzten Jahren bekannt geworden, dass sie mit dem Wasser übertragen werden können und beim Menschen zu Infektionen führen.

Parasiten und in Parasiten eingebundene bakterielle und virale Krankheitserreger können nicht durch die üblicherweise in der Trinkwasserversorgung eingesetzten Desinfektionsverfahren abgetötet werden. Sie müssen im Vorfeld der Trinkwassergewinnung durch Gewässerschutz aus dem Wasser ferngehalten werden oder durch natürliche Filtration bei der Untergrundpassage oder durch künstliche Filtration bei der Aufbereitung aus dem Wasser entfernt werden. Auch einzelne frei suspendierte bakterielle und virale Krankheitserreger werden in hohem Umfang oder sogar vollständig zurückgehalten.

Mit Hilfe der Desinfektion, die sich an die Filtration anschließt, sollen einzelne frei suspendierte bakterielle und virale Krankheitserreger abgetötet werden, die auch bei optimalem Betrieb das Filter gelegentlich passieren können.

Aufgrund der hohen Bedeutung der Filtration für die Versorgung mit einem seuchenhygienisch einwandfreien Trinkwasser muss primär fäkal belastetes Rohwasser erst filtriert und anschließend desinfiziert werden. Jedes Verfahren ist für sich allein nicht ausreichend, um ein seuchenhygienisch einwandfreies Trinkwasser zu gewinnen.

3. Vorschriften und Regeln der Trinkwasserdesinfektion

3.1. Infektionsschutzgesetz

Die genaue Bezeichnung lautet: Gesetz zur Verhütung und Bekämpfung von Infektionskrankheiten beim Menschen (Infektionsschutzgesetz - IfSG).

Dieses Gesetz ist am 01. Januar 2001 in Kraft getreten. Zweck des Gesetzes ist es, übertragbare Krankheiten bei Menschen zu erkennen und ihre Weiterverbreitung zu verhindern. Im Sinne dieses Gesetzes ist ein Krankheitserreger ein vermehrungsfähiges Agens (Virus, Bakterium, Pilz, Parasit) oder ein sonstiges biologisches transmisibles Agens, das bei Menschen eine Infektion oder übertragbare Krankheit verursachen kann.

Als Infektion wird die Aufnahme eines Krankheitserregers und seine nachfolgende Entwicklung oder Vermehrung im menschlichen Organismus definiert.
Zu den meldepflichtigen Krankheiten die durch das Wasser übertragen werden können, sind in diesem Gesetz aufgeführt: Cholera, akute Virushepatitis, Poliomyelitis, Typhus, Paratyphus, Tuberkulose.

Meldepflichtige Nachweise von Krankheitserregern, die im Wasser sein können, sind: Adenoviren, Cryptosporidien parvum, Eschenichia coli (EHEC), Eschericha coli, sonstige darmpathogene Stämme, Giardia lamblia, Hepatitis A und E - Virus, Legionelle sp., Poliovirus, Rotavirus, Salmonella Paratyphi, Salmonella Typhi, Salmonelle sonstige, Shigella sp., Vibrio cholerae 01 und 0139, Yersinia enterocolitica, darmpathogen.

Im § 37, Abschnitt 7 des Infektionsschutzgesetzes wird zur Beschaffenheit von Wasser für den menschlichen Gebrauch Stellung genommen.

Hier heißt es: Wasser für den menschlichen Gebrauch muss so beschaffen sein, dass durch seinen Genuss oder Gebrauch eine Schädigung der menschlichen Gesundheit, insbesondere durch Krankheitserreger, nicht zu besorgen ist.

Weiterhin heißt es im Infektionsschutzgesetz: Wassergewinnungs- und Wasserversorgungsanlagen einschließlich ihrer Wasseraufbereitungsanlagen unterliegen der Überwachung durch das Gesundheitsamt, wobei in diesem Falle das Grundrecht der Unverletzlichkeit der Wohnung eingeschränkt wird, mit anderen Worten: Das Gesundheitsamt kann auch ohne Einwilligung des Betreibers einer Trinkwasserversorgung Gelände und Gebäude betreten um Untersuchungen durchzuführen.

Im Infektionsschutzgesetz wird das Bundesministerium für Gesundheit in § 38 aufgefordert, eine Rechtsverordnung zu erlassen.
Diese Forderung des Gesetzgebers ist durch die Verordnung über die Qualität vom Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung - TrinkwV 2001) erfüllt. Die neue Trinkwasserverordnung tritt am 01.01.2003 in Kraft und setzt gleichzeitig die EG-Richtlinie 98/83 des Rates der Europäischen Union vom 01.11.1998 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch in nationales Recht um.

3.2. Deutsche Trinkwasserverordnung

Zweck der Verordnung ist es, die menschliche Gesundheit vor den nachteiligen Einflüssen, die sich aus der Verunreinigung von Wasser ergeben, das für den menschlichen Gebrauch bestimmt ist, durch Gewährleistung seiner Genusstauglichkeit und Reinheit zu schützen.

Im Sinne dieser Verordnung ist "Trinkwasser" alles Wasser, im ursprünglichen Zustand oder nach Aufbereitung, das zum Trinken, zum Kochen, zur Zubereitung von Speisen und Getränken oder zu den folgenden anderen häuslichen Zwecken bestimmt ist:

- Körperpflege und -reinigung
- Reinigung von Gegenständen, die bestimmungsgemäß mit Lebensmitteln in Berührung kommen,
- Reinigung von Gegenständen, die bestimmungsgemäß nicht nur vorübergehend mit dem menschlichen Körper in Kontakt kommen.

Dies gilt ungeachtet der Herkunft des Wassers, seines Aggregatzustandes und ungeachtet dessen, ob es für die Bereitstellung auf Leitungswegen, in Tankfahrzeugen, in Flaschen oder anderen Behältnissen bestimmt ist;

Nach der Trinkwasserverordnung 2001 ist "Wasser für Lebensmittelbetriebe" alles Wasser, ungeachtet seiner Herkunft und seines Aggregatzustandes, das in einem Lebensmittelbetrieb für die Herstellung, Behandlung, Konservierung oder zum Inverkehrbringen von Erzeugnissen oder Substanzen, die für den menschlichen Gebrauch bestimmt sind. Weiterhin Wasser zur Reinigung von Gegenständen und Anlagen, die bestimmungsgemäß mit Lebensmitteln in Berührung kommen können, soweit die Qualität des verwendeten Wassers die Genusstauglichkeit des Enderzeugnisses beeinträchtigen kann.

Im Sinne der Trinkwasserverordnung sind Wasserversorgungsanlagen Anlagen einschließlich des dazugehörenden Leitungsnetzes, aus denen auf festen Leitungswegen an Anschlussnehmer pro Jahr mehr als 1000 m^3 Wasser für den menschlichen Gebrauch abgegeben wird, aber auch Anlagen, aus denen pro Jahr höchstens 1000 m^3 Wasser für den menschlichen Gebrauch entnommen oder abgegeben wird (Kleinanlagen), sowie sonstige, nicht ortsfeste Anlagen und Anlagen der Hausinstallation, aus denen Wasser für den menschlichen Gebrauch aus einer Anlage an Verbraucher abgegeben wird.

Somit sind auch die Hausinstallationen in ihrer Gesamtheit der Rohrleitungen, Armaturen und Geräte, die sich zwischen dem Punkt der Entnahme von Wasser für den menschlichen Gebrauch und dem Punkt der Übergabe von Wasser aus einer Wasserversorgungsanlage befinden, nach der Trinkwasserverordnung Wasserversorgungsanlagen.

3.2.1. Mikrobiologische Parameter

Nach der Trinkwasserverordnung muss Wasser für den menschlichen Gebrauch frei von Krankheitserregern, genusstauglich und rein sein. Dieses Erfordernis gilt als erfüllt, wenn bei der Wassergewinnung, der Wasseraufbereitung und der Verteilung die allgemein anerkannten Regeln der Technik eingehalten werden und das Wasser für den menschlichen Gebrauch den mikrobiologischen und chemischen Anforderungen der Verordnung entspricht.

Weiterhin sind die in der Trinkwasserverordnung aufgeführten "Indikatorparameter" und deren festgelegten Grenzwerte einzuhalten. Die mikrobiologischen Parameter sind in den Tabellen 3 und 4 aufgeführt.

Lfd. Nr.	PARAMETER	GRENZWERT Anzahl / 100 ml
1	Escherichia coli (E. coli)	0
2	Enterokokken	0
3	Coliforme Bakterien	0

Tabelle 3: Allgemeine mikrobiologische Anforderungen an Wasser für den menschlichen Gebrauch

Lfd. Nr.	PARAMETER	GRENZWERT
1	Escherichia coli (E. coli)	0/250 ml
2	Enterokokken	0/250 ml
3	Pseudomonas aeruginosa	0/250 ml
4	Koloniezahl bei 22°C	100/ml
5	Koloniezahl bei 36°C	20/ml
6	Coliforme Bakterien	0/250 ml

Tabelle 4: Mikrobiologische Anforderungen an Wasser für den menschlichen Gebrauch, das zur Abfüllung in Flaschen oder sonstige Behältnisse zum Zwecke der Abgabe bestimmt ist.

Im Wasser für den menschlichen Gebrauch dürfen Krankheitserreger im Sinne des Infektionsschutzgesetzes nicht in Konzentrationen enthalten sein, die eine Schädigung der menschlichen Gesundheit besorgen lassen.

Im Wasser für den menschlichen Gebrauch dürfen die in Tabelle 3 festgesetzten Grenzwerte für mikrobiologische Parameter nicht überschritten werden.
Im Wasser für den menschlichen Gebrauch, das zum Zwecke der Abgabe in Flaschen oder sonstige Behältnisse abgefüllt wird, dürfen die in Tabelle 4 festgesetzten Grenzwerte für mikrobiologische Parameter nicht überschritten werden.

Soweit der Unternehmer und der sonstige Inhaber einer Wasserversorgungs- oder Wassergewinnungsanlage oder ein von ihnen Beauftragter hinsichtlich mikrobieller Belastungen des Rohwassers Tatsachen feststellen, die zum Auftreten einer übertragbaren Krankheit führen können, oder annehmen, dass solche Tatsachen vorliegen, muss eine Aufbereitung, erforderlichenfalls unter Einschluss einer Desinfektion, nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik erfolgen.

In Leitungsnetzen oder Teilen davon, in denen die in den Tabellen 3 und 4 aufgeführten mikrobiologischen Anforderungen nur durch Desinfektion eingehalten werden können, müssen der Unternehmer und der sonstige Inhaber einer Wasserversorgungsanlage eine hinreichende Desinfektionskapazität durch freies Chlor oder Chlordioxid vorhalten.

3.2.2. Chemische Parameter

Für die chemischen Parameter die in der Trinkwasserversorgung aufgeführt sind, gilt allgemein:

Im Wasser für den menschlichen Gebrauch dürfen chemische Stoffe nicht in Konzentrationen enthalten sein, die eine Schädigung der menschlichen Gesundheit besorgen lassen.
Konzentrationen von chemischen Stoffen, die das Wasser für den menschlichen Gebrauch verunreinigen oder seine Beschaffenheit nachteilig beeinflussen können, sollen so niedrig gehalten werden, wie dies nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik mit vertretbarem Aufwand unter Berücksichtigung der Umstände des Einzelfalles möglich ist.

Hier sollen allerdings nur zwei für die Desinfektion relevanten chemischen Parameter besprochen werden: Trihalogenmethane und Bromat.

Bei der Chlorung und Ozonung entstehen als Desinfektionsnebenprodukte (DNP) Trihalogenmethane.

Enthält ein Rohwasser Bromide, so entsteht durch die Ozonung Bromat. Bromat kann weiterhin auch durch Natriumhypochlorit-Lösung, wenn diese als Desinfektionsmittel eingesetzt wird, ins Trinkwasser

gelangen. Daher sollte für die Chlor-Elektrolyse nur Salz mit geringem Bromid-Gehalt eingesetzt werden.

Die neue Trinkwasserverordnung legt einen Grenzwert für Trihalogenmethane von 0,05 mg/l fest, der am Zapfhahn des Verbrauchers einzuhalten ist. Eine Untersuchung auf Trihalogenmethane im Versorgungsnetz ist allerdings nicht erforderlich, wenn am Ausgang des Wasserwerkes der Wert von 0,01 mg/l nicht überschritten wird.

Ein entsprechender Nachweis ist vom Wasserversorgungsunternehmen zu erbringen, wenn auf Untersuchungen im Netz verzichtet werden soll. Ein spezieller Grenzwert für den Fall von erhöhten Chlordosierungen ist nicht mehr angegeben.

Die Abgabe von Trinkwasser, bei dem der Grenzwert überschritten wird, ist nach der neuen Verordnung strafbar. Allerdings entfällt die Strafbarkeit bei unverzüglicher Anzeige der Grenzwertüberschreitung an das Gesundheitsamt bis zu dessen Entscheidung über zu treffende Maßnahmen. Es wird empfohlen, mit dem Gesundheitsamt Absprachen zu treffen, welche Trihalogenmethankonzentrationen im Fall von verstärkten Desinfektionsmaßnahmen zur Abwehr seuchenhygienischer Gefahren toleriert werden können.

Der Grenzwert für Bromat ist ab 01.01.2003 bis 31.12.2007 mit 0,025 mg/l festgelegt worden und ab 01.01.2008 mit 0,01 mg/l.

3.2.3. Indikatorparameter

Erstmals sind in der neuen Trinkwasserverordnung sogenannte Indikatorparameter als wichtige Kenngrößen für die Auswahl des optimalen Desinfektionsverfahrens aufgeführt.
In Tabelle 5 sind die für die Desinfektion eines Wasser relevanten Parameter zusammengestellt:

Parameter	Einheit als	Grenzwert / Anforderung	Bemerkungen
Ammonium	mg/l NH_4^+	0,5	bildet Chloramine erhöht Chlorzehrung
organisch gebundener Kohlenstoff	mg/l TOC	ohne anormale Veränderung	bestimmt die Chlorzehrung und das Trihalogenbildungspotential
Oxidierbarkeit	mg/l O_2	5	Dieser Parameter braucht nicht bestimmt werden, wenn der Parameter TOC analysiert wird
Trübung	NTU	1,0	
Wasserstoffionen-Konzentration	pH-Wert	$\geq$ 6,5 und $\leq$ 9,5	beeinflusst die Chlorung, das Wasser sollte nicht korrosiv wirken
Eisen	mg/l Fe	0,2	erhöht die Chlorzehrung
Mangan	mg/l Mn	0,05	erhöht die Chlorzehrung
Chlorid	mg/l Cl^-	250	das Wasser sollte nicht korrosiv wirken
Elektrische Leitfähigkeit	µS/cm	2500 bei 20°C	das Wasser sollte nicht korrosiv wirken
Geruchsschwelle		2 bei 12°C 3 bei 25°C	stufenweise Verdünnung mit geruchs-freiem Wasser und Prüfung auf Geruch
Geschmack		für den Verbraucher annehmbar und ohne anormale Veränderung	
Koloniezahl bei 22°C		ohne anormale Veränderung	siehe Tabelle 4; 100/ml am Zapfhahn, 20/ml unmittelbar nach Abschluss der Aufbereitung im desinfizierten Wasser
Koloniezahl bei 36°C		ohne anormale Veränderung	siehe Tabelle 4
Clostridium perfringens (einschließlich Sporen)	Anzahl pro 100 ml	0	Dieser Parameter braucht nur bestimmt zu werden, wenn das Wasser von Oberflächenwasser stammt oder von Oberflächenwasser beeinflusst wird. Wird dieser Grenzwert nicht eingehalten, veranlasst die zuständige Behörde Nachforschungen im Versorgungs-system, um sicherzustellen, dass keine Gefährdung der menschlichen Gesundheit auf Grund eines Auftretens krankheitserregender Mikororganis-men, z. B. Cryptosporidium, besteht.

Tabelle 5: Indikatorparameter, die für die Desinfektion und die Auswahl des Desinfektions-verfahrens von Bedeutung sind.

3.2.4. Aufbereitungsstoffe für die Desinfektion

Zur Aufbereitung des Wassers für den menschlichen Gebrauch dürfen nach der neuen Trinkwasserverordnung nur Stoffe verwendet werden, die vom Bundesministerium für Gesundheit in einer Liste im Bundesgesundheitsblatt bekannt gemacht worden sind. Die Liste ist erstmals im Oktober 2002 veröffentlicht worden. Sie enthält Angaben über die Reinheitsanforderungen, den Verwendungszweck, für die sie ausschließlich eingesetzt werden dürfen; die zulässige Zugabemenge; die zulässigen Höchstkonzentrationen von im Wasser verbleibenden Restmengen und Reaktionsprodukten.

Sie hat ferner die Mindestkonzentration an freiem Chlor, Chlordioxid und Ozon nach Abschluss der Aufbereitung festgelegt. In der Liste wird auch der erforderliche Untersuchungsumfang für die Aufbereitungsstoffe spezifiziert; ferner sind Verfahren zu Desinfektion (Tabelle 7) sowie die Einsatzbedingungen, welche die Wirksamkeit dieser Verfahren sicherstellen, aufgenommen worden.

Die genannte Liste wird auch in Zukunft vom Umweltbundesamt geführt. Die Aufnahme in die Liste erfolgt nur, wenn die Stoffe und Verfahren hinreichend wirksam sind und keine vermeidbaren oder vertretbaren Auswirkungen auf Gesundheit und Umwelt haben.

Die Liste der Aufbereitungsstoffe, die zur Desinfektion eingesetzt werden dürfen, ist in Tabelle 6 zusammengestellt.

Der Unternehmer und der sonstige Inhaber einer Wasserversorgungsanlage dürfen Wasser, dem andere Aufbereitungsstoffe zugesetzt worden sind, nicht als Wasser für den menschlichen Gebrauch abgeben und anderen nicht zur Verfügung stellen.

In der Liste der Desinfektionsmittel für Trinkwasser sind die Reinheitsanforderungen in den DIN EN-Normen festgelegt; die zulässige Zugabe und die Höchstkonzentration nach Abschluss der Aufbereitung zu beachtende Desinfektionsnebenprodukte (DNP) sind ebenfalls angegeben.

Stoffname	CAS-Nr.	EINECS-Nummer	Verwendungs-zweck	Reinheitsan-forderungen	zu beachtende Reaktions-produkte	Zulässige Zugabe	Höchstkonzen-tration nach Ab-schluss der Aufbereitung *)	Bemerkungen
Chlor	7782-50-5	231-959-5	Desinfektion, Herstellung von Chlordioxid	DIN EN 937 Tab1 und Tab2: Typ 1	Trihalogen-methane	1,2 mg/l freies Cl_2	max. 0,3 mg/l freies Cl_2 min. 0,1 mg/l freies Cl_2	Zusatz bis zu 6 mg/l freies Cl_2 und Gehalte bis 0,6 mg/l freies Cl_2 nach der Aufbe-reitung bleiben außer Be-tracht, wenn anders die Desinfektion nicht gewähr-leistet werden kann oder wenn die Desinfektion zeit-weise durch Ammonium beeinträchtigt wird.
Natriumhypo-chlorit	7681-52-9	231-668-3	Desinfektion	DIN EN 901 Tab1: Typ 1, Grenzwert für Verun-reinigungen mit Chlorat ($NaClO_3$): < 5,4% (m/m) des Aktivchlors.	Trihalogen-methane, Bromat			
Calciumhypo-chlorit	7778-54-3	231-908-7	Desinfektion	DIN EN 900 Tabelle 1: Typ 1	Trihalogen-methane, Bromat			
Chlordioxid	10049-04-4	233-162-8	Desinfektion	DIN EN 12671. Nur Angaben zu den Ausgangsstoffen (EN 937, 901, 939, 899, 938, 12926)	Chlorit	0,4 mg/l ClO_2	max. 0,2 mg/l ClO_2, min. 0,05 mg/l ClO_2	Ein Höchstwert für Chlorit von 0,2 mg/l ClO_2^- nach Abschluss der Aufbereitung muss eingehalten werden. Möglichkeit von Chlorat-bildung beachten.
Ozon	10028-15-6	nicht anwendbar	Desinfektion, Oxidation	DIN EN 1278 Anhang A 3.2	Trihalogen-methane, Bromat	10 mg/l O_3	max. 0,05 mg/l O_3	

Legende:
*) einschließlich der Gehalte vor der Aufbereitung und aus anderen Aufbereitungsschritten
CAS: Chemical Abstracts Service Registry Number
EINECS: European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances

Daten entnommen: Bundesgesundheitsbl - Gesundheitsforsch - Gesundheitsschutz 10-2002

Tabelle 6: Aufbereitungsstoffe, die zur Desinfektion eingesetzt werden, gemäß § 11 Trinkwasserverordnung 2001, Stand September 2002

Desinfektionsverfahren [1)]	Verwendungszweck	Technische Regeln und Mitteilungen	Anforderungen an das Verfahren	Bemerkungen
Dosierung von Chlorgaslösungen	Desinfektion	DVGW-Merkblätter W296, W623	Einsatz des Vollvakuumverfahrens	
Dosierung von Natrium- und Calciumhypochlorit-Lösung	Desinfektion	DVGW-Merkblätter W296, W623		
Elektrolytische Herstellung und Dosierung von Chlor vor Ort	Desinfektion	DVGW-Merkblätter W296, W623		
Dosierung einer vor Ort hergestellten Chlordioxidlösung	Desinfektion	DVGW-Arbeitsblatt W224 DVGW-Merkblatt W624		
Erzeugung und Dosierung von Ozon und Ozonlösung vor Ort	Desinfektion, Oxidation	DVGW-Merkblätter W225, W296, W625		Das Verfahren ist nicht anwendbar für die Erzeugung einer Desinfektionskapazität im Verteilungsnetz [2)]
UV-Bestrahlung (240-290 nm)	Desinfektion	DVGW-Arbeitsblatt W294 DVGW-Merkblatt W293	Es sind nur gemäß technischer Regel geprüfte Anlagen zulässig, die eine Desinfektionswirksamkeit entsprechend einer Bestrahlung von mindestens 400 J/m^2 (bezogen auf 254 nm) einhalten. Mindestwirkdauer: anlagenspezifisch	Für in Betrieb befindliche ungeprüfte Anlagen muss bis zum 31.12.2005 eine Prüfung nachgeholt werden. Für die Übergangszeit hat der Hersteller eine Erklärung abzugeben, dass die geforderte Desinfektionswirksamkeit sichergestellt wird. Das Verfahren ist nicht anwendbar für die Erzeugung einer Desinfektionskapazität im Verteilungsnetz [2)]

1) Bei Einsatz der Verfahren für die Desinfektion von Oberflächenwasser oder von durch Oberflächenwasser beeinflusstem Wasser darf ein Trübungswert von 0,2 FNU nicht überschritten werden

2) In Leitungsnetzen oder Teilen davon, in denen die in Tabelle 3 und 4 aufgeführten mikrobiologischen Anforderungen nur durch Desinfektion eingehalten werden können, müssen der Unternehmer und der sonstige Inhaber einer Wasserversorgungsanlage eine hinreichende Desinfektionskapazität durch freies Chlor oder Chlordioxid vorhalten.

Tabelle 7: Desinfektionsverfahren für Trinkwasser

3.3. DVGW-Regelwerk

Der DVGW (Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V.) ist seit 1859 die technisch-wissenschaftliche Vereinigung des deutschen Gas- und Wasserfaches. Der Verein hat den Zweck, das Gas- und Wasserfach in technisch-wissenschaftlicher Hinsicht unter besonderer Berücksichtigung der Sicherheit, des Umweltschutzes und der Hygiene zu fördern und verfolgt ausschließlich gemeinnützige Zwecke. Seine Mitglieder sind:

- Fachleute des Gas- und Wasserfaches als persönliche Mitglieder
- Gas- und Wasserversorgungsunternehmen
- Behörden, Institute und Organisationen
- Firmen des Gas- und Wasserfaches

Zur Erfüllung des Vereinszweckes werden im Wesentlichen die folgenden Aufgabenfelder bearbeitet:

- Regelsetzung und Normung
- Prüfung und Zertifizierung
- Forschung und Entwicklung
- Berufsbildung
- Information und Beratung

Die Ergebnisse der Facharbeit fließen in die allgemein anerkannten Regeln der Technik ein, die als DVGW-Regelwerk in Form von Arbeits- und Merkblättern, Informationen, Mitteilungen und Hinweise herausgeben werden.

In seinen Arbeits- und Merkblättern hat der DVGW für alle Desinfektionsverfahren Richtlinien erarbeitet, wobei besondere Bedingungen und praktische Erfahrungen in Wasserwerken Berücksichtigung gefunden haben. Alle für die Trinkwasserdesinfektion in Frage kommenden DVGW-Arbeits- und Merkblätter sind in Tabelle 8 zusammengestellt.

Für die Dosierung von Chlorgas, Natrium- und Calciumhypochlorit-Lösung sowie für die elektrolytische Herstellung von Chlor vor Ort gilt das **DVGW-Merkblatt W 623 "Dosieranlagen für Desinfektions- bzw. Oxidationsmittel, Dosieranlagen für Chlor."**

In diesem Merkblatt werden Angaben zu den Desinfektionsmitteln, zum Transport und Lagerung von Chlorgas, Natriumhypochlorit und Calciumhypochlorit, zu den Dosiereinrichtungen, zum Messen, Steuern und Regeln der Dosieranlagen, sowie zu den Sicherheitseinrichtungen und den Unfallverhütungsvorschriften gemacht.

Das **DVGW-Merkblatt W 296 „Vermindern oder Vermeiden der Trihalogenmethanbildung bei der Wasseraufbereitung und Trinkwasserverteilung“** informiert über Ursachen erhöhter Konzentrationen an Trihalogenmethanen und weiterer Desinfektionsnebenprodukte. Das Merkblatt zeigt weiterhin auf, welche Maßnahmen ergriffen werden müssen, um Trihalogenmethane zu vermeiden bzw. zu vermindern. Dabei wird nicht nur auf die Bedeutung der Aufbereitung eingegangen, sondern auch auf die Beschaffenheit des Rohwassers sowie auf den Zustand und den Betrieb des Trinkwasser-Verteilungssystems.

Im **DVGW-Arbeitsblatt W 224 "Chlordioxid in der Wasseraufbereitung"** werden die wesentlichen physikalischen und chemischen Eigenschaften sowie die Anwendungsmöglichkeiten von Chlordioxid in der Wasseraufbereitung beschrieben. Da beim Einsatz von Chlordioxid aus sicherheitstechnischen und hygienischen Gründen gewisse Regeln eingehalten werden müssen, werden die wichtigsten Aspekte dargestellt, die bei Planung, Betrieb und Überwachung von Chlordioxid-Anlagen zu beachten sind.

Das **DVGW-Merkblatt W 624 "Dosieranlagen für Desinfektionsmittel und Oxidationsmittel: Dosieranlagen für Chlordioxid"** enthält viele Details über die Anlagentechnik zur Bereitung und Dosierung von Chlordioxid. Dieses Merkblatt gibt einen ausführlichen Überblick über die verschiedenen Verfahren zur Bereitung von Chlordioxid.

Das **DVGW-Merkblatt W 225 "Ozon in der Wasseraufbereitung"** gilt für die Anwendung von Ozon bei der Wasseraufbereitung zu Trinkwasser. In diesem Merkblatt werden wasserchemische Aspekte der Ozonanwendung, die Ozonungstechnik, die Reaktionen des Ozons mit Wasserinhaltsstoffen, die Ozonungsstufen in der Wasseraufbereitung sowie die Analytik und Unfallverhütungsvorschriften behandelt.

Der Schwerpunkt des **DVGW-Merkblattes W 625 "Anlagen zur Erzeugung und Dosierung von Ozon"** liegt bei praktischen Hinweisen für Bau und Betrieb von Ozonungsanlagen. Auf die Auslegung des Ozonerzeugers, die Einbringung des Ozons ins Wasser sowie auf die Entfernung des Restozons in Wasser und Luft und auf die Unfallverhütungsvorschriften wird in diesem Merkblatt detailliert eingegangen.

DVGW-Merkblatt W 293: „UV-Anlagen zur Desinfektion von Trinkwasser."
Der zunehmende Einsatz von UV-Anlagen zur Desinfektion von Trinkwasser hat den DVGW veranlasst, ein Merkblatt über UV-Anlagen zu erstellen. Dieses Merkblatt soll den Wasserversorgungsunternehmen eine Hilfestellung zur Beurteilung solcher Anlagen geben und in dem auch auf die Grenzen der Anwendung dieses Desinfektionsverfahrens hingewiesen wird.
Die in diesem Merkblatt sowohl an die Anlagen sowie an das zu desinfizierende Wasser gestellten Anforderungen sollen dazu beitragen, einen sicheren Betrieb der Anlagen zu gewährleisten und eine einwandfreie Qualität des Trinkwassers sicherzustellen.

Das **DVGW-Arbeitsblatt W 294, Titel: "UV-Desinfektionsanlagen für die Trinkwasserversorgung - Anforderungen und Prüfung"** legt Anforderungen an die Beschaffenheit und Funktion von UV-Anlagen fest und regelt für die nationale Zertifizierung die Prüfung des Desinfektionspotentials dieser Anlagen. UV-Anlagen, die den Anforderungen dieses Arbeitsblattes entsprechen und gemäß DVGW-Merkblatt W 293 „UV-Anlagen zur Desinfektion von Trinkwasser" betrieben werden, ermöglichen bei fachgerechtem Einsatz und Betrieb sowie bei sorgfältiger Überwachung eine Desinfektion des Wassers entsprechend den Forderungen der Trinkwasserverordnung.

Das **DVGW-Arbeitsblatt W 291 "Reinigung und Desinfektion von Wasserverteilungsanlagen"** gilt für alle Einrichtungen und Anlagen zum Transport und zur Verteilung des Trinkwassers, die von der Gewinnung bis zur Übergabe an den Abnehmer direkt oder indirekt mit dem Trinkwasser in Berührung kommen.

Die zur Durchführung von Reinigungs- bzw. Desinfektionsmaßnahmen geeigneten Verfahren, Mittel und Geräte sowie die Entsorgung der dabei anfallenden Abwässer werden beschrieben. Das Arbeitsblatt findet sinngemäß auf Anwendung für Rohwasserleitungen und -behälter.
In der Liste der Chemikalien zur Anlagendesinfektion sind neben Chlor, Natrium- und Calciumhypochlorit und Chlordioxid die beiden Chemikalien Wasserstoffperoxid (H_2O_2) und Kaliumpermanganat ($KmnO_4$) mit aufgeführt. Ausführlich werden in diesem Arbeitsblatt auf die mobilen Chlorungsanlagen für die Desinfektion von Rohrleitungen und Behälter eingegangen.

Das **DVGW-Arbeitsblatt W 552 "Trinkwassererwärmungs- und Leitungsanlagen; Technische Maßnahmen zur Verminderung des Legionellenwachstums; Sanierung und Betrieb"** beschreibt technische und hygienisch-mikrobiologische Untersuchungen der Anlagen sowie Maßnahmen zur Sanierung von mit Legionellen kontaminierten Trinkwassererwärmungs- und Leitungsanlagen und ihrem Betrieb.

Aufgrund des großen Risikos durch Legionellen für die Gesundheit gelten die Anforderungen des **DVGW-Arbeitsblattes W 552** insbesondere für Großanlagen (z. B. Wohngebäude, Krankenhäuser, Hotels, Schwimmbäder, Sport- und Industrieanlagen).
Konzeption und Betrieb für Neuanlagen sind im **DVGW-Arbeitsblatt W 551 "Trinkwassererwärmungs- und Leitungsanlagen..."** festgelegt worden.

Das **DVGW-Arbeitsblatt W 643 "Einsatz von Betriebsmessgeräten zur Kontrolle der Wassergüte"** gilt für den gesamten Bereich der Wasserversorgung. Die Kontrolle der Wassergüte wird infolge der gestiegenen Umweltbelastung, der Verwendung von Oberflächenwasser und den deutlich erhöhten Anforderungen durch die neue Trinkwasserverordnung immer wichtiger. Kontinuierlich

arbeitende Betriebsmessgeräte werden immer mehr in Wasserwerksanlagen im Bereich der Rohwasserförderung, Aufbereitung einschließlich Desinfektionsüberwachung, Speicherung und in der Wasserverteilung eingesetzt.

Für die Parameter pH-Wert, Leitfähigkeit und Chlor oder Chlordioxid entfallen bei fortlaufender Aufzeichnung die nach Trinkwasserverordnung vorgeschriebenen Einzeluntersuchungen.
Das DVGW-Merkblatt W 643 gibt Hinweise für die Auswahl und den Einsatz von Betriebsmessgeräten, die zur Kontrolle der Wassergüte fest in der Anlage eingebaut sind.

DVGW	**Titel der Arbeits- und Merkblätter**
Merkblatt W 623 Sept. 1991	Dosieranlagen für Desinfektions- bzw. Oxidationsmittel - Dosieranlagen für Chlor -
Merkblatt W 296 Feb. 2002	Vermindern oder Vermeiden der Trihalogenmethanbildung bei der Wasseraufbereitung und Trinkwasserverteilung
Merkblatt W.624 Okt. 1996	Dosieranlagen für Desinfektionsmittel und Oxidationsmittel: Dosieranlagen für Chlordioxid
Arbeitsblatt W 224 April 1986	Chlordioxid in der Wasseraufbereitung
Merkblatt W 225 März 2000	Ozon in der Wasseraufbereitung; Begriffe, Reaktionen, Anwendungsmöglichkeiten
Merkblatt W 625 März 1999	Anlagen zur Erzeugung und Dosierung von Ozon
Merkblatt W 293 Okt. 1994	UV-Anlagen zur Desinfektion von Trinkwasser
Arbeitsblatt W 294 Okt. 1997	UV-Desinfektionsanlagen für die Trinkwasserversorgung – Anforderungen und Prüfung
Arbeitsblatt W 291 März 2000	Reinigung und Desinfektion von Wasserverteilungsanlagen
Arbeitsblatt W 552 April 1996	Trinkwassererwärmungs- und Leitungsanlagen; Technische Maßnahmen zur Verminderung des Legionellenwachstums; Sanierung und Betrieb
Merkblatt W 643 Sept. 1995	Einsatz von Betriebsmessgeräten zur Kontrolle der Wassergüte

Tabelle 8: DVGW-Arbeits- und Merkblätter für die Trinkwasserdesinfektion und zur Kontrolle der Wassergüte

3.4. Normen

3.4.1. DIN EN-Normen: Aufbereitungsstoffe

Für alle Aufbereitungsstoffe, die zur Desinfektion und Oxidation, zur Herstellung von Chlordioxid, zur Entchlorung (Reduktion) und zur Adsorption von Desinfektionsnebenprodukten eingesetzt werden, liegen DIN EN-Normen vor.

Diese europäischen Normen sind in den drei offiziellen Fassungen (deutsch, englisch, französisch) verfasst worden. Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN Mitglied (CEN = Europäisches Komitee für Normung, European Committee for Standardization, Comité Européen de Normalisation) in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und

dem Zentralsekretariat der CEN mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die Normungsinstitute von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, der Tschechischen Republik und dem Vereinigten Königreich.

Die DIN EN-Normen für Produkte (Aufbereitungsstoffe) zur Aufbereitung von Wasser für den menschlichen Gebrauch haben alle eine gemeinsame Strukturierung. Sie gliedern sich in:

- Anwendungsbereich
- Normative Verweisungen
- Beschreibung: Identifizierung, physikalische Eigenschaften, chemische Eigenschaften
- Reinheitskriterien: Zusammensetzung des Handelsproduktes, Verunreinigungen und Nebenbestandteile, toxische Substanzen
- Prüfverfahren
- Kennzeichnung - Transport - Lagerung: Lieferformen, Gefahren- und Sicherheitskennzeichnung gemäß EU-Richtlinien, Transportvorschriften und -kennzeichnung, Produktkennzeichnung, Lagerung

Weiterhin werden in den DIN EN-Normen Information über Herkunft, Regeln für sichere Handhabung und Benutzung sowie zur Probenahme und Analyse des Produktes (Aufbereitungsstoffes) gemacht.

DIN EN	Aufbereitungsstoff	Verwendungszweck	Chemische Formel
899	Schwefelsäure	Herstellung von Chlordioxid	H_2SO_4
900	Calciumhypochlorit	Desinfektion	$Ca(ClO)_2$
901	Natriumhypochlorit	Desinfektion	NaClO
902	Wasserstoffperoxid	Oxidation	H_2O_2
937	Chlor	Desinfektion, Herstellung von Chlordioxid	Cl_2
938	Natriumchlorit	Herstellung von Chlordioxid	$NaClO_2$
939	Salzsäure	Herstellung von Chlordioxid	HCl
973	Natriumchlorid	Herstellung von Chlor durch Elektrolyse	NaCl
1019	Schwefeldioxid	Entchlorung, Reduktion	SO_2
1278	Ozon	Desinfektion, Oxidation	O_3
12120	Natriumhydrogensulfit	Entchlorung, Reduktion	$NaHSO_3$
12121	Natriumdisulfit	Entchlorung, Reduktion	$Na_2S_2O_5$
12124	Natriumsulfit	Entchlorung, Reduktion	Na_2SO_3
12125	Natriumthiosulfat	Entchlorung, Reduktion	$Na_2S_2O_3 \bullet 5\ H_2O$
12672	Kaliumpermanganat	Oxidation	$KMnO_4$
12678	Kaliumperoxomonosulfat	Oxidation	$KHSO_5$
12903	Pulver-Aktivkohle	Entchlorung, Adsorption	C (elementar)
12915	Granulierte Aktivkohle	Entchlorung, Adsorption	C (elementar)
12926	Natriumperoxodisulfat	Oxidation, Herstellung von Chlordioxid	$Na_2S_2O_8$
12931	Natriumdichloroisocyanurat, wasserfrei	Desinfektion, Produkt für den Notfall	$NaCl_2(NCO)_3$
12932	Natriumdichloroisocyanurat, Dihydrat	Desinfektion, Produkt für den Notfall	$NaCl_2(NCO)_3 \bullet 2\ H_2O$

Tabelle 9: DIN EN-Normen von Aufbereitungsstoffen, die zur Desinfektion und Oxidation, zur Herstellung von Chlordioxid und zur Entchlorung (Reduktion) und Adsorption eingesetzt werden.

3.4.2. DIN EN ISO-Normen: Wasserbeschaffenheit

Die in Tabelle 10 aufgeführten DIN EN-ISO-Normen sind internationale Normen und betreffen Analysenmethoden für die Bestimmung der Wasserbeschaffenheit. Für die chemischen Parameter sind dies: Trübung, freies Chlor und Gesamtchlor, Chlorat, Chlorid und Chlorit. Für die mikrobiologischen Parameter sind dies: Escherichia coli und coliforme Bakterien, Enterokokken und die Bestimmung der Koloniezahl.

DIN EN ISO	Wasserbeschaffenheit / Analysemethoden
7027	Bestimmung der Trübung
7393-2	Bestimmung von freiem Chlor und Gesamtchlor Teil 2: Kolorimetrisches Verfahren mit N,N-Diethyl-1,4-Phemylendiamin für Routinekontrollen
10304-4	Bestimmung von gelösten Anionen mittels Ionenchromatographie Teil 4: Bestimmung von Chlorat, Chlorid und Chlorit in gering belasteten Wasser
9308-1	Nachweis und Zählung von Escherichia coli und coliformen Bakterien Teil 1: Membranfiltrationsverfahren
7899-2	Nachweis und Zählung von intestinalen Enterokokken Teil 2: Verfahren durch Membranfiltration
6222	Quantitative Bestimmung der kultivierbaren Mikroorganismen – Bestimmung der Koloniezahl durch Einimpfen in ein Nähragarmedium

Tabelle 10: DIN EN ISO-Normen für Analysemethoden zur Bestimmung der Wasserbeschaffenheit

3.4.3. DIN-Normen: Messmethoden, Verfahrenstechnik

Die DIN-Normen für die Bestimmung des pH-Wertes, der Redox-Spannung, von Ozon und Chlordioxid sowie der Absorption im Bereich der UV-Strahlung fordern, dass für Untersuchungen dieser Parameter Fachleute einzusetzen sind. Die DIN-Normen legen den Anwendungsbereich fest, erläutern die Grundlagen und Durchführung des Analyseverfahrens und zeigen die Störungen bei der Bestimmung der einzelnen Parameter auf.

Für die Verfahrenstechnik der Desinfektion sind Chlorgasdosieranlagen (DIN 19606) und Ozonerzeugungsanlagen (DIN 19627) genormt. In diesen Normen sind der Anwendungsbereich der Anlagenaufbau und der Betrieb festgelegt.

DIN		Messmethoden / Verfahrenstechnik
38404	**Teil 3**	Bestimmung der Absorption im Bereich der UV-Strahlung
38404	**Teil 5**	Bestimmung des pH-Wertes
38404	**Teil 6**	Bestimmung der Redox-Spannung
38404	**Teil 3**	Bestimmung von Ozon
38404	**Teil 5**	Bestimmung von Chlordioxid
19261		pH-Messung, Begriffe für Messverfahren
19265		pH-Messung, pH-Messzusatz, Anforderungen
19266		pH-Messung, Standard-Pufferlösungen
19267		pH-Messung, Technische Pufferlösungen
19606		Chlorgasdosieranlagen zur Wasseraufbereitung - Anlagenaufbau und Betrieb
19627		Ozonerzeugungsanlagen zur Wasseraufbereitung

Tabelle 11: DIN-Normen für Messmethoden und Verfahrenstechnik

3.5. Unfallverhütungsvorschriften "Chlorung von Wasser"

Die folgende Prüfliste enthält einen Fragenkatalog zur Unfallverhütungsvorschrift "Chlorung von Wasser" bei der Verwendung von Chlorgas. Sollten alle Fragen mit ja beantwortet werden, entspricht die Chlorungsanlage vom sicherheitstechnischen Stand den Anforderungen der Unfallverhütungsvorschrift "Chlorung von Wasser".

Bei jeder Frage wird auf den entsprechenden § und Absatz der Unfallverhütungsvorschrift verwiesen.

Prüfliste zur Unfallverhütungsvorschrift "Chlorung von Wasser" (GUV 8.15).

hier: Chlorungsanlagen unter Verwendung von Chlorgas, Prüfliste wurde herausgegeben vom Bundesverband der Unfallkasse

Unternehmen / Mitglied: _____

Betrieb / Anlage: _____

Tag der Besichtigung: _____

Begleiter der Besichtigung:

Betriebsleiter: _____

Sicherheitsfachkraft: _____

Betriebsarzt: _____

Personalrat: _____

Sicherheitsbeauftragter: _____

Andere Institutionen
(z. B. Gesundheitsamt, Gewerbeaufsicht) _____

		Ja	Nein
1.	**Bau und Ausrüstung**		
1.1.	**Chlorgasräume**		
1.1.1.	Wurde berücksichtigt, dass die Fußböden der Chlorgasräume ausgangsseitig nicht unter Erdgleiche bzw. nicht über Laderampenhöhe liegen dürfen (§ 5 Abs. 6)?	☐	☐
1.1.2.	Sind die Chlorgasräume verschließbar (§ 3a Abs. 1)?	☐	☐
1.1.3.	Ist in den Chlorgasräumen nur die Chlorungsanlage vorhanden und werden dort ausschließlich Chlorbehälter gelagert (§ 5 Abs. 1)?	☐	☐
1.1.4.	Wurde berücksichtigt, dass die Chlorgasräume keine Verbindung zu anderen Räumen haben dürfen (§ 5 Abs. 1)?	☐	☐
1.1.5.	Sind die Chlorgasräume feuerhemmend und gasdicht von anderen Räumen abgetrennt (§ 5 Abs. 2)?	☐	☐
1.1.6.	Sind die Lüftungsöffnungen der Chlorgasräume kleiner als 2 x 20 cm^2 (§ 5 Abs. 7)?	☐	☐
1.1.7.	Ist sichergestellt, dass die Temperatur in den Chlorgasräumen 50°C nicht überschreiten kann (§ 5 Abs. 10)?	☐	☐
1.1.8.	Wurde berücksichtigt, dass innerhalb der in DA zu § 5 Abs. 8 genannten Sicherheitszonen keine Gruben, Schächte o. Ä. liegen dürfen (§ 5 Abs. 8)?	☐	☐
1.1.9.	Sind die Chlorgasräume ausreichend gekennzeichnet (z. B. entsprechend Anhang 3 der UVV (§ 3a Abs. 9)?	☐	☐
1.2.	**Ausgänge**		
1.2.1.	Haben die Chlorgasräume einen unmittelbaren Ausgang ins Freie (§ 5 Abs. 5)?	☐	☐
1.2.2.	Schlagen die Türen der Chlorgasräume nach außen auf (§ 5 Abs. 5)?	☐	☐
1.2.3.	Lassen sich die Türen von innen ohne Schlüssel jederzeit öffnen (§ 5 Abs. 5)?	☐	☐
1.3.	**Wassersprühanlage**		
1.3.1.	Sind die Chlorgasräume mit einer wirksamen Wassersprühanlage ausgerüstet (§ 5 Abs. 3)?	☐	☐
1.3.2.	Lässt sich die Wassersprühanlage von Hand außerhalb der Chlorgasräume einschalten (§ 5 Abs. 3)?	☐	☐
1.3.3.	Haben die Chlorgasräume ausreichend bemessene Abläufe mit Geruchsverschluss (§ 5 Abs. 4)?	☐	☐
1.4.	**Chlorgaswarngerät**		
1.4.1.	Ist bei baulich ungünstiger Lage des Chlorgasraumes das erforderliche Chlorgaswarngerät vorhanden (§ 5 Abs. 7)?	☐	☐
1.4.2.	Ist das vorhandene Chlorgaswarngerät mit der Wassersprühanlage gekoppelt (§ 5 Abs. 7)?	☐	☐
1.4.3.	Hat das Chlorgaswarngerät eine optische und akustische Anzeige (§ 5 Abs. 7)?	☐	☐
1.5.	**Behälter, Leitungen und sonstige Einrichtungen**		
1.5.1.	Sind genügend Vorrichtungen vorhanden, um die Chlorflaschen gegen Umstürzen zu sichern (§ 15 Abs. 1)?	☐	☐
1.5.2.	Sind in der Chlorungsanlage Einrichtungen eingebaut, die beim Ausbleiben oder Stillstand des zu chlorenden Wassers die Chlorgaszufuhr abschalten (§ 6 Abs. 2)?	☐	☐
1.5.3.	Ist in der Chlorungsanlage eine Absperrvorrichtung (Chlorflaschenhilfsventil) vorhanden, durch die die Anschlussleitung verschlossen werden kann (§ 6 Abs. 2)?	☐	☐
1.5.4.	Sind die Verbindungen zwischen Chlorbehälter und Leitungen bzw. Dosiergerät entsprechend DIN 477 Blatt 1 (Schraubanschluss) ausgeführt (§ 4 Abs. 1)?	☐	☐
1.5.5.	Sind die Behälter für Chlor und Chemikalien entsprechend ihrem Inhaltsstoff gekenn-	☐	☐

zeichnet (§ 4 Abs. 3)?

1.5.6. Endet die Abblaseleitung des Chlorgasdosiergerätes im Chlorgasraum (§ 5 Abs. 7)? ☐ ☐

		Ja	Nein
2.	**Betrieb**		
2.1.	**Unterwiesene Person und Betriebsanweisungb**		
2.1.1.	Wird die Chlorungsanlage von unterwiesenen Personen bedient und gewartet (§ 10)?	☐	☐
2.1.2.	Ist eine Betriebsanweisung vorhanden (§ 9 Abs. 1)?	☐	☐
2.1.3.	Ist die Betriebsanweisung den Aufsichtspersonen ausgehändigt (§ 9 Abs. 2)?	☐	☐
2.1.4.	Ist ein Kurzfassung der Betriebsanweisung im Bereich der Chlorungsanlage in dauerhafter Ausführung angebracht (§ 9 Abs. 2)?	☐	☐
2.2.	**Persönliche Schutzausrüstungen**		
2.2.1.	Ist für jeden an der Chlorungsanlage Beschäftigten eine Atemschutzvollmaske vorhanden oder wird das Atemschutzgerät - bei Benutzung durch mehrere Beschäftigte - nach jedem Gebrauch desinfiziert (§ 12 Abs. 1 Nr. 3)?	☐	☐
2.2.2.	Werden für die Atemschutzgeräte Filter B/St, Farbkennzeichnung grau mit weißem Ring, Schutzstufe 3b verwendet (§ 12 Abs. 1 Nr. 3)?	☐	☐
2.2.3.	Ist je Atemschutzvollmaske ein Ersatzfilter vorhanden (§ 12 Abs. 1 Nr. 3)?	☐	☐
2.2.4.	Werden Ersatzfilter vor Ablauf der zulässigen Lagerzeit ersetzt (§ 12 Abs. 1 Nr. 3)?	☐	☐
2.2.5.	Werden geöffnete Filter mit dem Datum des Öffnungstages versehen und nach spätestens sechs Monaten ersetzt (§ 12 Abs. 1 Nr. 3)?	☐	☐
2.2.6.	Sind die Beschäftigten durch Maßnahmen nach DA zu § 12 Abs. 3 mit der Benutzung der Atemschutzgeräte vertraut (§ 12 Abs. 3)?	☐	☐
2.2.7.	Erfolgt das Auswechseln der Chlorbehälter nur unter Verwendung von Atemschutzgeräten (§ 12 Abs. 2)?	☐	☐
2.2.8.	Werden die Atemschutzgeräte außerhalb der Chlorgasräume leicht erreichbar und staub- und feuchtigkeitsgeschützt aufbewahrt (§ 12 Abs. 2)?	☐	☐
2.2.9.	Sind bei Verwendung von Chlorfässern zusätzlich zu den Atemschutzvollmasken (siehe Pkt. 2.2.1.) mindestens 2 unabhängig von der Umgebungsatmosphäre wirkende Atemschutzgeräte (keine Schlauchgeräte) vorhanden (§ 12 Abs. 1 Nr. 4)?	☐	☐
2.2.10.	Werden bei Verwendung von Chlorfässern mindestens 2 Gasschutzanzüge zur Verfügung gestellt (§ 12 Abs. 1 Nr. 4)?	☐	☐
2.3.	**Sonstiges**		
2.3.1.	Sind die Räume gegen Zutritt Unbefugter gesichert (§ 11)?	☐	☐
2.3.2.	Sind Chlorbehälter beim Lagern oder Transport mit Ventilverschlussmutter und Ventilschutzkappe versehen (§ 15 Abs. 9)?	☐	☐
2.3.3.	Sind die Chlorbehälter gegen Umstürzen gesichert (§ 15 Abs. 9)?	☐	☐
2.3.4.	Werden die beweglichen Anschlussleitungen bei Beschädigungen oder Korrosion ausgewechselt (§ 15 Abs. 7)?	☐	☐
2.3.5.	Werden bewegliche Anschlussleitungen aus Kupfer mindestens alle zwei Jahre ausgewechselt (§ 15 Abs. 7)	☐	☐
2.3.6.	Ist Wasser in der Wasservorlage (Geruchsverschluss) der Bodenabläufe (§ 15 Abs. 11)?	☐	☐
2.3.7.	Ist ein Prüfreagenz zum Feststellen von Undichtigkeiten vorhanden (§ 15 Abs. 8)?	☐	☐
3.	**Prüfung**		
3.01.	Wurde die Chlorungsanlage vor der ersten Inbetriebnahme durch einen Sachkundigen geprüft (§ 19 Abs. 1)?	☐	☐
3.02.	Wird die Chlorungsanlage mindestens jährlich und vor jeder Wiederinbetriebnahme durch einen Sachkundigen geprüft (§ 19 Abs. 2)?	☐	☐
3.03.	Wird mindestens alle sechs Monate die Wassersprühanlage geprüft (§ 19 Abs. 3)?	☐	☐

3.04.	Wird mindestens alle sechs Monate das Chlorgaswarngerät geprüft (§ 19 Abs. 3)?	☐	☐
3.05.	Werden die beweglichen Anschlussleitungen nach jedem Behälterwechsel, mindestens jedoch alle sechs Monate, einer Dichtheitsprüfung unterzogen (§ 19 Abs. 3)?	☐	☐
3.06.	Wird die Wasservorlage der Bodenabläufe wöchentlich kontrolliert (§ 15 Abs. 11)?	☐	☐
3.07.	Wird ein schriftlicher Nachweis über die Ergebnisse der Prüfungen nach 3.01. und 3.05. sowie über das Erneuern der Anschlussleitung geführt (§ 19 Abs. 4)?	☐	☐

4. Begriffe der Trinkwasserdesinfektion

- **Desinfektion:** Abtötung bzw. Inaktivierung von krankheitserregenden Mikroorganismen durch chemische Desinfektions- und Oxidationsmittel oder durch UV-Bestrahlung. Nach einer hygienisch einwandfreien Desinfektion sind in definierten Volumina Krankheitserreger mit spezifizierten Verfahren nicht mehr nachweisbar und die Zahl unspezifischer Mikroorganismen liegt unter einem geforderten Wert.

- **Desinfektionsmittel:** Chlor, Natriumhypochlorit, Calciumhypochlorit, Chlordioxid, Ozon

- **Oxidationsmittel:** Ozon, Wasserstoffperoxid, Kaliumpermanganat, Kaliumperoxomonosulfat, Natriumperoxodisulfat

- **Desinfektionsverfahren:** Chlorung mit Chlor, Chlorverbindungen und Chlordioxid, Ozonung, UV-Bestrahlung

- **Desinfektionsnebenprodukte (DNP):** Als Desinfektionsnebenprodukte werden die bei der Desinfektion mit Chlor, Hypochlorit oder Ozon entstehenden organischen und anorganischen Produkte (Chlorat, Chlorit, Bromat) bezeichnet. Von Interesse sind vor allem die haloginierten organischen Verbindungen. Neben THM können unter anderem haloginierte Essigsäuren, haloginierte Acetonitrite und Chlorpikrin entstehen. Darüber hinaus werden weitere, als adsorbierbares organisch gebundenes Halogen (AOX) erfassbare Verbindungen sowie auch nichthaloginierte Oxidationsprodukte gebildet.

  Trihalogenmethane (THM): Trihalogenmethan ist die allgemeine chemische Bezeichnung für ein dreifach halogeniertes Methan (Synonym: Haloform). Trihalogenmethane entstehen als letztes Glied einer Kette von Reaktionen der im Wasser gelösten organischen Stoffe mit Chlor, Hypochlorit oder Ozon. Trihalogenmethane ist die Summe der Einzelverbindungen: Chloroform, Bromdichlormethan, Dibromchlormethan und Bromoform.

- **Trihalogenmethan-Bildungspotential:** Mit diesem Begriff wird die THM-Konzentration bezeichnet, die unter standardisierten Reaktionsbedingungen erhalten wird (siehe DVGW-Arbeitsblatt W 295, Ermittlung von Trihalogenmethanbildungspotentialen)

- **Wiederverkeimungspotential:** Trinkwasser kann nach erfolgter Desinfektion und zunehmender Verweilzeit im Rohrnetz wieder verkeimen. Die Neigung zur Wiederverkeimung ist abhängig vom gewählten Desinfektionsverfahren, von den Wasserinhaltsstoffen, von der Wassertemperatur und dem Zustand des Rohrnetzes. Faktoren, die das Wiederverkeimungspotential erhöhen sind insbesondere ein hohes Angebot an Nährstoffen und Substraten. Dazu gehören in erster Linie Stickstoff-, Phosphor- und Schwefelverbindungen (Ammonium, Nitrat, Phosphat, Sulfat) sowie biologisch abbaubare organische Stoffe.

- **Depotwirkung:** Der Begriff Depotwirkung beschreibt, über welche Zeiträume ein Desinfektionsmittel nach Abschluss der Aufbereitung noch seine desinfizierende Wirkung beibehält. Dies gilt im besonderen im Verteilernetz. Die Depotwirkung ist abhängig von der Qualität des Wassers, vom eingesetzten Desinfektionsmittel, von dessen Dosiermenge und vom Restgehalt des Desinfektionsmittels bevor das Trinkwasser ins Rohrnetz geht. So hat z. B. Chlordioxid im Vergleich zum Chlor eine gute Depotwirkung, während mit der UV-Bestrahlung oder der Ozonung keine Depotwirkung erzielt wird.

4.1. Begriffe der Chlorung

- **Chlorung:** Unter Chlorung wird die Behandlung eines Wassers mit Chlor verstanden, d. h. das Zusammenbringen von Chlorgas oder einer Chlorlösung mit Wasser.

- **Chlorierung:** Chlorierung ist die direkte und indirekte Einwirkung von Chlor oder Hypochlorit auf im Wasser vorhandene Inhaltsstoffe mit unterschiedlichen Reaktionsabläufen z. B. die Bildung von Desinfektionsnebenprodukten wie zum Beispiel Trihalogenmethanen.

- **Chlor-Dosierung:** Unter Chlor-Dosierung versteht man den Vorgang der Chlorzugabe. Sie wird in g/m³ oder mg/l angegeben und erfolgt in Form wässriger Lösungen

- **Chlordosis:** Die Chlordosis ist die pro Volumeneinheit Wasser zugegebene Chlormenge, angegeben in mg/l Chlor

- **Chlorverbrauch (Chlorzehrung):** Der Chlorverbrauch ist die Differenz zwischen eingetragener Chlormenge unde Restchlorgehalt im Wasser.

- **Freies Chlor:** Chlor, das als hypochlorige Säure, Hypochlorit-Ion oder als gelöstes elementares Chlor vorliegt.

- **Gebundenes Chlor:** Anteil des Gesamtchlors, der in Form von Chloraminen und organischen Chloraminen vorliegt.

- **Gesamtchlor:** Chlor, das als freies Chlor, als gebundenes Chlor oder in beiden Formen vorliegt.

- **Chloramine:** Derivate des Ammoniaks, bei denen ein, zwei oder drei Wasserstoffatome durch Chloratome substituiert wurden und als Monochloramin NH_2Cl, Dichloramin $NHCl_2$ und Stickstoff-trichlorid NCl_3 vorliegen sowie alle chlorierten Derivate von organischen Stickstoffverbindungen.

- **Reaktionszeit (Einwirkungszeit):** Unter Reaktionszeit wird die Zeit verstanden, die erforderlich ist, um eine ausreichende Desinfektion zu erzielen. Sie sollte, je nach Reaktionsbedingungen nicht unter 5 Minuten liegen.

- **Restchlor:** Restchlor ist das im Wasser noch analytisch zu erfassende freie, gebundene oder Gesamtchlor nach einer vorgegebenen Reaktionszeit.

- **Entchlorung:** Die Beseitigung von Restchlor im Wasser durch Reduktionsmittel wie Schwefeldioxid, Natriumsulfit und Natriumthiosulfat.

4.2. Begriffe der Ozonung

- **Ozonung:** Unter Ozonung wird die Behandlung eines Wassers mit Ozon verstanden, das heißt das Zusammenbringen von gasförmigem Ozon oder eines an Ozon hochkonzentrierten Teilstromes mit Wasser.

- **Ozonierung:** Ozonierung ist die direkte und indirekte Einwirkung von Ozon auf im Wasser vorhandene Inhaltsstoffe mit unterschiedlichen Reaktionsabläufen.

- **Ozon-Dosierung:** Unter Ozon-Dosierung versteht man den Vorgang der Ozonzugabe. Sie wird in g/m³ oder mg/l angegeben.

- **Ozondosis:** Die Ozondosis ist die pro Volumeneinheit Wasser zugegebene Ozonmenge, angegeben in mg/l Ozon

- **Ozon-Konzentration:** Die Ozon-Konzentration ist die Ozonmenge pro Volumeneinheit. Bei Gas wird sie in g/m³ unter Normalbedingungen und in Wasser in g/m³ oder mg/l angegeben.

- **Ozonverbrauch (Ozonzehrung):** Der Ozonverbrauch ist die Differenz zwischen eingetragener Ozonmenge und Restozonmenge in der Wasserphase.

- **Spezifischer Ozonverbrauch:** Der spezifische Ozonverbrauch ist der Bedarf an Ozon bezogen auf einen Wasserparameter z. B. DOC oder SAK

- **Ozoneintrag:** Bei der Begasung von Wasser mit ozonhaltigem Gas wird nur ein Teil des Ozons absorbiert: Der absorbierte Teil wird Ozoneintrag genannt und ist die rechnerische Differenz zwischen zudosierter und ausgetragener Ozonmasse pro Volumeneinheit Wasser

- **Reaktionszeit (Einwirkungszeit):** Unter Einwirkungszeit wird die Zeit verstanden, zwischen Ozon-Dosierung und dem Zeitpunkt, an dem kein Ozon im Wasser mehr nachgewiesen werden kann.

- **Restozon:** Restozon in der Gasphase ist das in der Abluft auftretende Ozon. Restozon in der wässrigen Phase ist das im Wasser verbleibende Ozon, das nach einer vorgegebenen Reaktionszeit noch analytisch erfasst werden kann.

- **Entozonung (Restozonentfernung):** Die Beseitigung von Restozon im Wasser und in der Gasphase wird als Entozonung bezeichnet.

4.3. Begriffe der UV-Desinfektion

- **Desinfektionspotential (einer UV-Anlage):** Desinfektion, die eine UV-Anlage unter definierten Bedingungen erzielt. Das Desinfektionspotential wird mit dem Biodosimeter ermittelt und in Reduktionsraten für einen spezifizierten Mikroorganismus angegeben.

- **Spektraler Absorptionskoeffizient (SAK-λ):** Verhältnis des spektralen dekadischen Absorptionsmaßes **A(λ)** zur Weglänge **l** des von der Strahlung der Wellenlänge λ zurückgelegten Weges. Die Angabe der Messwerte erfolgt **in m^{-1}**. Für die Funktion einer UV-Anlage ist der spektrale Absorptionskoeffizient des Wassers bei 254 nm (SAK -254, DIN 38404, Teil 3) von Bedeutung.

- **Spektraler Schwächungskoeffizient (SSK-λ):** Durchläuft UV-Licht ein optisches Medium z. B. Wasser, so wird es durch Adsorption der im Wasser gelösten, natürlichen und anthropogenen organischen Stoffen und durch Streuung an den im Wasser suspendierten Stoffen (Trübung) geschwächt.

  Aus beiden Effekten ergibt sich der spektrale (dekadische) Schwächungskoeffizient SKK-λ. Die Bestimmung des SKK-254 erfolgt durch die Messung des unfiltrierten Wassers in Quarzküvetten von mindestens 40 mm Schichtdicke bei 254 nm in einem Spektralphotometer (analog DIN 38404, Teil 3).

- **Transmission:** Quotient aus durchgelassener und einfallender Strahlung. Die Transmission eines Wassers wird für die Berechnung zur Auslegung eines UV-Bestrahlungsanlage benötigt. Die Transmission kann auf dem Wert des spektralen Absorptionskoeffizienten berechnet werden.

- **UV-Durchlässigkeit:** In der Praxis eingeführtes, in Prozent angegebenes Maß für die Transmission bezogen auf die Wellenlänge von 254 nm bei bestimmten Schichtdicken. Die Schichtdicke hat einen exponentiellen Einfluss an dem Wert der UV-Durchlässigkeit.

- **Trübung:** Verringerung der Durchsichtigkeit von Wasser, verursacht durch die Gegenwart von feindipergierten suspendierten Stoffen. Die Bestimmung erfolgt gemäß DIN EN ISO 7027 und wird angegeben in NTU-Einheiten (Nephlometric Turbidily Units). Für die UV-Desinfektion entscheidend sind die bei 254 nm strahlungsmindernden Trübstoffe, deren Einfluss bei der Messung des spektralen Schwächungskoeffizienten (SSK-254) miterfasst wird.

- **Bestrahlung:** Die Bestrahlung H ist das Produkt aus der Bestrahlungsstärke E und der Dauer t des Bestrahlungsvorganges $H = E \bullet t$ (J/m^2). Die zu verwendende Einheit für die Bestrahlung ist $J/m^2 = Ws/m^2$.

- **Bestrahlungsstärke:** Die Bestrahlungsstärke **E** ist der Quotient aus der auf eine Fläche **F** auftretenden Strahlungsleistung.

- **Bestrahlungsdosis:** Die UV-Dosis ist definiert als absorbierte Strahlungsenergie. Ihre Aussagekraft in Bezug auf die desinfektionswirksame Leistung ist beschränkt.

- **Strahlungsenergie:** Die Strahlungsenergie ist die über die eingestrahlten Wellenlängen integrierte Energiemenge.

- **Strahlungsleistung:** Die Strahlungsleistung ist der Quotient aus Strahlungsenergie und der Zeit.

- **UV-Strahler:** Für die Erzeugung der UV-Strahlung die zur Desinfektion von Wasser eingesetzt werden, kommen ausschließlich Quecksilberstrahler in Frage. Man unterscheidet zwischen Quecksilber-Niederdruck- und Quecksilber-Mitteldruckstrahlern. Wichtige Kerngrößen der UV-Strahler sind Strahlerleistung und Strahlernutzungsdauer.

- **Strahlernutzungsdauer:** Vom UV-Anlagenhersteller angegebene Brennstundenzahl eines UV-Strahlers, innerhalb der unter den angegebenen Betriebsbedingungen die für das angegebene Desinfektionspotential erforderliche Strahlungsleistung garantiert wird und nach deren Ablauf der Strahler ausgetauscht werden soll.

- **UV-Sensor:** Vorrichtung zur physikalischen Messung der Bestrahlungsstärke mit einer selektiven Empfindlichkeit für den desinfektionswirksamen Spektralbereich von 240 bis 290 nm. Man unterscheidet zwischen **Anlagensensor** und **Referenzsensor**. Der Anlagensensor wird zur kontinuierlichen Überwachung der UV-Anlage eingesetzt. Der Referenzsensor dient zur Überprüfung der Anlagensensoren. UV-Sensoren müssen kalibrierbar sein.

- **Aktinometrie:** Methode zur Messung photochemisch wirksamer Strahlung. Ein bekanntes aktinometrisches Messverfahren beruht auf der photochemischen Reduktion von Eisen-(III)-oxalat zu Eisen-(II)-oxalat, welches nach Umsetzung mit einem Indikator quantitativ bestimmt werden kann.

4.4. Begriffe der Membranfiltration

- **Membranfiltration:** Die Abtrennung von Partikeln aus Wasser mittels Passage durch eine poröse Membran wird als Membranfiltration bezeichnet.

- **Membran:** Eine Membran ist eine semipermeable, teils poröse, teils homogene Trennschicht aus organischem oder anorganischem Material mit symmetrischer oder asymmetrischer Struktur.

- **Membranmaterial:** Das Membranmaterial ist der Werkstoff, aus dem die Membranen bestehen. Verwendet werden organische Materialien (Celluloseacetet (CA), Cellulosetriacetat (CTA), Polyacrylnitril (PAN), Polyethersulfon (PES), Polysulfon (PS), Polyamid (PA), etc.) bzw. anorganische Materialien (Keramik, Sintermetall, etc.)

- **Membranporen:** Membranporen sind Öffnungen in der Membranoberfläche, durch die das zu behandelnde Wasser filtriert wird.
  Mikrofiltrationsmembranen weisen Poren auf, die im Größenbereich zwischen 0,1 und 1 µm liegen, Ultrafiltrationsmembranen haben Poren im Größenbereich zwischen 0,01 und 0,1 µm.

- **Membranfläche:** Die Membranfläche ist die mit dem zu behandelnden Wasser bei der Membranfiltration in Kontakt stehende Membranoberfläche.

- **Membranelement:** Die kleinste Funktionseinheit aus Membranen ist das Membranelement. Unterschieden wird zwischen Wickel-, Platten-, Kissen-, Rohr-, Kapillar- und Hohlfasermembranelementen.

- **Modul:** Als Modul wird eine anschlussfertige, funktionsfähige Einheit aus einem oder mehreren Membranelementen bezeichnet.

- **Modulblock:** Ein Modulblock ist eine Anforderung mehrerer Module zu einer Einheit. Jedem Block sind entsprechende Aggregate für Betrieb und Spülung zugeordnet, so dass ein autarker Betrieb eines Blockes möglich ist. Alle Module eines Blockes arbeiten gleichzeitig im gleichen Betriebsmodus.

- **Feed:** Als Feed wird der dem Modul zulaufende Wasserstrom bezeichnet. Feed kann unbehandeltes oder vorbehandeltes Rohwasser sein.

- **Flächenbelastung (auch Flux oder Filtratfluss):** Als Flächenbelastung wird die auf die Membranfläche bezogene pro Zeiteinheit durchgesetzte Menge an Filtrat bezeichnet (z. B. $l/m^2/h$).

- **Permeabilität:** Als Permeabilität wird der aufgrund des Transmembrandruckes berechnete Filtratfluss (z. B. $l/m^2/h/bar$) bezeichnet.

- **Ausbeute (auch Recovery):** Als Ausbeute wird das Verhältnis zwischen produzierter Filtratmenge und der der Membranfiltrationsanlage zugeführten Wassermenge bezeichnet.

- **Transmembrandruck (Transmembrane pressure):** Als Transmembrandruck (**t**rans**m**embrane **p**ressure = TMP) wird der über der Membran wirkende Differenzdruck bezeichnet. Er errechnet sich aus der Differenz der mittleren Drücke auf der Feedwasser- und der Filtratseite.

- **Cross-Flow-Modus (CF-Modus):** Der Cross-Flow-Modus ist eine Betriebsart, bei der das aufzubereitende Wasser während der Filtrationsphase nur teilweise durch die Membranen filtriert wird. Durch Rezirkulation des nicht filtrierten Teilstromes wird eine starke Überströmung der Membranoberfläche eingestellt, um eine Belagbildung einzuschränken.

- **Rezirkulation:** Rezirkulation ist die Rückführung eines, die feedseitige Membranoberfläche überströmenden Teilstromes zum erneuten Eintritt in das Modul beim Cross-Flow-Modus.

- **Dead-End-Modus (DE-Modus):** Der Dead-End-Modus ist eine Betriebsart, bei der das aufzubereitende Wasser während der Filtrationsphase vollständig und ohne Rezirkulation durch die Membranen filtriert wird.

- **Spülung:** Als Spülung wird die in kurzen Zeitabständen (z. B. 30 Minuten) erfolgende Reinigung der Membranen bezeichnet, um die aufgrund der zunehmenden Verblockung der Membranen mit der Zeit abnehmende Permeabilität der Membranen wiederherzustellen. Bei der Spülung erfolgt die Wasserführung über oder durch die Membranen entgegen der Filtrationsrichtung. Hierbei kommen abhängig vom jeweiligen Membransystem zur Erhöhung der Spüleffizienz auch Luft oder Luftblasen/Wassergemische zum Einsatz.

- **Fouling (Verblockung):** Fouling ist die Verminderung der Durchlässigkeit von Wasser durch die Membranen aufgrund von Ablagerungen auf der Membranoberfläche und / oder in den Membranporen. Fouling bzw. Verblockung wird als **reversibel** bezeichnet, wenn durch Spülung oder Reinigung die Durchlässigkeit wieder hergestellt wird; anderenfalls als **irreversibel**. Verursacht wird Fouling durch Kolloide, Schwebstoffe, Schwermetalloxidhydrate und gelöste organische Wasserinhaltsstoffe, wobei bereits geringe Mengen erhebliche Wirkungen verursachen können.

- **Biofouling:** Als Biofouling werden Ablagerungen auf der Membranoberfläche bezeichnet, die durch mikrobiellen Bewuchs verursacht werden.

- **Chemische Reinigung:** Als chemische Reinigung wird die Behandlung von Membranen mit Chemikalien bezeichnet, die erforderlich wird, wenn durch regelmäßige Spülung der gewünschte Filtratfluss nicht mehr erreicht wird.

5. Desinfektionsmittel

Nach der Trinkwasserverordnung 2001 sind für die Desinfektion folgende Stoffe zugelassen: Chlorgas, Natriumhypochlorit, Calciumhypochlorit, Chlordioxid und Ozon (siehe auch Tabelle 6).

Als Desinfektionsmittel für Wasserversorgungsunternehmen kommen vor allem Chlorgas, Natriumhypochlorit, Calciumhypochlorit und Chlordioxid in Frage. Diese Mittel werden seit Jahrzehnten eingesetzt und sind schon in geringsten Mengen wirksam. Tabelle 12 zeigt eine Zusammenstellung dieser Desinfektionsmittel.

Desinfektions-mittel	chem. Formel	Aggregat-zustand	Handelsform/Anwendungsform
Chlorgas	Cl_2	gasförmig	verflüssigt in Stahlflaschen 50 kg, 65 kg oder Stahlfässer mit 500 kg und 1000 kg Inhalt. Lieferbedingungen nach DIN EN 937 $\geq$ 99,5% Cl_2, max. 20 ppm H_2O Zugabe in Form wässriger Lösungen 0,3 bis 3 g/l Cl_2
Chlordioxid	ClO_2	flüssig, als wässrige Lösung	wird am Ort der Verwendung aus Chlorgas und Natriumchlorit-Lösung oder aus Salzsäure und Natriumchlorit-Lösung hergestellt. Konzentration der Lösung 2 bis 4 g/l ClO_2
Natriumhypochlorit	NaClO	flüssig, als wässrige Lösung	Handelsübliche Lösung mit 150 bis 170 g/l wirksamem Chlor, enthält ca. 12 g/l Natronlauge und ist daher stark alkalisch, pH-Wert 11,5 bis 12,5; Lieferbedingungen nach DIN EN 901 enthält als Nebenbestandteile ca. 140 g/l Natriumchlorid, (NaCl) und ca. 5 g/l Natriumchlorat ($NaClO_3$), ist schlecht lagerfähig, zersetzt sich.
			Hergestellt am Verwendungsort durch Elektrolyse von Natriumchlorid (Kochsalz)-Lösung oder Salzsäure. Konzentration der Lösung je nach Elektrolyseverfahren 8 bis 25 g/l wirksames Chlor. Die aus Salzsole hergestellte Hypochlorit-Lösung hat einen pH-Wert von 9 bis 10 und ist chloratfrei
Calciumhypochlorit	$Ca(ClO)_2$	fest	handelsüblich als Granulat oder Tabletten, Lieferbedingungen nach DIN EN 900, sollte mindestens 65% Aktiv-Chlor enthalten, 4 bis 7% unlösliche Anteile und mindestens 5 bis 10% H_2O, wird als 1 bis 5%ige Lösung eingesetzt, der pH-Wert der Lösung beträgt 10 bis 11.

Tabelle 12: Desinfektionsmittel für Trinkwasser

Vorraussetzung für den Erfolg der Desinfektion mit Chlor und den Chlorverbindungen ist wie bei allen anderen Desinfektionsverfahren ein weitgehend trübstofffreies Wasser. Durch Chlor können frei suspendierte Mikroorganismen einschließlich viraler und bakterieller Krankheitserreger abgetötet werden. In Oberflächenwässern, oberflächennahen Quellwässern sowie in Kluft- und Karstwässern liegen fäkale Verunreinigungen in der Regel in Form von Aggregaten bzw. eingebunden in Partikeln vor, die die Krankheitserreger in großen Mengen enthalten können. Hierin sind die Krankheitserreger vor Einwirkung des Desinfektionsmittels, selbst bei sehr hohen Konzentrationen, geschützt. In diesen Fällen ist eine mechanische Beseitigung der Partikel bzw. Aggregate durch eine vorhergehende Aufbereitung des Wassers notwendig.

Die Desinfektionswirkung des freien Chlors beruht in erster Linie auf der hypochlorigen Säure. Hypochlorige Säure zerfällt (dissoziiert) jedoch mit steigendem pH-Wert. Daher ist die Wirkung vom pH-Wert des zu desinfizierenden Wassers abhängig. Sie nimmt mit steigendem pH-Wert stark ab und ist bei einem pH-Wert über 8,5 praktisch zu vernachlässigen (Abb. 3). Die Desinfektionswirkung des gebundenen Chlors ist im Vergleich zu der des freien Chlors wesentlich geringer. In der Regel ist eine Reaktions-zeit von 15 bis 30 Minuten für eine einwandfreie Desinfektion erforderlich.

Hydrolyse und Dissoziation des Chlors

Um die Wirkungsweise des Chlors als Desinfektionsmittel zu verstehen, ist es notwendig, die chemischen Reaktionen, die bei der Chlorung des Trinkwassers ablaufen, zu kennen. Hier ist als erstes die Hydrolyse des Chlors zu erwähnen. Unter „Hydrolyse des Chlors“ versteht man die Reaktion des Chlors mit Wasser. Löst man z. B. Chlorgas in Wasser auf, so reagiert das Chlor mit dem Wasser und es bildet sich hypochlorige Säure und Salzsäure. Alle anderen Desinfektionsmittel, die auf Chlorbasis beruhen, setzen sich ebenfalls mit dem Wasser um und bilden gleichfalls hypochlorige Säure.

Die drei nachfolgenden Reaktionsgleichungen zeigen die Hydrolyse von Chlorgas, Natriumhypochlorit und Calciumhypochlorit, also für ein gasförmiges, flüssiges und festes Chlorungsmittel.

Cl_2 Chlorgas	$+ H_2O$ Wasser	$\rightleftharpoons$	HCl Salzsäure	$+ HClO$ hypochlorige Säure
$NaClO$ Natrium-hypochlorit	$+ H_2O$ Wasser	$\rightleftharpoons$	$NaOH$ Natronlauge	$+ HClO$ hypochlorige Säure
$Ca(ClO)_2$ Calcium-Hypochlorit	$+ H_2O$ Wasser	$\rightleftharpoons$	$Ca(OH)_2$ Calcium-hydroxid	$+ 2\ HClO$ hypochlorige Säure

In jedem Fall entsteht die hypochlorige Säure, die als eigentliche Wirksubstanz für die Desinfektion zur Verfügung stehen muss. Alle drei Reaktionen sind Gleichgewichtsreaktionen, die vom pH-Wert und der Temperatur des Wassers abhängig sind. Während die Salzsäure, Natronlauge und das Calciumhydrat dissoziieren, bleibt die hypochlorige Säure im sauren bis neutralen Bereich undissoziiert. Erst mit steigendem pH-Wert zerfällt sie in H^+- und ClO^- - Ionen.

Die Dissoziation der hypochlorigen Säure in Abhängigkeit vom pH-Wert ist auf Abbildung 3 dargestellt. Die Abbildung zeigt den Anteil an hypochloriger Säure und Hypochlorit-Ionen in Wasser von 0°C und 20 °C bei verschiedenen pH-Werten.

Weitere Fakten, die neben dem pH-Wert die Wirkung des Chlors bei der Desinfektion beeinflussen, sind die Temperatur, der Gehalt an freiem Chlor (Chlorüberschuss), die Einwirkungszeit, der Verschmutzungsgrad und die Verkeimung des Wassers.

In ammoniumhaltigen Wässern reagiert die hypochlorige Säure unter Bildung von Chloraminen (gebundenes Chlor). Dabei wird das Chlor zunächst für die Oxidation der Ammonium-Ionen verbraucht.

Je nach vorliegendem Mengenverhältnis Ammonium zu Chlor und dem im Wasser vorliegenden pH-Wert, können Monochloramin und Dichloramin entstehen. Das Trichloramin, das sich nur bei niedrigen pH-Werten bilden kann, kommt im Wasser so gut wie nie vor.

Im folgenden sind die einzelnen Reaktionen, die bei der Chloraminbildung ablaufen, aufgeführt:

NH_4^+ Ammonium	+	HClO unterchlorige Säure	$\longrightarrow$	NH_2Cl Monochloramin	+	H_2O Wasser	+	H^+ Wasserstoff-Ion
NH_2Cl Monochloramin	+	HClO unterchlorige Säure	$\longrightarrow$	$NHCl_2$ Dichloramin	+	H_2O Wasser		
$NHCl_2$ Dichloramin	+	HClO unterchlorige Säure	$\longrightarrow$	NCl_3 Trichloramin	+	H_2O Wasser		

Die Chlordosis muss entsprechend erhöht werden, um freies Chlor für die Desinfektionswirkung zur Verfügung zu haben. Chloramine können zu geschmacklichen und geruchlichen Beeinträchtigungen des Wassers führen.

In vielen Ländern wird bewusst Chloramin im Trinkwasser erzeugt durch die Zugabe von Ammoniak-Gas und Chlor. Durch das „Chloramin-Verfahren“ wird die Bildung von Trihalogenmethanen verhindert. Da Chloramin zwar desinfiziert aber die organischen Wasserinhaltsstoffe nicht chloriert. Die Desinfektionswirkung von Chloraminen ist im Vergleich zu freiem Chlor wesentlich geringer.

5.1. Chlorgas

Chlor ist bei normaler Temperatur und normalen Druck ein gelbgrünes, giftiges, stechend riechendes Gas. Es ist 2 ½ mal so schwer wie Luft, stinkt daher rasch zu Boden und kann sich in Vertiefungen ansammeln.

Chlorgas kann man an seinem Geruch und seiner starken Reizwirkung auf die Augen und Atmungsorgane sowie bei hoher Konzentration an seiner gelbgrünen Farbe erkennen.

Die wichtigsten physikalischen Eigenschaften sind in Tabelle 13 zusammengestellt worden:

Formel:	Cl_2
Molekulargewicht:	70,941
Farbe:	gelbgrün
Dichte (flüssig):	1,57 g/cm³ (bei – 34,05°C)
Dichte (gasförmig):	3,214 g/l (0°C, 1 bar)
Dichte (gasförmig) bezogen auf Luft:	2,491 (Luft = 1) g/l
Volumen von 1 kg Chlor bei 1 bar:	0,311 m³
Siedepunkt:	-34,05°C (1 bar)
Schmelzpunkt:	-100,98°C
Verdampfungswärme:	269 kJ/kg (bei 0°C)
Wärmeleitfähigkeit von flüssigem Chlor:	2,2135 $kJ/m^2 \bullet h$ (bei 30°C)

Tabelle 13: Physikalische Eigenschaften des Chlors

Chlorgas wird durch Druck und Abkühlung in eine orangegelbe Flüssigkeit umgewandelt. Um Chlor zu verflüssigen, muss z. B. bei einem Druck von 5...6 bar Überdruck die entsprechende Temperatur 15°...20° betragen. Unter diesen Bedingungen ist das Chlor in den handelsüblichen Stahlflaschen und Stahlfässern abgefüllt. Es befindet sich in diesen Behältern in gasförmigem und flüssigem Zustand nebeneinander.

Der Druck des gasförmigen Chlores, das sich in den Chlorgasbehältern oberhalb des flüssigen Chlores befindet, ist stark temperaturabhängig.

Erhöhte Wärmeeinwirkung hat eine erhöhte Vergasung des flüssigen Chlors und somit ein Ansteigen des Druckes zur Folge. Steigt z. B. die Temperatur von 20°C auf 50°C, so erhöht sich der Druck in der Chlorflasche von 5,8 bar auf 13,5 bar Überdruck. Die Abb. 1 zeigt die Chlor-Dampfkurve, in der die Abhängigkeit des Druckes in der Chlorflasche von der Temperatur dargestellt ist.

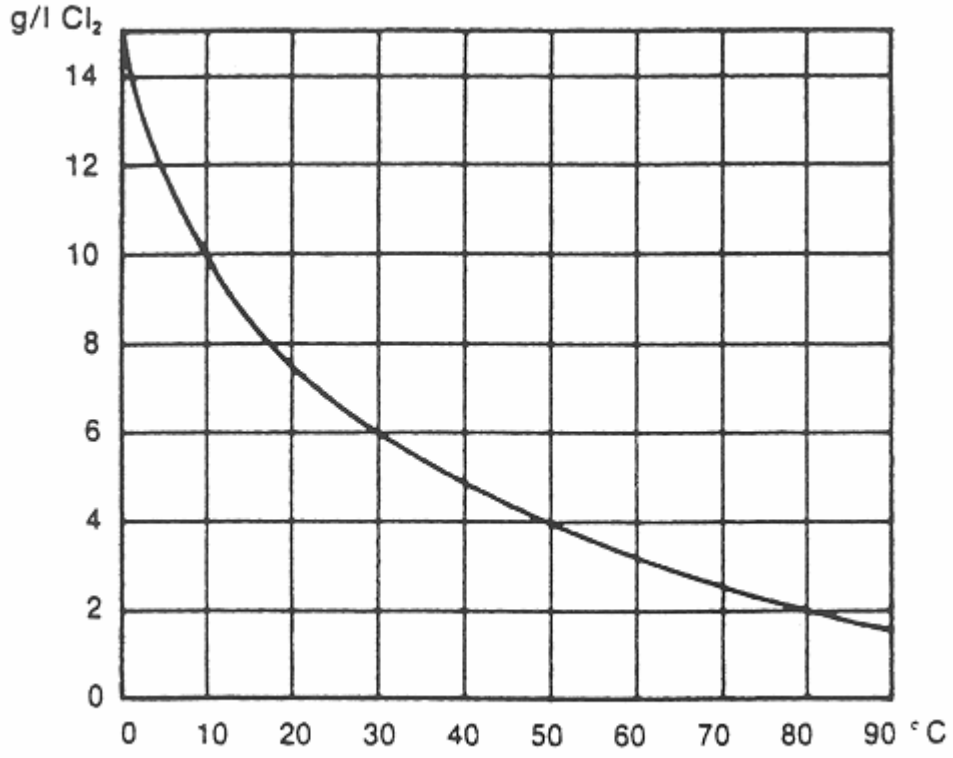


Abbildung 1: Dampfdruckkurve von Chlor.

Parallel zum Anstieg des Gasdruckes dehnt sich das flüssige Chlor aus. Flüssiges Chlor ist übrigens die Flüssigkeit mit dem größten Ausdehnungskoeffizienten, die wir kennen. So nimmt z. B. 1 kg flüssiges Chlor bei 20°C einen Raum von 0,709 l ein (spezifisches Volumen l/kg), während bei einer Temperatur von 50°C bereits ein Volumen von 0,760 l/kg eingenommen wird. Flüssiges Chlor wird her nach gesetzlicher Vorschrift entsprechend abgefüllt. Für 1 kg Chlor wird ein Füllvolumen von 0,8 l eingesetzt. Daher sind die Chlorgasbehälter nur bis 80% ihres Rauminhaltes gefüllt.

In der Tabelle 14 ist der Druck, das spezifische Volumen und das spezifische Gewicht des Chlor in Abhängigkeit von der Temperatur zusammengestellt.

Temperatur °C	Überdruck bar	Spez. Volumen Liter/kg	Spez. Gewicht kg/Liter
- 20	0,85	0,658	1,521
- 10	1,67	0,669	1,494
0	2,75	0,682	1,467
+ 10	4,12	0,695	1,439
+ 20	5,84	0,709	1,410
+ 30	7,95	0,725	1,380
+ 40	10,51	0,742	1,349
+ 50	13,56	0,760	1,317
+ 60	17,16	0,780	1,282
+ 70	21,38	0,803	1,246
+ 100	38,23	0,896	1,116

Tabelle 14: Druck, spez. Volumen und spez. Gewicht in Abhängigkeit von der Temperatur

Nach Tabelle 14 würde es bedeuten, dass das flüssige Chlor bei einer Temperatur von 50°C das Volumen der Chlorflaschen dann bis zu 95% ausgefüllt hat. Bei 64°C hat sich das Flüssigchlor soweit ausgedehnt, dass es den gesamten Behälterraum einnimmt. Beim Überschreiten dieser Temperatur platzt der Behälter unweigerlich auseinander. Die Temperatur des flüssigen Chlors in den Behältern darf deshalb auf keinen Fall 50° überschreiten.

Während trockenes, gasförmiges sowie flüssiges Chlor bei gewöhnlicher Temperatur mit Eisen nicht reagiert, wird ab einer Temperatur von 100°C Eisen und Stahl angegriffen. Bei weiterem Temperaturanstieg nimmt der Angriff stark zu und führt schließlich zu einer vollständigen Zerstörung der Behälterwände, Druckleitungen usw.

Chlorgas ist in Wasser gut löslich. Die maximal erreichbare Löslichkeit hängt von der Temperatur des Wassers und vom Druck des Chlorgases ab. Die Löslichkeit von Chlorgas im Wasser in Abhängigkeit von der Temperatur zeigt die Abb. 2.

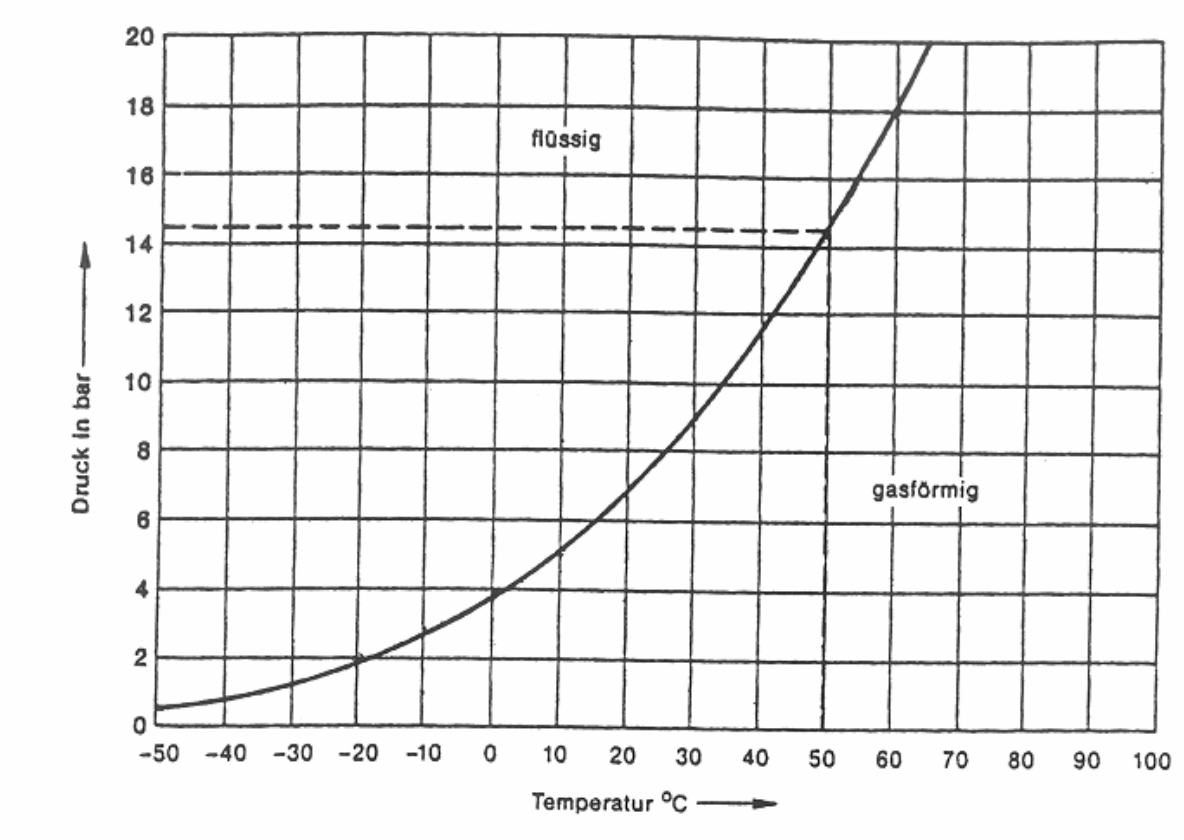


Abbildung 2: Löslichkeit von Chlorgas in Wasser in Abhängigkeit von der Temperatur, Chlorgasdruck 1 bar.

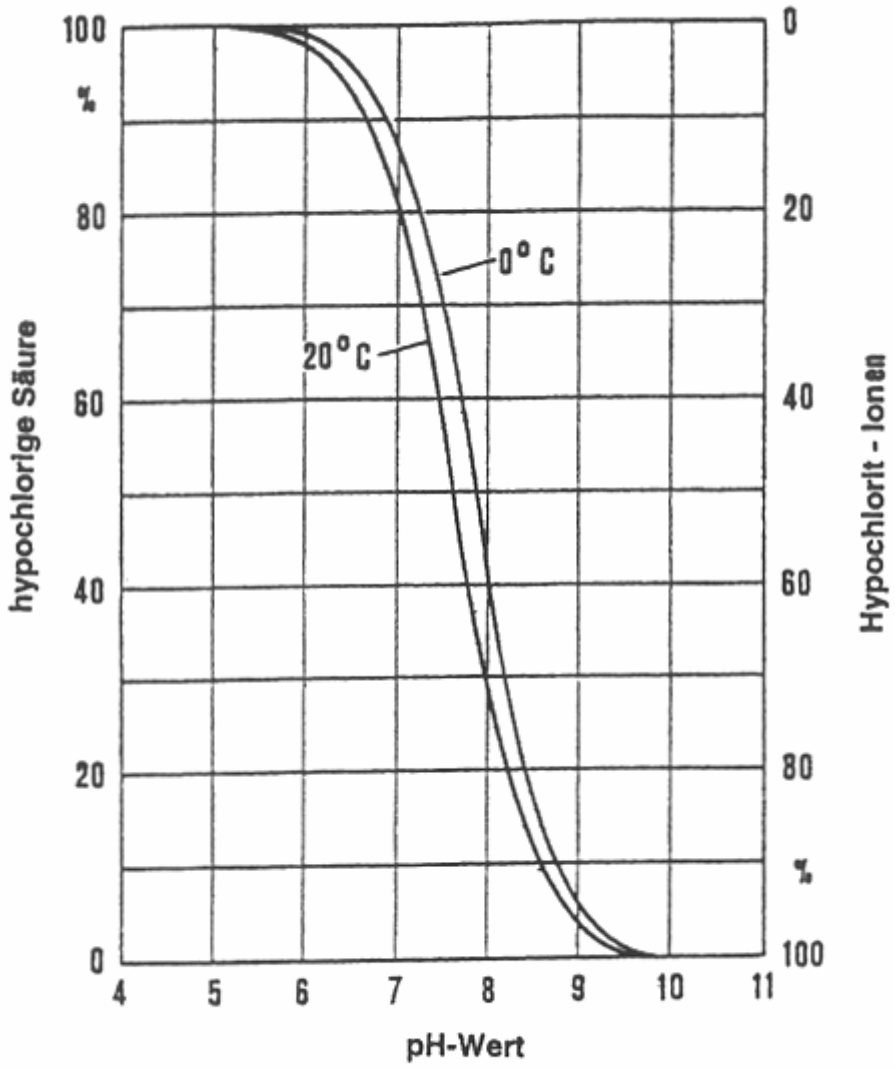


Abbildung 3: Anteile an hypochloriger Säure und Hypochlorit-Ionen in Abhängigkeit vom pH-Wert und der Temperatur (nach G. M. Fair und J. G. Geyer 1961)

5.2. Natriumhypochlorit

Die handelsübliche Natriumhypochlorit-Lösung nach DIN EN 901 ist eine gelb-grüne, nach Chlor riechende, klare Flüssigkeit. Sie wirkt ätzend und ist giftig. Natriumhypochlorit, Formel NaClO enthält als Lösung 150-170 g/l wirksames Chlor. Als Verkaufsgarantie wird der Wert von 170 g/l wirksames Chlor angegeben, was bei einem spezifischen Gewicht von ca. 1,25 g/ml (20°C) einer Konzentration von 15 Gew.-% entspricht.

Eine Natriumhypochlorit-Lösung enthält außerdem noch 1-5 g NaOH (Natriumhydroxid, Natronlauge) und 3-8 g Na_2CO_3 (Natriumcarbonat, Soda) pro Liter. Dadurch liegt der pH-Wert der Lösung im

alkalischen Bereich. Der pH-Wert der handelsüblichen Lösung liegt bei pH 11. Weiterhin sind in der Natriumhypochlorit-Lösung NaCl (Natriumchlorid, Kochsalz) und $NaClO_3$ (Natriumchlorat) enthalten.

Natriumhypochlorit-Lösung ist nur begrenzt haltbar. Sie zersetzt sich allmählich, wobei der Gehalt an „wirksamen Chlor“ abnimmt. Die Zersetzung wird begünstigt durch die Einwirkung von Licht und Wärme und durch Verunreinigungen, z. B. durch Schwermetallspuren. Der Verlust an wirksamem Chlor tritt bei einer Natriumhypochlorit-Lösung nicht in Form von ausgasendem Chlor in Erscheinung, sondern es entstehen neue chemische Verbindungen, nämlich Natriumchlorat, Natriumchlorid und Sauerstoff.

Die folgende chemische Reaktion zeigt, dass die instabile Verbindung Natriumhypochlorit das Bestreben hat, sich in die stabileren Verbindungen Natriumchlorat und Natriumchlorid umzulagern.

3 NaClO	erhöhte Temperatur, organische Verbindungen → Ammonium-Verbindungen, Sonnenlicht	NaClO3	+ 2NaCl
Natriumhypochlorit		Natriumchlorat	Natriumchlorid

Die Umlagerung des Natriumhypochlorits in Natriumchlorat und Natriumchlorid tritt bevorzugt bei erhöhter Temperatur auf, bei direkter Sonneneinstrahlung und bei Anwesenheit von Ammoniumsalzen und organischen Stoffen in der Lösung.

Die Temperatur spielt dabei die wesentlichste Rolle. So muss in etwa mit folgenden Verlusten an wirksamen Chlor in g pro Liter und Tag gerechnet werden:

Temperatur der Natriumhypochlorit-Lösung in °C	**Täglicher Verlust in g wirksamem Chlor pro Liter**
15°	0,4
20°	1,1
25°	2,0
30°	2,2
35°	5,6

Tabelle 15: Verlust an wirksamen Chlor einer Natriumhypochlorit-Lösung in Abhängigkeit von der Temperatur.

Die angegebenen Werte beziehen sich auf eine frische, 150 g/l wirksamen Chlor enthaltene Natriumhypochlorit-Lösung.

Natriumhypochlorit-Lösungen reagieren weiterhin sehr empfindlich auf Schwermetalle sowie deren Verbindungen und Legierungen. So bewirken z. B. geringste Spuren von Kupfer, Nickel, Kobalt und Eisen Zersetzung des Natriumhypochlorits unter Angabe von gasförmigen Sauerstoff.

In der folgenden Reaktionsgleichung ist die Zersetzung dargestellt:

2 NaClO	Spuren Schwermetallen → Sonnenlicht	2 NaCl	$+O_2$
Natriumhypochlorit		Natriumchlorid	Sauerstoff

Aus dem Natriumhypochlorit entsteht Natriumchlorid (Kochsalz) und Sauerstoff, der aus der Lösung ausgast. Zeigt sich der Praxis, dass eine Natriumhypochlorit-Lösung Gasblasen in stärkerem Maße entwickelt, so liegt wahrscheinlich eine Verunreinigung der Lösung vor.

Auch gegen Licht ist Natriumhypochlorit sehr empfindlich. Direktes Sonnenlicht kann bewirken, dass die Lösung innerhalb weniger Stunden 10-20 g Chlor pro Liter verliert. Hierbei treten sowohl die Natriumchlorat-Bildung als auch die Sauerstoff-Bildung auf.

Natriumhypochlorit wird auch durch Elektrolyse von Natriumchlorid-Lösungen direkt am Verwendungsort hergestellt. Hier betragen die Konzentrationen der bereiteten Natriumhypochlorit-Lösungen je nach Elektrolyse-Verfahren 6 bis 25 g/l wirksames Chlor.

5.3. Calciumhypochlorit

Calciumhypochlorit, chemische Formel: $Ca(ClO)_2$ nach DIN EN 900 enthält je nach Produkt einen Massenanteil an Aktivchlor in dem Bereich 40 bis 70%. Es wird geliefert als weißes, rieselfähiges Granulat oder weiße Tabletten.

Die Schüttdichte beträgt etwa 0,8 g/cm³ bei Granulat und 1,9 g/cm³ bei Tabletten. Zur Stabilisierung des Chlors enthält Calciumhypochlorit etwa 2% Calciumhydroxid (Calciumhydrat, $Ca(OH)_2$). Außerdem enthält es 10-11% Kochsalz (NaCl) und daneben noch Calciumcarbonat ($CaCO_3$) Calciumchlorid ($CaCl_2$).

Calciumhypochlorit sollte aus Sicherheitsgründen einen Wassergehalt von 5 bis 10% haben. Die Löslichkeit von Calciumhypochlorit beträgt 180 g/l bei 25°C.

Löst man Calciumhypochlorit in Wasser auf, so bildet sich eine milchig trübe Lösung. Dies wird einerseits durch die Unlöslichkeitsanteile des Produktes – Calciumhydroxid und Calciumcarbonat, die ca. 7% betragen können – und andererseits durch Härteausfällung ($CaCO_3$) im Lösewasser verursacht. In der Regel wird eine 1%ige Lösung verwendet, die monatelang ohne Abnahme des Gehaltes an „wirksamen Chlor“ beständig ist. Stärkere Chlorlösungen bis zu 7% sind nur noch begrenz haltbar und ihre Chlorgehalt nimmt ständig ab.

Es sei an dieser Stelle noch erwähnt, dass man im Zusammenhang mit der Anwendung von Calciumhypochlorit die Bezeichnung Chlorkalk öfters gebraucht. Chlorkalk ist ein Doppelsatz, das aus Calciumchlorid-Hypochlorit mit der Formel CaCl(ClO) besteht und auch Verwendung als Bleich- und Desinfektionsmittel findet. Für die Wasserdesinfektion wird es selten eingesetzt.

5.4. Chlordioxid

Chlordioxid, chemische Formel ClO_2 nach DIN EN 12671 wird in der Wasseraufbereitung zur Desinfektion eingesetzt wobei auch gleichzeitig Oxidationsvorgänge ablaufen. Chlordioxid bieten in bestimmten Anwendungsfällen Vorteile gegenüber Chlor und Hypochloriten. In Tabelle 16 ist ein Vergleich einiger Eigenschaften zwischen Chlor und Chlordioxid aufgestellt worden.

Eigenschaften / Grenzwerte		Chlor	Chlordioxid
Löslichkeit in Wasser (10 °C, 1 bar)		10 g/l	ca. 15 g/l
Hydrolyse, Dissoziation		HClO, HCl H^+ ClO^-	keine, bleibt als Gas im Wasser gelöst
Geruchs- und Geschmacks-Schwelle im Wasser		0,05 mg/l	0,1 – 0,2 mg/l
Dosiermenge [1)]		1,2 – 6 mg/l	max. 0,4 mg/l
Grenzwerte im Trinkwasser [1)]		min. 0,1 mg/l max. 0,3 mg/l	min. 0,05 mg/l max. 0,2 mg/l max. 0,2 mg/l als Chorit
chemische Reaktionen mit Wasserinhaltsstoffen	Ammonium Aminoverbindungen	Chloramine	keine Reaktion
	Phenole	Chlorphenole	Oxidation
	Huminsäure Kohlenwasserstoffe Organische Substanzen	Chlorierung Trihalogenmethane Organochlorverbindungen	Oxidation
	Eisen-II- Mangan-II-	Oxidation	Oxidation
	pH-Wert Abhängigkeit	mit steigendem pH-Wert abnehmende Desinfektionswirkung	im Bereich pH 6...9 gleichbleibend

1) nach Trinkwasserverordnung 2001

Tabelle 16: Vergleich einiger Eigenschaften und Grenzwerte von Chlor und Chlordioxid

Aufgrund der physikalischen und physikalisch-chemischen Eigenschaften wird Chlordioxid nur in Form von wässrigen Lösungen am Ort der Verwendung in besonderen Apparaturen bereitet. Chlordioxid wird entweder aus Natriumchlorit ($NaClO_2$) und Chlor (Cl_2) als Aktivierungsmittel oder aus Natriumchlorit und Säure – vorzugsweise Salzsäure (HCl) – herstellt.

Dabei laufen folgende Reaktionen ab:

$$\underset{\text{Natriumchlorit}}{2\ NaClO_2} + \underset{\text{Chlor}}{Cl_2} \longrightarrow \underset{\text{Chlordioxid}}{2\ ClO_2} + \underset{\text{Natriumchlorid}}{2\ NaCl}$$

$$\underset{\text{Natriumchlorit}}{5\ NaClO_2} + \underset{\text{Salzsäure}}{4\ HCl} \longrightarrow \underset{\text{Chlordioxid}}{4\ ClO_2} + \underset{\text{Natriumchlorid}}{5\ NaCl} + \underset{\text{Wasser}}{2\ H_2O}$$

Eine alternative Herstellung von Chlordioxid kann ohne Apparaturen nach folgender Reaktion aus Natriumchlorit und Natriumperoxodisulfat (Chlorit-/Peroxo-Verfahren) erfolgen:

$2\ NaClO_2$ Natriumchlorit	+	$Na_2S_2O_8$ Natriumper-Oxodisulfat	$\longrightarrow$	$2\ ClO_2$ Chlordioxid	+	$2\ Na_2SO_4$ Natriumsulfat

Alle Reaktionen erfolgen unter kontrollierten Bedingungen und Konzentrationen. Mit der heutigen Technologie stellt man Chlordioxid-Lösungen im Reaktor einer Bereitungsanlage in Konzentrationen zwischen 6 und 20 g/l ClO_2 her. Diese werden anschließend aus Sicherheitsgründen auf die Gebrauchskonzentration von 0,5 bis 4 g/l ClO_2 verdünnt.

Bei der Desinfektion mit Chlordioxid wird die Bildung der unerwünschten Trihalogenmethane vermieden. Unangenehme Geruchs- und Geschmacksstoffe im Wasser, die z. B. von Phenolen, Algen oder deren Zersetzungsprodukten herrühren, werden von Chlordioxid oxidiert und in geruchs- und geschmacksneutrale Stoffe umgewandelt.

Die Keimtötungsgeschwindigkeit von Chlordioxid nimmt in Gegensatz zum Chlor mit steigendem pH-Wert zu. Mit Ammonium oder Aminoverbindungen geht Chlordioxid keine Reaktion ein. Dies ist ein wesentlicher Unterschied im Vergleich zu Chlor, das mit Ammonium Chloramine bildet, die einen negativen Einfluss auf die Desinfektion und den Geschmack des behandelten Wassers haben.

Chlordioxid ist im Wasser sehr beständig. Nach abgeschlossener Zehrung lässt sich ein Überschuss über längere Zeit aufrecht erhalten, so dass auch bei ausgedehnten Rohrnetzen und Behältern ein Überschuss gehalten werden kann und somit einer Wiederverkeimung des Wassers wirksam begegnet wird.

Chlordioxid kann oxidierte Nebenprodukte bilden, die jedoch unbedenklich sind, sofern die maximalen Dosiermengen (0,4 mg/l ClO_2) eingehalten werden. Zu den häufigsten Reaktionsprodukten zählen Carbonsäuren, Aldehyde, Ketone und Chinone.

Mit Chlordioxid laufen keine Chlorierungsreaktionen im Trinkwasser ab. Die Endprodukte des Chlordioxids sind Chlorid, Chlorat und Chlorit. In Abhängigkeit von der Wasserqualität werden zwischen 40% und 80% des eingesetzten Chlordioxid in Chlorit überführt. In der Trinkwasserverordnung ist ein Höchstwert für Chlorit von 0,2 mg/l ClO_2^- nach Abschluss der Aufbereitung angegeben. Dieser kann eingehalten werden, wenn der Wert an TOC (gesamter organischer Kohlenstoff) im Wasser unter 1,5 mg/l liegt.

5.5. Natriumdichloroisocyanurat

Natriumdichloroisocyanurat, Summenformel: $NaCl_2(NCO)_3$ nach DIN EN 12931 ist ein Desinfektionsmittel für Notfälle.

In Deutschland nur einsetzbar zur Trinkwasseraufbereitung der Bundeswehr und für den zivilen Bedarf in Katastrophenfällen.

Natriumdichloroisocyanurat hat einen Gehalt an wirksamem Chlor von 60-63% und ist ein festes weißes Granulat mit Chlorgeruch. Es ist auch in Tablettenform erhältlich.

Als eine weitere Form des Natriumdichloroisocyanurats wird das Dihydrat nach DIN EN 12932 dieser Verbindung eingesetzt. Das Dihydrat des Natriumdichloroisocyanurats enthält zusätzlich zwei Moleküle Wasser ($NaCl_2(NCO)_3 \bullet 2\ H_2O$) und hat einen „wirksamen Chlorgehalt“ von etwa 56%.

Beide Verbindungen sind in Wasser leicht löslich. Die Wasserlöslichkeit beträgt für das Natriumdichloroisocyanurat 250 g pro Liter Wasser bei 25°C. Der pH-Wert einer 1%igen wässrigen Lösung liegt zwischen pH 6-7. Die Wirkung des Natriumdichloroisocyanurats beruht darauf, dass diese Verbindung im Wasser durch Hydrolyse Natriumisocyanurat und hypochlorige Säure bildet:

$NaCl_2(NCO)_3$ Natriumdichloro-Isocyanurat	+	$2\ H_2O$ Wasser	$\longrightarrow$	$NaH_2(NCO)_3$ Natriumisocyanurat	+	$2\ HClO$ hypochlorige Säure

5.6. Ozon

Ozon, Formel: O_3 ist unter Normalbedingungen (1 bar, 0°C) ein farbloses, stechend reichendes, äußerst giftiges Gas. In stärkeren Konzentrationen nimmt das Ozongas eine bläuliche Färbung an. Reines Ozon ist etwa 1,6 mal so schwer wie Luft. Die Konzentration des Ozongases, wie es mit den herkömmlichen Ozonanlagen erzeugt wird, beträgt 2-4 Vol.-% O_3.

Die wichtigsten Eigenschaften des Ozons sind in Tabelle 17 zusammengestellt.

Formel:	O_3
Molekulargewicht:	47,98
Farbe:	bläulich
Geruch:	stechend
Dichte (gasförmig):	2,140 g/l (0°C, 1 bar)
Dichte (gasförmig) bezogen auf Luft:	1,655 (Luft = 1) g/l
Siedepunkt:	-110,5°C (1 bar)
Schmelzpunkt:	-251,4°C

Tabelle 17: Eigenschaften des Ozons

Ozon besteht aus drei Sauerstoffatomen (O_3) und zerfällt bei Raumtemperatur sehr leicht wieder in molekularen Sauerstoff (O_2). Der dabei als Zwischenstufe entstehende atomare Sauerstoff ist sehr reaktionsfreudig und verleiht dem Ozon die große Oxidationswirkung. Ozon tötet Bakterien und inaktiviert Viren wesentlich schneller als Chlor, es müssen jedoch auch hier zur sicheren Abtötung der Keime bzw. zur Viereninaktivierung bestimmte Mindestüberschüsse an Ozon im Wasser vorliegen und eine Mindesteinwirkzeit eingehalten werden.

Durch ein starkes Oxidationsvermögen werden die organischen Belastungsstoffe im Wasser durch Ozon abgebaut und eine Verminderung des Kaliumpermanganat-Verbrauches herbeigeführt.

Die Löslichkeit des Ozons im Wasser ist sehr gering und hängt stark vom Druck und der Temperatur ab. In der Literatur werden von einander abweichende Angaben zur Löslichkeit des Ozons im Wasser gemacht.

Geht man von reinem Ozongas mit einem Druck von 1 bar aus, so kann in etwa eine theoretische Löslichkeit bei 10°C von 1,11 g O_3, bei 20°C von 0,79 g O_3 und bei 30°C von 0,49 g O_3 pro Liter Wasser angenommen werden.

Die angegebenen Konzentrationen werden in der Praxis jedoch nie erreicht, da die Löslichkeit von Ozon in Wasser proportional vom Partialdruck in der Gasphase ist (ideales Gas, Gesetz von HENRY-DALTON).

Da der Gehalt an Ozon in der Gasphase nur 2-4 Vol.-% O_3 beträgt und der Rest aus Luft oder Sauerstoff besteht, liegt auch ein niedriger Partialdruck des Ozons vor. Dieser niedrige Partialdruck und die hohen Ballastmengen an Luft bzw. Sauerstoff, die beide ebenfalls nur sehr schlecht in Wasser löslich sind, erschweren das Einbringen von Ozon ins Wasser.

Durch die bei der Ozonung üblicherweise eingesetzten spezifischen Ozondosen: 1 bis 2 g Ozon pro g gelöster gesamter Kohlenstoff (DOC), führt die Oxidationsreaktion mit organischen Stoffen nicht zur totalen Mineralisierung der organischen Moleküle.

Die entstehenden Oxidationsprodukte sind meist polarer als ihre Ausgangsverbindungen. Typische Oxidationsprodukte sind z. B. Aldehyde, Kentone und Carbonsäuren. Mechanismen, die zur Bildung solcher Oxidationsprodukte führen, werden in der einschlägigen Literatur beschrieben.

Die Ozonung kann zur Enteisenung und Entmanganung eingesetzt werden, da Ozon die zweiwertigen Metallionen leicht oxidiert. Für die Enteisenung und Entmanganung ist Ozon dann besonders vorteilhaft einzusetzen, wenn die reduzierten Metalle an organischen Inhaltsstoffen komplex gebunden vorliegen, da Ozon gleichzeitig durch oxidativen Abbau eine Zerstörung der Komplexe bewirkt.

Dreiwertiges Arsen wird schnell zu fünfwertigem Arsen oxidiert. Im Gegensatz zum Oxidationsmittel Chlor reagiert Ozon unter den Bedingungen der Wasseraufbereitung weder mit Ammonium noch Ammoniak. Nitrit wird durch Ozon zum Nitrat, Schwefelwasserstoff bis zum Sulfat oxidiert.
Bromide werden von Ozon zu Bromat oxidiert, das ab 01.01.2003 wegen seiner potentiell kanzeorgenen Wirkung von 25 µg/l im Trinkwasser hat. Eine Begrenzung der Bromatbildung ist durch Optimieren der Ozonungsbedingungen (Absenkung des pH-Wertes, Ozonkonzentration, Reaktionszeit) möglich. Dabei ist zu beachten, dass die Wirkung der Desinfektion und die effektive Oxidation organischer Stoffe beeinträchtigt werden können.

5.7. Wasserstoffperoxid

Wasserstoffperoxid, chemische Formel: H_2O_2, ist in der Liste der Aufbereitungsstoffe gemäß § 11 Trinkwasserverordnung 2001, Stand: September 2002, nur als Stoff für die Oxidation aufgeführt.

Die Reinheitsanforderungen sind in DIN EN 902 festgelegt. Die zulässige Zugabe zum Wasser beträgt 17 mg/l H_2O_2, die Höchstkonzentration nach Abschluss der Aufbereitung 0,1 mg/l H_2O_2.

Im Trinkwasserbereich wird Wasserstoffperoxid hauptsächlich für die Oberflächendesinfektion von Armaturen, Schiebern u. a. eingesetzt.

5.8. Kaliumpermanganat

Kaliumpermanganat, chemische Formel: $KMnO_4$, wird wegen seiner oxidativen und algiziden Wirkung bei der Aufbereitung von Wasser zu Trinkwasser verwendet. Für die Desinfektion von Wasserversorgungsanlagen werden die bakteriziden Eigenschaften genutzt.

Nach der Trinkwasserverordnung 2001 ist Kaliumpermanganat zur Oxidation von Wasserinhaltsstoffen zugelassen, dagegen nicht zur Desinfektion des Wassers.

Die maximal zulässige Dosiermenge beträgt 10 mg/l $KMnO_4$.

Die Reinheitsanforderungen sind in DIN EN 12672, Tabelle 2 festgelegt.

Kaliumpermanganat bildet dunkelviolette, prismaähnliche Kristalle. Die Schüttdichte beträgt 1,44-1,60 kg/l. Die Löslichkeit beträgt bei 20°C 6,3 g in 100 g Wasser.

Freilaufendes Kaliumpermanganat mit einem Gehalt von mindestens 97% $KMnO_4$ enthält geringe Zusätze von Silikaten und eignet sich besonders für die Trockengutdosierung.

Im Wasserwerk werden Lösungen mit Massenanteilen von etwa 1% eingesetzt, die zur Dosierung im Bedarfsfalle weiter verdünnt werden können.
Kaliumpermanganat hat eine hohe Farbintensität und kann bei Überdosierung trotz des relativ niedrigen Konzentrationsbereichs im aufbereiteten Wasser farblich erkennbar werden.

Bei der Desinfektion von Anlagen, insbesondere bei neu verlegten, mit Zementmörtel ausgekleideten Versorgungsleitungen, haben sich Kaliumpermanganatlösungen (mit Konzentrationen bis etwa 50 g/m³) nach Einwirkungszeit von 12 bis 24 Stunden bewährt.

Vorteile gegenüber Chlor bietet die Desinfektion mit Kaliumpermanganat in diesem Falle wegen der geringeren Gefährlichkeit, des leichteren Transportes und der besseren optischen Kontrollmöglichkeit.

Kaliumpermanganat hat besonders auf fadenförmige Algen eine algizide Wirkung. Das Wachstum von Planktonalgen wird dagegen nur wenig eingeschränkt. Die Algenbekämpfung mit Kaliumpermanganat erfolgt bevorzugt in Infiltrations- und Reaktionsbecken. Die angewendeten Konzentrationen liegen zwischen 0,5 und 2 g/m³.

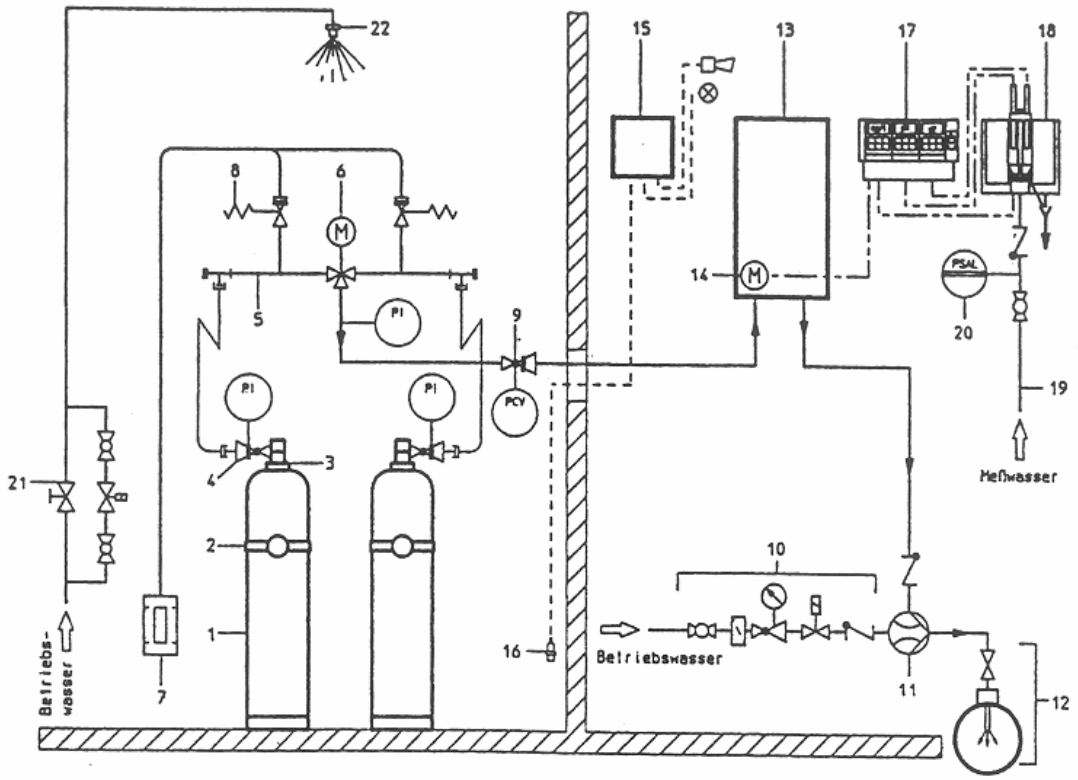
6. Verfahrenstechnik der Chlorung

6.1. Chlorgas-Dosieranlagen

Die heute üblichen Chlorgasdosiergeräte arbeiten fast alle nach dem Vakuum- oder Vollvakuumprinzip und werden ausschließlich für die indirekte Chlorung eingesetzt. Unter indirekter Chlorung versteht man in der Wasseraufbereitung die Herstellung einer Chlorlösung, die am Ort des Einsatzes aus Chlorgas und Wasser bereitet wird. Diese Chlorlösung dient dann als Desinfektionsmittel. Mit der Einführung der Vollvakuum-Chlorgasdosiergeräte sind auch von Seiten der Sicherheit keine Bedenken mehr gegen die Anwendung von Chlorgas zu erheben.
Unter dem Begriff Vollvakuum versteht man, dass in der gesamten Installation, d. h. von der Chlorflasche bzw. vom Chlorfass bis zur Impfstelle (Injektoreinführung) ein Unterdruck vorliegt. Dadurch kann bei einem Defekt, sei es in der Chlorgaszuführung, im Dosiergerät oder in der Gasleitung zum Injektor (Zusatzstelle), kein Chlorgas austreten.

Im Falle einer Undichtigkeit würde nur Luft in das System eintreten und damit ist ein Risiko durch ausströmendes Chlorgas ausgeschlossen. Das Vollvakuumprinzip stellt somit ein Höchstmaß an Sicherheit dar. Abbildung 4 zeigt eine Vollvakuum-Chlorgasdosieranlage.

Ab dem Flaschenanschlussventil wird der Chlorgasdruck in der Flasche von etwa 6 bar auf einen Unterdruck von –150 mbar reduziert. Dadurch ist sichergestellt, dass bei Undichtigkeiten oder gar Leitungsbruch kein Chlorgas austritt. Über einen automatisch arbeitenden Behälterumschalter wird von den leeren Chlorflaschen auf die vollen umgeschaltet, so dass eine ununterbrochene Chlorversorgung gewährleistet ist. Als zusätzliche Sicherheitseinrichtung zur Überwachung des Chlorgas-Lager- und Dosierraumes sollte ein Chlorgaswarngerät installiert werden.



1 Chlorflasche
2 Chlorflaschen-Halteschelle
3 Chlorflaschen-Ventil
4 Vakuumregel- und Rückschlagventil
5 Vakuumleitung
6 automatischer Chlorflaschen-Umschalter
7 Adsorptionsfilter
8 Sicherheitsentlüftungsventil
9 Vakuumsicherheitsventil
10 Betriebswasserarmatur
11 Injektor
12 Einführung
13 Vollvakuum-Chlorgas-dosiergerät
14 elektrischer Stellmotor
15 Chlorgaswarngerät
16 Messfühler
17 Chlor-, pH-Wert, Redox Meßmodule mit Regler
18 Durchflussarmatur mit Elektroden
19 Messwasserleitung
20 Messwasserüberwachung
21 Wassersprühanlage
22 Sprühdüse

Abbildung 4: Schema einer Chlorgas-Dosieranlage nach dem Vollvakuum-Prinzip mit automatischem Chlorflaschen-Umschalter, Chlormessgerät mit Regler und allem Sicherheitszubehör (Wassersprühanlage, Chlorgaswarngerät) in einem Chlorlagerraum

Um die vom Gesetzgeber vorgeschriebenen Chlorwerte im Trinkwasser einzuhalten, muss die Chlordosierung der Wassermenge und der Chlorzehrung entsprechend angepasst werden.

Eine automatische Chlordosierung kann nach der Wassermenge, nach dem Chlorüberschuss oder nach beiden Kriterien vorgenommen werden. Bei gleichbleibender Chlorzehrung des Wassers regelt man bei schwankender Wasserförderung nach dem Wasserdurchfluss. Bei konstanter Wasserförderung, aber bei schwankender Chlorzehrung regelt man nach dem Chlorüberschuss. Die genaueste und für die Qualität des Trinkwassers beste Regelung ist die Verwendung beider Messgrößen.

Vorraussetzung für die automatische Chlordosierung nach dem Chlorüberschuss ist die genaue Messung des Chlorgehaltes. Nur durch eine zulässige, kontinuierliche und genügend empfindliche Chlormessung kann eine automatische Chlordosieranlage zufriedenstellend arbeiten. Bewährt haben sich im Wasserwerksbetrieb Chlormessgeräte, die nach dem Depolarisationsprinzip arbeiten und über eine hydromechanische Elektrodenreinigung verfügen.

Chlorgas-Dosieranlagen werden im allgemeinen für Chlorgaszugaben von etwa 5 g/h bis 200 kg/h eingesetzt.

6.1.1. Chlor-Verdampferanlagen

Einem Chlorbehälter kann je Stunde kontinuierlich nur etwa 1% seiner ursprünglichen Füllmasse gasförmig entnommen werden (z. B. 650 g/h aus einer Chlorflasche mit 65 kg Füllung).

Bei größerer Entnahme je Stunde kommt es wegen des erhöhten Wärmeentzugs zu einer Abkühlung des Chlors und dadurch zu einer geringeren Entnahmemöglichkeit (äußeres Zeichen: Vereisung des Chlorbehälters). Um dies zu vermeiden, können mehrere oder größere Chlorbehälter angeschlossen werden. Wegen des Wärmebedarfs bei der Chlorentnahme ist eine Raumheizung zu empfehlen, die zulässige Temperatur nach der Unfallverhütungsvorschrift „Chlorung von Wasser“ beträgt mindestens 15°C und höchstens 50°C. Große Chlormengen werden zweckmäßigerweise in flüssiger Form aus Chlorbehältern entnommen und in besonderen Chlorverdampfern in den Gaszustand gebracht. Verflüssigtes Chlor darf nicht zwischen Absperrarmaturen ohne Ausdehnungsmöglichkeiten eingeschlossen werden.

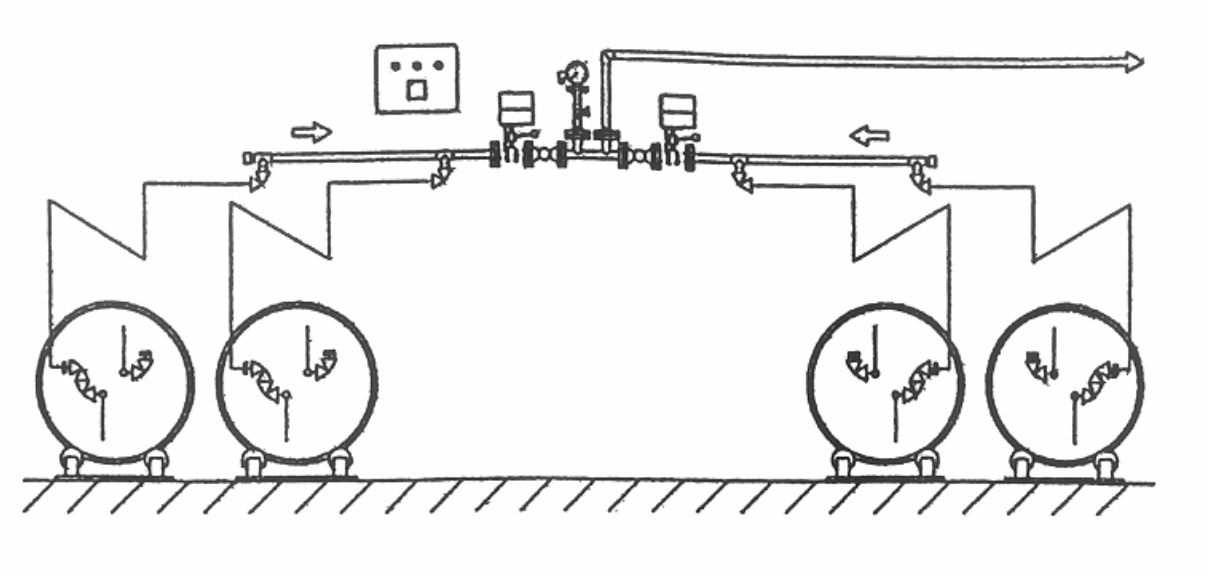


Abbildung 5: Chlorversorgung über Chlorfässer bei denen das Chlor in flüssiger Form entnommen wird, mit automatischer Umschaltung von der leeren auf die volle Chlorgas-Batterie

Abbildung 6: Chlorgas-Traverse zum Transport und Ausrichten von Chlorfässern im Lagerraum

Abbildung 7: Chlorflüssig-Verdampfer mit allen Zuleitungen für flüssiges Chlor und Ableitungen für gasförmiges Chlor sowie alle Drucküberwachungseinrichtungen

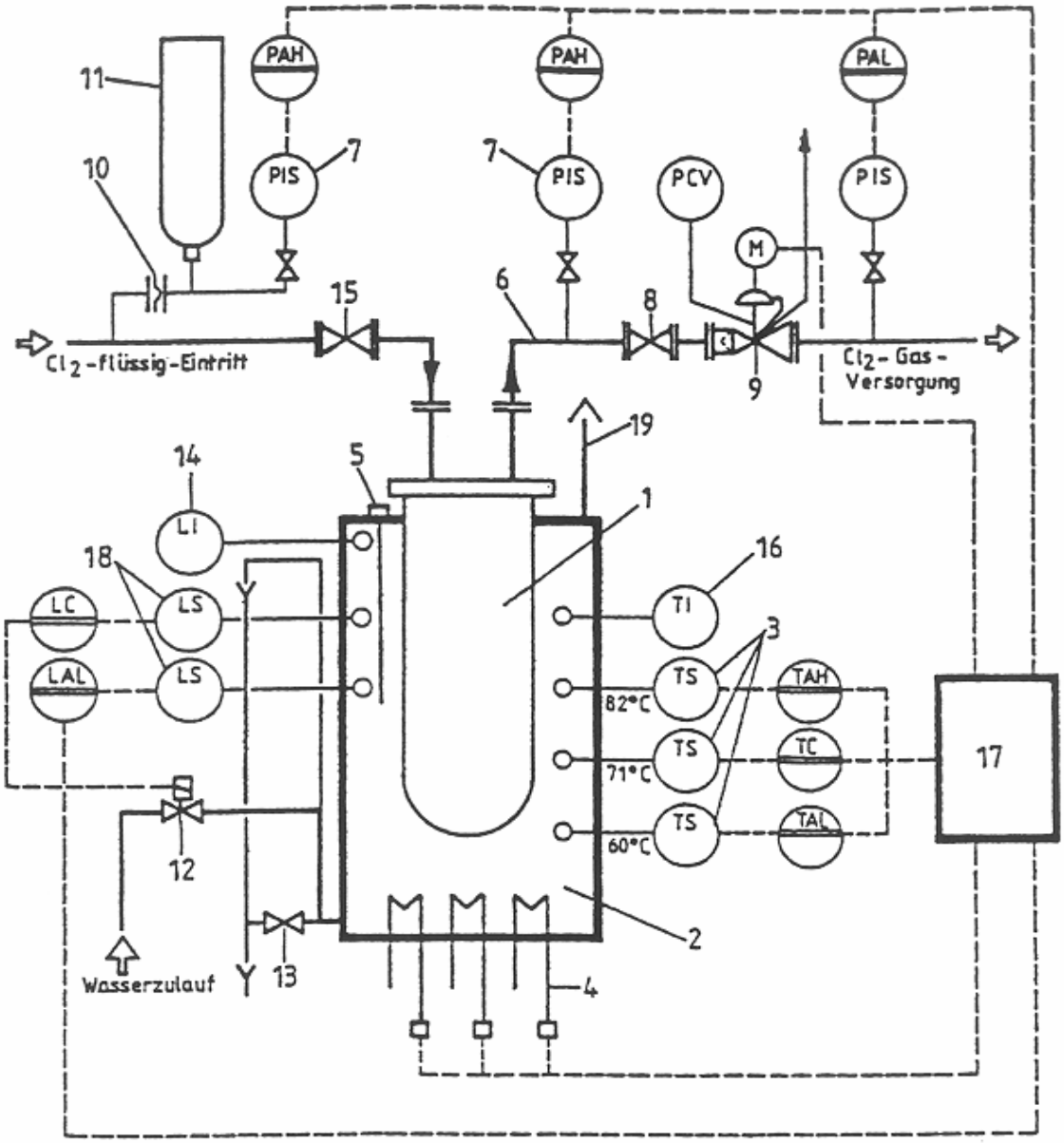
Der Einsatz eines Chlorverdampfers wird empfohlen, wenn die Dosiermenge 40 kg/h Chlor übersteigt. Notwendig ist ein Verdampfer, wenn das Flüssigchlor aus Großtanks entnommen wird.

Elektrische Heizelemente liefern die Wärme für das Wasserbad. Anstelle der elektrischen Heizung kann der Verdampfer auch mit direkter Dampfheizung betrieben werden.

Der Druckbehälter besteht aus einem Stahlzylinder mit einem Prüfdruck von 60 bar. Der Gasdruckbehälter und der Tank des Wasserbades werden durch drei Magnesium-Anoden elektrochemisch gegen Korrosion geschützt.

Der Wasserbadbehälter ist innen aus außen verzinkt. Durch eine spezielle Schutzisolation wird ein Wärmeverlust weitgehend verhindert. Alle Verdampferbauteile sind in einem glasfaserverstärkten Polyestergehäuse untergebracht. Das Gehäuse ist leicht abnehmbar, so dass alle Elemente des Verdampfers gut zugänglich und wartungsfreundlich sind. Auf einer eingebauten Instrumententafel befinden sich die Anzeigen für Wasserniveau und Temperatur sowie das Amperemeter für die Kathodenschutzeinrichtung.

In einem separaten Steuerschrank ist die komplette Verdampfersteuerung und Überwachung untergebracht. Alle wichtigen Funktionen werden durch Betriebs- und Störlampen angezeigt.



1 Druckbehälter mit Cl_2-flüssig-gasförmig
2 Wasserbad ca. 70 °C
3 Thermostat
4 Tauchsieder
5 Anode für Korrosionsschutz
6 Cl_2-Gasversorgung
7 Gasdruck-Kontaktmanometer
8 Absperrarmatur
9 Gasdruck-Reduzier- und Absperrventil mit Min.-Kontaktmanometer
10 Berstscheibe
11 Expansionsgefäß
12 Wasserbad-Zulaufarmatur
13 Wasserbad-Entleerungsarmatur mit Überlauf
14 Wasserbad-Niveauanzeige
15 Absperrarmatur
16 Temperaturanzeige
17 Steuergerät
18 Niveauschalter
19 Entlüftung

Abbildung 8: Schema eines Chlorverdampfers

Die Arbeitsweise eines Chlorverdampfers läuft folgendermaßen ab: Das flüssige Chlor gelangt vom Lagerbehälter durch ein Tauchrohr von oben in den Stahldruckbehälter. Während das Tauchrohr für das flüssige Chlor bist fast an den Boden des Druckbehälters reicht, wird das flüssige Chlor über ein kurzes Entnahmerohr entnommen. Diese Anordnung begrenz den Druck im Stahldruckbehälter auf den Druck des angeschlossenen Lagerbehälters.

Das flüssige Chlor wird per Wasserbad indirekt erwärmt und in die Gasphase übergeführt. Ein Druckreduzierventil am Ausgang des Verdampfers verhindert die Rückverflüssigung des Chlorgas nach diesem Ventil.

Das Flüssigkeitsniveau im Stahldruckbehälter passt sich automatisch der Chlorgasentnahme an. Ist die Entnahmerate konstant, bleibt auch das Flüssigkeitsniveau konstant. Wird die Entnahme erhöht, so vermindert sich der Gasdruck im Behälter und das Flüssigkeitsniveau steigt. Damit erhöht sich die Wärmeaustauschfläche und es wird mehr Flüssigkeit verdampft. Der Gasdruck erhöht sich, bis er dem Zulaufdruck entspricht und mit dem Flüssigkeitsniveau im Gleichgewicht ist. Eine Verminderung der Chlorgasentnahme hat die umgekehrte Wirkung.

Die Temperatur des Wasserbades wird auf 71°C geregelt. Alarmschalter sprechen bei Temperatur-über- oder –unterschreitung an und überwachen so die Temperaturregelung.

Vom Verdampferausgang gelangt das Chlorgas über ein elektrisch oder pneumatisch betätigtes Druckreduzier- und Absperrventil, welches den gewünschten Betriebsdruck konstant hält, zum Chlorgas-Dosiergerät.

Für die Betriebssicherheit sorgen folgende Einrichtungen:

- Durch die Konstruktion des Verdampfers regelt sich das Flüssigkeitsniveau im Stahldruckbehälter selbsttätig, je nach der Meng der Gasentnahme bzw. der benötigten Wärmeaustauschfläche.
- Eine Berstscheibeneinrichtung, Ansprechdruck: 14,5 oder wahlweise 22 bar, in Verbindung mit einem Expansionsbehälter und einem Kontaktmanometer schützen die Flüssiggasleitung vor unzulässigem Überdruck.
- Ein automatisches Chlordruckreduzier- und Absperrventil am Verdampferausgang, verbunden mit einem Min.-Kontaktmanometer schützt die nachfolgende Installation vor Flüssiggaskontakt. Das Ventil schließt auch bei Ansprechen des Wassertemperatur-Min.-Kontakts.
- Ein Max.-Kontaktmanometer am Verdampferausgang schützt den Druckbehälter im Fall einer Fehlbedienung (Ein- und Ausschaltventil geschlossen, Heizung eingeschaltet).
- Alarmschalter für Wassertemperatur min. (60°C) und max. (82°C) überwachen die Funktion des Regelthermostaten für das Wasserbad.
- Ein separater Steuerschrank sorgt für die elektrische Verriegelung der Sicherheitsfunktionen und meldet Störungen mittels potentialfreiem Sammelalarm.

Abbildung 9: Chlorgas-Dosieranlagen für große Leitungen bis maximal 200 kg/h Chlor

6.1.2. Sicherheitseinrichtungen für Chlorlager- und Chlordosierräume

In der Unfallverhütungsvorschrift „Chlorung von Wasser“ werden Aussagen zu Bau und Ausrüstung von Chlorgasräumen, zum Betrieb von Chlorgasanlagen sowie zur Prüfung und zu persönlichen Schutzausrüstungen gemacht.

Die in dieser Unfallverhütungsvorschrift aufgeführten Durchführungsanweisungen geben an, wie die Schutzziele erreicht werden können.

Sie schließen andere, mindestens ebenso sichere Lösungen nicht aus, die auch in technischen Regeln anderer Mitgliedstaaten der Europäischen Union oder anderer Vertragsstaaten des Abkommens über den Europäischen Wirtschaftsraum ihren Niederschlag gebunden haben können.

Durchführungsanweisungen enthalten darüber hinaus weitere Erläuterungen zu Unfallverhütungs-vorschriften.

In Kapitel 3.5. ist eine Prüfliste mit Fragen zu allen wichtigen Paragraphen der Unfallverhütung zusammen gestellt worden. Bei jeder Frage wird auf den entsprechenden Paragraphen und Absatz der Unfallverhütungsvorschrift verwiesen.

Hier soll anhand der Abbildung 10 auf die wichtigsten Sicherheitseinrichtungen in einem Chlorgas-Lagerraum eingegangen werden: Dies sind die Wassersprühanlage, der Wasserablauf mit Geruchsverschluss und das Chlorgaswarngerät.

In diesem Fall wird dem Sprühwasser Natriumthiosulfat-Lösung (Antichlor) zugesetzt um die Effektivität der Chlorgas-Bindung zu erhöhen.

Auf der Abbildung 10 ist eine Einrichtung dargestellt, durch die ausgetretenes Chlorgas niedergeschlagen und chemisch gebunden werden kann.

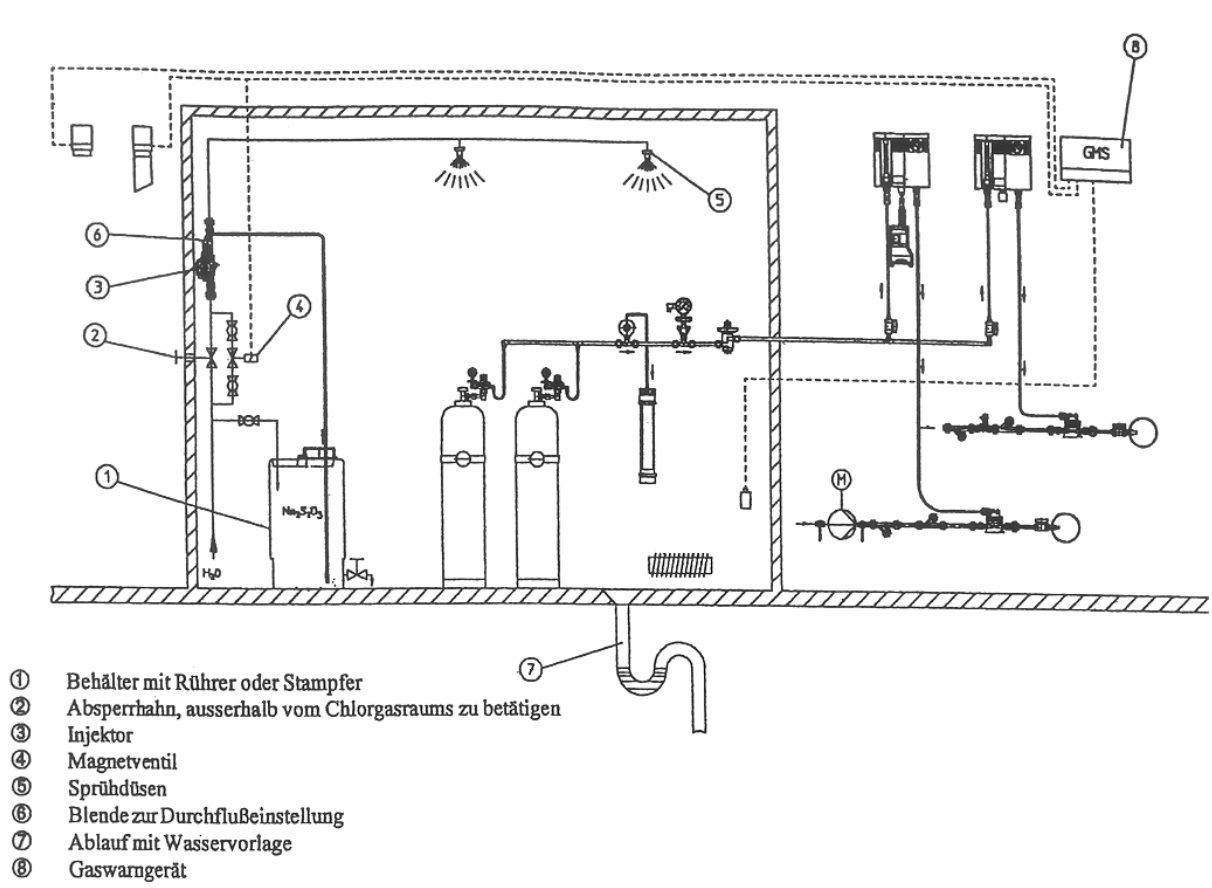


Abbildung 10: Sicherheitseinrichtungen in einem Chlorlagerraum. Die Wassersprühanlage wird hier mit Natriumthiosulfat (Antichlor) beaufschlagt.

Abbildung 11: Chlorgaswarngerät für zwei Messstellen

Die Anlage besteht aus einem Ansetzbehälter mit Handstampfmischer oder elektrischem Rührwerk, in dem die Natriumthiosulfat-Lösung als 2%ige Lösung bereitet wird.

Der Ansetzbehälter sollte im Chlorgasraum, kann aber auch außerhalb des Chlorgasraumes aufgestellt werden. Er muss in jedem Fall frostsicher untergebracht bzw. aufgestellt sein.

In der Zulaufleitung der Wassersprühanlage ist ein Injektor mit Ansaugleitung eingebaut. In der Ansaugleitung befindet sich eine Blende, die für das Volumen der angesaugte Natriumthiosulfat-Lösung ausschlaggebend ist.

Bei Betätigung der Wassersprühanlage wird über den Injektor die Natriumthiosulfat-Lösung angesaugt und dem Sprühwasser beigemischt.

6.1.3. Chlorgaswäscher (Chlorvernichtungsanlage)

In Chlorfasslagern, die in der Regel mit bis zu zehn 500- oder 1000 kg Fässern bestückt sind, werden Chorgasabsorptionsanlagen (Chlorvernichtungsanlagen) eingesetzt. Diese werden mit Natronlauge und Natriumthiosulfat betrieben.

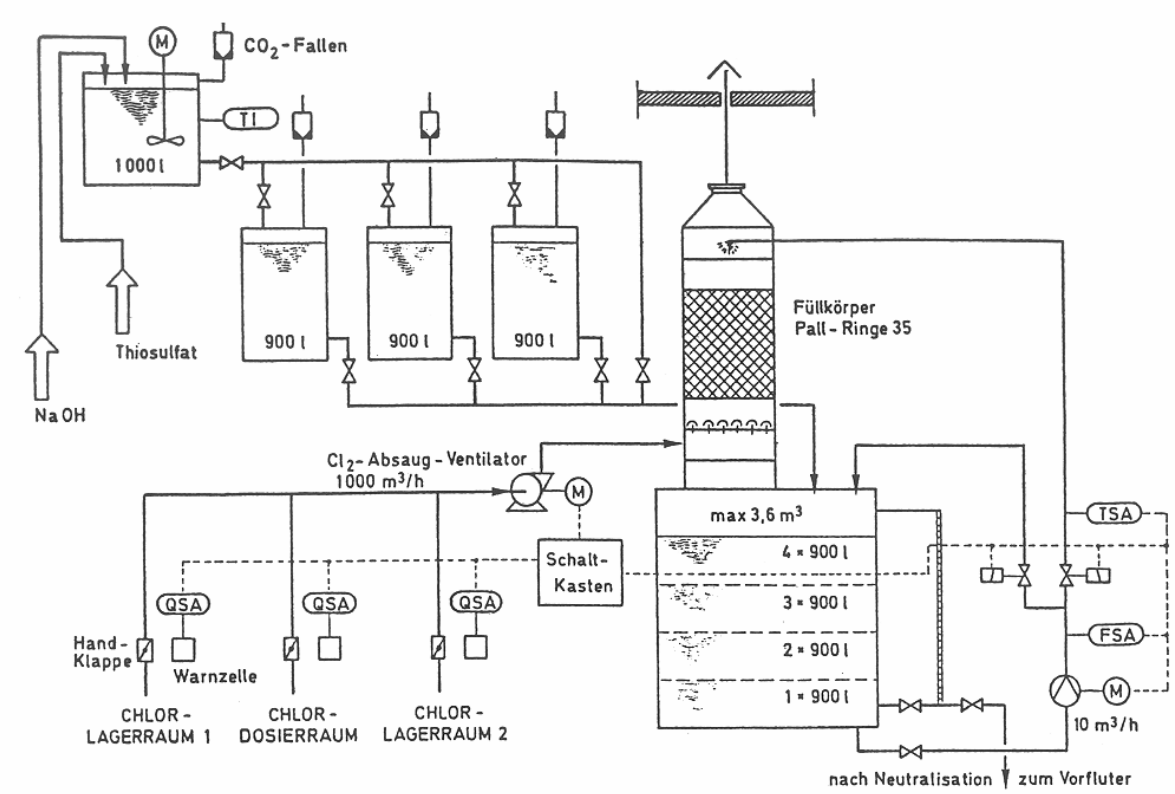


Abbildung 12: Chlorvernichtungsanlage mit Cl_2-Absaug-Ventilator und Rieselturm mit Füllkörperkolonne, als Waschflüssigkeit wird eine Mischung aus Natromlauge und Natriumthiosulfat eingesetzt.

Zum Absaugen und Vernichten des ausgetretenen Chlorgases werden Strahlwäscher oder Ventilatoren, die an Rieseltürmen mit Füllkörperkolonne angeschlossen sind, eingesetzt.

Die Abbildung 12 zeigt schematisch eine bestehende Chlorvernichtungsanlage, die für ein Chlorlager mit 2 x 500 kg Chlorfässer ausgelegt wurde.

Zur chemischen Bindung des Chlorgases werden Lösungsgemische aus Natronlauge (NaOH) und Natriumthiosulfat ($Na_2S_2O_3$) verwendet. Diese Waschflüssigkeit wird über einen Rieselturm (Bauhöhe 2,70 m, Durchmesser 1,20 m) mit Füllkörperkolonne von 1,50 m geschickt. Der Vorratsbehälter für die Waschflüssigkeit hat ein Nutzvolumen von 3,6 m³.

Die Bindung des Chlorgases erfolgt nach folgender Reaktionsgleichung:

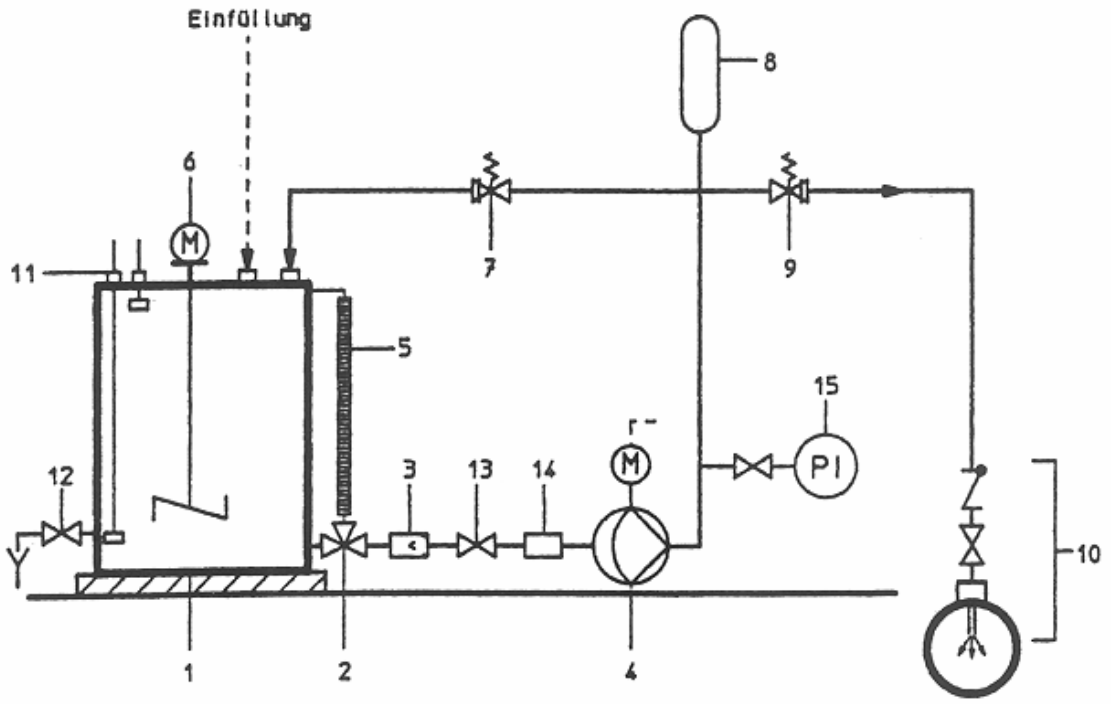
$4\ Cl_2$	+	$Na_2S_2O_3$	+	$10\ NaOH$	$\longrightarrow$	$2\ Na_2SO_4$	+	$8\ NaCl$	+	$5\ H_2O$
Chlor		Natriumthio-Sulfat		Natriumhydoxid		Natriumsulfat		Natrium-chlorid		Wasser

Das Reaktionsprodukt ist eine neutrale Salzlösung und kann bei entsprechender Verdünnung in einem Vorfluter abgeleitet werden.

6.2. Dosieranlagen für Natriumhypochlorit

Die Natriumhypochlorit-Lösung wird aus Vorratsbehältern in der Regel mit Membranpumpen dosiert. Die saugseitige Leitung ist möglichst kurz und mindestens in einer Nennweite größer als die Druckleitung auszuführen. Eine geringe Zulaufhöhe der Flüssigkeit zur Dosierpumpe ist vorteilhaft. Die Dosierleitungen hinter der Pumpe sind ansteigend zu verlegen, wodurch Störungen durch Gasblasen vermieden werden.

Um diese Dosierleitungen vor Druckstößen zu schützen, ist ein geeigneter Pulsationsdämpfer (siehe Abbildung 13) einzusetzen. Das in diesem Pulsationsdämpfer enthaltene Gasvolumen wird komprimiert und fängt dadurch Druckstöße ab. Mit Hilfe des nachfolgenden Druckhalteventils wird ein nahezu gleichmäßiger Volumenstrom erreicht.



1 Behälter
2 Umschaltarmatur zum Auslitern
3 Filter
4 Dosierpumpe
5 Kontrollmeßrohr
6 Mischer
7 Überdruck-Sicherheitsarmatur
8 Pulsationsdämpfer
9 Druckhaltearmatur
10 Einführung mit Rückschlußverhinderer und Impfstück
11 Niveau-Steuerung
12 Behälterentleerung
13 Absperrarmatur
14 Rohrerweiterung zur Entgasung
15 Druckmessgerät

Abbildung 13: Dosieranlagen für Natriumhypochlorit-Lösung

Verstopfungen am Impfstück durch Ausfällungen von Härtebildern lassen sich durch die besondere Ausführung des Impfstückes vermeiden.

6.3. Chlor-Elektrolyseanlagen

Chlor-Elektrolyseanlagen werden überall dort eingesetzt, wo aus Sicherheitsgründen der Transport, die Lagerung und die Dosierung von Chlorgas untersagt ist.

Will man die Nachteile der begrenzten Lagerung von handelsüblicher Natriumhypochlorit-Lösung ausschließen, so kann man vor Ort mit Hilfe einer Chlor-Elektrolyseanlage eine Natriumhypochlorit-Lösung herstellen, die ohne lange Zwischenlagerung und damit ohne Chlorverlust, eingesetzt werden kann.

Vergleicht man die Betriebskosten der einzelnen Chlorungsmittel (siehe Tabelle 23) miteinander, so ist die Eigenproduktion von Natriumhypochlorit-Lösung mit Elektrolyseanlagen besonders günstig. Durch die eigene Auswahl des zur Elektrolyse eingesetzten Salzes kann man weiterhin den Bromat-Gehalt in der selbst hergestellten Natriumhypochlorit-Lösung minimieren.

Hier gilt: Je niedriger der Bromid-Gehalt eines Elektrolysesalzes ist, desto weniger Bromat wird in der bereiteten Natriumhypochlorit-Lösung erzeugt. Die bisher untersuchten handelsüblichen Natriumhypochlorit-Lösungen enthielten bis zu 20 mg/l Bromat.

Die Erzeugung von Natriumhypochlorit-Lösung durch NaCl-Elektrolyse erfolgt bei Einhaltung bestimmter Bedingungen aus einer wässrigen Natriumchlorid-Lösung durch Anlegen von Gleichspannung. Die Reaktionen, die bei der Elektrolyse einer Natriumchlorid-Lösung ablaufen, sind in den folgenden Reaktionsgleichungen aufgezeigt.

$$2\,NaCl + 2\,H_2O \xrightarrow[\text{Elektrolyse}]{\text{Gleichstrom}} Cl_2 + 2\,NaOH + H_2$$

Natriumchlorid	Wasser	Chlor	Natriumhydroxid (Natronlauge)	Wasserstoff

$$2\,NaOH + Cl_2 \longrightarrow NaClO + NaCl + H_2O$$

Natrium-Hydroxid	Chlor	Natrium-hypochlorit	Natrium-chlorid	Wasser

Für die Herstellung von Natriumhypochlorit-Lösung am Ort der Verwendung bieten sich zwei unterschiedliche Verfahren an: Elektrolyseanlagen ohne und mit Membranen. Während bei den membranlosen Anlagen Anoden und Kathoden in einem Rohr angeordnet sind (Rohrzellen-Elektrolyseanlagen), ist die Anode von der Kathode bei den Membran-Elektrolyseanlagen durch eine Membran getrennt.

6.3.1. Rohrzellen – Elektrolyseanlagen

Eine Rohrzellen-Elektrolyseanlage besteht im wesentlichen aus dem Salzlösebehälter mit Dosierpumpe, der Elektrolysezelle dem Gleichrichter, in dem der Wechselstrom in Gleichstrom umgewandelt wird, sowie dem Vorratsbehälter für die bereitete Natriumhypochlorit-Lösung.
Die Abbildung 14 zeigt das Verfahrensschema einer Rohrzellen-Elektrolyseanlage.

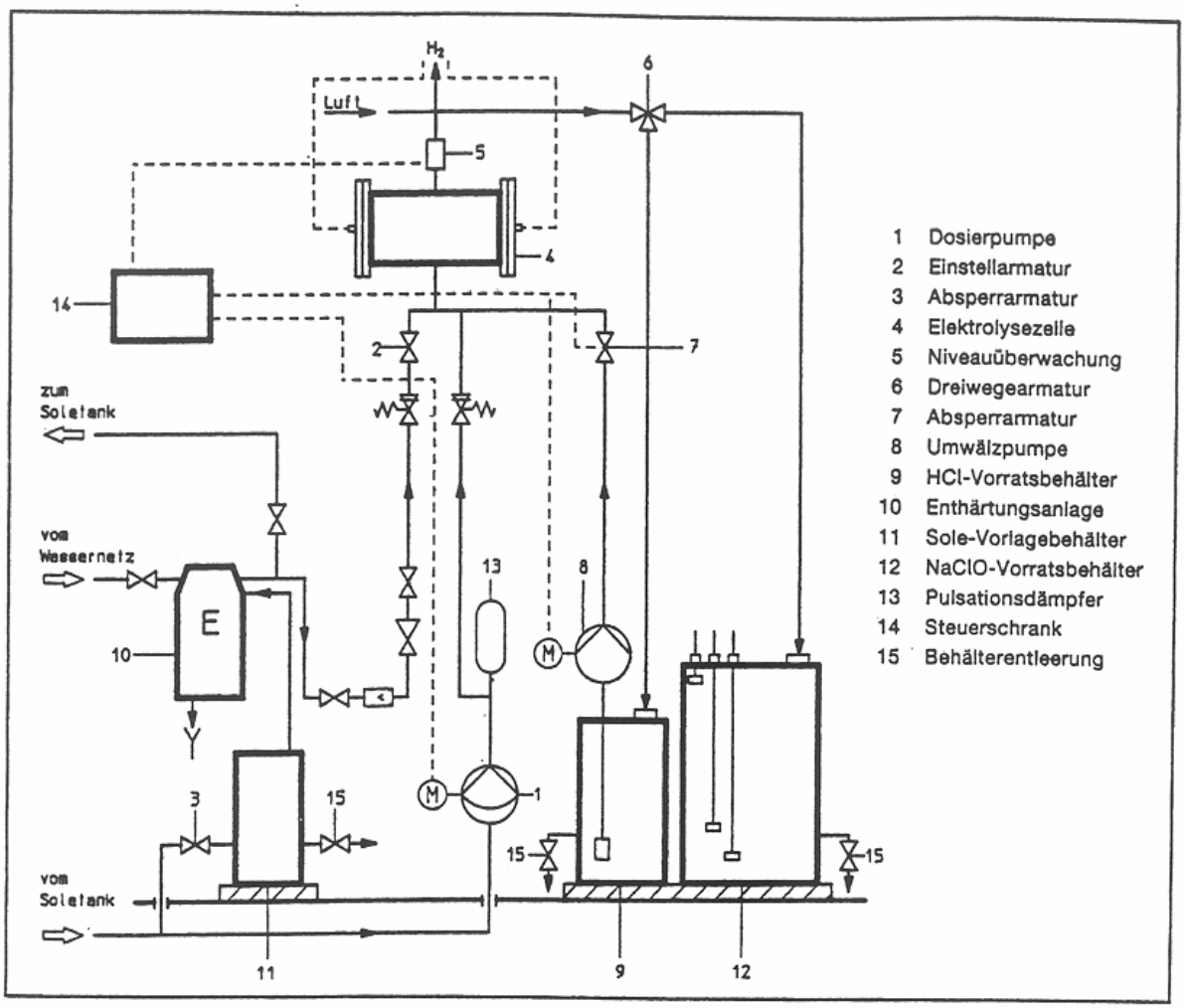


Abbildung 14: Verfahrensschema einer Rohrzellen-Elektrolyseanlage

Abbildung 15: Rohrzellen-Elektrolyseanlage mit Wasserenthärter und automatischer Elektroden-Reinigung mit Salzsäure

Die Natriumhypochlorit-Lösung (Salzsole) wird aus Salz-Tabletten (Natriumchlorid nach DIN EN 973) und enthärtetem Wasser bereitet und anschließend mit enthärtetem Wasser verdünnt, bevor sie in die Elektrolysezelle gelangt.

Die Elektroden bestehen aus Titan mit einer Beschichtung aus Edelmetalloxid. An den Elektrodenoberflächen treten durch den Elektrolysevorgang erhöhte Temperaturen auf, die Ablagerungen von Kalk und Magnesiumhydroxid zur Folge haben. Daher ist eine regelmäßige Reinigung der Elektroden mit Salzsäure notwendig. Der Reinigungsvorgang läuft automatisch ab, wobei die Elektrolysezelle vorher entleert und mit Wasser gespült wird. Die bereitete Natriumhypochlorit-Lösung hat einen Ge-

halt an wirksamem Chlor von 8 g/l. Der bei der Elektrolyse entstehende Wasserstoff wird mit einem Ventilator mit Luft verdünnt und ins Freie geleitet.

Rohrzellen-Elektrolyseanlagen gibt es für Leistungsbereiche von 100 g/h bis 40 kg/h Chlor. Aus 3 kg Salz (Natriumchlorid) wird 1 kg Chlor erzeugt.

6.3.2. Membran-Elektrolyseanlagen

In Membran-Elektrolyseanlagen ist der Anodenraum vom Kathodenraum durch eine Membran getrennt (siehe dazu Abbildung 16).

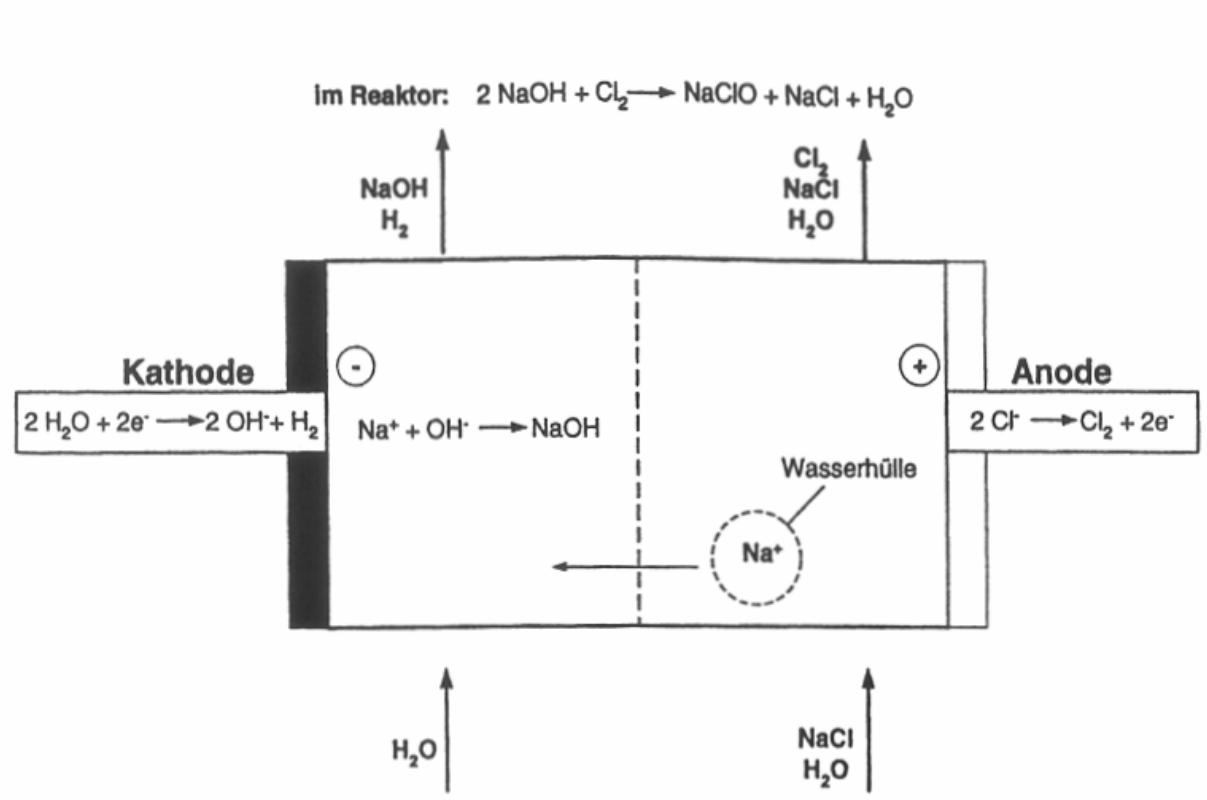


Abbildung 16: Physikalische und chemische Abläufe in einer Membran-Elektrolysezelle zur Herstellung von Natriumhypochlorit

Dem Anodenraum wird gesättigte Salzsole aus dem Salzlösebehälter zugeführt. Der Kathodenraum wird mit enthärtetem Wasser gespeist. Im Kathodenraum wird das Wasser (H_2O) zu OH^-Ionen und Wasserstoffgas (H_2) reduziert. Im Anodenraum werden die Chlorid-Ionen (Cl^-) zu Chlorgas (Cl_2) oxidiert. Die Natriumionen (Na^+) wandern aus dem Anodenraum durch die Membran in den Kathodenraum und bilden dort mit den OH^-Ionen Natronlauge (NaOH).

Nur die positiven Natriumionen können die ionenselektive Membran durchdringen.
Nach dem Austritt aus dem Anodenraum wird das entstandene Chlorgas im Chlorseparator von der Magersole – kurz Anolyt genannt – getrennt. Diese Sole wird wieder in den Anodenraum geführt. Es besteht ein geschlossener Kreislauf zwischen dem Anodenraum und dem Chlorseparator. Ein Niveauschalter im Chlorseparator steuert die Zugabe von gesättigter Sole die durch eine Dosierpumpe erfolgt.

Das Chlorgas wird in den Reaktor weitergeleitet, wo es mit der vom Wasserstoffgas befreiten Natronlauge aus dem Kathodenraum zu Natriumhypochlorit reagiert. Der abgetrennte Wasserstoff wird über einen Ventilator mit Luft verdünnt und gefahrlos ins Freie abgeleitet. Durch zwei Wärmeaustauscher

wird ein großer Teil der zur Elektrolyse eingesetzten elektrischen Energie zurückgewonnen. Die produzierte Natriumhypochlorit-Lösung gelangt in den Produktlagertank, von wo sie mittels Dosierpumpen entnommen und dem zu behandelnden Wasser zugeführt wird.

Die Abbildung 17 zeigt das komplette Verfahrensschema einer Membran-Elektrolyseanlage. Durch die Kreislaufführung der Sole wird bei Membran-Elektrolyseanlagen das gesamte Chlorid des eingesetzten Salzes (NaCl) in wirksames Chlor umgesetzt. Das heißt, aus 1,7 kg Salz werden 1 kg Chlor produziert. Damit ist das Membran-Elektrolyseverfahren, dass Verfahren, mit dem am kostengünstigsten Chlor für die Desinfektion hergestellt werden kann.

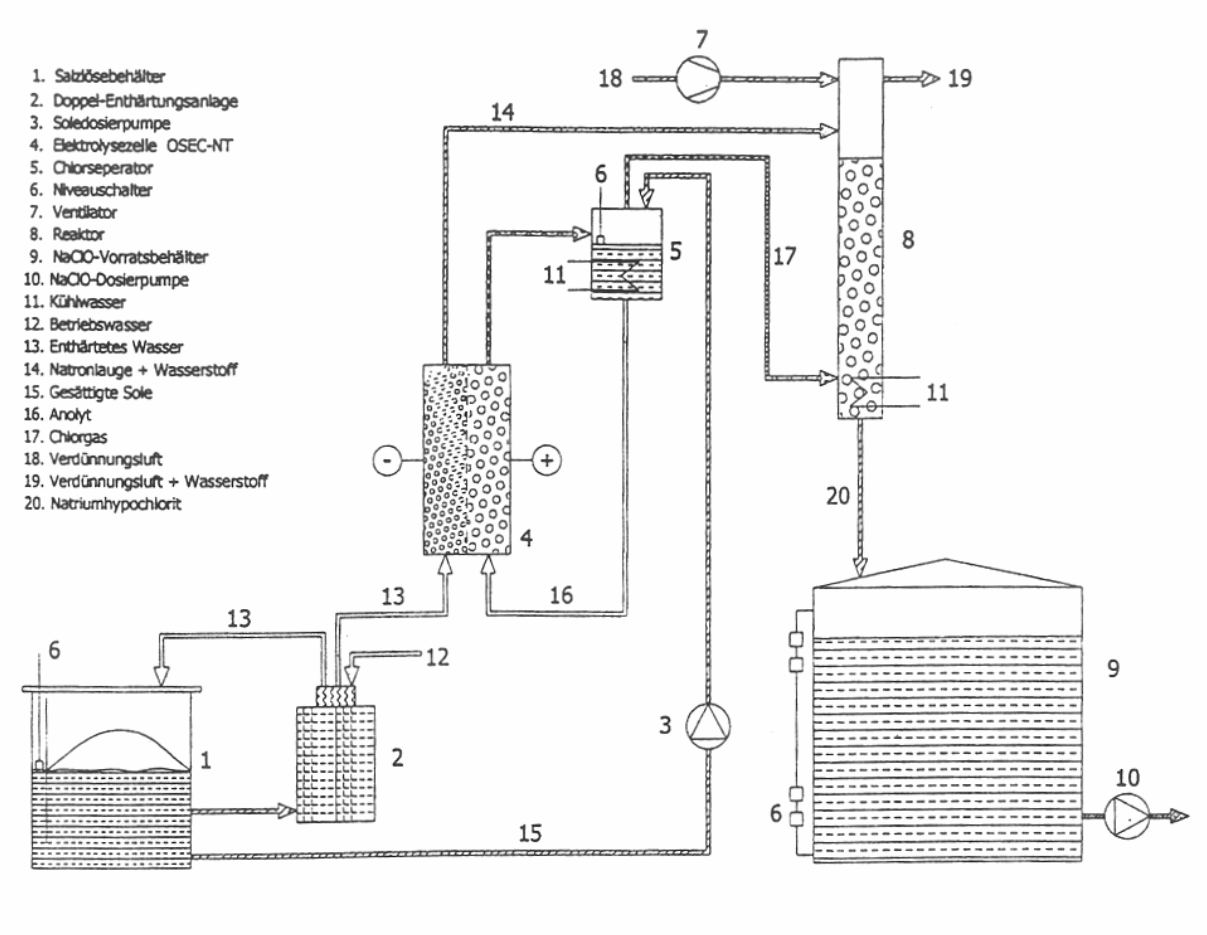


Abbildung 17: Verfahrensschema einer Membran-Elektrolyseanlage

Abbildung 18: Moderne Membran-Elektrolyseanlage mit fünf Modulen und einer Leistung von 2500 g Chlor pro Stunde

6.3.3. Anodische Oxidation

Die elektrolytische Wasserdesinfektion – im deutschen Sprachraum meist anodische Oxidation genannt – ist noch verhältnismäßig wenig bekannt. Sie arbeitet wie die UV-Desinfektion ohne Zugabe von Chemikalien, liefert aber im Gegensatz zu dieser eine Desinfektionsreserve (Depotwirkung).

Vorraussetzung für dieses „Elektrolyse-Verfahren“ ist das Vorhandensein von Chlorid-Ionen im Wasser.

Funktionsprinzip

Bei der anodischen Oxidation werden zwei oder mehr Elektroden in das zu desinfizierende Wasser gebracht und mit Gleichspannung beaufschlagt. Eine Trennung der Anode und Kathode durch eine Membran findet hier nicht statt.

Durch die zwischen den Elektroden anliegende Spannung kommt es zur elektrolytischen Zersetzung des Wassers. An der Anode entsteht Sauerstoff und an der Kathode Wasserstoff. Durch die Anwesenheit von Chlorid-Ionen wird an der Anode außerdem Chlor (Cl_2) erzeugt, das sich durch Hydrolyse in hypochlorige Säure und Salzsäure umsetzt.

Die an der Kathode vorliegenden OH-Ionen bilden mit den Natrium-Ionen Natronlauge, die zu einer pH-Wert-Erhöhung unmittelbar an der Kathode führt. Weiterhin entsteht an der Kathode Wasserstoff.

Für die Anordnung der Elektroden sind in der Literatur und in Firmenunterlagen einige Varianten beschrieben.

In der Praxis wird meist ein Elektrodenpaket aus einer größeren Anzahl von parallelen Platten verwendet, die entweder aus Streckmetall oder aus dünnem Blech bestehen und bipolar oder monopolar geschaltet werden können.

Die Elektrodenpakete ähneln denen einer Rohrzellen-Elektrolyseanlage. Die Elektroden werden jedoch direkt in die Rohrleitung (Filtratleitung) oder in einen Bypass eingebaut. Als Elektrodenmaterial für die Anwendung in der anodischen Oxidation werden heute ausschließlich beschichtete Titanelektroden verwendet.

In älteren Publikationen wird die desinfizierende Wirkung der anodischen Oxidation hauptsächlich auf die oxidative Zerstörung der entsprechenden Mikroorganismen an der Anode zurückgeführt. Diese Wirkungsweise ist jedoch mit einem großen Fragezeichen zu versehen.
Heute hat sich die Meinung durchgesetzt, dass die desinfizierende Wirkung zum größten Teil auf oxidierend wirkenden Stoffen beruht, die an der Anode gebildet werden. Die Stoffe entstehen aus Chlorid-Ionen, die sich im Wasser befinden und sind Substanzen wie hypochlorige Säure und Hypochlorit-Ionen.

Die wichtigsten Einflussparameter auf das Gesamtsystem sind:

- der Chloridgehalt des zu behandelnden Wassers
- die Spannung bzw. Stromstärke an den Spezialelektroden der Elektrolysezelle
- die im System herrschende Wassertemperatur
- die Verweildauer des Wassers in dem Elektrodenraum, d. h. der Durchfluss durch das System

Mittels geeigneter Sensoren sowie einer Messwerterfassung und –verarbeitung ist es möglich, die Anlage in ihrem Betrieb so zu steuern, dass sie unter allen relevanten Betriebszuständen eine optimale Desinfektionsleistung erbringt.

6.4. Dosieranlagen für Calciumhypochlorit

Calciumhypochlorit ist ein festes Chlorpräparat, das als Granulat und in Form von Tabletten im Handel erhältlich ist. Zur Herstellung einer Dosierlösung wird nur Granulat eingesetzt, das je nach Produkt 65 bis 75% wirksames Chlor enthält.

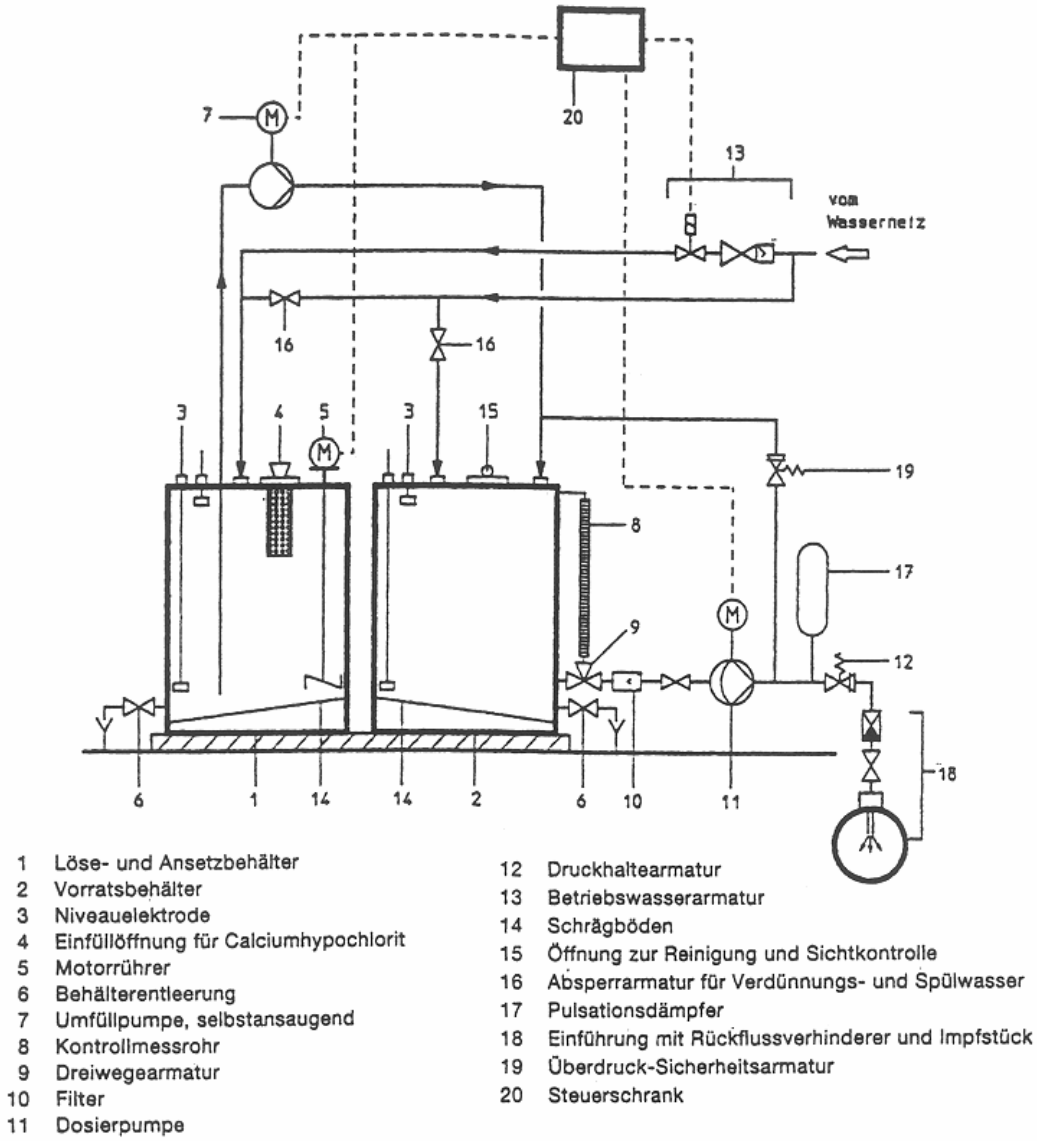


Abbildung 19: Löse- und Dosieranlage für Calciumhypochlorit

Auf Abbildung 19 ist eine Dosieranlage schematisch dargestellt. Für die Bereitung der Dosierlösung sind Löse- und Dosierbehälter mit Schrägböden einzusetzen, weil Calciumhypochlorit ca. 10% unlösliche Anteile enthält. Diese setzen sich am Schrägboden des Lösebehälters ab und man erhält nach ca. 30 Minuten Absetzzeit eine klare Calciumhypochlorit-Lösung, die in den Dosierbehälter umgefüllt werden kann.

Für die Dosierung werden vorzugsweise Membrandosierpumpen eingesetzt, die auch über eine automatisch arbeitende Chlorüberschuss-Mess- und Regelanlage gesteuert werden können.

6.5. Chlordioxid Bereitungs- und Dosieranlagen

In der Wasseraufbereitung wird Chlordioxid aufgrund seiner physikalisch-chemischen Eigenschaften am Anwendungsort hergestellt. Für die Herstellung kommen zwei Verfahren in Frage:

- das Chlorit-/ Chlor-Verfahren
- das Chlorit-/Salzsäure-Verfahren

Beim Chlorit-/Salzsäure-Verfahren kann man von verdünnten Ausgangslösungen (Natriumchlorit-Lösung 7,5%, Salzsäure 9%) ausgehen, oder mit konzentrierten Lösungen arbeiten, die unmittelbar vor der Reaktion verdünnt werden.

Seit kurzem gibt es ein alternatives Verfahren zur Herstellung von Chlordioxid ohne apparativen Aufwand. Bei diesen Verfahren wird Natriumchlorit und Natriumperoxidsulfat in Form wässriger Lösungen zur Reaktion gebracht (Chlorit-/Peroxid-Verfahren).

Dieses Verfahren ist allerdings für den normalen Wasserwerksbetrieb nicht geeignet und wird nur bei sehr geringem Bedarf an Chlordioxid eingesetzt.

Grundsätzlich gelten für alle Verfahren neben der technischen Sicherheit der Anlagen, dass

- das eingesetzte Natriumchlorit möglichst vollständig zu Chloridioxid umgesetzt wird
- die Bildung von unerwünschten Nebenprodukten wie z.B. Chlorat bei der chemischen Umsetzung unterbunden wird
- eine stabile Chlordioxid-Lösung auch über längere Zeiträume vorliegt
- die Konzentration der hergestellten Chlordioxid-Lösung aus Sicherheitsgründen nicht über 5 g/l ClO_2 liegt.

6.5.1 Chlorit-/Chlor-Verfahren

Für die Herstellung von Chlordioxid nach den Chlorit-/Chlor-Verfahren wird Chlorgas und handelsübliche 24,5%ige Natriumchlorit-Lösung verwendet. Die Abbildung 20 zeigt eine Chlordioxid-Bereitungsanlage, die nach dem Chlorit-/Chlor- Verfahren arbeitet.
Aus Chlorgas, dessen Menge (g/h) am Vollvakuum-Chlorgasdosiergerät eingestellt werden kann, und Wasser wird im Injektor eine Chlorlösung hergestellt und in den Reaktionsbehälter geleitet.
Die Konzentration der Chlorlösung muss mindestens 3 g/lCl_2 betragen.

Gleichzeitig wird die Natriumchlorit-Lösung (300 g/l = 24,5%ig) aus dem Vorratsbehälter mittels einer Dosierpumpe angesaugt und ebenfalls dem Reaktionsbehälter zugeführt. Die Menge der Natriumchlorit-Lösung wird an einem Durchflussmesser angezeigt.

Der Reaktionsbehälter ist für eine Mindestreaktionszeit von 4-5 Minuten bemessen.
Das Gewichtsverhältnis von Chlor zu Natriumchlorit beträgt bei der Reaktion 1:1,9 (obwohl die Stöchiometrische Umsetzung 1:2,55 beträgt) und man erreicht eine Umsetzung des Natriumchlorit zu Chlordioxid von 98%.

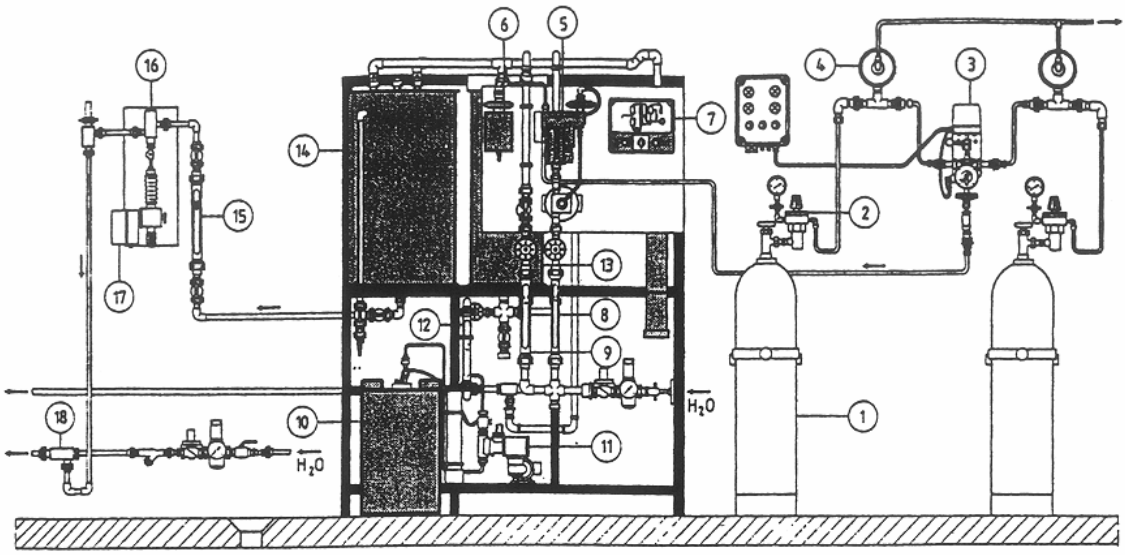
Nach abgeschlossener Reaktion und vor Eintritt der Chlordioxid-Lösung in den Vorratsbehälter wird Verdünnungswasser zugegeben. Die Verdünnungswassermenge richtet sich nach der gewünschten Anwendungskonzentration des Chlordioxids. Diese sollte aus Sicherheitsgründen unter 5 g/l ClO_2 liegen.

Die bereitete Chlordioxid-Stamm Lösung ist bei der vorgegebenen Einstellung von Chlor zu Natriumchlorit von 1:1,9 also quasi chlorfrei. Während des Füllvorgangs saugt der Injektor das aus der Chlordioxidlösung im Vorratsbehälter austretende Chlordioxidgas ab und löst es in Wasser. Bei Stillstand schützt eine Wasservorlage vor Ausgasung.

Die Sicherheits-Überwachungseinrichtungen der Anlage sind über die Steuerung so verriegelt, dass das Mischungsverhältnis von Chlor und Natriumchlorit sowie die gewählte Konzentration der Stammlösung stets garantiert werden.

Die Dosierung der Chlordioxid-Lösung kann mittels Injektoren (Abbildung 20) oder Dosierpumpen erfolgen. Bei schwankendem Trinkwasser-Volumenstrom muss die Dosiermenge automatisch

angepasst werden. Beim Ausbleiben des Trinkwasser-Volumenstroms ist die Dosierung zu unterbrechen.



1 Chlorflasche; 2 Flaschenanschlußteil; 3 Vollvakuum-Chlorflaschen-Umschalter; 4 Entlüftungsventil; 5 Vollvakuum-Chlorgasdosiergerät; 6 Vakuumschalter; 7 Schaltschrank mit Blindschaltbild; 8 Durchflußmesser für Injektortreibwasser; 9 Durchflußmesser für Verdünnungswasser; 10 Liefergebinde für Natriumchlorit-Lösung; 11 Natriumchlorit-Dosierpumpe; 12 Durchflußmesser für Natriumchlorit-Lösung; 13 Reaktionsbehälter; 14 Vorratsbehälter für Chlordioxid-Lösung; 15 Durchflußmesser; 16 Regelventil; 17 Stellmotor; 18 Absaug-Injektor für Chlordioxid-Lösung

Abbildung 20: Bereitungs- und Dosieranlage für Chlordioxid nach dem Chlorit-/Chlor-Verfahren

Das Chlorit-/Chlor-Verfahren hat den Vorteil, dass mit den Bereitungsanlagen die Möglichkeit gegeben ist Stammlösungen in allen Verhältnissen von Chlordioxid zu Chlor einstellen zu können.
Die Chlordioxid-Bereitungsanlagen können eine Stammlösung erzeugen, die nur Chlordioxid, aber auch Chlor in unterschiedlichen Anteilen enthält. Je nach Einstellungsverhältnis von Natriumchlorit zu Chlor, kann eine Chlordioxid-Stammlösung erzeugt, die entweder chlorfrei ist oder einen mehr oder weniger großen Chloranteil enthält.

Dies ist ein besonderer Vorteil des Chlorit-/Chlor-Verfahren, wenn Oberflächenwasser desinfiziert werden muss, das hohe TOC-Werte aufweist. Mit der entsprechenden Stammlösung kann einer starken Rückbildung von Chlorit sowie gleichzeitig die Erzeugung von Trihalogenmethanen begegnet werden.

Durch den Einsatz einer Chlordioxid-Chlor-Mischung ist es möglich die Grenzwerte von Trihalogenmethanen und Chlorit einzuhalten.

6.5.2 Chlorit-/Salzsäure-Verfahren

Die Verwendung von ausschließlich flüssigen Ausgangsstoffen lässt mehrere Anlagen-Varianten zu. Man unterscheidet nach:

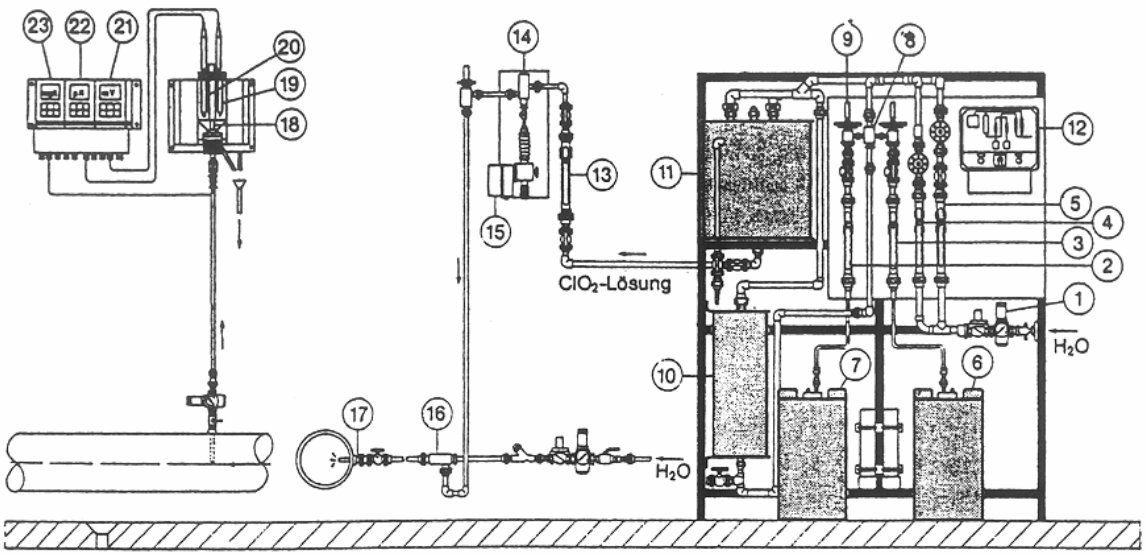
- der Konzentration der eingesetzten Chemikalien Natriumchlorit und Salzsäure
- der Betriebsweise der Anlagen mit kontinuierlichem oder diskontinuierlichem Betrieb

In allen Fällen wird Natriumchlorit-Lösung mit Salzsäure in einem Reaktor zu Chlordioxid umgesetzt. Schwefelsäure (H_2SO_4) wird wegen der geringen Ausbeute an Chlordioxid und der benötigten längeren Reaktionszeit nicht eingesetzt.

Beim diskontinuierlichen Ansatz (Chargenbetrieb) werden die beiden Ausgangsstoffe und das Verdünnungswasser über Injektoren oder Dosierpumpen in den Reaktor gefördert. Unmittelbar anschließend erfolgt die aus Sicherheitsgründen notwendige Nachverdünnung der Lösung auf Konzentrationen von ca. 2 g/l, bevor sie dem Vorratsbehälter zugeführt wird. Dieser wird drucklos betrieben, wobei für emmissionssichere Be- und Entlüftung (Wasservorlage, Absauginjektor) Sorge zu tragen ist. Die eingebauten Niveauschalter starten und beenden die Befüllung und damit die chargenweise Chlordioxidbereitung.
Ausbeute und Geschwindigkeit der Reaktion werden durch Erhöhung der Konzentration der Reaktionspartner, des Säureüberschusses (niedriger pH-Wert) und der Temperatur gesteigert. Das Chlorid-Ionen die Umsetzung katalysieren, werden mit Schwefelsäure deutlich schlechtere Ergebnisse erzielt, wie bereits erwähnt.

Die Praxis hat bei diesem Verfahren gezeigt, dass bei ClO_2-Konzentrationen von 15 g/l bis 20 g/l im Reaktor Ausbeuten von 85% bis 90% sowie eine schnelle Gleichgewichtseinstellung (erforderliche Reaktionszeit 7 bis 10 min. bei ≥ 15°C und 10 bis 15min bei < 15°C) bei einer Säure-Einsatzmenge von über 350% zu erreichen sind.

Die Abbildung 21 zeigt eine Chlordioxid-Bereitungsanlage die mit verdünnter Natriumchlorit-Lösung (7,5%) und verdünnter Salzsäure (9%) arbeitet und wo die Dosierung der Chlordioxid-Lösung in einer Teilstrom-Nachverdünnung zum Trinkwasser erfolgt.



1 Druckminderer; 2 Durchflußmesser mit Grenzwertschalter für Salzsäure; 3 Durchflußmesser mit Grenzwertschalter für Natriumchlorit-Lösung; 4 Durchflußmesser mit Grenzwertschalter für Injektortreibwasser; 5 Durchflußmesser mit Grenzwertschalter für Verdünnungswasser 6 Behälter für Natriumchlorit-Lösung; 7 Behälter für Salzsäure; 8 Absaug-Injektor; 9 Vakuumregelventil; 10 Reaktionsbehälter; 11 Vorratsbehälter für Chlordioxid-Lösung; 12 Steuerungs- und Überwachungselektronik mit Blindschaltbild; 13 Durchflußmesser mit Grenzwertschalter für Chlordioxid-Lösung; 14 Regelventil; 15 Stellmotor; 16 Absaug-Injektor für Chlordioxid-Lösung; 17 Impfrohr; 18 Chlor-Elektrodensystem; 19 Redox-Elektrode; 20 pH-Elektrode; 21 Redox-Meßverstärker; 22 pH-Meßverstärker mit Digitalregler; 23 Chlor-Meßverstärker mit Digitalregler

Abbildung 21: Bereitungs- und Dosieranlage für Chlordioxid nach dem Chlorit-/Salzsäure-Verfahren. Hier werden konzentrierte Lösungen (Natriumchlorit und Salzsäure) eingesetzt

Da beim Chlorit-/Säure-Verfahren die Ausgangsstoffe im Volumenverhältnis 1:1 reagieren, wird man für deren Bevorratung gleich große Lagerbehälter vorsehen. Die Dimensionierung dieser Behälter richtet sich nach dem zu erwartenden Verbrauch und dem Fassungsvermögen der Lieferfahrzeuge.

Da Vorratsbehälter für drucklosen Betrieb ausgelegt sind, muss beim Füllen und Entleeren eine ordnungsgemäße Be- und Entlüftung sichergestellt sein.

Es ist ebenfalls sicherzustellen, dass bei Störungen und Leckagen auslaufende Chemikalien sich nicht mischen, sicher aufgefangen und ordnungsgemäß entsorgt werden können.

Salzsäure und Natriumchlorit sind als reizende und ätzende Stoffe eingestuft. Beim Umgang mit reizenden und ätzenden Stoffen müssen die Beschäftigten auf mögliche Gefährdungen aufmerksam gemacht und über die zu treffenden Schutzmaßnahmen eingehend unterrichtet werden. Die Sicherheits- und Schutzmaßnahmen sind nach den geltenden Vorschriften für den Arbeitsschutz und zur Unfallverhütung sowie nach dem Stand der Technik, der Arbeitsmedizin und Hygiene sowie den sonstigen gesicherten arbeitswissenschaftlichen Erkenntnissen zu treffen.

Abbildung 22: Bereitungs- und Dosieranlage für Chlordioxid nach dem Chlorit-/Salzsäure-Verfahren mit verdünnten Lösungen. Diese Anlage ist für kleine Leistung bis 250 g/h Chlordioxid ausgelegt.

6.7. Mobile Chlorungsanlagen für die Desinfektion von Rohrleitungen und Behältern

Um eine Versorgung mit hygienisch unbedenklichem Trinkwasser zu gewährleisten, muss nicht nur das Wasser selbst frei von pathogenen Bakterien, Viren und Parasiten sein, sondern auch die Anlagen der Wasserversorgung wie Rohrleitungen, Behälter, Armaturen oder Pumpen. Diese müssen vor Inbetriebnahme, nach Reparaturen oder längeren Stillstandszeiten desinfiziert werden.

Die für die Bevorratung und Verteilung des Trinkwassers eingesetzten Behälter, Pumpen, Armaturen und Rohrleitungen müssen sich daher immer in einem hygienisch einwandfreien Zustand befinden – sei es bei der Inbetriebnahme neu erstellter Anlagen, nach Reparaturen oder nach längeren Stillstandszeiten. In diesen Fällen ist immer eine Desinfektion erforderlich, um eine Gefährdung des Trinkwassers durch pathogene Mikroorganismen von vornherein auszuschließen. Die notwendigen Desinfektionsmaßnahmen beziehen sich dabei einmal auf das Trinkwasser selbst, zum anderen aber

auch auf Anlagen der Wasserversorgung (Wasserbehälter, Rohrleitungen, Armaturen, Pumpen, Filter, Brunnen).

Nach dem deutschen Lebensmittelgesetz handelt es sich bei Behältern, Rohrleitungen usw. um „Bedarfsgegenstände“, die beim Inverkehrbringen von Trinkwasser verwendet werden und dabei mit diesem in Berührung kommen. Auch nach diesem Gesetz darf z. B. eine neu verlegte Rohrleitung nicht mikrobiell verunreinigt sein und es dürfen keine Keime an das durchfließende Trinkwasser abgegeben werden.

Die zugelassenen Desinfektionsmittel und Ihre Höchstmengen sind in der Trinkwasserverordnung festgelegt worden. Für die Desinfektion von Wasserversorgungsanlagen werden die dort aufgeführten Desinfektionsmittel mit Ausnahme des Ozons und der UV-Bestrahlung eingesetzt; die dort angegebenen Grenzkonzentrationen reichen jedoch in fast allen Fällen nicht aus, um eine einwandfreie Desinfektion von Wasserversorgungsanlagen zu gewährleisten.
Daher ist nach jeder Desinfektion von Wasserbehältern, Rohrleitungen etc. durch eine ausreichende Spülung das Desinfektionsmittel zu beseitigen bzw. die Höchstmenge auf die zulässige Grenzkonzentration entsprechend der Trinkwasserverordnung, zu bringen.

Schon bei der Planung und beim Bau von Wasserversorgungsanlagen ist darauf zu achten, dass keine Einschleppung von Mikroorganismen durch Verunreinigungen, Luft, Personal und Arbeitsgeräte stattfindet. Weiterhin sind Bau- und Rohrleitungswerkstoffe, Dichtungsmaterialien und Anstriche im Hinblick auf die Verhinderung einer Verkeimung sorgfältig auszuwählen.
Die eingesetzten Materialien sollen ein Keimwachstum nicht fördern, müssen desinfizierbar und gegen Desinfektionsmaßnahmen beständig sein. Während der Bauarbeiten ist darauf zu achten, dass keine Verunreinigungen in die später wasserführenden Anlagenteile gelangen.

Als Desinfektionsmittel werden in der Regel Chlorgas, unter Druck verflüssigt in Stahlflaschen, Natriumhypochlorit-Lösung oder Calciumhypochlorit in Form von Granulat oder Tabletten eingesetzt. Für die Oberflächendesinfektion von Armaturen, Schiebern u. a. werden auch Wasserstoffperoxid (H_2O_2) und Kaliumpermanganat-Lösungen verwendet.
Die Auswahl des Mittels richtet sich nach der Desinfektionsaufgabe, den örtlichen Verhältnissen und den vorhandenen mobilen Dosieranlagen. Alle Desinfektionsmittel werden in Form von wässrigen Lösungen angewendet, wobei das Calciumhypochlorit auch in Tablettenform direkt eingesetzt werden kann.
Die Desinfektionswirkung von Chlor und seiner anorganischen Verbindungen hängt weniger von der Art des Mittels als von seiner Konzentration, der Chlorzehrung sowie der Härte und dem pH-Wert des Wasser ab.
Weiterhin spielen die zur Verfügung stehende Einwirkungszeit und die Vermischung des Desinfektionsmittels mit dem Wasser eine entscheidende Rolle.

6.7.1. Durchführung der Desinfektion

Die Aufgabenstellung und die örtlichen Verhältnisse bestimmen das Vorgehen bei der Desinfektion von Anlagen der Trinkwasserversorgung.

Hier soll auf die Desinfektion von Wasserbehältern, Pumpen, Armaturen und Rohrleitungen eingegangen werden, nicht jedoch auf die Desinfektion von Brunnen und Filtern.

6.7.2. Vorreinigung und Spülung

Vor der Desinfektion von Trinkwasserbehältern ist eine Reinigung durchzuführen. Mit der Reinigung sollte möglichst schnell nach der Entleerung begonnen werden, da ein Antrocknen der Rückstände deren Beseitigung erschwert. Mit einer mechanischen Reinigung können weniger fest haftende Verunreinigungen, wie z. B. Eisenschlamm, aus dem Behälter entfernt werden. Dies erreicht man durch Ausspritzen oder mechanisches Schrubben. Eine wesentlich stärkere Wirkung kann durch eine

Hochdruckreinigung erzielt werden, bei der der Behälter mit einem Wasserstrahl mit sehr hohem Druck ausgespritzt wird.

Zur Verkürzung der Reinigungszeit und zur Arbeitserleichterung gibt es heute Reinigungschemikalien, die selbst bei festsitzenden Ablagerungen gut wirksam sind. Diese Mittel werden entweder auf die Fläche aufgesprüht oder bei einer Hochdruckreinigung dem Wasser zugesetzt. Ein Teil der im Handel befindlichen Reinigungsmittel enthält desinfizierende Komponenten, deren Wirkung jedoch bei starken Verunreinigungen eingeschränkt wird. Auch in diesen Fällen ist meist eine anschließende Desinfektion notwendig.

Bei neu verlegten Rohrleitungen, nach Reparaturen am Rohrnetz und bei Inbetriebnahme einer stillgelegten Leitung muss vor der Desinfektion eine Spülung mit Wasser vorgenommen werden. Sie hat zum Ziel, mechanische Verunreinigungen, die bei Rohrverlegung oder –reparatur in die Leitung gelangt sind, wieder zu entfernen.

Bei Leitungen mit geringer Nennweite kann das Spülen unter Umständen eine zusätzliche Desinfektion überflüssig machen. Hier spielen die Fließgeschwindigkeit (mindestens 0,6 m/sec) und die Spülwassermenge (3- bis 5-facher Rohrinhalt) eine wichtige Rolle.
Wenn sich keine ausreichende Fließgeschwindigkeit erreichen lässt und wenn nach der Rohrleitungsspülung die bakteriologische Untersuchung der Wasserprobe zu Beanstandungen geführt hat, ist immer eine anschließende Desinfektion erforderlich.
Bei Reparaturarbeiten sind alle zum Einbau kommenden Rohre, Formstücke und Armaturen mit verdünnten Chlorlösungen (Natriumhypochlorit-, Calziumhypochlorit-Lösung) oder mit verdünnter Wasserstoffperoxid- bzw. Kaliumpermanganat-Lösung auszuwaschen.
Eine besondere Desinfekion von Pumpen wird selten erforderlich sein, da ein Probebetrieb mit reinem Wasser durch die hohe Fließgeschwindigkeit im Pumpengehäuse schon eine gute Reinigungswirkung ausübt. Ist eine Desinfektion dennoch notwendig, kann diese zusammen mit der Rohrleitungsdesinfektionen erfolgen.

6.7.3. Desinfektion von Behältern

Die Wahl des jeweiligen Verfahrens richtet sich nach der Größe des Behälters und nach den örtlichen Verhältnissen. So kann z. B. für die Desinfektion Natriumhypochlorit-Lösung in den leeren und gereinigten Behälter gegeben werden (Standverfahren). Der Chlorüberschuss im Wasser sollte bis zu 10 mg/l betragen.
Nach einer Einwirkzeit von mindestens 24 Stunden wird der Behälter entleert und kann dann mit Trinkwasser gefüllt werden. Ein Nachteil dieser Methode ist, dass die Decke und der obere Teil der Behälterwände nicht mit erfasst werden. Bei großen Behältern werden erhebliche Mengen an Desinfektionsmitteln benötigt, die anschließend wieder schadlos zu beseitigen sind.
Günstiger ist es, alle Flächen des Behälters nach der Vorreinigung mit Chlorlösung abzusprühen. Für kleinere Behälter eignen sich mobile Chlorungsanlagen.
Die zum Absprühen verwendete Chlorlösung soll 50 bis 200 mg/l Chlor enthalten. Bei diesen Arbeiten müssen Schutzkleidung und Atemschutzgerät getragen werden.

6.7.4. Desinfektion von Rohrleitungen

In der Praxis haben sich für die Desinfektion von Rohrleitungen mehrere Verfahren bewährt. Für die Wahl des Verfahrens sind ausschlaggebend: einmal der Zeitaufwand (Einwirkungszeit), zum anderen die Beseitigungsmöglichkeit des gechlorten Wassers, sowohl hinsichtlich der Konzentration als auch der Menge. Folgende Verfahren werden angewendet:

Standverfahren

Beim Standverfahren erfolgt die Desinfektion durch längeres Stehen der Desinfektionslösung (Chlorlösung) in der Leitung. Hierzu wird die neu verlegte Rohrleitung über einen Stutzen, ein Entlüftungsventil oder einen Hydranten mit Wasser gefüllt. Gleichzeitig wird in einem konstanten

Verhältnis Chlorlösung mit einer Dosierpumpe, einem Zumischgerät oder einem transportablen Chlorgasgerät zugegeben. Die Chlorkonzentration in der Rohrleitung soll 10 bis 100 mg/l betragen und richtet sich nach der Chlorzehrung des Wassers, den verwendeten Werkstoffen und, wie bereits erwähnt, nach der Möglichkeit der Beseitigung der Desinfektionslösung.
Häufig hat sich eine Konzentration von 50 mg/l Cl_2 bewährt. Bei vorgereinigten Rohrleitungen ist eine einwandfreie Desinfektion schon mit Chlorkonzentrationen zwischen 5 und 10 mg/l Cl_2 erreichbar. Während der Chlorung muss ein Eindringen der Desinfektionslösung in das in Betrieb befindliche Rohrnetz verhindert werden. Absperrorgane, die den zu chlorenden Leitungsabschnitt von anderen, für die Trinkwasserversorgung weiter genutzten Versorgungssträngen abtrennen, müssen vorher auf Dichtheit geprüft werden. Der Chlorzusatz darf erst beendet werden, wenn die gesamte Leitung mit gechlortem Wasser gefüllt ist. Während der Standzeit von mindestens 12 Stunden soll in dem Wasser noch freies Chlor nachweisbar sein.

Fließverfahren

Besonders bei Leitungen großer Nennweiten kann es günstig sein, während eines längeren Zeitraumes bei gleichzeitiger Spülung Chlorlösung in die Leitung zu geben. Am Spülhydranten bzw. an der Entleerung muss mehrfach im Verlauf der Spülung die Chlorkonzentration des ausfließenden Wassers gemessen werden. Eine mindestens 2- bis 3-fache Erneuerung des Wasserinhaltes der zu desinfizierenden Rohrstrecke mit erhöhter Chlorkonzentration ist anzustreben.

Mehrfachchlorung

Bei hartnäckigen Verkeimungen von Rohrleitungen sind Mehrfachchlorungen (diskontinuierliche Chlorung) zweckmäßig. Hierbei wird die Leitung zunächst mit gechlortem Wasser (z. B. mit einer Chlorkonzentration von ca. 50 mg/l Cl_2) gefüllt. Nach einer Standzeit von mindestens einigen Stunden wird die Leitung gespült. Die Füllung der Leitung mit gechlortem Wasser und die Spülung werden wiederholt, bis einwandfreie bakteriologische Befunde der Proben des ungechlorten Wassers vorliegen.

Chlorung während der Druckprüfung

Eine Kombination der Desinfektion der Rohrleitung mit der Druckprüfung hat sich gut bewährt. Bei diesem Verfahren wird schon bei der ersten Füllung der Rohrleitung chlorhaltiges Wasser eingeleitet. Durch den bei der Druckprüfung auftretenden höheren Druck wird die Chlorlösung in die Poren des Rohrmaterials bzw. in Flanschen, Kupplungen usw. gepresst, was die Desinfektionswirkung begünstigt.

Beseitigung des chlorhaltigen Wassers

Für die Beseitigung des bei der Desinfektion von Behältern und Rohrleitungen anfallenden chlorhaltigen Wassers gibt es verschiedene Möglichkeiten. Die Beseitigung des chlorhaltigen Wassers kann einmal dadurch geschehen, dass die Chlorkonzentration durch Verdünnung so weit gesenkt wird, dass eine Schädigung des öffentlichen Kanalnetzes oder des Vorfluters nicht mehr eintreten kann. Das Chlor kann durch Natriumthiosulfat-Lösung (Antichlor) chemisch gebunden oder an Korn-Aktivkohle katalytisch zersetzt werden. Es gibt auch eine mobile „Entchlorungsanlage“, die neben der Entchlorung auch gleichzeitig die Neutralisation des eventuell sauren Wassers übernimmt.

6.7.5. Fahrbare und tragbare Chlorungsanlagen

Für die Desinfektion von Behältern und Rohrleitungen haben sich mobile Chlorungsanlagen bewährt. Der Anlagentyp wird durch die Art und den Umfang der Desinfektionsmaßnahme bestimmt.
Für kleinere Wasserversorgungsunternehmen eignen sich tragbare Chlordosieranlagen, die z. B. in einem Stahlrohrrahmen montiert sind und die jederzeit durch das Bedienungspersonal auf Transportfahrzeuge verladen werden können. Die Auswahl des Chlordosiergerätes – Chlorgasdosieranlage oder Dosierpumpe – sollten das Einsatzgebiet und die benötigte Chlormenge pro Einsatz bestimmen. Wasserwerke, die sonst ihr Trinkwasser nicht chloren müssen, können tragbare Chlorungsanlagen auch für Katastrophenfälle vorhalten. Für große Versorgungsunternehmen sind fahrbare Chlorungsanlagen sinnvoll. Hier kann man, je nach den zu erwartenden Einsätzen und den zurückzulegenden

Entfernungen, zwischen verschiedenen Anlagentypen wählen: Eine nur gelegentlich genutzte Anlage kann auf einem einachsigen Anhänger montiert werden, der den Vorteil hat, auch in ungünstigem Gelände leicht beweglich zu sein.

Bei längerem Einsatz am gleichen Ort haben sich zweiachsige Anhänger, z. B. Bauwagen, bewährt, da bei diesen Anlagen getrennte Räume für die Chlorlagerung, Chlordosierung und das Bedienungspersonal vorhanden sind. Auch in Containern können komplette Chlordosieranlagen eingebaut werden. Müssen größere Strecken, z. B. in Großstädten, überwunden werden und stehen häufige Einsätze an, so eignen sich hierfür in Motorfahrzeuge (z. B. Klein-Lkw, Bus) eingebaute Chlorungsanlagen.

Diese Fahrzeuge sollten über ein Notstromaggregat verfügen und müssen den Vorschriften der Straßenzulassungsverordnung entsprechen. Besondere Aufmerksamkeit ist bei mobilen Chlorungsanlagen dem Schallschutz zu widmen, da sie auch während der Nachtstunden einsetzbar sein müssen.

Fahrbare Dosierpumpen-Anlagen

Für die Zugabe von flüssigen Desinfektionsmitteln wie Natriumhypochlorit-, Calciumhypochlorit- oder Chlordioxid-Lösung werden fahrbare Dosierpumpen-Anlagen eingesetzt. Die Dosierpumpen sind gemeinsam mit dem Vorratsbehälter für die Desinfektionsmittel-Lösung auf einem Fahrgestell montiert (siehe Abbildung 23).

Abbildung 23: Fahrbare Dosieranlage für Chlorlösungen. Die Auffangwanne mit allen Anlagenteilen ist abnehmbar. Die Dosierleistung kann manuell oder automatisch eingestellt und über ein Durchflusssignal gesteuert werden.

Membran-Dosierpumpen, die von einem Elektromotor angetrieben werden, haben sich in der Praxis gut bewährt. Der Elektromotor sollte gegen Spritzwasser geschützt und für den Anschluss an Wechselstrom (240 V, 50 Hz) geeignet sein. Alle mit dem Desinfektionsmittel in Berührung kommenden Pumpenteile müssen gegen dieses beständig sein.
Bei der Wahl der Dosierpumpe ist der höchstmögliche Gegendruck an der Zusatzstelle zu berücksichtigen. Membran-Dosierpumpen gibt es für Dosierleistungen ab 1 l/h. In der Mehrzahl der Einsatzfälle beträgt die Dosierleistung 10...1000 l/h.

Die Bevorratung der Natriumhypochlorit-, Calciumhypochlorit- oder Chlordioxid-Lösung muss in einem lichtundurchlässigen Behälter erfolgen. Die Größe des Vorratsbehälters richtet sich nach der benötigten Menge an Chlor- und Chlordioxid pro Einsatz. Ein Standrohr zum Auslitern der Dosiermenge ist vorteilhaft, da die Leistung der Dosierpumpe jeweils vom Gegendruck an der Zusatzstelle abhängig

ist. Für eine eventuelle Verdünnung der Desinfektionsmittel-Lösung sollte der Vorratsbehälter über einen Mischer verfügen.

Die in Abbildung 23 dargestellte fahrbare Dosierpumpen-Anlage wird von einem Wasserdurchfluss-messer mit Kontaktgabe angesteuert. In Abhängigkeit von der Wassermenge bekommt die Dosier-pumpe entsprechende Impulse, die ihre Förderleistung steuern. Dadurch erhält das Wasser, z. B. für eine Rohrleitungschlorung, einen einstellbaren gleichmäßigen Chlorgehalt.

Abbildung 24: Mobile Dosieranlage für Natriumhypochlorit- oder Calciumhypochlorit-Lösung. Die Dosierung erfolgt über eine Magnet-Dosierpumpe.

Tragbare Chlorgasdosieranlagen

Tragbare Chlorgasdosieranlagen bestehen im Wesentlichen aus dem Chlorgasdosiergerät, einer Betriebswasserpumpe und ein oder zwei Chlorgasflaschen. Alle Teile sind in einem tragbaren und fahrbaren Stahlrohrgestell betriebsfertig montiert.
Die Betriebswasserpumpe kann durch einen Elektromotor (240/400 V, 50 Hz) oder durch einen Benzinmotor angetrieben werden.

Der am Chlorgasdosiergerät eingebaute Injektor erzeugt durch das Betriebswasser ein Vakuum, das über ein Druckreduzierventil die Zuleitung von der angeschlossene Chlorflaschen öffnet. Im Injektor wird das Chlorgas intensiv mit dem Betriebswasser vermischt und die so bereitete Chlorlösung fließt mit Druck über die Ableitung zur Zusatzstelle. Je nach Zulaufdruck zur Betriebswasserpumpe und der Chlorgasdosiermenge kann an der Zusatzstelle gegen einen Druck von ca. 12 bar zudosiert werden. Die tragbare Chlorgasdosieranlage ist, wie die Praxis gezeigt hat, einfach in der Bedienung und sehr flexibel einzusetzen, da sie durch austauschbare Dosiermengenmesser über einen großen Dosierbereich verfügt.

Abbildung 25 zeigt eine tragbare Chlorgasdosieranlage mit einer Betriebswasserpumpe, die von einem Elektromotor angetrieben wird. Die Anlage empfiehlt sich besonders für Wasserbeschaffungs-verbände mit mehreren Wasserwerken – die keine stationäre Chloranlage besitzen – und in ländlichen Gebieten, die relativ große Einzugsbereiche haben.

Abbildung 25: Mobile Chlorgasdosieranlage (trag- und fahrbar) mit Druckerhöhungspumpe, Vollvakuum-Chlorgasdosiergerät, Injektor und einer Chlorflasche (Rückseite der Anlage)

Abbildung 26: Mobile Chlordioxid-Bereitungs- und Dosieranlage. Dieser Anlagentyp wird zur Legionellen-Bekämpfung in Warmwassersystemen eingesetzt.

Fahrbare Chlorgasdosieranlagen

Unter fahrbaren Chlordosieranlagen sind Chlorgasdosieranlagen mit dem erforderlichen Zubehör zu verstehen, die in einem Bauwagen oder in einem Klein-LKW eingebaut sind. Diese Chlorungsanlagen sind sowohl innerhalb von Wohngebieten der Städte als auch im Gelände zur Chlorung von Transportleitungen einsetzbar.
Der Einbau der Chlorgasdosiergeräte, der Betriebswasserpumpen, der Chlorflaschen und aller anderen Aggregate wie Schlauchtrommeln, Heizung usw. ist den Raumverhältnissen und den zulässigen Achsbelastungen anzupassen. Die Auswahl der Chlorgasdosiergeräte ist nach den zu erwartenden Einsatzbedingungen zu bemessen.
Der Innenraum ist mit einer Be- und Entlüftung, einer Entwässerung, einer elektrischen Raumheizung (Plattenheizkörper) sowie mit einer von außen zu betätigenden Berieselungsanlage zu versehen. Die Energieversorgung sollte für Netzanschluss und wahlweise für den Anschluss an ein Notstromaggregat ausgelegt sein. Abbildung 27 zeigt einen LKW, in dem Chlorungsanlagen für die Rohrnetzchlorung eingebaut sind.

Abbildung 27: Mobile Chlorungsanlage für die Rohrnetzchlorung, eingebaut in einem LKW.

7. Verfahrenstechnik der Ozonung

7.1. Trinkwasseraufbereitung mit Ozon

Ozon ist das stärkste Oxidations- und Desinfektionsmittel, dass für die Aufbereitung von Trinkwasser heute angewendet wird. Durch Ozon wird besonders der oxidative Abbau der organischen Belastungsstoffe gesteigert. Daneben hat Ozon sehr gute bakterizide, viruzide und sporozide Eigenschaften und kann kolloidale Stoffe im Wasser zum Teil ausflocken. Durch Ozon, das im Wasser zu Sauerstoff zerfällt, lässt sich das Wasser in Bezug auf den Geruch und den Geschmack, sowie in seinen optischen Eigenschaften verbessern.

Die Zugabemenge an Ozon ist vom Aufbereitungsziel und von der Wasserbeschaffenheit abhängig und liegt im Bereich von 0,7 bis 5 mg/l. Die Nachteile des Ozons liegen darin, dass es im Wasser sehr schwer löslich ist und relativ schnell wieder zerfällt und wegen seiner erheblichen Toxidität im Trinkwasser nicht verbleiben darf.
Nach der Trinkwasserverordnung darf die maximale Zugabe 10 mg/l O_3 betragen und es soll die Höchstkonzentration nach Abschluss der Aufbereitung 0,05 mg/l O_3 nicht überschritten werden.

Vor allem im Europa hat die Ozonung die Chlorung als erste Verfahrensstufe bei der Aufbereitung von Oberflächenwasser verdrängt.

Die „Vorchlorung“ ist durch die „Voroxidation“ mit Ozon ersetzt worden. Dieser Trend setzt sich überall auf der Welt fort, weil Ozon gegenüber Chlor Vorteile bietet, ohne dessen Nachteile aufzuweisen. Ozon hat viele verschiedene Auswirkungen auf das Wasser; die meisten hängen davon ab, an welcher Stelle des Aufbereitungsprozesses und in welcher Dosis das Ozon zugegeben wird.

Für die Vorozonung (Voroxidation) wird normalerweise eine geringe Ozondosierung erfolgen und das bei einer kurzen Reaktionszeit im Bereich von 1 bis 2 Minuten. Nach der Vorozonung können gewöhnlich keine oder nur sehr geringe Ozonrestgehalte festgestellt werden. Die vorrangigsten Ziele der Vorozonung sind:

- das Entfernen von Geschmack, Farbe und Geruch aus dem Rohwasser
- das Abtöten und Inaktivieren von einem Teil der Bakterien, Sporen, Viren, Parasiten, hier reicht für eine vollständige Desinfektion die Reaktionszeit und die Ozondosierung nicht aus.
- das Entfernen bzw. die Oxidation von THM-Vorläufersubstanzen (Erniedrigung des Trihalogenbildungspotentials)
- die Verbesserung der Mikro-Flockung

Setzt man die Ozonung nach der Filtration, also im weiteren Verlauf des Aufbereitungsprozesses ein, so müssen längere Reaktionszeiten und höhere Restozongehalte gewählt werden. Die typische Reaktionszeit liegt in der Größenordnung von 4 Minuten, da die Reaktionen mit den Wasserinhaltsstoffen langsam ablaufen.

Um eine sichere Desinfektion zu gewährleisten, wird der sogenannte **ct-Wert** angewandt. Hierbei ist **c = Ozonrestgehalt** im Wasser in mg/l und **t** die berechnete **Verweildauer** des Wassers im Ozon-Reaktionsbehälter.

Als Beispiel für eine sichere Desinfektion sei hier der ct-Wert von 1,6 aufgeführt, der sich aus der Reaktionszeit von 4 Minuten und einem Ozonrestgehalt von 0,4 mg/l errechnet hat (4 Minuten x 0,4 mg/l = 1,6 Minuten x mg/).

Nach der Reaktionszeit erfolgt die Entfernung des Restozons aus dem Wasser durch granulierte Aktivkohle (Korn-Aktivkohle). Bei der Filtration über Aktivkohle wird nicht nur das Ozon, sondern gleichzeitig auch Nebenreaktionsprodukte der Ozonung wie z. B. Aldehyde und Ketone, entfernt.

Die Korn-Aktivkohlefilter werden außerdem alle adsorbierbaren Substanzen aus dem Wasser entfernen, die trotz des Aufbereitungsprozesses (Oxidation, Flockung, Sandfiltration) noch im Wasser vorhanden sind.

Mit der zweiten Ozonzugabe innerhalb des Aufbereitungsprozesses wird erreicht:

- eine vollständige Desinfektion (Bakterien, Viren)
- die Oxidation organischer Verbindungen wie z. B. Phenole, Tenside, Pestizide
- die Umwandlung von biologisch nicht abbaubaren Stoffen zu biologisch abbaubaren Stoffen
- die Verringerung des Bedarfs an Desinfektionsmittel wie Chlor oder Chlordioxid für die Rohrnetz-Desinfektion

Als Nebenprodukte bei der Ozonung entstehen neben Aldehyden und Ketonen auch Bromat. Bromat wird als Ergebnis der Reaktion von Ozon und OH-Radikalen mit Bromid gebildet. Das Ausmaß der Bromatbildung wird durch die Bromidkonzentration im Rohwasser, die Ozondosis (ct-Wert), den pH-Wert, die Temperatur und die Gegenwart von Radikalfängern beeinflusst.

Nach der Trinkwasserverordnung ist für Bromat ab 01.01.2003 bis 31.12.2007 ein Grenzwert von 0,025 mg/l und ab 01.01.2008 ein Grenzwert von 0,010 mg/l festgelegt worden.

7.2. Anlagen zur Erzeugung von Ozon

Ozon entsteht bei der Einwirkung einer stillen elektrischen Entladung auf Sauerstoff oder sauerstoffhaltige Gase. Die elektrische Entladung erfolgt in einem Gasraum zwischen zwei Elektroden, die durch ein Dielektrikum voneinander getrennt sind. An einer Elektrode liegt Hochspannung an, während die Gegenelektrode am geerdeten Rückleiter zur Hochspannungsquelle oder an Erdpotential liegt.

Bereits im Jahre 1857 baute Werner von Siemens die erste technische Apparatur zur Erzeugung von Ozon. Auch heute noch basieren alle Ozonerzeugungsanlagen auf dem von Siemens angewandten Prinzip der „stillen elektrischen Entladung“. Dabei entsteht aus dem Sauerstoff der Luft oder aus reinem Sauerstoff das Ozon. Die Entladungsvorrichtungen wurde im Laufe der Entwicklung vereinfacht und in ihrer Leistung verbessert, so dass heute zwischen röhren- und plattenförmigen Entladungselementen unterschieden wird.

Gemeinsam ist allen Konstruktionen der prinzipielle Aufbau solcher Elemente, wobei zwei Metallelektroden (korrosionsfestes Metall) durch ein Dielektrikum (spezielles Glas) und einen Luftspalt voneinander getrennt werden.

Den Elektroden wird hochgespannter Wechselstrom beliebiger Frequenz zugeführt, wobei das Dielektrikum den Zweck eines Vorschalt-Widerstandes erfüllt und mit den direkten, zum Kurzschluss führenden Stromübergang von Elektrode zu Elektrode verhindert. Innerhalb des Luftspaltes kommt es beim Durchleiten eines sauerstoffhaltigen Gases zu einer stillen elektrischen Entladung, welche die Ozonbildung bewirkt. Die Abbildung 28 zeigt eine schematische Darstellung einer Ozonröhre, die Abbildung 29 die Ozonbildung im elektrischen Wechselfeld.

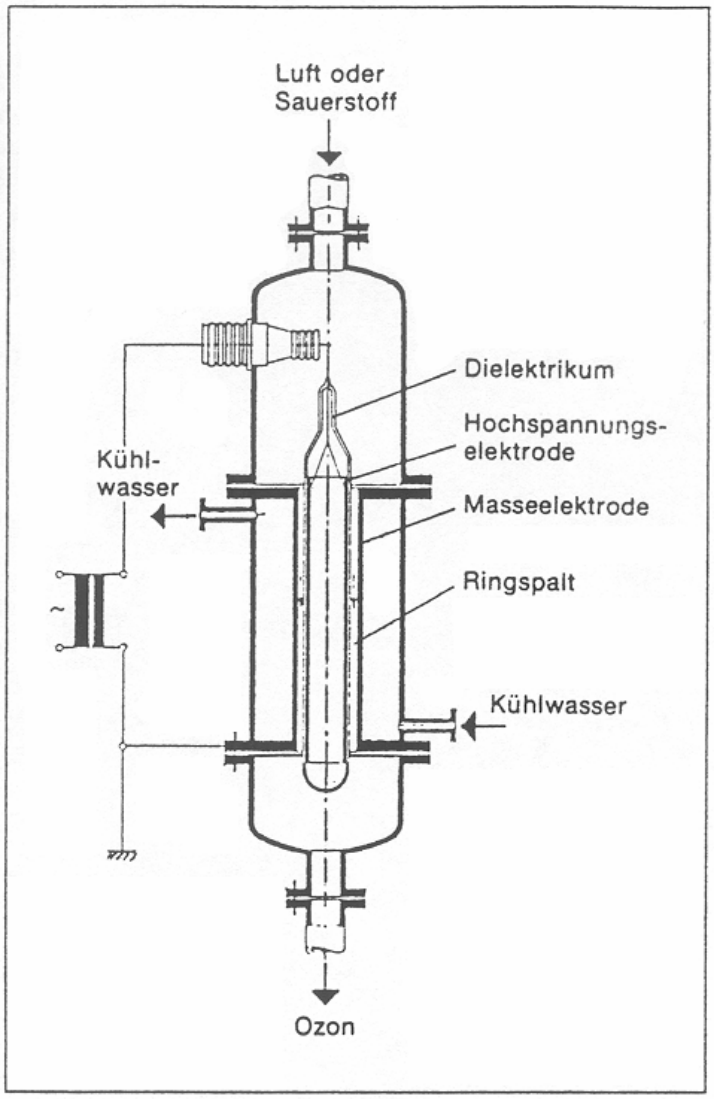


Abbildung 28: Schematische Darstellung eines Röhren-Ozonerzeugers

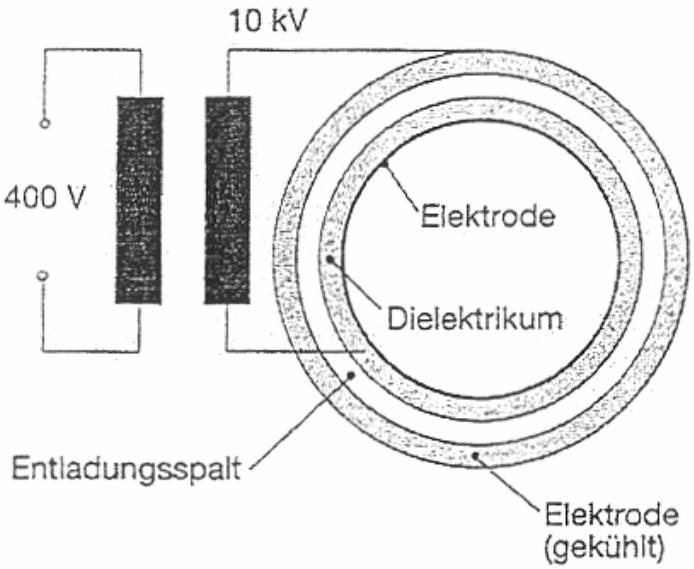


Abbildung 29: Ozonbildung im elektrischen Wechselfeld

Die Ozonbildung ist eine Gleichgewichtsreaktion. Bildung und Zerfall von Ozonmolekülen finden gleichzeitig statt. Es handelt sich um einen endothermen Vorgang, der die Zufuhr einer relativ großen Energiemenge bedingt. Es wird jedoch nur ein geringer Teil der zugeführten Energie für die Ozonbildung genutzt; die überschüssige Energie wird in Form von Wärme frei.

Da der Ozonzerfall bei niedrigen Temperaturen kleiner als bei hohen Temperaturen ist, werden die Ozonerzeuger (Röhren und Platten) mit Wasser gekühlt. Ozon entsteht nach folgender Gleichung:

1 ½ O_2 Sauerstoff	+	144 kJ Energie pro mol	$\longrightarrow$	O_3 Ozon

Je nach Ausführung des Ozonerzeugers, der Betriebsbedingungen und des Einsatzgases (Luft oder Sauerstoff) werden etwa 10% der eingespeisten Energie zur Erzeugung des Ozons umgesetzt. Rund 90% werden in Wärme umgewandelt, die abgeführt werden muss, um den Zerfall des gebildeten Ozons zu minimieren. Die intensive Kühlung des Entladungsraumes ist daher eine wichtige Voraussetzung für die Ozonerzeugung.

Der Wirkungsgrad und die erzielbare Ozonkonzentration hängen vor allem vom Sauerstoffgehalt des Einsatzgases ab. Aus technischem Sauerstoff kann mit gleichem Energieaufwand etwa doppelt soviel Ozon bei wesentlich höherer Ozonkonzentration wie beim Einsatz von Luft erzeugt werden. Dies bedeutet eine Verkleinerung des Ozonerzeugers und der gasführenden Einrichtungen, wie Rohre und Armaturen. Allerdings müssen die Kosten für den Sauerstoff berücksichtigt werden.

Das zur Ozonerzeugung eingesetzte Gas muss mechanisch gereinigt und auf einen Taupunkt unter 228 K getrocknet sein. Bei diesem Taupunkt ist ein wirtschaftlicher und störungsfreier Betrieb gegeben. Ozonanlagen bestehen aus der Luftaufbereitung (Luftfilter zum Abtrennen der Staubteilchen), der Lufttrocknung, dem Ozonerzeuger, Hochspannungs- und Regeltransformatoren.

Die Leistung, der Wirkungsgrad und die Betriebssicherheit der Ozonerzeuger hängen wesentlich von der Reinheit, Trockenheit und Temperatur der Luft oder des Sauerstoffgases ab, aus der das Ozon erzeugt wird. Je nach Konstruktion des Ozonerzeugers wird der Anlagenteil für die Bereitstellung und Vorbereitung des Einsatzgases mit Unter- und Überdruck betrieben.
Für die Lufttrocknung benutzt man bei drucklos arbeitenden Adsorbern, Kieselgel, Aluminiumoxidgel oder Molekularsiebe, an denen die Luftfeuchtigkeit adsorbiert wird. Bei Drucktrocknungsanlagen wird als Adsorptionsmittel in den meisten Fällen aktivierte Tonerde eingesetzt.

Die Abbildung 30 zeigt die Erzeugung von Ozon mit Luft und alternativ mit Sauerstoff. Technisch sind die Ozonerzeuger für die Einsatzgase Luft und Sauerstoff gleich aufgebaut.

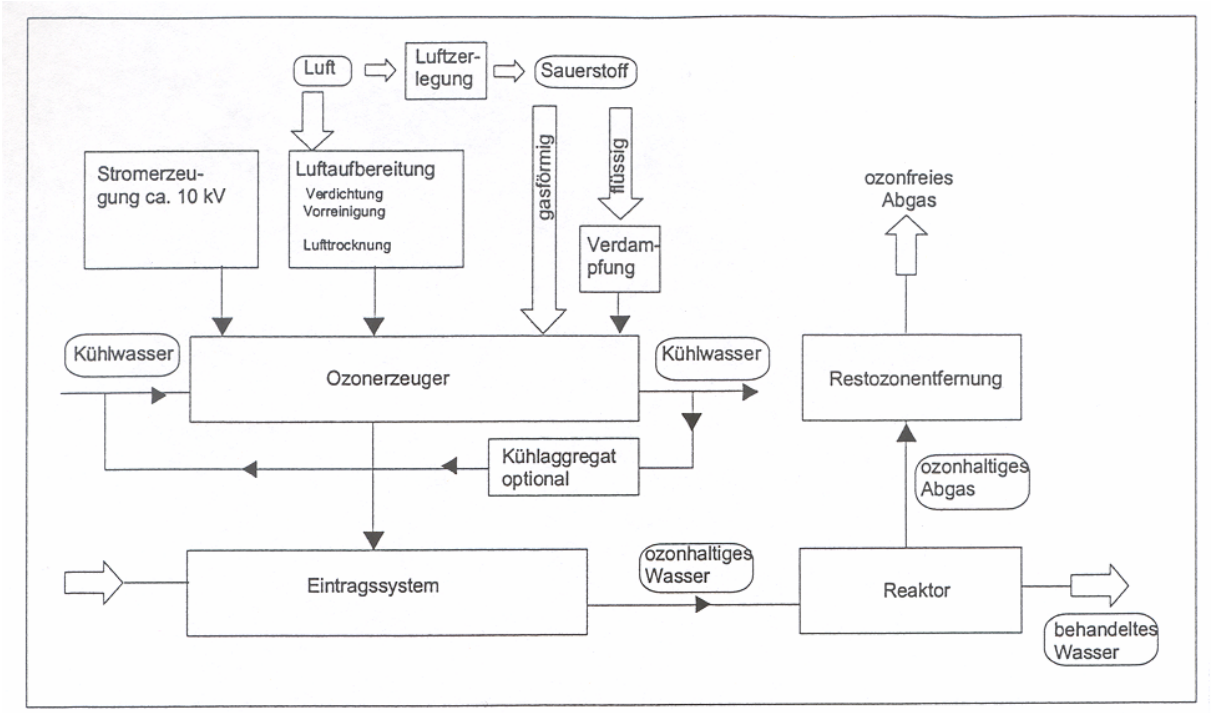


Abbildung 30: Ozonerzeugung mit Luft oder Sauerstoff

Für Ozonerzeugungsanlagen gelten die Anforderungen der Norm DIN 19627, in der auch Hinweise über den Aufbau, die Werkstoffe, den Aufstellungsort, die Kühlung, technische Daten, Betriebshinweise und die Bestimmung der Ozonkonzentration enthalten sind.

Ozonerzeuger werden mit Ozonerzeugungselementen in Röhrenform oder in Plattenform in unterschiedlichen Konstruktionen gefertigt. In einem Ozonerzeuger sind mehrere, oft einige hundert Ozonerzeugungselemente eingebaut.

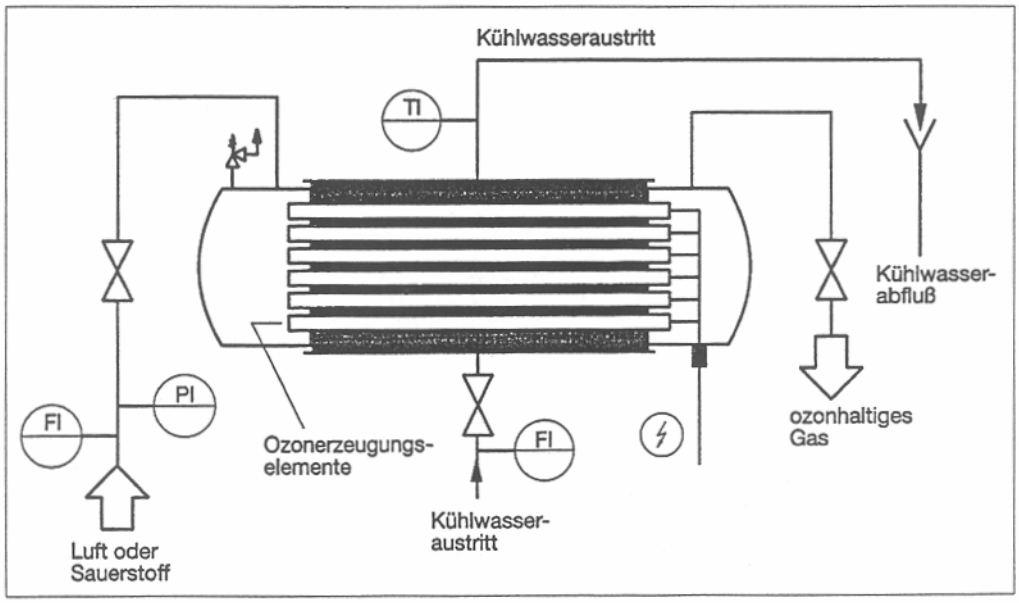


Abbildung 31: Fließschema eines Ozonerzeugers

Für Ozonleistungen über 1 kg/h haben sich Anlagen durchgesetzt, die zur Ozonerzeugung eine Spannung von ca. 10 kV und eine in Wechselrichtern erzeugte Frequenz von ca. 600 Hz benutzen. Durch die Spannungsbegrenzung auf ca. 10 kV wird eine hohe Standzeit der Ozonerzeugungselemente erreicht.

Bei heute durchaus erreichbaren Ozonkonzentrationen von 10% bis 13% im Gasgemisch benötigt man für die Erzeugung von 1 kg Ozon etwa 10 kg Sauerstoff.

Für Ozonleistungen unter 1 kg/h O_3 werden Anlagen eingesetzt, die mit Netzfrequenz, Mittel- und Hochfrequenz arbeiten und als Einsatzgas Luft verwenden. Der Energieaufwand liegt bei Verwendung von Luft um rund 60% höher als bei Verwendung von Sauerstoff.

Zur Ermittlung des spezifischen Ozonbedarfs in g/m^3 im Wasser sind meist Versuche erforderlich. Dabei sollte der Ozonbedarf für alle vorkommenden Wasserqualitäten ermittelt werden. Besonders zu beachten ist die Art der Einmischung und der Vermischung sowie die Reaktionsgeschwindigkeit und damit die erforderliche Kontaktzeit (Verweilzeit).

Komplette Ozonungsanlagen, bestehend aus Ozonerzeugungsanlage, Vermischungseinrichtung, Reaktionsbehälter und Restozonvernichter, sind in geschlossenen, verschließbaren Räumen unterzubringen. Diese müssen je nach Verfahren und eingesetzter Technik in der Regel durch Gaswarngeräte überwacht und mit einer saugenden Entlüftung ausgerüstet sein. Die Lüftungsanlage muss mindestens einen dreifachen Luftwechsel je Stunde sicherstellen.

Die Anlagen zur Förderung, Kühlung und Trocknung der Luft bzw. die Sauerstoffanlagen sind in diesem Sinne nicht Teil der Ozonungsanlage.

In der DIN 19627 sind die Anforderungen an den Aufstellungsort im Hinblick auf elektrische, klimatische und betriebliche Belange näher beschrieben.

Nach den Unfallverhütungsvorschriften müssen Räume, in denen Ozonerzeuger mit ozonführenden Rohrleitungen oder Behältern installiert sind, mit Ozonwarngeräten ausgerüstet sein. Die Messgeber

der Ozonwarngeräte müssen in unmittelbarer Nähe solcher Stellen angeordnet sein, wo im Störfall mit der höchsten Ozonkonzentration gerechnet werden muss. In diesem Fall ist es üblich, die Alarmschwelle des Gaswarngerätes auf eine Ozonkonzentration in der Luft von 1 mg/m^3 einzustellen. Die Geräte müssen mit optischer Anzeige und akustischer Alarmgabe ausgerüstet sein.

Bei Alarm muss die Ozonerzeugung automatisch unterbrochen und die vorgeschriebenen Raumentlüftungen automatisch eingeschalten werden. Im Aufstellraum der Ozonanlage sollte nach DIN 19627 die Temperatur 30°C und die relative Feuchte 60% nicht überschreiten. Für Staubfreiheit und absolute Abwesenheit aggresiver Dämpfe ist Sorge zu tragen.

7.3. Eintragsysteme für Ozon

Da die Löslichkeit von Ozon im Wasser sehr gering ist, bedarf es einem erheblichen Aufwand, dass Ozon in das zu behandelnde Wasser zu bringen. Derzeit werden zahlreiche Verfahren angewandt, die sich durch die Art der Ozoneinbringung, die Größe der Kontaktfläche zwischen Gas- und Wasserphase, den Systemdruck und die Reaktionszeit unterscheiden.

Um einen hohen Ozoneinbringungsgrad zu erzielen, ist eine möglichst feinblasige Gasverteilung, verbunden mit hoher Turbulenz, erforderlich. Hauptsächlich werden folgende Verfahren angewendet:

- **Teilstrom- oder Vollstrombegasung mit Injektor und statischem Mischer**

  Dazu wird ein Teilstrom des aufzubereitenden Wasser über eine Druckerhöhungspumpe gefördert und durch einen Injektor geschickt, der das Ozongasgemisch ansaugt und in den Teilstrom einmischt. Ein nachgeschalteter statischer Mischer erhöht den Einbringungsgrad.

  Der Eintrag des Ozongas-Wasser-Gemisches in den Hauptstrom erfolgt in die Rohrleitung vor einem weiteren statischen Mischer (Abbildung 32). Die im Teilstrom erreichbaren hohen Ozonkonzentrationen ermöglichen ein System, welches vergleichsweise klein dimensioniert werden kann.

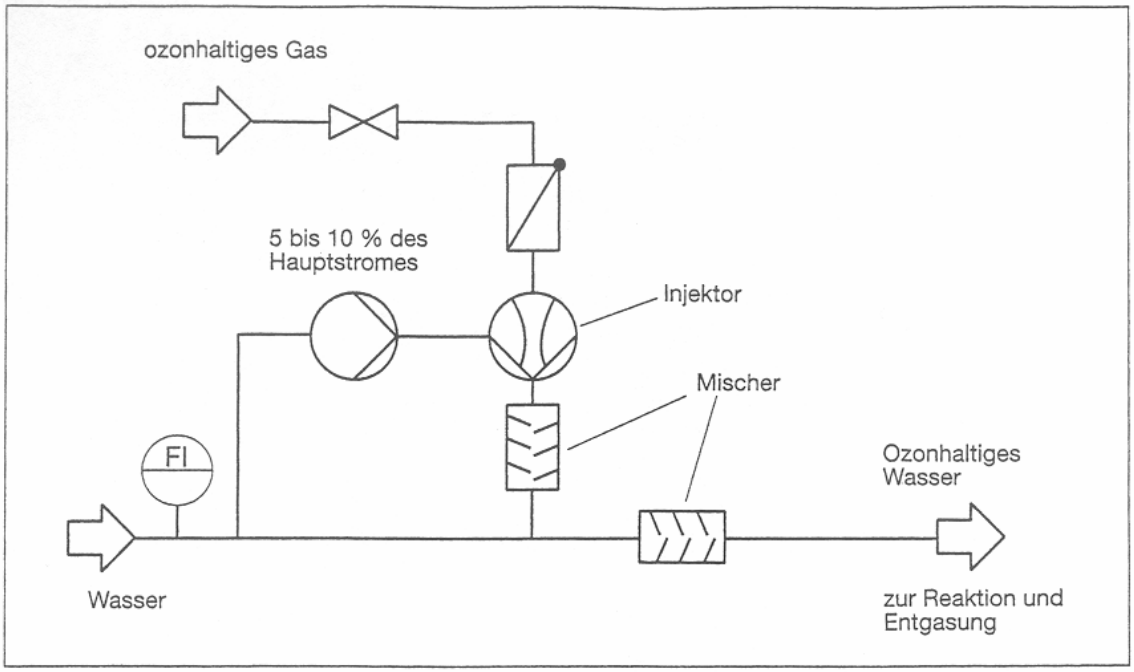


Abbildung 32: Ozoneintrag mit Injektor und Mischer im Teilstrom oder Vollstrom

Danach muss eine ausreichende Reaktionszeit für das Ozon gewährleistet sein (lange Rohrleitung, Reaktionsbehälter). Statische Mischer müssen zur Gewährleistung einer optimalen Wirksamkeit mit ausreichender Durchflussgeschwindigkeit betrieben werden. Nicht gelöstes Gas muss gefahrlos beseitigt werden. Weiterhin kann eine Vollstrombegasung mit Venturi-/Injektorsystem erfolgen. Dazu wird das aufzubereitende Wasser im Vollstrom mittels einer Pumpe über eine Venturi-/Injektor-Kombination geleitet. Infolge großer Geschwindigkeitsdifferenzen zwischen dem Wasserstrom und dem Ozongas-Luft-Gemisch kommt zu einer hoch-wirksamen feinblasigen Einmischung.

- **Kerzenbegasung**

Die feinblasige Gaseinbringung erfolgt über poröse Sintermetallplatten oder keramische Platten bzw. Kerzen am Boden von etwa 5 bis 6 m tiefer Becken (Abbildung 33).

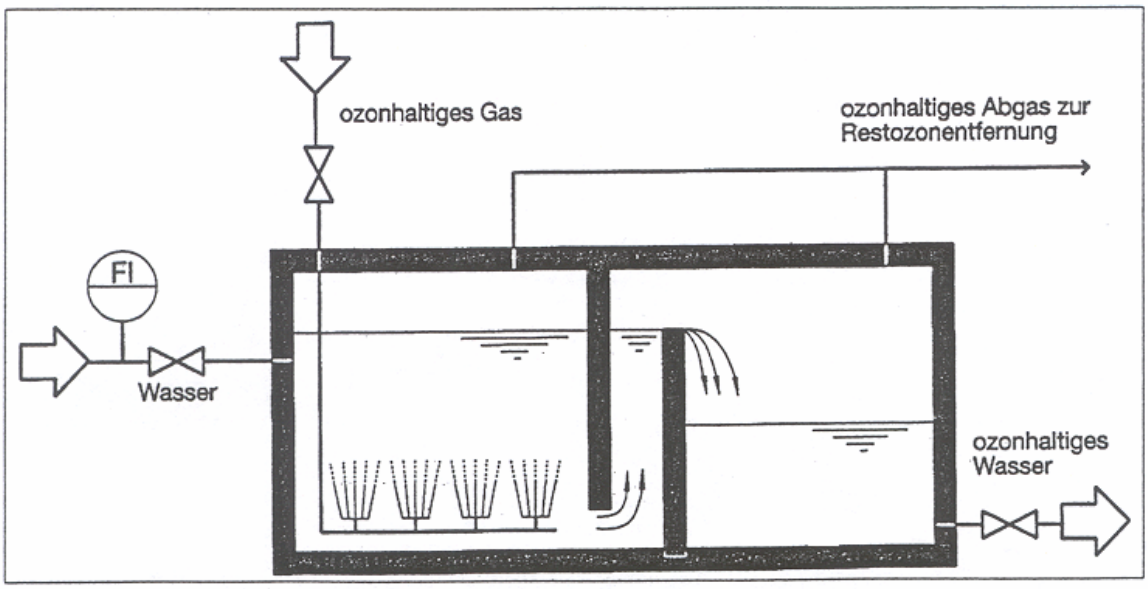


Abbildung 33: Ozoneintrag durch Kerzenbegasung

Das Verfahren eignet sich für große Gasmengen, wie sie z. B. bei Ozonanlagen mit Luftbetrieb vorkommen. Bei erreichbaren Ozonkonzentrationen in Luft von 20 bis 25 g/m³ müssen je kg/h Ozon 40 bis 50 m³/h Gas eingebracht werden. Statt Kerzenbelüfter können auch Membranscheibenbelüfter eingesetzt werden. Diese haben im Vergleich zu den klassischen porösen Kerzen einen wesentlich geringeren Druckverlust. Die bei der Kerzenbegasung durch gesetzten Volumenströme können nur gering variiert werden. Bei Unterschreiten einer Mindestgasmenge pro Begaser-Einheit ist der Eintrag nicht mehr feinblasig genug, um einen guten Einbringungsgrad zu erreichen.

Bei großer Gasmengenschwankung können in den Reaktionsbecken mehrere Begasungsstrecken installiert werden, die man bei Gasmengenänderungen zu- oder abschaltet. Anlagen mit Kerzenbegasung benötigen relativ große Bauvolumina. Die Gefahr der Belagbildung auf der Kerzenoberfläche durch Härtebildner, Eisen- und Manganoxide ist zu beachten.

- **Kolonnenbegasung**

Der Gaseintrag erfolgt bei diesem System zweckmäßigerweise im Gegenstrom (Abbildung 34). Die Volumenströme können in gewissen Grenzen variiert werden. Es kann ein hoher Einbringungsgrad erreicht werden.

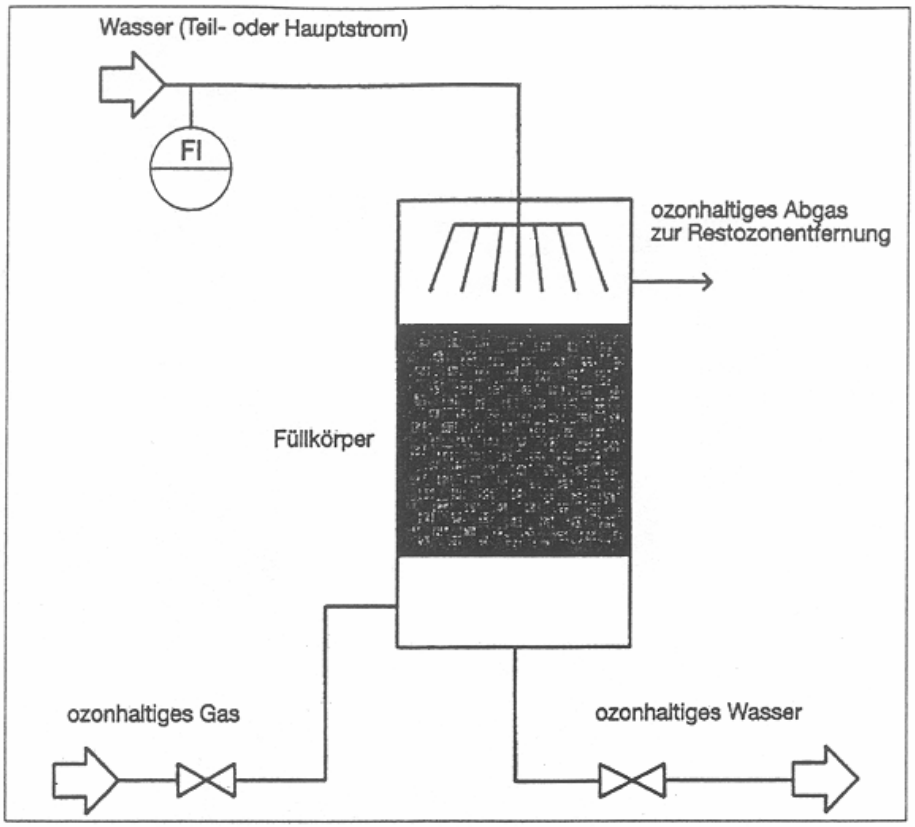


Abbildung 34: Ozoneintrag durch Kolonnenbegasung

- **Begasung durch rotierende Mischer**

Für diesen Einsatz werden im Wasser rotierende Mischer eingesetzt (Abbildung 35), die das Ozon-Gas-Gemisch feinblasig mit dem Wasser vermischen, dass dabei umgewälzt wird. Rotierende Mischer werden dort eingesetzt, wo gleichbleibende Belastung und kleine Regelbereiche vorliegen oder wenn im Wasser Eisen- bzw. Manganverbindungen vorhanden sind, die zur Verstopfung von keramischen Kerzen führen können.

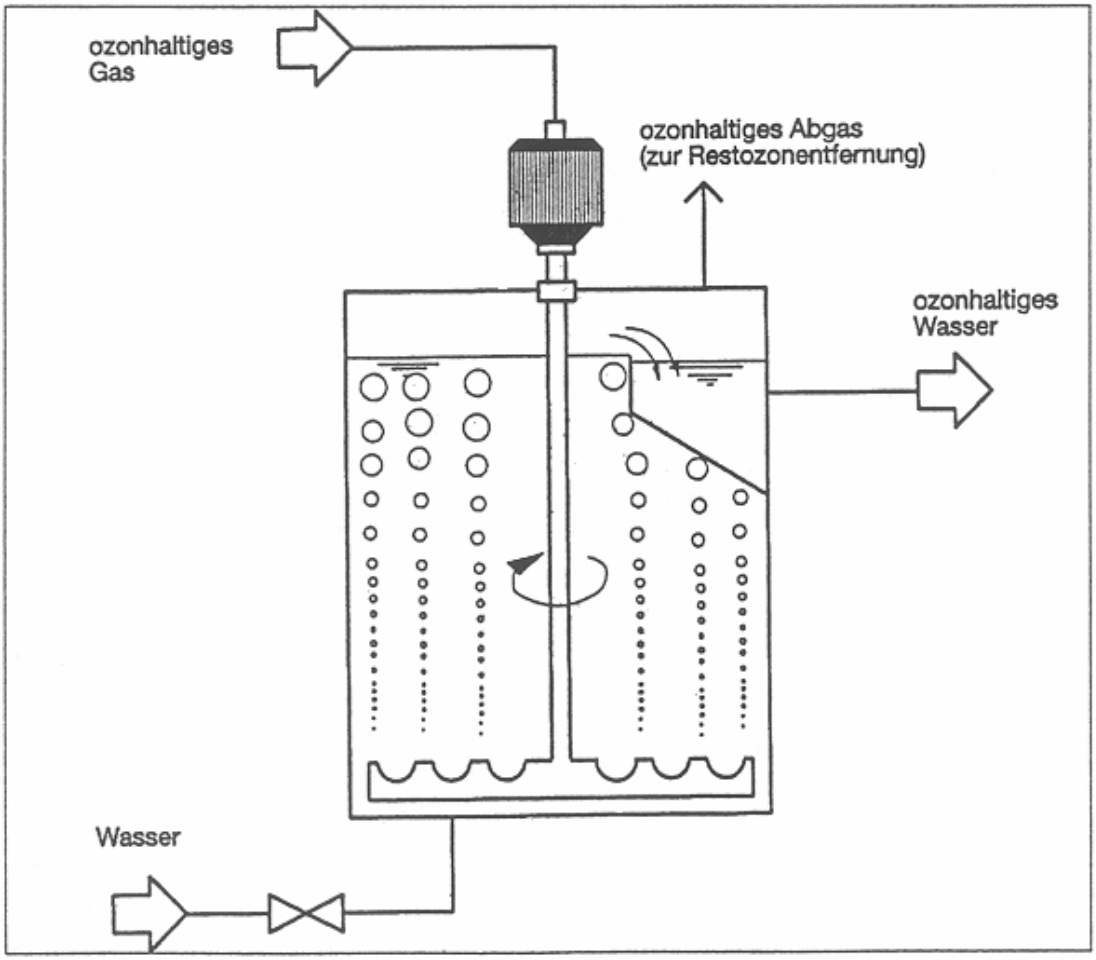


Abbildung 35: Ozoneintrag mit rotierendem Mischer

7.4. Restozonentfernung

Bei allen beschriebenen Eintragungssystemen für Ozon ist eine vollständige Lösung des zugeführten Ozons in dem aufzubereitenden Wasser nicht möglich. Obwohl bei richtig ausgelegten Anlagen und je nach System, Betriebsdruck und Ozonkonzentration Eintragungsgrade von deutlich über 95 Prozent erreicht werden können, sind Betriebszustände möglich, bei denen bis zu 25% des eingetragenen Ozons in das Abgas gelangen.

Das Abgas muss über eine wirksame Restozonentfernungsanlage ins Freie geleitet werden. Dabei gilt die Abgasbehandlung als wirksam, wenn eine Ozonkonzentration von 0,02 mg/m³ im Abgas nicht überschritten wird.

<u>Die gebräuchlichen Verfahren sind:</u>

- **Thermische Restozonvernichtung**

  Bei Temperaturen über 310°C zerfällt Ozon vollständig. Um einen ausreichend sicheren Abstand von der Mindesttemperatur zu erhalten, empfiehlt es sich, das Abgas auf 350°C zu erhitzen. Dabei

ist sicherzustellen, dass die Mindestverweilzeit des Abgases bei dieser Temperatur 2 Sekunden beträgt. Das erhitzte Abgas wird zur Energieoptimierung im Gegenstrom über einen Gas/Gas-Wärmeaustauscher geleitet, der den ozonhaltigen Abgasstrom vor dem Erhitzer auf ungefähr 300°C vorheizt, so dass zum Erreichen der Zersetzungstemperatur im Dauerbetrieb lediglich noch die Energie eingetragen werden muss, die notwendig ist, um die Temperatur von 300°C auf 350°C zu erhöhen.

Falls erforderlich, fördert ein nachgeschalteter Ventilator das Abgas in saugendem Betrieb durch die Anlage. Kunststoffventilatoren sind ungeeignet. Für Wärmetauscher und Reaktor sind geeignete legierte Stähle zu verwenden.

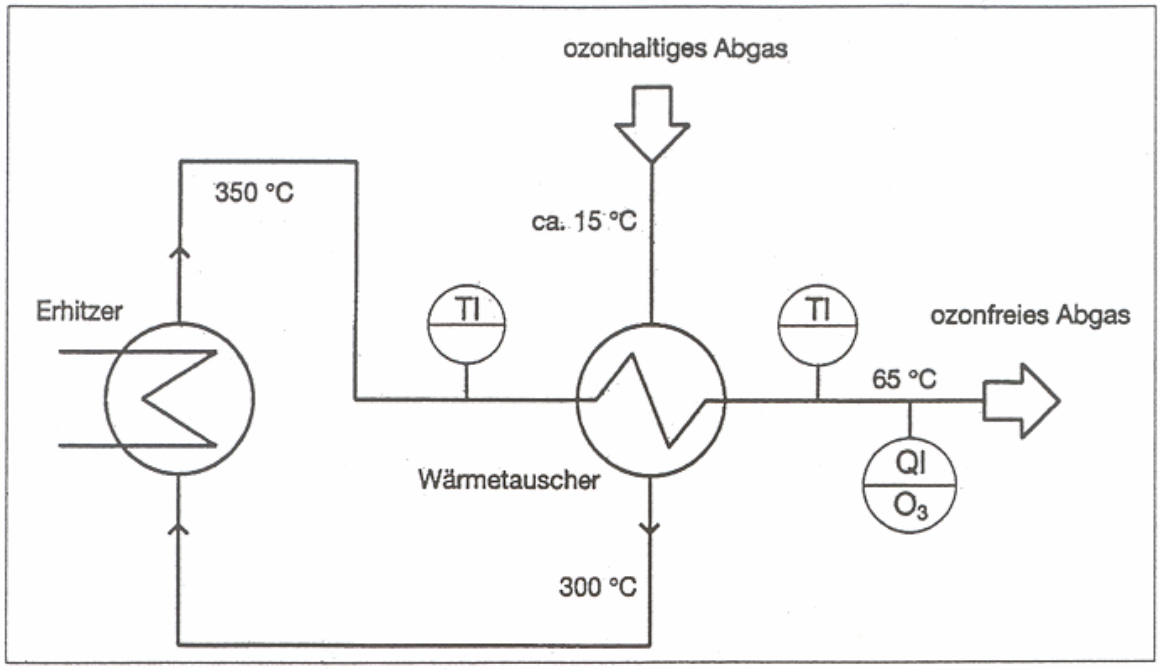


Abbildung 36: Thermischer Restozonvernichter

- **Katalytische Restozonvernichtung**

Für die Ozonersetzung sind Palladium und Metalloxid auf der Basis CuO/-MnO als Katalysatoren geeignet. Für eine sichere Funktion der Katalysatoren muss die Temperatur des wasserdampfgesättigten Abgases so erhöht werden, dass eine Kondensation von Wasser in den Katalysatorporen und damit eine Zerstörung des Trägermaterials verhindert wird.

Eine Anlage zur katalytischen Restozonentfernung besteht im wesentlichen aus dem elektrischen Heizregister, dem Reaktionsbehälter mit Katalysatorschüttung und eventuell einem Abgasventilator in saugendem Betrieb. Zur Vermeidung von Kondensation liegt die Betriebstemperatur des Katalysatorbettes meist zwischen 60°C und 80°C.

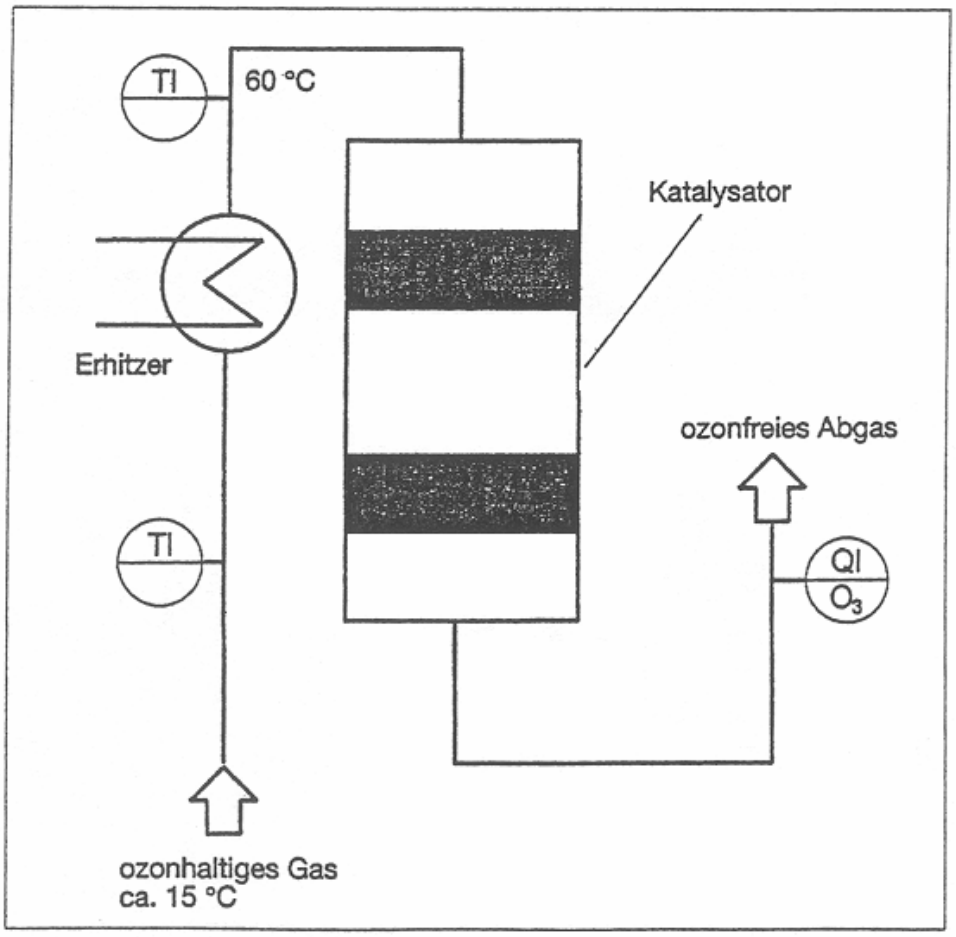


Abbildung 37: Katalytischer Restozonvernichter

Für Erhitzer und Reaktionsbehälter sind geeignete legierte Stähle einzusetzen. Auch bei diesem Verfahren kann die Abgaswärme in einem Wärmetauscher zum Vorheizen genutzt werden. Für die Auslegung der Anlage müssen der maximale Abgasstrom und die maximale Ozonkonzentration bekannt sein. Das zu reinigende Abgas darf keine Substanzen enthalten, die den Katalysator inaktivieren (sogenannte Katalysatorgifte, z. B. Chlor, Brom, Stickoxide).

- **Ozonvernichtung mit Korn-Aktivkohle**

Die Ozonentfernung über Korn-Aktivkohle wird heute nur noch bei der Raumluftbehandlung eingesetzt. Für die Restozonentfernung in der Prozessluft ist dieses Verfahren wegen des hohen Gefahrenpotentials (Brandgefahr) nicht geeignet.

Bei der Ozonumwandlung über Korn-Aktivkohle findet eine chemische Reaktion zwischen der Kohle und dem Ozon im Abgas statt (2,7 g Ozon reagieren stöchiometrisch mit 1 g Aktivkohle). Dabei wird die Struktur der Kornkohle zerstört. Die Kohle pulverisiert mit der Zeit und muss in Abhängigkeit von der spezifischen Ozonbelastung erneuert werden.

Sprunghafte Ozonkonzentrationserhöhungen und Volumenstromänderungen sind zu vermeiden. Sie können zu örtlichen Überhitzungen, Bränden und Verpuffungen führen.

7.5. Unfallverhütung, Sicherheitseinrichtungen

Der MAK-Wert (maximale Arbeitsplatzkonzentration bei achtstündiger Arbeitszeit) beträgt für Ozon 0,1 ppm entsprechend 0,2 mg Ozon pro m³ Raumluft. In Tabelle 18 sind die physiologischen Wirkungen von Ozon zusammengestellt worden:

ppm Ozon cm³/m³ Ozon	Physiologische Wirkung
0,02	Geruchsschwelle
0,02 – 0,5	Betäubung der Geruchsnerven nach ca. 5 Minuten Einwirkungsdauer Trockenheit in Nase und Rachen, Husten- und Niesreiz, Tränenbildung, Kopfschmerzen
0,1	MAK-Wert, höchstzulässige Konzentrationen bei 8stündigem Arbeitstag
0,5 – 2	Reizung auf Augen und Atmungsorgane, bei mehrstündiger Einwirkungsdauer starke Reizungen der Atemwege und Bronchien, Geschmacksstörungen, Erbrechen
< 10	Bewusstlosigkeit, Lungenbluten, bei längerer Einwirkungsdauer Tod durch Lungenödem
< 5000	Tödlich innerhalb weniger Minuten

< größer als

Tabelle 18: Physiologische Wirkungen von Ozon

Ozon wird durch seinen intensiven Geruch schon in geringsten Konzentrationen wahrgenommen („Höhensonnengeruch“). So beträgt die Geruchsschwelle ca. 0,02 ppm.
In etwas höheren Konzentrationen wird der Geruch jedoch unangenehm stechend. Es tritt eine Reizwirkung der Atmungsorgane und der Augen auf.
Bei Ozonkonzentrationen von 0,02 bis etwa 0,5 ppm tritt eine Betäubung der Geruchsnerven ein. Nach etwa 5 Minuten Einwirkungsdauer bei dieser Konzentration in Luft wird das Ozon nicht mehr wahrgenommen. Hierin liegt die Gefahr, weil der natürliche Selbstschutz über die Geruchswahrnehmung ausgeschaltet ist.

Ozonkonzentrationen über 0,5 ppm wirken bereits so stark reizend auf die Augen und Atmungsorgane, dass diese stets wahrgenommen werden. Trockenheit in Nase und Rachen, Hustenreiz und Niesreiz, Tränenbildung und Kopfschmerzen treten auf.

Ozonkonzentrationen bis zu 2 ppm führen nach einer Einwirkungsdauer weniger Stunden zu starken Reizungen der Atemwege, Geschmacksstörungen, Erbrechen und Reizungen der Bronchien, die tagelang nachwirken. Personen, die häufig oder lange Zeit der Einwirkung niedriger Ozonkonzentrationen ausgesetzt sind, können an chronischen Bronchialleiden erkranken.

Ozonkonzentrationen über 10 ppm führen bei längerer Einwirkungsdauer zu Bewusstlosigkeit, Lungenblutungen und Tod infolge eines Lungenödems. Die Einatmung von Ozon in Konzentrationen über 5000 ppm führen innerhalb weniger Minuten zum Tode. Es soll hier nicht unerwähnt bleiben, dass eine Konzentration von 5000 ppm entsprechend 0,5 Vol.-% Ozon leicht in der Atemluft zu erreichen ist, da eine moderne Ozonanlage Konzentrationen von 2 bis 4 Vol.-% Ozon produziert. Die Anlagen sind heute jedoch so konzipiert, das diese Konzentrationen nicht auftreten können.

Räume, in denen Ozon erzeugt und dosiert wird, sind mit Ozon-Warngeräten auszurüsten.

Die Ozonerzeugung muss im Gefahrfall durch einen Gefahrenschalter (Not-Aus-Schalter) abgeschaltet werden können. Der Gefahrenschalter ist an leicht zugänglicher, ungefährdeter Stelle außerhalb des Aufstellungsraumes der Ozonungsanlage anzubringen und deutlich zu kennzeichnen.

- **Persönliche Schutzausrüstung**

  Für jede an der Ozonungsanlage beschäftigte Person ist ein namentlich gekennzeichnetes ozonbeständiges Atemschutzgerät als Vollmaske mit wirksamem Gasfilter zur Verfügung zu stellen. Atemschutzgeräte dürfen nicht in Räumen aufbewahrt werden, in denen Einrichtungen der Ozonungsanlage vorhanden sind. Sie müssen einsatzbereit, leicht erreichbar, staub- und feuchtigkeitsgeschützt aufbewahrt werden.
  Müssen Räume betreten werden, in denen eine Ozonsammlung zu vermuten ist, darf dies nur mit Atemschutzgeräten geschehen. Sind Konzentrationen über 1000 ppm zu erwarten, dürfen zum Betreten nur von der Umgebung unabhängig wirkende ozonbeständige Atemschutzgeräte (Pressluftatmer) in Verbindung mit ozonbeständigen Gasschutzanzügen verwendet werden.

  Die Beschäftigten müssen mit der Bedienung der Schutzausrüstung vertraut sein. Zum Erhalten des Kenntnisstandes ist mindestens einmal im Jahr eine Übung durchzuführen, wobei Tätigkeiten zu üben sind, die im Störfall durchzuführen wären.

  Nach Verlassen eines ozonbelasteten Raumes ist die Kleidung zu wechseln, da Ozon in ihr hängen bleibt und nach Abnehmen der Schutzkleidung eine nachträgliche schädigende Einwirkung auftreten kann.

Alle Räume, in die Ozon gelangen kann, sind deutlich erkennbar und dauerhaft zu kennzeichnen. Diese Kennzeichnung umfasst: Hinweiszeichen „Ozongeruch sofort melden, für Entlüftung sorgen“, Warnzeichen „Vergiftungsgefahr“ und Verbotszeichen „Feuer, offenes Licht, Rauchen“. Ozonerzeuger sind deutlich erkennbar und dauerhaft zu kennzeichnen (DIN 19627).

8. UV-Desinfektionsanlagen

Dass UV-Strahlen keimtötende Wirkung haben, ist bereits seit Beginn des letzten Jahrhunderts bekannt. Erst in unserer Zeit jedoch haben Anlagen zur Erzeugung dieser Strahlen einen Leistungsstand erreicht, der ihren Einsatz zur Desinfektion von Trinkwasser ermöglicht. Die heutigen UV-Anlagen haben inzwischen Keimreduzierung im Trinkwasser erreicht, wie sie bei chemischen Desinfektionsverfahren üblich sind.

Die UV-Strahlen führen zu Veränderungen des Erbgutes (der DNS bzw. RNS) der Mikroorganismen. Dadurch kommt es zum Verlust der Vermehrungsfähigkeit.

Die zur Inaktivierung notwendige Bestrahlungsdosis hängt von verschiedenen Faktoren ab. Zusammengelagerte oder an Feststoffpartikeln adsorbierte Mikroorganismen sind schwieriger abzutöten als einzelne. Vegetative Bakterien, Viren und Pilze sind weitgehend gleich empfindlich gegenüber UV-Strahlen.

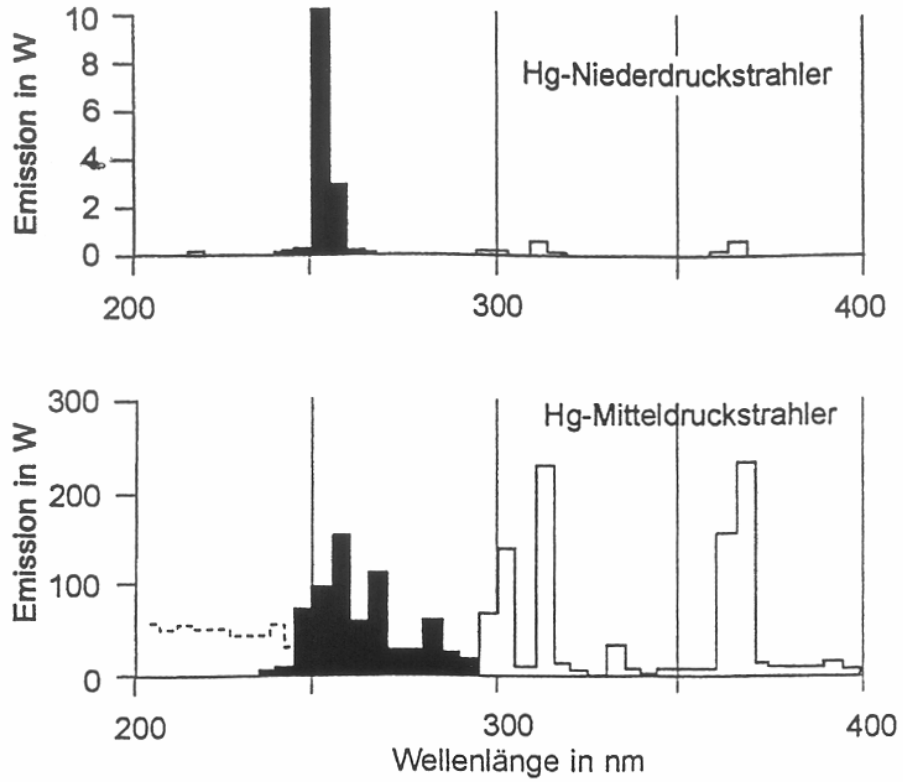


Abb 38 Spektrale Emision für Quecksilber Niederdruckstrahler und –Mitteldruckstrahler. Bei Quecksilber-Mitteldruckstrahler muss der Spektralbereich < 240 nm (gestrichelte Linie) mit speziellen Quarz-röhren ausfiltriert werden.

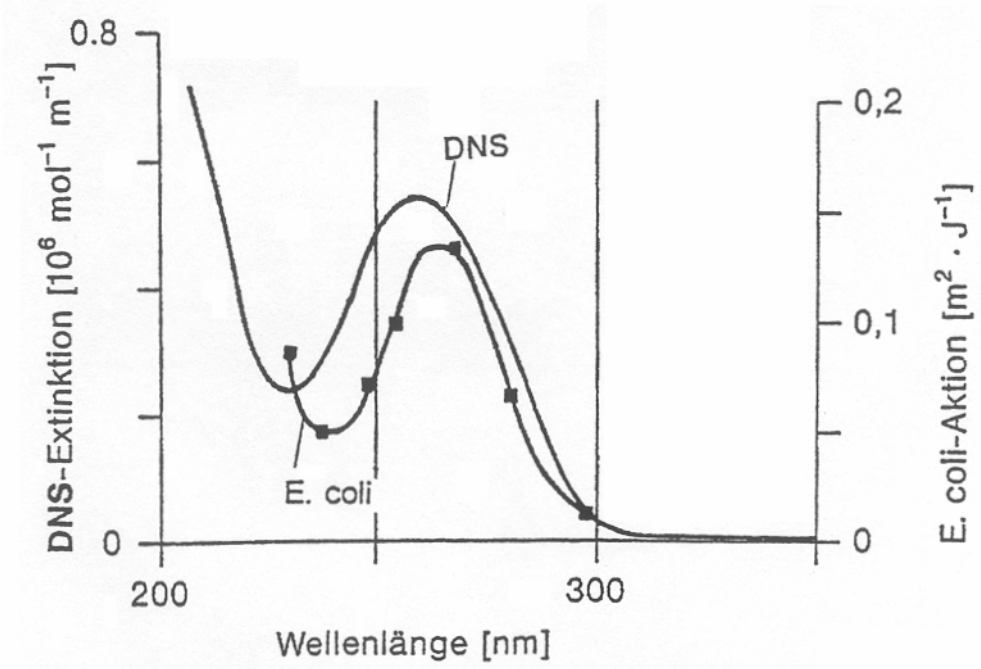


Abb 39 Desinfektionswirksamer Spektralbereich: Absorptionsspektrum von DNS, Absorptionsspektrum zur Inaktivierung von E.coli.

Eine deutlich höhere Widerstandsfähigkeit besitzen Bakteriensporen und Parasiten. Bakteriensporen sind für die Trinkwasserversorgung unbedeutend und werden weder durch die chemische Desinfektion noch durch die UV-Desinfektion erfasst. Die Parasiten besitzen sowohl gegenüber UV-Strahlen als auch chemischen Desinfektionsmitteln eine hohe Widerstandsfähigkeit.
Sie können mit dem Trinkwasser verbreitet werden und müssen durch andere Verfahrenschritte bei der Trinkwasseraufbereitung entfernt werden.

Um eine einwandfreie Desinfektion zu erzielen, ist im Wasserwerksbetrieb mindestens eine desinfektionswirksame Bestrahlung von 400 J/m^2 erforderlich. Die desinfektionswirksame Bestrahlung einer UV-Anlage kann nur mit Hilfe von mikrobiologischen Untersuchungen festgestellt werden.

Die UV-Strahlung entfaltet nur unmittelbar am Ort des Einsatzes ihre desinfizierende Wirkung. Daher sind beim Einsatz von UV-Strahlern eher Wiederverkeimungen zu befürchten, als in Wässern, in denen chemische Desinfektionsmittel mittels UV-Strahlung hohen Sicherheitsanforderungen standhalten. Da eine mikrobiologisch einwandfreie Beschaffenheit des Trinkwassers ständig gewährleistet sein muss, muss auch die Desinfektion mittels UV-Strahlung hohen Sicherheitsanforderungen standhalten.

Die UV-Desinfektion von Wasser erfordert Bestrahlungsapparaturen, die für den Anwendungsbereich hinsichtlich der Wasserbeschaffenheit (UV-Absorption) und für die vorgesehene Durchflussmenge ausgelegt sein müssen.

Anforderungen an UV-Anlagen und deren Prüfung sind im DVGW-Arbeitsblatt W 294 geregelt; für den Einsatz von UV-Anlagen ist das DVGW-Merkblatt W 293 zu beachten.

Die einwandfreie Funktion von UV-Anlagen ist nur gewährleistet, wenn die Betriebsbedingungen eingehalten werden, für die die Desinfektionswirksamkeit der Anlage mit der Prüfung nach DVGW-Arbeitsblatt W 294 nachgewiesen wird. Einzuhalten sind insbesondere der zulässige Volumenstrom (Durchfluss) und die Mindestbestrahlungsstärke an der Überwachungsposition unter Verwendung kalibrierter UV-Sensoren.

Voraussetzung für eine zuverlässige UV-Desinfektion ist wie bei der chemischen Desinfektion ein weitgehend partikelfreies Wasser. Außerdem wird empfohlen, eine spektralen Schwächungskoeffizienten (SSK-254) von 8 m^{-1} nicht zu überschreiten. Weiterhin sollen zur Vermeidung störender Ablagerungen in der Bestrahlungskammer die Gehalte an gelöstem Eisen unter 0,03 mg/l sowie an Mangan unter 0,02 mg/l liegen.

Bei der Bestrahlung mit UV-Licht im Wellenlängenbereich 240 bis 290 nm werden unter den für die Desinfektion erforderlichen Bedingungen keine Nebenprodukte in relevanten Konzentrationen gebildet.

Da die UV-Strahlen nur unmittelbar in der UV-Anlage wirken, besteht keine Desinfektionswirkung bei der Wasserverteilung. Auch die neue Trinkwasserverordnung weist darauf hin, dass das Verfahren nicht anwendbar für die Erzeugung einer Desinfektionskapazität (Depotwirkung) im Verteilernetz geeignet ist.

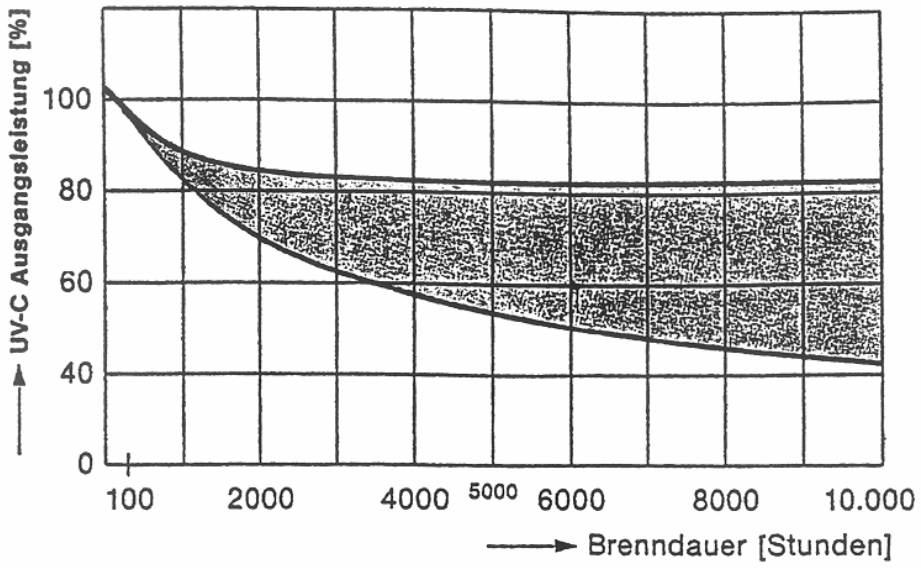


Abb 40 Abfall der relativen Bestrahlungsstärke von Quecksilber-Niederdruckstrahlern als Funktion der Betriebsstunden. Die Breite der schraffierten Fläche zeigt, dass die verschiedenen Strahlertypen bezüglich der Langzeitstabilität sehr große Unterschiede aufweisen können.

8.1. Anforderungen und Auslegung von UV-Bestrahlungsanlagen

UV-Anlagen zur Trinkwasserdesinfektion müssen ein Desinfektionspotential aufweisen, das einer mikrobizid wirkenden Raumbestrahlung von mindestens 400 J/m^2 entspricht.

Die UV-Desinfektionsanlage ist nach der Wasserbeschaffenheit (insbesondere SSK-254, spektraler Schwächungskoeffizient bei 254 nm) und dem Volumenstrom (m^3/h) zu dimensionieren.

UV-Anlagen müssen so beschaffen sein, dass die Betriebsbedingungen, für die das Desinfektionspotential geprüft wurde, stets eingehalten werden und überwacht werden können. Dies erfolgt durch Messung von Durchfluss und UV-Bestrahlungsstärke an mindestens einer festgelegten Überwachungsposition.

Die zur Überwachung eingesetzten UV-Sensoren müssen UV-Strahlung im Wellenlängenbereich von 240 bis 290 nm selektiv erfassen und sicherstellen, dass die Mindestbestrahlungsstärke an der Überwachungsposition unter den festgelegten Betriebsbedingungen eingehalten wird.

Der Aufbau einer UV-Anlage ist in Abbildung 41 dargestellt:

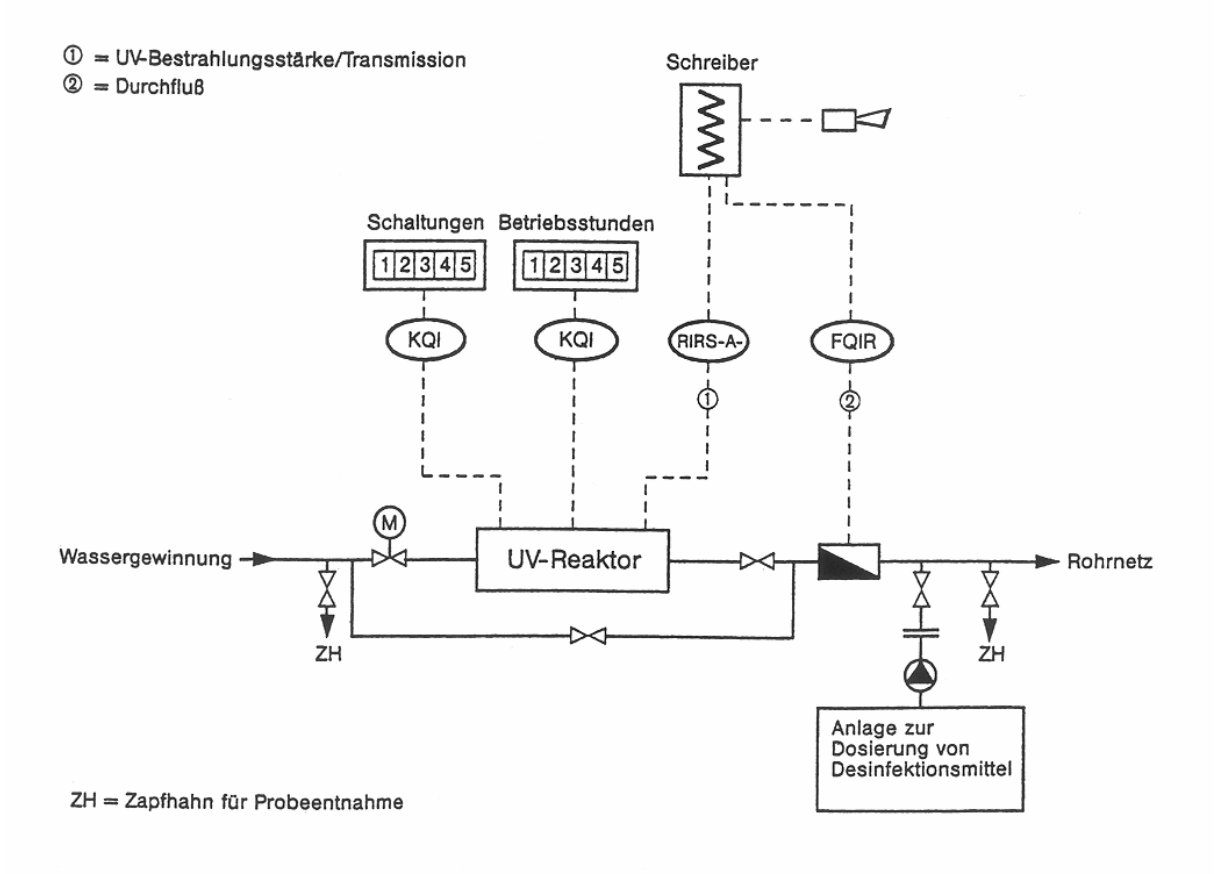


Abb 41 Verfahrensfließschema einer UV-Desinfektionsanlage

Armaturen in den Zu- und Ableitungen, die zur Begrenzung des Volumenstroms und zur Aufrechterhaltung der gewünschten Strömungsverhältnisse nicht verändert oder verstellt werden dürfen, sind entsprechend zu kennzeichnen und zu sichern.

Wird die UV-Anlage zur Desinfektion eingeschaltet, ist zu berücksichtigen, dass die Strahler einige Minuten Brenndauer benötigen, um ihre volle Strahlungsleistung zu erreichen. Die Wasserabgabe ins Netz darf daher erst erfolgen, wenn die UV-Anlage eine Mindestzeit (Herstellerangabe) zugeschaltet war und das Erreichen einer ausreichenden Bestrahlungsstärke durch den UV-Sensor angezeigt wird.

Wenn die UV-Anlage längere Zeit (z. B. mehr als 30 Minuten) nicht durchströmt wird, empfiehlt es sich, sie abzuschalten. Die Anzahl der Einschaltvorgänge ist ebenso wie die Betriebsstunden auf einem Zählwerk zu registrieren, da Schaltungen die Nutzungsdauer der Strahler verkürzen können.

Es ist sicherzustellen, dass die UV-Anlage nicht mit einer höheren Wassermenge beaufschlagt werden kann, als nach ihrer Dimensionierung vorgesehen ist. Um dies zu verhindern, genügt es beispielsweise, die UV-Anlage so groß auszulegen, dass alle gleichzeitig betreibbaren Förderpumpen zugeschaltet werden können.

Jeder einzelne Strahler der UV-Anlage ist elektrisch auf seine Funktion zu überwachen. Der Ausfall eines Strahlers ist vor Ort anzuzeigen, und der Alarm muss dem zuständigen Betriebspersonal unverzüglich gemeldet werden. Sofern die Desinfektionswirkung hierdurch beeinträchtigt werden kann, müssen umgehend Ersatzmaßnahmen zur Desinfektion ergriffen werden.

Zur Kontrolle einer ausreichenden Bestrahlungsstärke muss jede UV-Anlage mit einer kalibrierbaren UV-Messeinrichtung versehen sein.

Der Kontrolle der Bestrahlungsstärke kommt auch deshalb eine hohe Bedeutung zu, da anders als bei chemischen Desinfektionsmitteln, die ordnungsgemäße Funktion der Anlage nach der UV-Bestrahlung nicht mehr durch eine kontinuierliche Messung des Desinfektionsmittels zu prüfen ist.

Die Messwerte für Bestrahlungsstärke und Durchflussmenge für jeden UV-Desinfektionsreaktor sollten kontinuierlich registriert oder regelmäßig zusammen mit allen weiteren wichtigen Betriebsdaten dokumentiert werden.

Bei Unterschreitung des festgelegten Mindestwertes der Bestrahlungsstärke muss der Durchfluss durch die betroffene Anlage entsprechend reduziert und der Betreiber alarmiert werden. Lässt sich der Durchfluss nicht verringern oder lässt sich der vorgeschriebene Mindestdurchfluss (für eine einwandfreie Hydraulik) nicht einhalten, so sind umgehend Ersatzmaßnahmen zur Desinfektion zu veranlassen, z. B. durch die Dosierung chemischer Desinfektionsmittel.

Der von den UV-Sensoren gemessene Wert der Bestrahlungsstärke, bei dem eine Vorwarnung oder ein Alarm ausgelöst werden und Maßnahmen zur Sicherstellung der Desinfektion ergriffen werden müssen, ist vom Hersteller auf die örtlichen Gegebenheiten abzustimmen. Die UV-Sensoren müssen regelmäßig geprüft und gegebenenfalls kalibriert werden.

Zur Kontrolle der einwandfreien Funktion der UV-Anlage müssen regelmäßig vor und nach der Desinfektion Proben entnommen und bakteriologisch untersucht werden.

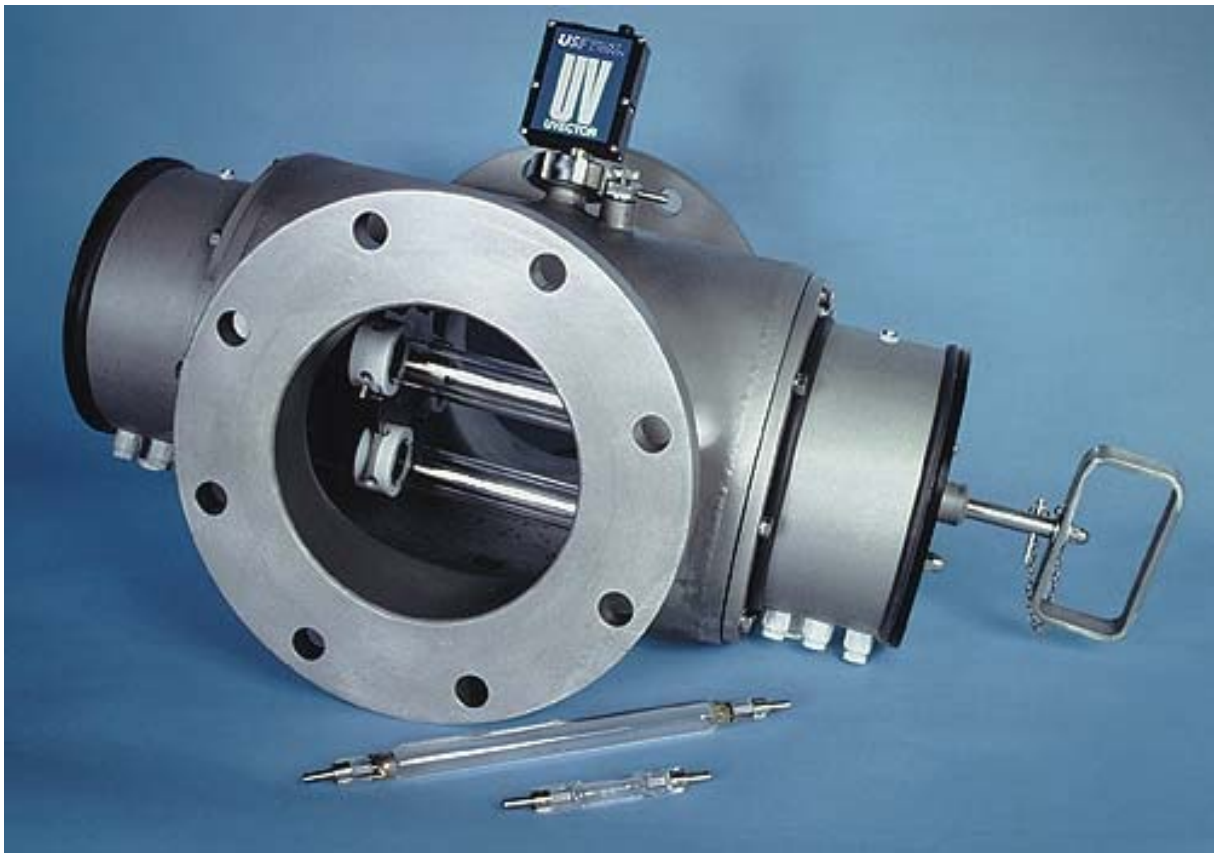


Abbildung 42: UV-Bestrahlungsanlage zum direkten Einbau in die Rohrleitung
UV-Anlage mit Quarzrohr, Strahler (im Vordergrund), mechanischer Reinigungsvorrichtung und UV-Sensor

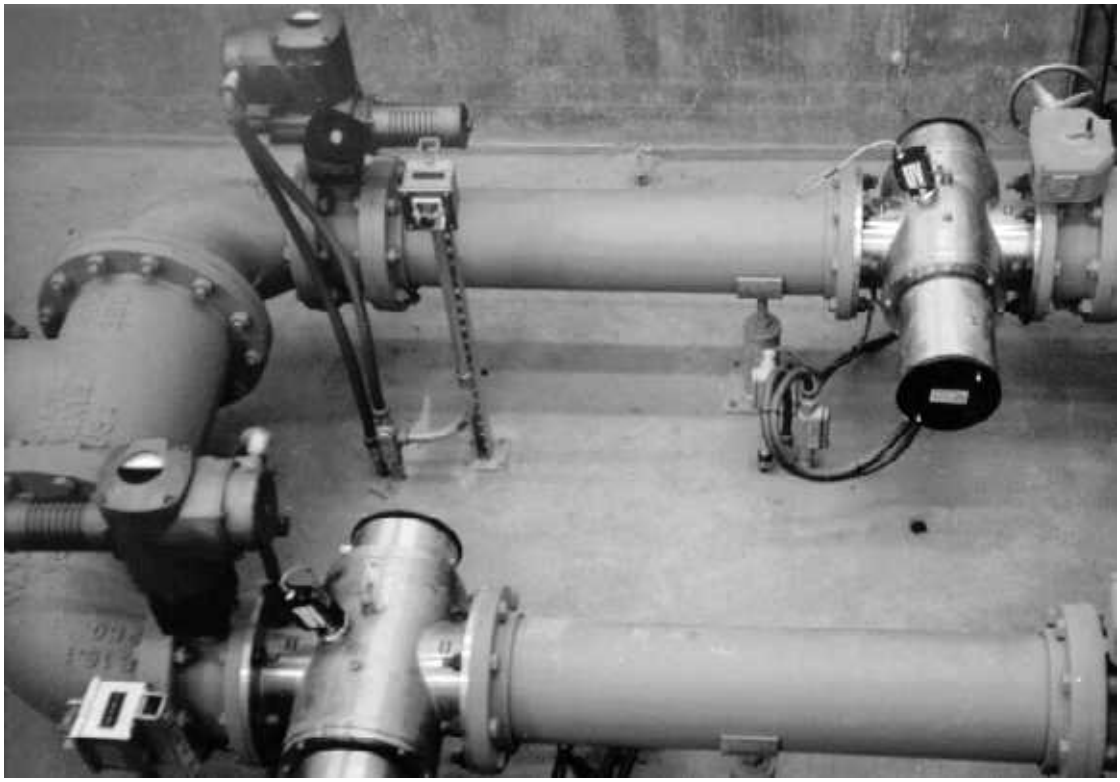


Abbildung 43: Zwei in Rohrleitungen installierte UV-Bestrahlungsanlagen (eine UV-Anlage als „stand-by“).

Die üblichen Wartungsarbeiten beschränken sich erfahrungsgemäß auf regelmäßige Reinigungsarbeiten sowie auf das turnusgemäße Wechseln der UV-Strahler. Die Reinigung der Quarzschutzrohre kann sowohl mechanisch als auch mit Hilfe von Reinigungsmitteln durchgeführt werden. Die mechanische Reinigung setzt im allgemeinen einen Ausbau der Quarzschutzrohre voraus. Bei einer mechanischen Reinigung ohne Ausbau der Schutzrohre (Wischer) ist sicherzustellen, dass das abgewischte Material nicht zu einer Verunreinigung des Trinkwassers führt.

Nach jeder Reinigung ist die Anlage vor der Wiederinbetriebnahme ausreichend zu spülen, um zu verhindern, dass das abgegebene Trinkwasser verunreinigt wird. Wird die UV-Anlage zur Reinigung geöffnet und weist sie Bereiche auf, die von der UV-Strahlung nicht erfasst werden, so ist mit Hilfe chemischer Desinfektionsmittel dafür zu sorgen, dass keine Keime aus diesen Bereichen in das abgegebene Trinkwasser gelangen können.

Die Reaktorwände bzw. die Reflektoren müssen ebenfalls gereinigt werden, wenn ihr Reflexionsvermögen nachgelassen hat.

Da Ablagerungen in allen Bereichen der UV-Anlage entstehen können und bei einer mechanischen Reinigung der Strahlerhüllrohre Beläge an anderer Stelle nicht entfernt werden, muss eine UV-Anlage in bestimmten Abständen auch insgesamt gereinigt werden.

Der Tausch der UV-Strahler ist mit Erreichen der Mindestbestrahlungsstärke vorzunehmen. UV-Strahler sollten jeweils nur **satzweise** für eine UV-Bestrahlungseinheit ausgetauscht werden.

Es dürfen nur für die jeweilige UV-Anlage freigegebene UV-Strahler eingesetzt werden. Anlässlich eines Strahlerwechsels soll die Anlage gereinigt werden.

Neben den Betriebsstunden muss auch die Anzahl der Einschaltvorgänge berücksichtigt werden. Durch häufiges ein- und ausschalten der UV-Strahler wird deren Lebensdauer verkürzt. Wegen der großen Bedeutung der Desinfektion von Trinkwasser empfiehlt es sich, bei allen UV-Anlagen hinter

dem Reaktor eine Dosierstelle für ein chemisches Desinfektionsmittel vorzusehen. Im Falle einer technischen Störung oder einer Verschlechterung der Wasserqualität kann dann eine chemische Desinfektion des Wassers erfolgen.

Für den Betrieb einer derartigen Dosierstelle ist beispielsweise eine transportable Desinfektionsanlage geeignet.

Sicherheitshinweise

Zu beachten sind die biologischen Wirkungen beim Menschen, die durch direkte Einwirkung von UV-Strahlen hervorgerufen werden können, nämlich Hautrötungen bis zu Verbrennungen, Augen-Bindehaut-Entzündungen und Hornhaut-Entzündungen.

Die Empfindlichkeit des Auges gegenüber UV-Strahlung ist besonders groß im Bereich der Wellenlängen von 260 bis 270 nm. Es ist unbedingt zu vermeiden, die bloße Haut und insbesondere die ungeschützten Augen der UV-Strahlung auszusetzen.

8.2. Anforderungen an das Wasser

Auch beim Einsatz von UV-Strahlung zur Desinfektion von Trinkwasser ist die Beschaffenheit des zu behandelnden Wassers wesentlich für die Wirksamkeit der Desinfektion.

Das Funktionsprinzip dieses Verfahrens erfordert es, dass möglichst viel der eingestrahlten Energie der desinfektionswirksamen Strahlung im Wellenlängenbereich von 240 bis 290 nm tatsächlich die Mikroorganismen erreicht.

Der Einfluss der Wasserbeschaffenheit auf die Desinfektionsleistung einer UV-Anlage ist daher unter dem Aspekt zu betrachten, dass die spektrale Schwächung der UV-Strahlen durch andere Wasserinhaltsstoffe möglichst gering sein soll.

Die Transmission eines Wassers für Strahlung kann sowohl durch partikuläre Substanzen als auch durch gelöste Stoffe beeinflusst werden.

Darüber hinaus kann es zu Ablagerungen von Wasserinhaltsstoffen, wie zum Beispiel Eisen- und Manganverbindungen, auf den Schutzrohren der UV-Strahler kommen, die ebenfalls die Desinfektionsleistung beeinträchtigen.

Aus den genannten Faktoren lassen sich einige Grundanforderungen ableiten.

- Störende Wasserinhaltsstoffe (Eisen- und Manganverbindungen, Färbung, Trübung) dürfen nur in so geringen Mengen im Wasser enthalten sein, dass die Wirksamkeit einer Desinfektion nicht beeinträchtigt wird.

- Die UV-Anlage muss auf den höchsten Wert des zu erwartenden Schwächungskoeffizienten bei 254 nm ausgelegt sein.

- Auf den Strahlerschutzrohren darf es nicht zu störenden Ablagerungen durch Stoffe, wie z. B. Eisen –und Manganverbindungen kommen.

- Die Kontrolle einer ausreichenden Bestrahlungsstärke muss durch kontinuierliche Messung mit einem kalibrierbaren Sensor erfolgen, der selektiv im desinfektionswirksamen Bereich (240 – 290 nm) misst.

Wesentlich für die Betriebssicherheit sind Voruntersuchungen, die Aufschluss über den ungünstigen Fall der Wasserqualität während einer längeren Betriebsdauer (mindestens ein Jahr) geben..

Dies gilt insbesondere, wenn Rohwässer genutzt werden, deren Qualität witterungsabhängigen Schwankungen unterworfen sind und die z. B. jahreszeitlich bedingte veränderte Trübungswerte aufweisen.

8.3. UV-Bestrahlung zur Abtötung verschiedener Mikroorganismen

Mikroorganismus - Typ	J/m² für 90 % Abtötung	J/m² für 99 % Abtötung	J/m² für 99,9 % Abtötung	J/m² für 99,99 % Abtötung
Salmonella typhii	10 – 40	20 – 80	30 – 120	40 – 160
Legionella pneumophila	20 – 50	40 – 100	60 – 150	80 – 200
Escherichia coli	50 – 60	100 – 120	150 – 180	200 – 240
Pseudomonas aeruginosa	50 – 60	100 – 120	150 – 180	200 – 240
Vibrio cholerae	60 – 70	120 – 140	180 – 210	240 – 280
Polimyelltis Virus	30 – 70	60 – 140	90 – 210	120 – 280
Bacillus subtilis	60 – 80	120 – 160	180 – 240	240 – 320
Tuberculosis bacillus	100	200	300	400
Hepatitis B Virus	30 – 110	60 – 220	90 – 330	120 – 440

Tabelle 19: UV-Bestrahlung in J/m^2 bzw. Ws/m^2 für die Abtötung von 90 bis 99,99 % verschiedener Mikroorganismen

9. Membranfiltration

Aufbereitungsziel zur Gewinnung von Trinkwasser aus mikrobiell belasteten Rohwässern ist die weitestgehende Entfernung von partikulären Wasserinhaltsstoffen.

Daher wird in jüngster Zeit zunehmend auch der Einsatz der Membranverfahren in der Trinkwasseraufbereitung diskutiert.

Mit der Mikro- und Ultrafiltration lassen sich partikuläre Wasserinhaltsstoffe mit hohem Wirkungsgrad entfernen. Zu den partikulären Wasserinhaltsstoffen gehören z. B. Ton, Eisen- und Manganverbindungen, Silikate, Algen, Plankton, Bakterien (u. a. E.coli, coliforme Bakterien, Fäkalstreptokokken, Enterokokken, Clostridien, Legionella), Parasiten und Viren.

- **Verfahrensprinzip**

Das Prinzip der Mikro- und Ultrafiltration beruht auf dem Rückhalt partikulärer Wasserinhaltsstoffe bei Durchtritt von Wasser durch die Poren einer Membran, wobei eine Druckdifferenz zwischen 0,1 und 3 bar erforderlich ist. Abhängig von der Porengröße werden die im Wasser enthaltenen Partikel entsprechend ihrer Größe zurückgehalten. Dabei sind primär Siebmechanismen wirksam.

Die Mikrofiltration eignet sich für die Elimination von Partikeln, die größer als 0,1 µm sind, während mit der Ultrafiltration Partikel größer als 0,01 µm abgetrennt werden können.

Ultrafiltrationsmembranen können auch hochmolekulare gelöste Stoffe und Viren zurückhalten. Niedermolekulare gelöste Stoffe und Ionen (Salze) können dagegen ungehindert passieren.

Aufgrund der begrenzten Porendurchmesser erlauben Membranfilter den absoluten Rückhalt von Bakterien, was bei Schnellfiltration über körnige Materialien nicht zwangsläufig der Fall ist. Daher

werden auch wesentlich geringere Resttrübungen und Partikelzahlen als mit herkömmlichen Filtrationsverfahren erhalten.

Die Abbildung 44 zeigt den Größenbereich der Partikel bzw. Moleküle, die mit diesen Verfahren abgetrennt bzw. zurückgehalten werden können.

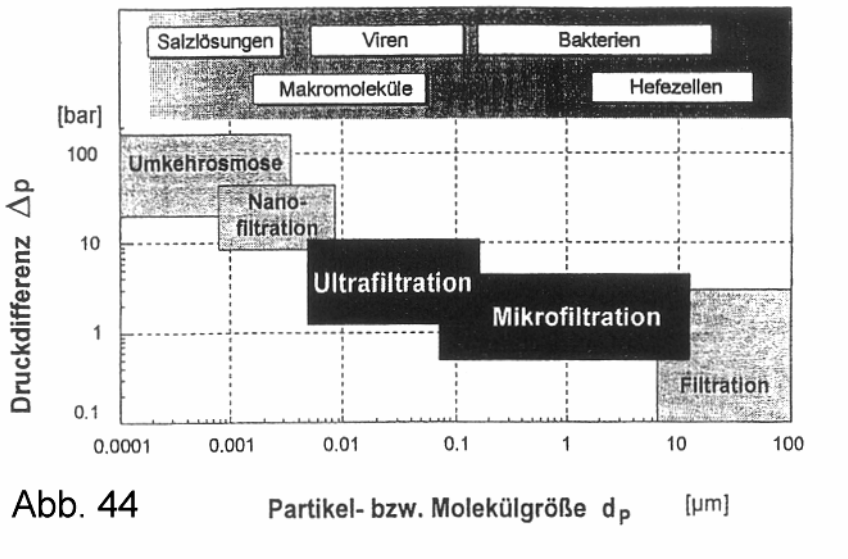


Abbildung 44: Verfahren der Membranfiltration

Beginnend mit der klassischen Filtration, deren Trennwirkung bei wenigen Mikrometern ihre Grenze aufweist, schließt sich zunächst die Mikrofiltration an. Wie der Name bereits andeutet, können Mikrofiltrationsmembranen Partikel im Größenordnungsbereich von 1 µm (bis unterhalb von 0,1 µm) selektiv zurückhalten. In diesen Größenordnungsbereich fällt die Gruppe der Bakterien. Soll die Barrierewirkung der Membranfiltration auch auf die nächst kleinere Kategorie von Mikroorganismen, die Viren, ausgeweitet werden, so wird der Einsatz von Ultrafiltrationsmembranen erforderlich, deren Poren in einem Bereich von ca. 0,005 µm bis 0,2 µm liegen.

Hier wird deutlich, dass sich der Einsatzbereich der unterschiedlichen Membranverfahren mehr oder weniger stark überschneidet. Mit Ultrafiltrationsmembranen können alle partikulären Wasserinhalts-stoffe abgetrennt werden, d. h. das Filtrat ist faktisch feststofffrei.

Auf Abbildung 45 ist ein Schema vom Prinzip der Membrantechnik dargestellt.

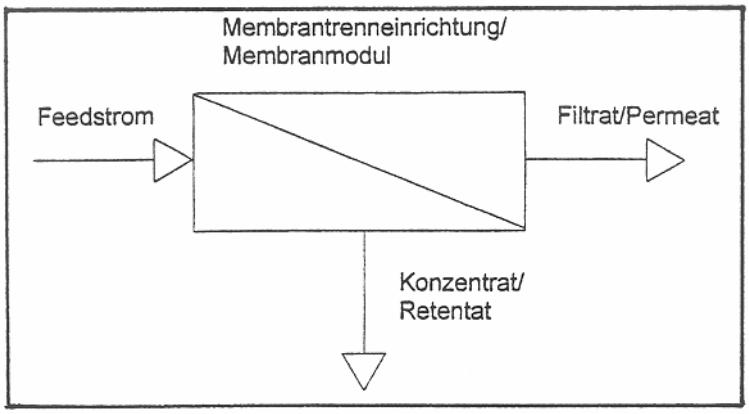


Abb. 45 : Prinzipschema der Membrantechnik

- **Anforderungen an Membranmodule**

Kernstück der Membranfiltration ist die Membran. Membranen werden in Membranfiltrationsanlagen in Form von Membranelementen bzw. Modulen eingebaut und durch entsprechende weitere Anlagenkomponenten ergänzt.

Membranen bestehen aus organischem oder anorganischem Material mit symmetrischer oder asymmetrischer Struktur (siehe dazu auch Kapitel 4.4.: Begriffe der Membranfiltration).

Bei der Membranfiltration zur Aufbereitung von Wässern zu Trinkwasser werden Membranen in Form von Hohlfasern (häufig auch als Kapillaren bezeichnet) mit einem Durchmesser zwischen 0,5 und 2,5 mm oder Flachmembranen verwendet, die je nach Porenverteilung unterschiedliche Rückhaltegrade aufweisen.

Während Hohlfasern bündelweise zu Membranelementen zusammengefasst werden, werden flache Membranen als Kissenelemente oder Spiralwickelmodule eingesetzt. Membranelemente verschiedener Hersteller weisen unterschiedliche Größen und Packungsdichten auf.
Handelsüblich sind eine Reihe verschiedener Membrantypen, die sich sowohl hinsichtlich ihres Membranmaterials als auch in der Form und Betriebsweise unterscheiden.

Von der Form her wird unterschieden zwischen rohrförmigen und flachen Membranen (z. B. Platten, Kissen).

Der Aufbau von Mikrofiltrations-Modulen oder Ultrafiltrations-Modulen ist bisher nicht standardisiert, so dass der Austausch von Modulen verschiedener Hersteller in einer bestehenden Anlage nicht ohne weiteres möglich ist. Von einigen Firmen werden Membranelemente angeboten, die hintereinander in standardisierte Druckrohre eingebaut werden können.
Ein weiteres System verwendet Kissen-Membranelemente, die aus mehreren flachen Membranen bestehen und zwischen denen sich je eine Dichtung befindet. Derartige Systeme eignen sich auch für die Aufbereitung von Wässern mit höheren Feststoffgehalten.

Ferner gibt es Systeme, bei denen das Filtrat durch die Membranen gesaugt wird, indem auf der Filtratseite Unterdruck erzeugt wird. Für diese sogenannten getauchten Systeme werden sowohl Hohlfaser-Membranen als auch Flach-Membranen eingesetzt.

Die Anforderungen die an Membran-Module gestellt werden, sind in Tabelle 20 aufgelistet:

- einheitliche und reproduzierbare Porenweite mit geringen Abweichungen, Richtigkeit der garantierten Trenngrenze

- hohe mechanische und chemische Beständigkeit der Membranen und Module für möglichst lange Betriebszeiten

- übersichtlicher Aufbau der Anlage, einfache Wartung, gute Zugänglichkeit und Austauschbarkeit von Modulen bzw. Membranelementen und Komponenten

- zur Überprüfung der Filterwirksamkeit:
  Möglichkeit des „Freischaltens“ von einzelnen Modulen
  Probeentnahmehähne für on-line-Messungen
  Möglichkeit für Integritätsüberwachung

- Spülbarkeit der Module mit möglichst günstigem Austrag der entfernten Beläge aus dem Modul über das schlammhaltige Wasser

- Beherrschung von Biofouling und damit möglichst kein oder nur geringer Einsatz von Desinfektionsmitteln bei der Spülung oder Reinigung

- Verwendung von Materialien für Membranen und Module, die für den Einsatz im Trinkwasserbereich zugelassen sind (KTW-Empfehlung, W 270)

- Hydraulisch gleichmäßige Beschickung aller Module in allen Betriebsmodi

- Be- und Entlüftungsmöglichkeiten

- Entleerungsmöglichkeit

- Spülvorrichtungen

Tabelle 20: Anforderungen an Membranmodule

- **Anlagenkomponenten für Membranfiltration**

Anlagen zur Membranfiltration bestehen im wesentlichen aus den in Tabelle 21 aufgestellten Komponenten:

- Vorfilter (als Schutz der Feed-Pumpe und der Membranen)
- Feed-Pumpe (falls Vordruck nicht ausreicht)
- Tragkonstruktion für Module
- Module
- Zu- und Ableitungen
- Filtratsammelbehälter (Spülwasserbehälter)
- Rezirkulationspumpe (bei Cross-Flow-Betrieb)
- Messwertaufnehmer für Durchfluss, Druck, Temperatur
- Energieversorgung
- Steuerungs- und Regelungseinrichtungen
- Spülpumpe
- Vorlagebehälter und Dosiereinrichtung für Desinfektions- und Reinigungschemikalien
- Luftkompressor (bei luftgespülten Membranen)
- Vorrichtung zur Prüfung der Membran- bzw. Modulintegrität

Tabelle 21: Anlagenkomponenten für Membranfiltration

- **Betriebsarten**

Bei Betrieb von Membranfiltrationsanlagen wird zwischen Dead-End-Modus und Cross-Flow-Modus unterschieden (siehe dazu auch Kapitel 4.4.: Begriffe der Membranfiltration).

Bei der Aufbereitung zu Trinkwasser wird bevorzugt der Dead-End-Modus verwendet. Bei stark trübstoffhaltigen Rohwässern wird der Cross-Flow-Modus erforderlich.

Die wichtigsten Betriebsarten der Membranfiltration zeigt Abbildung 46:

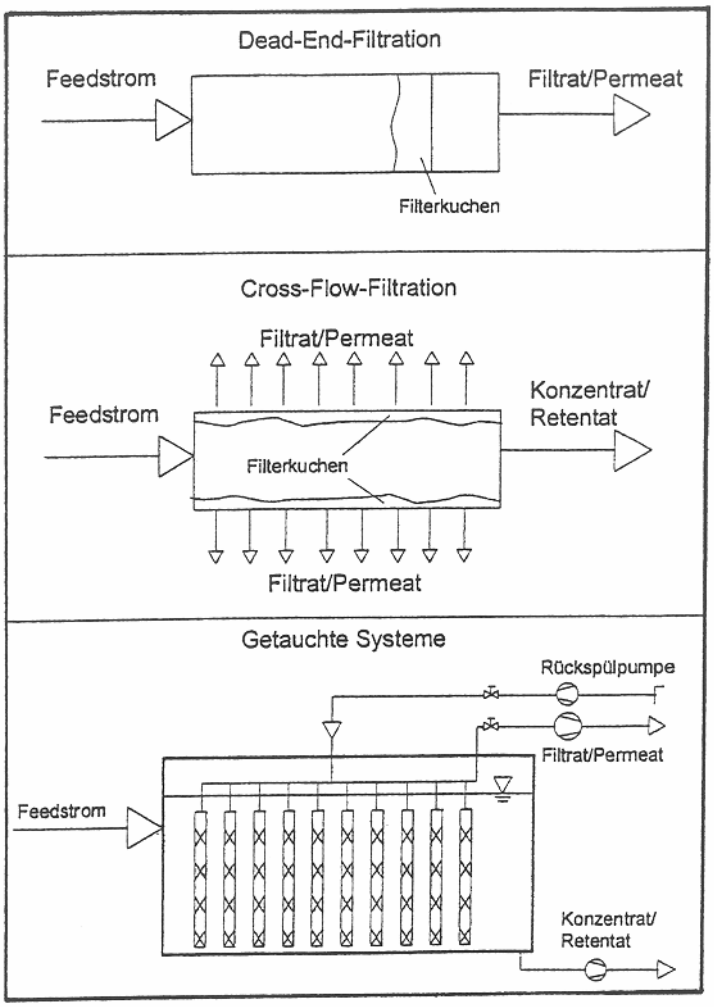


Abb. 46: Die wichtigsten Betriebsarten für die Membrantechnik

Bei geringen Feststoffgehalten im Feed können mit langen Filtrationsintervallen hohe Ausbeuten und damit eine hohe Leistungsfähigkeit der Anlage erreicht werden. Mit steigendem Feststoffgehalt nimmt die Verblockungsneigung zu, so dass die Anzahl der Spülungen erhöht werden muss. Damit steigen Energiebedarf und Filtratverlust bei der Spülung.

Flachmembranelemente werden stets von außen beaufschlagt, wobei die Stabilität der Membranen durch Stützplatten auf der Filtratseite sichergestellt ist. Dies gilt auch für die getauchten Plattenmembranen. Getauchte Kapillarrohrmembranen werden ebenfalls meist von außen beaufschlagt.

- **Wiederherstellung der Permeabilität**

Die während des Filtrationsbetriebes von den Membranen zurückgehaltenen Wasserinhaltsstoffe führen zu einer Belagbildung auf der Membranoberfläche. Dieser Belag erhöht den Widerstand beim Durchtritt des Wassers durch die Membranen. Eine Spülung wird zwingend dann erforderlich, wenn ein vom Membranhersteller festgelegter Grenzwert für den zulässigen Differenzdruck erreicht wird. Häufig erfolgt die Spülung nach betrieblichen Vorgaben, z. B. nach einem festgelegten Zeitintervall, weit vor Erreichen des maximal zulässigen Druckes (präventive Spülung). Die Spülung kann ohne oder mit Chemikalien erfolgen.

Die Spülung ohne Chemikalienzugabe erfolgt z. B. mit mehrfach höherem Wasserfluss als bei der Filtration entgegen der Filtrationsrichtung und / oder in Kombination mit einer feedseitigen Überströmung der Membranoberfläche mit einem Luftblasen / Wasser-Gemisch.

Zur Verminderung von Fouling und Biofouling wird in regelmäßigen zeitlichen Abständen bei der Spülung der Membranen eine Spül- und / oder Desinfektionschemikalie zugesetzt. Je nach Spülprozess muss die Chemikalie eine gewisse Zeit einwirken bevor die Lösung wieder aus dem System ausgespült wird.

Bei chlorhaltigen Spüllösungen kommt es zu einer Reaktion des Chlors mit den organischen Wasserinhaltsstoffen und den Belägen auf der Membranoberfläche. Dabei entstehen Trihalogenmethane (THM) und an Aktivkohle adsorbierbare organische Chlorverbindungen (AOX), die im schlammhaltigen Wasser sowie im Erstfiltrat nachweisbar sind. Bei der Entsorgung der schlammhaltigen Wässer ist dies zu beachten.

Die Intervalle zwischen zwei Spülungen sind vor allem vom Feststoffgehalt und der Beschaffenheit der Feststoffe des zu filtrierenden Wassers abhängig.

Wird ein vom Hersteller festgelegter oberer Grenzwert für den Transmembrandruck erreicht, muss eine besondere chemische Reinigung der Membranen vorgenommen werden.

Die chemische Reinigung von Membranen erfolgt unter Außerbetriebnahme des Anlagenblockes. Als Reinigungschemikalien kommen in Frage: bestimmte Säuren und Laugen, Chlorlösungen (Natriumhypochlorit, Chlorwasser, Chlordioxid), Wasserstoffperoxid, Tenside und Enzyme. Nach einer chemischen Reinigung sollte die Permeabilität im ursprünglichen Bereich annähernd wieder erreicht werden.

Die Intervalle zwischen zwei chemischen Reinigungen sind vom Feststoffgehalt, der Beschaffenheit der Feststoffe des zu filtrierenden Wassers sowie der Verblockung der Membranen abhängig.

- **Fouling und Biofouling**

Beim Betrieb von Membranfiltrationsanlagen ist das **Fouling** der Membranen durch die im Rohwasser enthaltenen Wasserinhaltsstoffe zu berücksichtigen.

Zur Abschätzung der Fouling-Eigenschaften eines aufzubereitenden Wassers ist es hilfreich, den Gehalt an gelösten organischen Wasserinhaltsstoffen gemessen über die Parameter DOC (gelöster organischer Kohlenstoff) und SAK (spektraler Absorptionskoeffizient bei 254 und 436 nm) zu bestimmen. Genauere Aussagen zum Fouling-Verhalten lassen sich durch Langzeitversuche ermitteln.

Kolloidale und partikuläre Wasserinhaltsstoffe können neben der Bildung von Deckschichten zur Verblockung von Membranporen führen, die durch regelmäßige Spülung von Membranen nicht beseitigt werden kann. Intensivere chemische Reinigungen werden dann erforderlich. Gegebenenfalls sollte für den Anwendungsfall eine andere Vorbehandlung des Rohwassers oder eine andere Membran gewählt werden.

Biofouling ist die Ausbildung eines Biofilms in Folge des Rückhalts von vermehrungsfähigen Mikroorganismen an der Membranoberfläche und in den Membranporen. Ferner wird durch den Rückhalt organischer Substanzen an der Membranoberfläche das Nährstoffangebot für Mikroorganismen erhöht und die Vermehrung gefördert.

Je nach Modultyp kann Biofouling durch Zugabe von Desinfektionsmitteln (Chlorlösung, Chlordioxid-Lösung oder Wasserstoffperoxid) zur regelmäßigen Spülung der Membranen vermindert werden.

10. Übersicht der Desinfektionsverfahren

10.1. Beurteilung der Desinfektionsverfahren

Desinfektionsmittel Verfahren	Zugabemenge Dosis	Nebenprodukte	Depotwirkung	Kontrolle des Verfahrenserfolges
Chlorgas	max. 1,2 g/m³	Trihalogenmethane max. 0,01 mg/l	gut	Chlorüberschuss-Messung
Natriumhypochlorit (Chlor-Elektrolyse)	max. 1,2 g/m³	Trihalogenmethane max. 0,01 mg/l Bromat max. 0,01 mg/l Chlorat	gut	Chlorüberschuss-Messung
Chlordioxid	max. 0,4 g/m³	Chlorit max. 0,2 mg/l Chlorat	sehr gut	Chlordioxid-Messung, Redox-Spannung
UV-Bestrahlung	400 J/m^2	keine	keine	Überwachung der Strahlendosis, Keimzahlbestimmung
Ozon	max. 10 mg/l	Trihalogenmethane max. 0,01 mg/l Bromat max. 0,01 mg/l	keine	Restozon-Messung < 0,05 mg/l O_3

Tabelle 22: Übersicht und Beurteilung der Desinfektionsverfahren für Trinkwasser (nach Trinkwasserverordnung 2001).

10.2. Kostenvergleich der Desinfektionsmittel

Desinfektions-mittel	Chem. Formel	Lieferform	Konz. an Chlor	Preis in EUR/kg*) Cl_2, ClO_2	Relativer Kosten-vergleich	Bemerkung
Chlorgas	Cl_2	Flaschen á 50/65 kg	100 %	1,25 – 1,50	1,0	incl. Transport, ohne Chlorflasche
Chlorgas	Cl_2	Fässer á 500/1000 kg	100 %	1,10 – 1,25	0,8	incl. Transport, ohne Chlorfass
Natriumhypo-chloritlösung	NaClO	PE-Ballons, 65 kg	150 – 160 g/l	4,30	2,9	incl. Leihbehälter und Transport
Natriumhypochlorit aus der Elektrolyse	NaClO	Rohrzellen-Elektrolyse	8 g/l	1,00	0,7	NaCl-Verbrauch und Stromkosten
Natriumhypochlorit aus der Elektrolyse	NaClO	Membran-Elekrolyse	25 g/l	0,67	0,4	NaCl-Verbrauch und Stromkosten
Calciumhypochlorit	$Ca(ClO)_2$	10 kg Eimer	65 – 70 %	8,60	5,7	incl. Behälter und Transport
Chlordioxid (Chlor-/Chorit-Verfahren)	ClO_2	Herstellung vor Ort	2 – 3 g/l	9,00	6,0	bei Verwendung **konzentrierter** $NaClO_2$ Lösung
Chlordioxid (Säure-/Chlorit-Verfahren) **konzentrierte Lösungen**	ClO_2	Herstellung vor Ort	2 – 3 g/l	13,00	8,7	bei Verwendung **konzentrierter** Lösungen
Chlordioxid (Säure-/Chlorit-Verfahren) **verdünnte Lösungen**	ClO_2	Herstellung vor Ort	2 – 3 g/l	50,00	33,3	bei Verwendung **verdünnter** Lösungen

*) absolute Preise basieren auf Vertrieb innerhalb Deutschland, Transport 50 km, Preise September 2002

Tabelle 23: Kostenvergleich der Desinfektionsmittel für Trinkwasser

11. Kontrolle der Wassergüte

11.1. Einsatz von Betriebsmessgeräten

Betriebsmessgeräte zur kontinuierlichen Messung ausgewählter Parameter werden eingesetzt zur Kontrolle, Steuerung und Regelung von Aufbereitungs- und Desinfektionsanlagen und zur Überwachung der Roh- und Trinkwasserbeschaffenheit.

Die wichtigsten Parameter sind: Temperatur, pH-Wert, Trübung, freies Chlor, Gesamtchlor, gebundenes Chlor, Chlordioxid, Redox-Spannung, Ozon und die UV-Adsorption sowie Ammonium TOC, Eisen und Mangan. Mit Ausnahme von TOC, Eisen und Mangan gibt es für alle anderen Parameter kontinuierlich messende Geräte. Diese Geräte werden immer mehr in Wasserwerksanlagen im Bereich der Rohwasserförderung, Aufbereitung einschließlich Desinfektionsüberwachung, Speicherung und in der Wasserverteilung eingesetzt.

Der Vorteil liegt in der ständigen Überwachung mit Registrierung von Änderungen, Schwankungen und Extremwerten, die bei Einzelmessungen unter Umständen nicht erfasst werden. Die Messwerte können angezeigt, übertragen, dokumentiert und weiterverarbeitet werden.

Die kontinuierlich gemessenen Werte werden weiterhin für die Steuerung und Regelung von Dosieranlagen eingesetzt.

Die fortlaufende Aufzeichnung der einzelnen Parameter kann als Nachweis gegenüber Überwachungsbehörden dienen.

Für die Parameter pH-Wert, Leitfähigkeit und Chlor oder Chlordioxid entfallen bei fortlaufender Aufzeichnung die nach Trinkwasserverordnung vorgeschriebenen täglichen Einzeluntersuchungen.

Die hier beschriebenen Verfahren stellen nur eine Auswahl der wichtigsten und derzeit hauptsächlich eingesetzten Messgeräte dar. Betriebsmessgeräte bestehen aus dem Messwertaufnehmer (Sensor), dem Messwertumformer sowie Anzeige- und Registriereinrichtungen.

Die Ausgangssignale des Messwertumformers können in Regel- und Steuereinrichtungen zur Prozessautomatisierung verwendet werden. Außerdem können sie in Rechnern weiter verarbeitet werden.

11.2. Einbau der Messeinrichtungen

Messwertaufnehmer gibt es für kontinuierliche Messungen in der Ausführung als Eintauch-, Einbau- oder Durchlaufapparatur.

Alle einzusetzenden Geräte müssen für Feuchtraumaufstellung geeignet (siehe Abbildung 47) und sollten leicht zu warten sein. Der Messwasserentnahmeort ist so auszuwählen, dass die Messgröße dort unverfälscht vorliegt (z.B. nach abgeschlossener Durchmischung). Wenn Probenahmeleitungen zum Messwertaufnehmer erforderlich sind, müssen diese so ausgeführt und betrieben werden (Rohrwerkstoff, Leitungslänge, Durchfluss usw.), dass sich der Messwert bis zum Aufnehmer nicht unzulässig verändert.

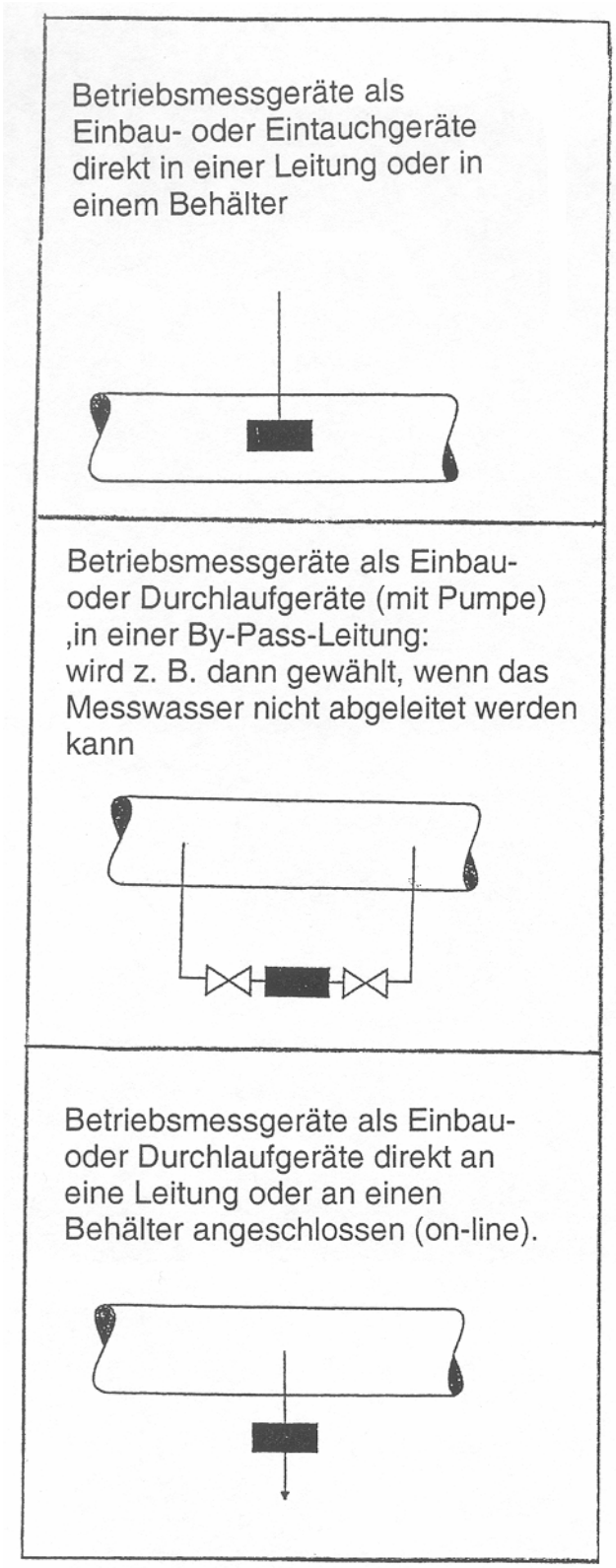


Abbildung 47: Einbaumöglichkeiten von Messwertaufnehmern

11.3. Temperatur

Die Temperatur eines Wassers ist ein wichtiges Wassergütemerkmal. Die Gleichmäßigkeit der Temperatur eines Grundwassers deutet z.B. auf eine gute Abschirmung zur Erdoberfläche hin. Oberflächenwässer können stark schwankende Temperaturen haben. Stärkere Temperaturabweichungen im Grundwasser deuten auf Beeinflussung hin. Ursachen können z.B. sein: eindringendes Niederschlag- oder Oberflächenwasser, Kühlwassereinleitungen, Wärmepumpenanlagen oder Leckagen an Fernwärmeleitungen.

Die Temperatur des Wassers bestimmt in gewisser Hinsicht seine Qualität, vor allem den Geschmack. Der Temperaturbereich von 8 bis 12°C wird beim Trinkwasser als angenehm und erfrischend empfunden; Wässer mit erhöhten Temperaturen (über 15°C) schmecken schal und fade; sehr kalte Wässer unter 5°C werden beim Trinken nicht als angenehm empfunden und können gesundheitsbeeinträchtigend wirken (Magen-Darm-Störungen).

Die Temperaturen eines Wassers vermitteln Hinweise auf dessen Herkunft. So sind z.B. bei sehr tiefen Grundwässern die Wassertemperaturen erhöht. In Deutschland wird allgemein Wasser aus einer Bohrung als „Therme“ bezeichnet, wenn die Wassertemperatur auf Dauer 20°C oder mehr beträgt.

Die Temperatur des Wassers beeinflusst auch die Aufbereitungs- und Desinfektionsprozesse in ihrer Reaktionsgeschwindigkeit; ferner ist die Löslichkeit der Gase im Wasser temperaturabhängig.
Die Geschwindigkeit, mit der chemische und biologische Vorgänge ablaufen, ist somit auch von der Temperatur des Wassers abhängig. Dies wirkt sich besonders bei folgenden Wasseraufbereitungsstufen aus: Flockung, biologisch wirkender Filtern und Schnellentcarbonisierung.

Mit steigender Temperatur nimmt auf Grund der Ionenbeweglichkeit auch die Desinfektionswirkung von Chlor zu. Für die Messung der Temperatur werden bevorzugt Widerstandsthermometer eingesetzt.

Je nach Anwendungsfall werden verschiedene Bauformen mit unterschiedlichen Schutzrohren und Temperaturmessbereichen verwendet. Die Widerstandsthermometer können direkt in die Rohrleitung oder in vorhandenen Durchflussarmaturen eingebaut werden. Störmöglichkeiten sind nicht zu erwarten, die Wartung kann einmal pro Jahr mit geeichten Thermometern erfolgen.

11.4. pH-Wert

Infolge chemischer, physikalischer und biologischer Vorgänge kann sich der pH-Wert eines Wassers rasch verändern. Die Messung des pH-Wertes gibt somit Hinweise auf Veränderungen der Wasserbeschaffenheit; ist wichtig für die Kontrolle der Aufbereitungs- und Desinfektionsverfahren, macht Angaben über das Korrosionsverhalten eines Wassers und ist Grundlage für die Beurteilung des Wassers nach der Trinkwasserverordnung. Hiernach soll ein Trinkwasser einen pH-Wert von pH 6,5...9,5 haben.

Veränderungen des pH-Wertes eines Grund- oder Oberflächenwassers können natürlich bedingt sein oder auf Verunreinigungen und anthropogene Einflüsse hinweisen, die bei der Aufbereitung des Wassers zu beachten sind.

Der pH-Wert eine Wassers beeinflusst auch seine organoleptische Eigenschaften; ein Wasser mit einem pH-Wert von ca. 8 schmeckt fad, bei höherem pH-Wert macht sich ein seifiger Geschmack bemerkbar. Man empfindet den Geschmack eines Wassers als frisch, wenn der pH-Wert unterhalb 7,5 liegt, das Wasser gleichzeitig kühl ist und eine hinreichende Menge $C0_2$ besitzt (ca. 10 mg/l und mehr).

Niedrige pH-Werte verursachen aber nicht unbedingt einen säuerlichen Geschmack.
Für die meisten chemischen Gleichgewichte der Wasserinhaltsstoffe hat der pH-Wert eine außerordentliche Bedeutung. Die Vielzahl der Säure-Base-Gleichgewichte, der heterogenen Reaktionen und Redoxreaktionen mit Protonenübergang wird maßgeblich vom pH-Wert beeinflusst.

Auf die Löslichkeit von Hydroxiden, Carbonaten, Silicaten u.a. hat der pH-Wert einen Einfluss.
Mit steigendem pH-Wert nimmt die Wirkung des Chlors bei der Desinfektion ab. Die Keimtötungsgeschwindigkeit von Chlordioxid nimmt dagegen mit steigendem pH-Wert nicht ab.
In Rohrnetzen und Behältern bestimmt der pH-Wert das korrosive Verhalten der Wasser gegenüber den eingesetzten Werk- und Baustoffen.

Die Bestimmung des pH-Wertes erfolgt elektrometrisch mit einer Glaselektrode (Einstabmesskette). Der Einbau der Elektrode erfolgt in ein Durchlaufgefäß wobei auf konstanter, nicht zu hoher Anströmgeschwindigkeit der Elektrode durch das Messwasser zu achten ist. Bei größeren Temperaturschwankungen (> 5°C) ist eine Temperaturkompensation erforderlich.

Die pH-Wert-Skala ist durch Standard-Pufferlösungen nach **DIN 19266** oder **DIN 19267** festgelegt. Der Messverstärker muss nach **DIN 19265** gefertigt und die Glaselektrode (Einstabmesskette) nach **DIN 19261** hochohmig sein.
Die maximale Abweichung des pH-Wertes vom tatsächlichen Wert darf ± 0,1 betragen. Eine gute Langzeitkonstanz des Nullpunktes (pH 7,00) der Elektrode sollte vorliegen. Bei Wässern mit einer elektrischen Leitfähigkeit <50 µS/cm können keine Gelelektroden eingesetzt werden. In diesem Fall sind Einstabmessketten mit Schliffdiaphragma und eigenem Zulaufgefäß für die KCl-Elektrolytlösung vorzusehen.

Die Elektroden dürfen keine Beläge (Eisen, Mangan, Kalk) haben. Vor der Kalibrierung sind die Elektroden mechanisch oder chemisch zu reinigen. Die Kalibrierung darf erst dann erfolgen, wenn sich die Temperatur der Elektrode derjenigen der Pufferlösung angepasst hat.

Die Kalibrierung erfolgt mit zwei Pufferlösungen nach **DIN 19266** oder **DIN 19267**. Die häufigste Fehlerursache bei der elektrochemischen pH-Wert-Messung liegt in verunreinigten Pufferlösungen.

Im Laufe der Zeit nimmt infolge einer Alterung der Glasmembran der Widerstand zu. Membranwiderstand zu; die Steilheit der Elektrode sinkt ab. Falls die Erscheinung am Messverstärker nicht mehr kompensiert werden kann, muss die Elektrode ausgewechselt werden.

Die Verwendung des gemessenen pH-Wertes zur Steuerung und Regelung ist prinzipiell möglich. Sie wird vor allem bei gut gepufferten Wässern und Wässern mit weitgehend konstanter Zusammensetzung angewendet.

11.5. Trübung

Die Messung der Trübung nach **DIN EN ISO 7027** wird schon seit langem als einfache und schnelle Methode zur Beurteilung von Wässern hinsichtlich ihres Gehaltes an ungelösten Stoffen durchgeführt.

In der Trinkwasserverordnung ist ein Grenzwert von 1,0 NTU (Nephelometric Turbidily Units) angegeben. Der Zahlenwert entspricht der früheren Trübungseinheit FNU (Formazine Nephelometric Units). Der Grenzwert von 1 NTU in der deutschen Trinkwasserverordnung gilt am Ausgang des Wasserwerkes.

Der Unternehmer oder sonstige Inhaber einer Wasserversorgungsanlage hat einen plötzlichen oder kontinuierlichen Anstieg unverzüglich der zuständigen Behörde (Gesundheitsamt) zu melden.

Die WHO-Guidelines geben für die „ästhetische Qualität“ des Trinkwasser einen Wert von 5 NTU an und bemerken, dass ein Wert von < 1 NTU für die Effektivität der Desinfektion zu bevorzugen ist, weil höhere Werte bzw. Trübstoffmengen die Mikroorganismen vor einer durchgreifenden Desinfektion schützen oder auch das Bakterienwachstum positiv beeinflussen können.

Bei Einsatz aller für die Desinfektion (siehe Tabelle 7) von Oberflächenwasser oder von Oberflächenwasser beeinflusstes Wasser darf ein Trübungswert von 0,2 NTU nicht überschritten werden.

Die kontinuierliche Trübungsmessung mit Betriebsmessgeräten wird zur Überwachung von Rohwässern und zur Kontrolle von Aufbereitungsanlagen, deren wesentliche Aufgabe die Entfernung von Partikeln ist, eingesetzt.

Es empfiehlt sich, die Trübung des Wassers vor und nach solchen Aufbereitungsverfahren zu messen.

Abbildung 48 Komplette Messanordnung für die Trübungsmessung in Trinkwasser, mit optischer Einheit (links), Verrohrung und elektronischer Auswertung (rechts)

Wie weitgehend die Trübstoffentfernung aus einem Wasser erfolgen soll bzw. muss war lange Zeit weniger eine Frage der jeweiligen Aufbereitungstechnik als eine Frage der Aufbereitungsphilosophie. Heute ist man sich darüber einig, dass in modernen Aufbereitungsanlagen z.B. für Oberflächenwässer die vollständige Elimination aller suspendierten Stoffe erfolgen muss, um auch Keime und Mikroorganismen mit hoher Sicherheit abzutrennen. Dadurch wird eine wichtige Grundvoraussetzung für die Abgabe von Trinkwasser mit stets einwandfreier hygienischer Beschaffenheit erfüllt.
Solche Anlagen kommen mit einem Minimum an Desinfektionsmittel aus, und selbst nach mehreren Tagen Aufenthaltszeit des Trinkwassers im Verteilungsnetz treten keine Aufkeimungen mehr auf.

Grundsätzlich werden nämlich nur einzelne frei im Wasser suspendierte Bakterien z.B. durch Chlor oder Chlordioxid sowie auch durch UV-Bestrahlung schnell und ohne Probleme abgetötet. Für Bakterien, die in Trübstoffpartikel eingelagert sind, gilt dies jedoch nicht. Hier besteht die Gefahr, dass die Desinfektionsmittel bzw. die UV-Strahlung nicht in das Innere der Partikel gelangen und die so geschützten Bakterien nicht abgetötet werden.

Gleiches gilt für Bakterien, die mit einer für das Desinfektionsmittel weitgehend undurchlässigen Schleimschicht umgeben sind, sowie für die Zysten und Oozysten von Giardien und Cryptosporidien. Deshalb lässt sich das mit einer unzureichenden Trübstoffentfernung bei der Aufbereitung eingegangene Risiko nur sehr bedingt durch höhere Dosen an Desinfektionsmitteln wieder ausgleichen. Selbst hohe Desinfektionsmittel-Konzentrationen im Trinkwasser bieten dann keine ausreichende Sicherheit.

Für Oberflächenwasser aber natürlich auch für bakteriologisch nicht einwandfreien Grund- und Quellwässer ist der Grenzwert von 1,0 NTU, insbesondere nach starken Niederschlägen und bei Hochwasserereignissen, entschieden zu hoch. Hier sollte die Trübung wie bereits erwähnt unter 0,2 NTU, möglichst sogar unter 0,1 NTU liegen.
Die Trübung eines Wassers wird durch die ungelöste Stoffe, wie anorganische oder organische Partikel, durch Kolloide aber auch durch Gasbläschen hervorgerufen. Trifft Licht auf solche Teilchen, so wird ein Teil des Lichtes gestreut, wobei man unter Streuung ganz allgemein die Ablenkung des Lichtstrahls aus seiner Richtung versteht. Das Ausmaß der Streuung wird vor allem bestimmt durch die Anzahl und die Eigenschaften (z.B. Größe, Form und Farbe) der Partikel. Die Messung der Trübung basiert auf der messtechnischen Erfassung dieser Streustrahlung.

Der hier erhaltene Messwert ist abhängig von der Wellenlänge des verwendeten Lichtes und der Geometrie der Messeinrichtung (Messwinkel).

Um eine internationale Vergleichbarkeit der Trübungswerte zu gewährleisten, wurden diese beiden Bedingungen in der **DIN EN 27027** (hier wird noch die Einheit FNU verwendet) und der gleichlautende **ISO 7027** festgelegt. Danach wird Licht einer definierten Wellenlänge (860 nm) verwendet und bei einem Messwinkel von 90° gemessen.

Für die Messung klarer Wässer (geringe Trübung) führt der Einsatz von Licht der Wellenlänge 550 nm und einer Bandbreite von 30 nm zu einer größeren Intensität der Streustrahlung und zu einer stabileren Anzeige. Das Messgerät muss nach **DIN EN 27027** kalibrierfähig sein.

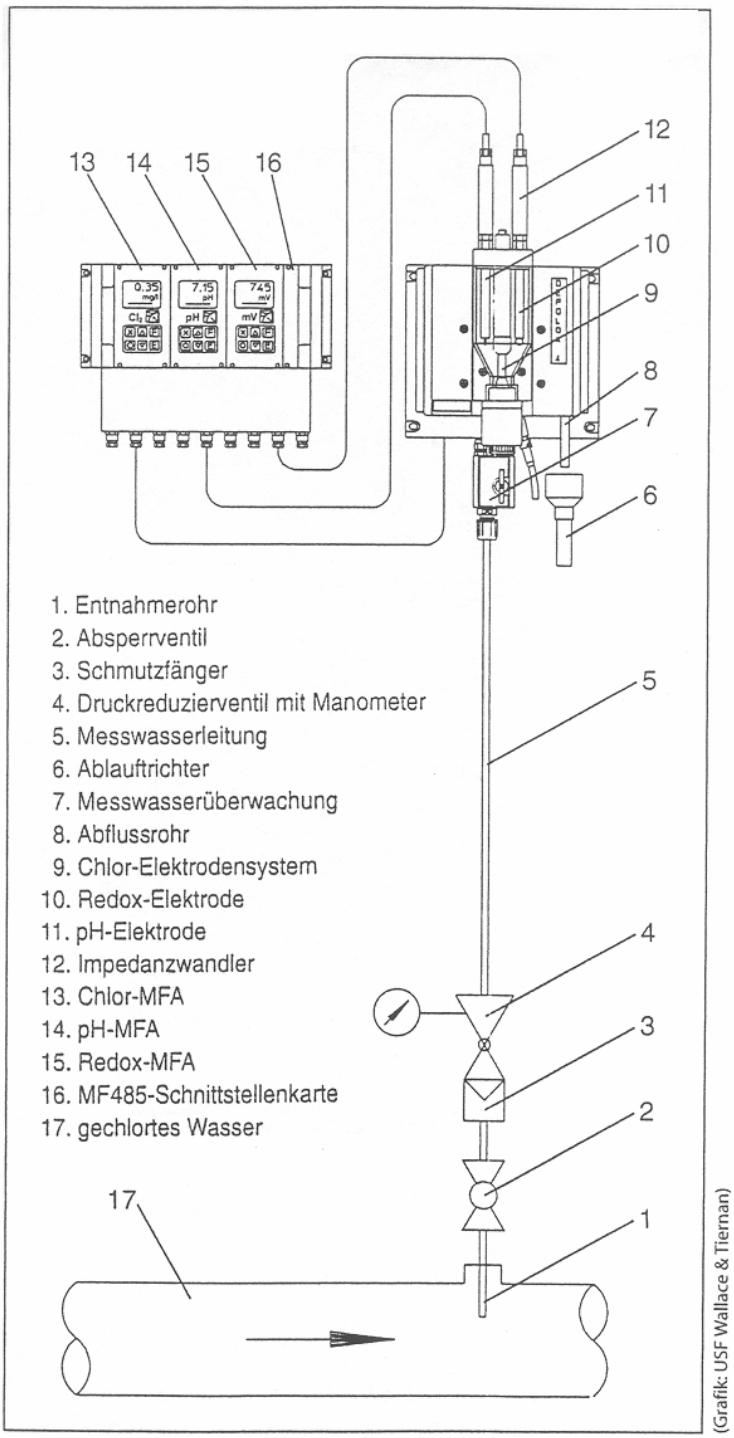


Abb. 49 Typische Installation einer kompletten Mess- und Regelanlage für Chlor, pH-Wert und Redox-Spannung. Mit der Chlor-Messzelle kann ebenfalls Chlordioxid oder Ozon gemessen werden.

11.6. Freies Chlor, gebundenes Chlor, Gesamtchlor

Die Chlorung des Wassers gehört zu den am meisten angewendeten Desinfektionsverfahren.
Im Wasser gelöstes Chlor reagiert unter Bildung von hypochloriger Säure (HClO), Hypochlorition (ClO^-) und Salzsäure (HCl). Die Massenkonzentration der sich bildenden Einzelverbindungen sind insbesondere vom pH-Wert des Wassers abhängig.

Im Bereich zwischen dem pH-Wert 6 und dem pH-Wert 8 sind praktisch nur hypochlorige Säure und Hypochlorition vorhanden. Da die Keimabtötung überwiegend der hypochlorigen Säure zugeschrieben wird, spielt der pH-Wert des Wassers bei der Desinfektion eine wichtige Rolle.

Physikalisch gelöstes Chlor (Cl_2), hypochlorige Säure und Hypochlorition werden summarisch als freies Chlor bezeichnet. Bei Anwesenheit von Ammonium oder organisch gebundenem Stickstoff im Wasser können sich weitere Chlorverbindungen (Monochloramin, Dichloramin, Trichloramin) bilden, in denen das Chlor noch oxidierenden und desinfizierenden Eigenschaften besitzt. Diese Verbindungen werden unter dem Begriff „gebundenes Chlor“ zusammengefasst.

Abbildung 50: Messanlage für freies Chlor, pH-Wert und Redox-Spannung. Die Messung des freien Chlors erfolgt im unteren Teil des Plexiglaskörpers, für die Messung von pH-Wert und Redox-Spannung sind Einstabmessketten eingesetzt, auf denen Impedanzwandler zur störungsfreien Mess-Signal-Übertragung angebracht sind.

Für die Trinkwasserdesinfektion wird in einigen Ländern das sogenannte „Chloramin-Verfahren“ eingesetzt. Hier wird aus Ammoniak- und Chlorgas das Chloramin erzeugt, das dann als Desinfektionsmittel wirkt. In der deutschen Trinkwasserverordnung ist dieses Verfahren nicht mehr aufgeführt.
Die Summe aus freiem Chlor und gebundenem Chlor ist dann das Gesamtchlor. Die übliche Chlorbestimmung im Wasser bezieht sich auf die Ermittlung des freien Chlors, da nach der Trinkwasserverordnung in gechlortem Wasser eine Mindest- oder Höchstmenge an freiem Chlor vorliegen muss bzw. darf. Neben dem freien Chlor ist oft auch die Kenntnis des Gehalts am gebundenen Chlor wichtig. Da es keine direkte Methode für gebundenes Chlor gibt, ist hierzu neben der Messung des freien Chlors eine getrennte Bestimmung des Gesamtchlors notwendig. Die Differenz der Konzentration an Gesamtchlor und freien Chlor ist der Gehalt an gebundenen Chlor.

Liegt in einem desinfizierenden Trinkwasser das Chlor nur als Chloramin vor, entspricht das gemessene Gesamtchlor dem Gehalt an gebundenem Chlor. In der deutschen Trinkwasserverordnung sind als Aufbereitungsstoffe für die Desinfektion Chlor, Natriumhypochlorit, Calciumhypochlorit, Chlordioxid und Ozon zugelassen, wo Ozon nicht für die Erzeugung einer Desinfektionskapazität im Verteilernetz anwendbar ist.
Die zulässige Zugabemenge an Chlor darf 1,2 mg/l freies Chlor betragen, sie kann bis auf 6 mg/l freies Chlor erhöht werden, wenn die mikrobiologischen Anforderungen auf anderem Wege nicht eingehalten werden können oder wenn die Desinfektion zeitweise durch Ammonium beeinträchtigt wird.

Der Gehalt an freiem Chlor im aufbereiteten Wasser beträgt max. 0,3 mg/l und darf bei Zugabe über 1,2 mg/l höchstens 0,6 mg/l betragen.
Nach der Trinkwasserverordnung muss nach Abschluss der Aufbereitung ein Restgehalt von mindestens 0,1 mg freiem Chlor je Liter Trinkwasser nachweisbar sein.

Der Begriff „nach Abschluss der Aufbereitung“ ist nirgendwo offiziell definiert. In der Praxis geht man davon aus, das nach 15 bis 30 Minuten nach Zugabe des Desinfektionsmittels der Abschluss der Aufbereitung erreicht ist.

Ein Grenzwert für gebundenes Chlor bzw. Gesamtchlor ist in der Trinkwasserverordnung nicht aufgeführt, da in Deutschland das früher übliche „Chloramin-Verfahren“ in der Trinkwasserverordnung nicht mehr aufgeführt ist. Trotzdem ist die Messung des gebundenen Chlor bei Oberflächenwässern, die meist in der kalten Jahreszeit Ammoniumeinbrüche im Rohwasser haben, von Bedeutung. Die zulässigen Fehler der Messwerte sind mit ± 0,05 mg/l für freies Chlor angegeben.

Nach der deutschen Trinkwasserverordnung entfällt die tägliche Einzeluntersuchung auf Chlor bei fortlaufender Aufzeichnung. Eine spezielle Untersuchungsmethode oder Messverfahren sind für die Einzeluntersuchung und für die kontinuierliche Messung des Chlors in der Trinkwasserverordnung nicht vorgeschrieben.

Für die Einzeluntersuchung sowie zum Kalibrieren der kontinuierlich arbeitenden Messgeräte wird heute die DPD-Methode als colorimetrisches, fotometrisches- oder maßanalytisches Verfahren durchgeführt. Die Bestimmung des Chlors nach der DPD-Methode ist in **DIN EN ISO 7339-2**, näher beschrieben. Für die kontinuierliche Messung des freien Chlors werden meist Messzellen eingesetzt, die weitere Messelektroden wie z. B. pH-Wert und Redox-Einstabmessketten sowie Leitfähigkeitssensoren in einer gemeinsamen Durchflussarmatur aufnehmen können.

Durch diese Modulbauweise lassen sich Meßsysteme entsprechend den Prozessanforderungen kombinieren. Die am häufigsten verwendete Kombination bei der Trinkwasserdesinfektion besteht aus der Messung von freiem Chlor, Redox-Spannung und pH-Wert.

Eine weitere Kombination freies Chlor, Redox-Spannung/ freies Chlor ist sinnvoll, wobei die erste Chlor-Messung die Desinfektionsstufe regelt und die zweite Chlormessung und die Redox-Messung zur Überwachung der Desinfektion am Ausgang des Wasserwerkes dient.

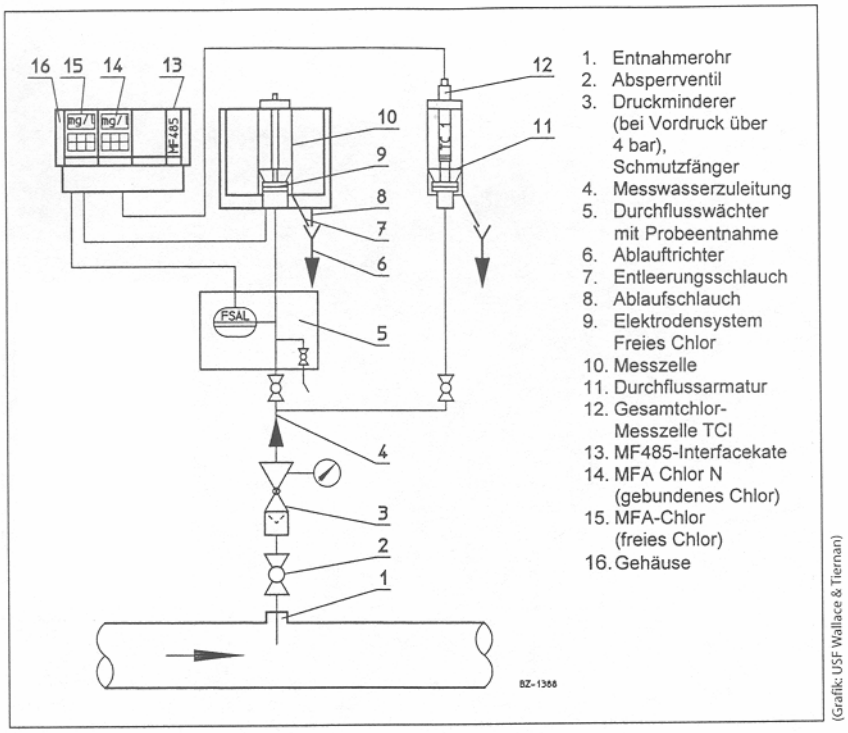


Abb. 51 Messsystem für freies Chlor und Gesamtchlor in Trinkwasser. Beiden Messgeräten wird das gleiche Messwasser zugeführt. Durch elektronische Differenzbildung der beiden Ausgangssignale (Gesamt-chlor minus freies Chlor) wird am Modul (MFA Chlor N) gebundenes Chlor direkt angezeigt.

Das gebundene Chlor wird nicht direkt, sondern über die Gesamtchlormessung bestimmt.
Der Sensor für die Gesamtchlormessung besteht aus einem membranbedeckten potentiostatischen 3-Elektodensystem mit einer Arbeitselektrode aus Gold, der Gegenelektrode aus Edelstahl und der Referenzelektrode.

Will man das gebundene Chlor (Chlormine) direkt anzeigen und registrieren, so kombiniert man die Gesamtchlormessung mit einem Messgerät für freies Chlor. Beiden Messgeräten wird das gleiche Messwasser zugeführt. Aus den Ausgangssignalen der beiden Messgeräte wird im Modul für Gesamtchlor die Differenz gebildet. Die Differenz zwischen Gesamtchlor und freien Chlor ergibt den Wert für gebundenes Chlor, der direkt angezeigt wird.

11.7. Chlordioxid

Setzt man Chlordioxid zur Desinfektion ein, so muss nach Abschluss der Aufbereitung (Trinkwasserverordnung) ein Restgehalt von mindestens 0,05 mg Chlordioxid je Liter Trinkwasser nachweisbar sein. In **DIN 38408**, **Teil 5**, ist die Bestimmung des Chlordioxides näher beschrieben. Für das Reaktionsprodukt Chlorit, das beim Einsatz von Chlordioxid entsteht, kann die Bestimmung nach **DIN EN ISO 10304-4** „Bestimmung von gelösten Anionen mittels Ionenchromatographie“ Teil 4: Bestimmung von Chlorat, Chlorid und Chlorit in gering belastetem Wasser, vorgenommen werden.

Für Chlordioxid beträgt die zulässige Zugabe 0,4 mg/l, der Grenzwert nach der Aufbereitung liegt bei 0,20 mg/l $Cl0_2$. Der Grenzwert für zurückgebildetes Chlorit im Trinkwasser beträgt 0,20 mg/l.

Heute wird Chlordioxid fast ausschließlich für die Desinfektion auf der Reinwasserseite und als Transportdesinfektion im Rohrnetz eingesetzt, vor allem bei Fernwasserversorgung. Die Dosiermengen betragen in den meisten deutschen Trinkwasserwerken zwischen 0,10...0,20 mg/l Chlordioxid, so dass der Grenzwert an Chlorit von maximal 0,20 mg/l nie erreicht werden kann.

Während früher häufig Chlordioxid in Kombination mit Chlor für die Wasserdesinfektion eingesetzt wurde, wird heute fast überall nur Chlordioxid allein angewendet. Das bedeutet, dass sich auch die Messung vereinfacht hat, weil kein Chlor neben Chlordioxid im Messwasser vorliegt.

Soll Chlordioxid neben Chlor im Trinkwasser gemessen werden so steht dafür seit kurzem eine membranbedeckte auf Chlordioxid sensitive Elektrode zur Verfügung.

Abbildung 52: Messelektrode und Messverstärker für die selektive Messung von Chlordioxid, Gesamtchlor oder Ozon

11.8. Redox-Spannung

Die Redox-Spannung wird durch im Wasser gelöste oxidierende und reduzierende Stoffe verursacht, sofern diese an der Elektrodenoberfläche wirksam werden. Sie wird angegeben als Spannung zwischen einem internen Elektronenleiter und der Standardwasserstoffelektrode“. Dies ist die Begriffsbestimmung der Redox-Spannung, wie sie in **DIN 38404**, **Teil 6**, aufgeführt ist. Weiter heißt es in dieser Norm: „Die Redox-Spannung dient als Hinweis für Zustände und Vorgänge in einem Wasser, bei denen oxidierende und reduzierende Stoffe wirksam werden“.

Was bedeuten diese Aussagen in Bezug auf die Trinkwasserdesinfektion? Als reduzierende Stoffe können die in einem Trinkwasser vorhandenen Verunreinigungen und organischen Belastungsstoffe angesehen werden, während die Desinfektionsmittel wie Chlor, Chlordioxid oder Ozon als oxidierende Stoffe vorliegen.

Die Redox-Spannung, die z.B. in einem gechlorten Wasser vorliegt, ist also ein Maß für die oxidierende und zugleich desinfizierende Wirkung eines Wassers, bei gleichzeitiger Berücksichtigung der momentan vorliegenden Belastung des Wassers mit Verunreinigungen. Man kann dies auch als Desinfektionsvermögen eines Wassers bezeichnen. Die Höhe der Redox-Spannung hängt im Fall der Chlorung zwar in erster Linie von der Chlorkonzentration ab, genauso aber auch von der Art und Konzentration möglicher Reaktionspartner des Chlors.

Dies betrifft auch solche Substanzen, die sich nicht durch eine schnelle Bindung des freien Chlors bemerkbar machen.

Weiterhin hängt die Redox-Spannung vom pH-Wert und in geringem Maße von der Temperatur des Wassers ab. Die Redox-Spannung ist also eine umfassendere Messgröße als die Konzentration des Chlors, denn sie schließt außer der Desinfektionsmittelkonzentration weitere Einflussgrößen ein, die sich auf das Desinfektionsvermögen eines Wassers auswirken.

Der Zusammenhang zwischen Redox-Spannung und der Konzentration der Desinfektionsmittel ist nicht linear.
So können Wässer mit gleicher Chlorkonzentration unterschiedliche Redox-Spannung aufweisen und haben dann auch ein unterschiedliches Desinfektionsvermögen. Wenn Wässer verschiedener Chlorkonzentration die gleiche Redox-Spannung aufweisen, ist auch ihr Desinfektionsvermögen gleich. Seit vielen Jahren wird die Redox-Spannung für die Kontrolle der Trinkwasserdesinfektion genutzt.

In der Wasserwerkspraxis bietet sich die Redox-Spannung als Messgröße für das Desinfektionsvermögen besonders dort an, wo solche Wässer aufbereitet werden, bei denen zeitweise mit stärkerem Auftreten von algenbürtigen Stoffen oder von Ammonium gerechnet werden muss. In diesen Perioden verliert die Angabe der Desinfektionsmittelkonzentration an Aussagekraft, während die Messung der Redox-Spannung eine zutreffende Aussage über das noch bestehende Desinfektionsvermögen erlaubt.

Ein weiterer Gesichtspunkt ergibt sich aus der schwierigen Analytik von Chlor und Chlordioxid bei sehr niedrigen Konzentrationen. Um möglichst geringe Desinfektionsmittelgehalte anzusteuern, aber doch noch eine sichere Desinfektion zu gewährleisten, bietet sich die Redox-Spannung als geeignete Messgröße an, weil sie in sehr geringen Konzentrationsbereichen am stärksten auf Veränderungen der Desinfektionsmittelkonzentration anspricht.

Abbildung 53 zeigt die Redox-Spannung bei ansteigendem Gehalt an freiem Chlor. Diese Kurve zeigt aber auch, dass die Redox-Spannung nicht als Regelparameter benutzt werden kann und „Überchlorungen“ durch die Redox-Spannung nicht erkannt werden können.

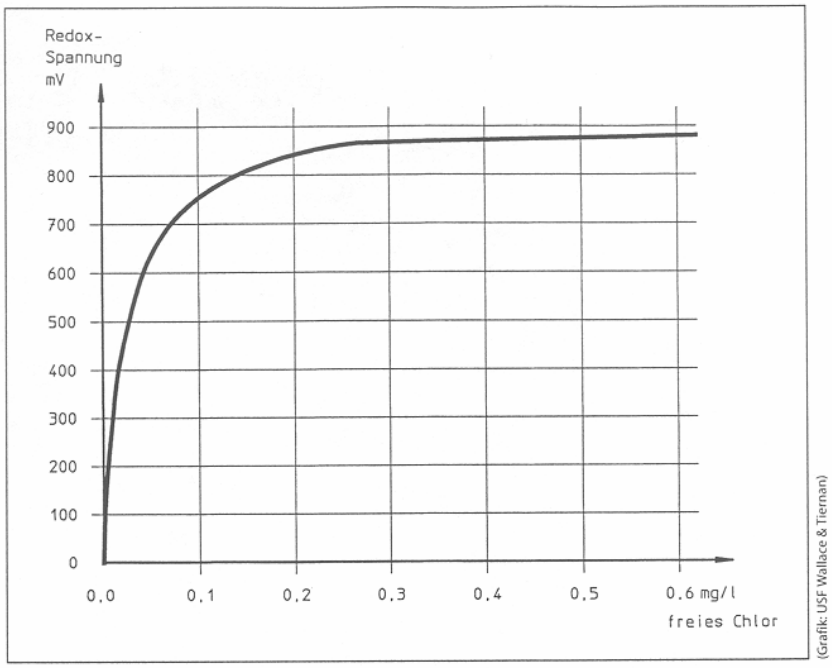


Abb. 53 Die Redox-Spannung in Abhängigkeit vom Gehalt an freiem Chlor in einem Trinkwasser

Grenzwerte oder Bereiche für die Redox-Spannung, die für eine sichere Desinfektion erforderlich sind, sind nirgendwo festgelegt worden.

Um in einem Wasserwerk herauszufinden, welche Redox-Spannung für eine zuverlässige Desinfektion notwendig ist, sind Versuchsreihen erforderlich. Hier sollte die mikrobiologische Untersuchung, der Gehalt an Desinfektionsmittel und der pH-Wert im Zusammenhang mit dem Wert der Redox-Spannung gesehen werden.

Obwohl in der **DIN 38404**, **Teil 6** (Bestimmung der Redox-Spannung) die Redox-Spannung als Spannung zwischen einem inerten Elektronenleiter und der Standardwasserstoffelektrode angegeben werden soll, wird aus praktischen Gründen die Messung mit einer Platin-Elektrode gegen eine Silber/Silberchlorid (Ag/AgCl)-Bezugselektrode durchgeführt.

Am Messmodul wird die tatsächlich gemessenen Spannung U_G (gegen Ag/AgCl) angezeigt.
Die Redox-Messanlage besteht aus der Redox-Einstabmesselektrode mit Ag/AgCl-Bezugssystem, dem Impendanzwandler, dem Messkabel und dem Einschubmessmodul. Als Durchflussarmatur wird bei Kombination mit der Chlormessung die gleiche Durchflussarmatur benutzt.

11.9. Ozon

Ozon wird zur Oxidation und Desinfektion bei der Aufbereitung von Wasser zu Trinkwasser eingesetzt und darf nach der Aufbereitung in einer Konzentration von maximal 0,05 mg/l vorliegen (Trinkwasserverordnung). Dieser Wert entspricht in etwa der chemischen Nachweisgrenze von Ozon mit der üblichen DPD-Methode (DPD = Diethyl-p-phenylendiamin) und bedeutet quasi ozonfrei. Die Bestimmung des Ozons nach der DPD-Methode wird in **DIN 38408**, **Teil 3** näher beschrieben. Soweit das restliche Ozon nach der jeweils angewandten Reaktions- bzw. Kontaktzeit nicht abgebaut ist, soll es aus gesundheitlichen- und korrosionstechnischen Gründen sowie zur Beseitigung des Ozongeruchs entfernt werden, z.B. durch nachfolgende Aktivkohlefiltration. Ozon darf also nach Abschluss der Aufbereitung in Trinkwasser nicht vorhanden sein.

Die Messung des Restgehaltes an Ozon im Wasser dient der kontinuierlichen Überwachung der Oxidation und kann zur Steuerung bzw. Regelung der Ozonzugabe genutzt werden.

Die Messung kann auch zum Nachweis des Grenzwertes nach Abschluss der Aufbereitung und zur Funktionskontrolle von Aktivkohlefilter (Entozonung) angewandt werden. Zur Bestimmung von Ozon im Wasser werden verschiedene kontinuierlich arbeitende Messgeräte eingesetzt. Diese können nach folgenden Messprinzipien arbeiten: photometrisch, amperometrisch (offene- oder membranbedeckte Elektroden) Messung der UV-Absorption.

Die amperometrische Messung mit membranbedeckten 2-Elektrodensystem sowie der Messung der UV-Absorption bestimmen die Ozonkonzentration selektiv, unabhängig vom eventuell vorhandenen anderen Oxidations- bzw. Desinfektionsmitteln wie z.B. Chlor.

Beim UV-Messverfahren wird das Ozon durch Belüftung aus dem Wasser entfernt und anschließend in der Gasphase mittels UV-Absorption bei 254 nm bestimmt.

Die übrigen Messverfahren für die Ozonmessung im Wasser erfassen alle Oxidationssubstanzen, je nach deren Oxidationspotential unterschiedlich stark. Eine genaue Konzentrationsangabe ist daher nur möglich, wenn kein anderes Oxidationsmittel gleichzeitig im Wasser vorhanden ist. Beim größten Teil aller im Wasserwerkbetrieb eingesetzten Ozonmessanlagen ist dies der Fall.

Wegen des raschen Ozonzerfalls müssen die Probenahmestellen so ausgewählt werden, dass die Messwasserleitungen sehr kurz sind. Außerdem darf das Material der Messwasserleitungen keinesfalls den Ozonzerfall beschleunigen. Das verwendete Material muss entsprechend ausgewählt oder vorbehandelt sein.

11.10. UV-Adsorption

In Wasser gelöste natürliche und anthropogene organische Stoffe adsorbieren ultraviolettes Licht. Zu ihrer summarischen Erfassung wird die kontinuierliche Messung der UV-Adsorption bei 254 nm nach **DIN 38404 Teil 3** (Bestimmung der Absorption im Bereich der UV-Strahlung) herangezogen. Damit werden einfache Bewertungen und Kontrollen von Wasserbeschaffenheit und Aufbereitungsverfahren (z. B. Oxidation, Adsorption) sicher und einfach möglich.

Der spektrale Adsorptionskoeffizient bei 254 nm ist zugleich ein Summenparameter für den Gehalt an gelösten organischen Stoffen. Es existieren Korrelationen zu anderen Summenparametern, wie z. B. TOC und CSB.

Aus dem SAK-Wert lassen sich die Transmission berechnen, ein wichtiger Parameter für die Auslegung von UV-Bestrahlungsanlagen.

Die kontinuierliche Messung der Schwächung der Strahlung bei 254 nm erfolgt mit Photometern, die mit einer UV-Lichtquelle, Messfenstern aus Quarz und UV-empfindlichen Sensoren ausgerüstet sind.

Die Angabe der Messwerte erfolgt in m^{-1}. Eine mögliche Beeinflussung durch Trübung kann durch Messung bei 436 nm erkannt werden. Der Einbau der Messgeräte erfolgt direkt in die Leitung oder in Durchflussarmaturen. Die SAK-Messwerte können zur Steuerung der Zugabe von Flockungsmitteln, Flockungshilfsmitteln und Pulver-Aktivkohle genutzt werden.

12. Abbildungsnachweise

Anlage 9

Bericht zu den Begehungen der Chloranlagen für die Trinkwasseraufbereitung in Koroljov und die Abwasserbehandlung in Serpuchov mit Anregungen zur Verbesserung der Anlagensicherheit

2002

Vorhaben:

„Modellhaftes technologisches Konzept für die Verbesserung der Sicherheit bei der Chlorlagerung am Beispiel eines Moskauer Großwasserwerkes in Verbindung mit Maßnahmen zur Verbesserung des anlagenbezogenen Gewässerschutzes“

UBS-FKZ 380 01 005

Euro Institute for Information and Technology Transfer in Environmental Protection GmbH

Bericht zu den Begehungen der Chloranlagen für die Trinkwasseraufbereitung in Koroljov und die Abwasserbehandlung in der Stadt Serpuchov (Region Moskauer Gebiet)

Zeitraum: 03.07.2001 – 05.07.2001

Besuchte Einrichtungen: Wasserbetrieb von Koroljov und Abwasserbetrieb von Serpuchov

Team: Herr Dr. M. König (UCB GmbH), Herr G. Csontos (EITEP GmbH), Frau I. Kissel (EITEP GmbH), Herr B. Ju. Jagud (Chlorbesopasnost AO), Herr Dr. Schatalow (Gosgortekhnadsor) Herr Abreimov (Chlorbesopasnost AO), Herr A.I. Martynov (Chlorbesopasnost AO), Herr Lein (IRB OOO), Herr A.I. Svinarev (Direktor Vodokanal von Koroljov), Herr A.F. Simankov (Vodokanalservis Serpuchov, Direktor), Herr Simonov (Vodokanalservis Serpuchov), (Frau Efimovskaja (Gosgortekhnadsor Moskauer Gebiet)

Ersteller: Dipl.-Ing. G. Csontos
Dipl.-Ing. I. Kissel
Dr. M. König

Inhaltsverzeichnis

1 Zielstellung 3
2 Ergebnisse der Begehung des Chlorfaßlagers für die Trinkwasseraufbereitung der Stadt Koroljov 4
2.1 Der Betrieb 4
2.2 Anlagenbeschreibung Chlorfaßlager 4
2.2.1 Chlorversorgung 4
2.2.2 Chlorlagerung 5
2.2.3 Chlordosierung 7
2.2.4 Luftabsaugung / Neutralisation 9
2.2.5 Sprinkleranlage 11
2.2.6 Verfahrenstechnik der Trinkwasseraufbereitung und Chlorung 12
2.3 Unfallszenarien mit Chlorfreisetzung 12
2.4 Betriebliches Sicherheitsmanagement und Maßnahmen zur Gefahrenabwehr in Koroljow 14
2.4.1 Sicherheitsmanagementsystem in Koroljow 14
2.4.2 Gefahrenabwehrplanung in Koroljow 14
2.5 Erste Massnahmeempfehlungen zur Anlagensicherheit für das Chlorfaßlager Koroljov ... 14
3 Ergebnisse der Begehung des Chlorfaßlagers für die Abwasserbehandlung in Serpuchov 15
3.1 Der Betrieb 15
3.2 Anlagenbeschreibung des Chlorfaßlagers zur Abwasserbehandlung Serpuchow 15
3.2.1 Allgemeines 15
3.2.2 Verfahrenstechnik der Abwasserreinigung 16
3.2.3 Chloranlieferung 18
3.2.4 Chlordosierung 18
3.3 Unfallszenarien mit Chlorfreisetzung in Serpuchov 19
3.4 Massnahmeempfehlungen für das Chlorfaßlager Serpuchov 19
4 Schlußfolgerungen 20
5 Anmerkungen zur Arbeitssicherheit 21

1 Zielstellung

Im Rahmen des Vorhabens „Modellhaftes Technologisches Konzept für die Verbesserung der Sicherheit bei der Chlorlagerung am Beispiel eines Moskauer Großwasserwerkes in Verbindung mit Maßnahmen zur Verbesserung des anlagenbezogenen Gewässerschutzes" sollen vergleichend zu den Untersuchungen bei Mosvodokanal MGP in Moskau selbst der Stand der Anlagensicherheit in Chlorfaßlagern bei regionalen russischen Versorgungsunternehmen besichtigt werden.

Es wurden die Ver- bzw. Entsorgungsunternehmen der mittleren russischen Städte Koroljov und Serpuchov besucht, die eine wesentlich geringere Versorgungsleistung als Mosvodokanal aufweisen. Der Zustand der dortigen Chlorungsanlagen wurde vergleichend betrachtet, um Anhaltspunkte für einen Vergleich des Zustandes derartiger Anlagen zwischen der Hauptstadt und den russischen Regionen zu erhalten.

In den beiden besichtigten Chlorlagern erfolgt die Chlorlagerung und Dosierung prinzipiell mit der gleichen Technik: Das Chlor wird in Fässern zu 960 kg angeliefert. Die Entnahme erfolgt direkt aus diesen Fässern direkt in die Dosiereinrichtung ohne Verdampferanlagen.

Die Besichtigung der beiden Chlorfasslager stellt daher zur Technik der Lagerung in Chlortanks mit Verdampfereinrichtungen eine sinnvolle Ergänzung dar.

Aus den Besichtigungen beider Chlorungsstationen werden Empfehlungen zur Senkung der Öko- und Humangefährdungen, zum vorsorgenden Umweltschutz und zur Möglichkeit der Einführung deutscher Technologien erarbeitet.

In zweiter Hinsicht können aus den Betrachtungen Empfehlungen für die Verringerung des privaten Verbrauchs, zur Verbesserung der Wasserqualität, zur Verringerung der Wasserbelastungen und zur Verbesserung des Rohrleitungsnetzes erarbeitet werden.

2 Ergebnisse der Begehung des Chlorfaßlagers für die Trinkwasseraufbereitung der Stadt Koroljov

2.1 Der Betrieb

Der Betrieb „Vodokanal" von Koroljov versorgt die 200.000 Einwohner der Stadt mit Trinkwasser und ist für die Sammlung und Reinigung des Abwassers zuständig. Etwa 95% des Trinkwassers wird aus einem Seitenkanal der Volga direkt entnommen und durch Chlorung desinfiziert bzw. von organischen Bestandteilen befreit. Der Rest wird über Tiefbrunnen gewonnen und in das Rohrleitungsnetz der Stadt direkt eingespeist.

Im Betrieb „Vodokanal Koroljov" sind z.Z. 550 Mitarbeiter beschäftigt; davon 86 in der Trinkwasseraufbereitung. Das Betriebsgelände umfaßt eine Fläche von 15 ha. Es ist von einer 2 m hohen Mauer umgeben und wird am Eingang und am Chlorlager selbst von Sicherheitskräften bewacht. Täglich werden die 200.000 Einwohner der Stadt mit ca. 100.000 m³ Trinkwasser versorgt. Das entspricht einem täglichen Verbrauch von ca. 500 l/ (Einw. x d). Der durchschnittliche Trinkwasserverbrauch pro Einwohner liegt damit über dem der Stadt Moskau (360 l/ Einwohner täglich). Der hohe Verbrauch wurde seitens der Werkleitung mit Verlusten im Rohrleitungsnetz, mit den niedrigen Gebühren für das Trinkwasser (1 Rubel/m³) sowie mit der niedrigen technischen Ausstattung in den Haushalten begründet.

Die Trinkwasserdesinfektionsanlagen wurden in ihrer heutigen Konfiguration im Jahre 1997 in Betrieb genommen.

2.2 Anlagenbeschreibung Chloranlage

2.2.1 Chlorversorgung

Die Anlieferung von Chlor erfolgt über eine außerhalb des Betriebsgeländes befindliche Bahnstation. Hauptlieferant ist das Unternehmen Kaustik AO aus

Volgograd. Das Flüssigchlor wird über die Schiene in Fässern von je 960 kg Chlormasse angeliefert und an der Bahnstation in einen Lastkraftwagen umgeladen. Die Chlorbehälter haben jeweils ein Bruttovolumen von ca. 0,4 - 0,5m³. Bei einer Flüssigchlordichte von 3,213 to/m³ hat ein Faß mit 960 kg Chlormasse ein Nettovolumen von 0,29 m³.
Unweit der Umfüllstation befinden sich öffentliche Gebäude (Garagen, ehemalige Kasernen, Strassen und die Eisenbahnlinie). Jeder LKW wird mit sechs Fässern Flüssigchlor beladen. Während der Fassumladung steht ein mobiles Wassersprühgerät in Bereitschaft, das an einen Hydranten angeschlossen ist. Die Fahrstrecke von der Umfüllstation zum Chlorfaßlager beträgt etwa 1000 m. das Lager selbst wird durch einen Posten rund um die Uhr bewacht.
Das Lagergebäude hat die folgenden Abmessungen: ca. 10 m Breite, 20 m Länge und ca. 8 m Höhe, das Raumvolumen beträgt ca. 1.600 m³.
Der LKW fährt direkt in das Gebäude des Chlorfaßlagers hinein. Das Hallentor wird verschlossen und es beginnt die Verladung der Fässer vom LKW mittels einer Laufkatze / Kran in das Lager.

Im Lager werden bis zu 42 t Chlor (44 - 45 Fässer) gelagert, was dem Bedarf an Chlor für 8 Wochen entspricht. Der Chlorverbrauch beträgt 30 kg/h. Bei diesem Chlorverbrauch wird ein Faß innerhalb von t = 960 kg / 30 (kg / h) = 32 h entleert. Die häufigen Wechselvorgänge stellen an sich ein erhöhtes Sicherheitsrisiko für das Personal dar.

2.2.2 Chlorlagerung

Die im Chlorlager vorgehaltenen Fässer werden stehend gelagert. Die Fässer sind mit einem Deckel verschlossen. Der Deckel wird auf einen zylindrischen Kragen aufgesetzt. Dieser Kragen ist so hoch, daß sämtliche Armaturen und Anschlüsse nicht über den Rand des Kragens hinausreichen. Eine Sicherung der Chlorfässer gegen Umfallen existiert nicht. Beim Umfallen der stehend gelagerten und nicht an die Entnahmeleitungen angeschlossenen Fässer besteht durch den Schutzkragen und Deckel eine Sicherheit gegen das Abreißen der Stutzen. Die zur Chlorung an die Entnahmeleitung angeschlossenen Chlorfässer werden per Kran in liegende Position gebracht. Die Fässer liegen auf Holzbohlen und sind dadurch gegen ein Wegrollen gesichert.

Es sind 4 Fässer an die Flüssigchlorleitungen angeschlossen. Der Füllstand in den angeschlossenen Fässern wird ausschließlich gravimetrisch erfaßt. Da die Chlorfässer Gewichtsschwankungen unterliegen, kann die exakte, in den Fässern enthaltene Chlormenge nicht genau bestimmt werden. Vom Bruttogewicht der Chlorfässer wird ein gemitteltes Tara für das leere Fass subtrahiert. (Eine bessere Quantitätskontrolle erlaubt die zusätzliche Druckmessung).

Der Chlorlieferant, die Fa. Kaustik AO aus Volograd, nimmt die Chlorfässer nur mit einer Restmenge $m_{Cl2} < 20$ kg zurück. Bedingt durch die Systemdrücke können die Fässer nur auf $m_{Cl2} = 40$ kg entleert werden. Um die Fässer noch weiter entleeren zu können, steht ein fünftes Chlorfass

bereit, welches mit einer Vakuumpumpe vakuumisiert wird. Bei Außerbetriebnahme eines Chlorfasses wird dieses an den Vakuumbehälter angeschlossen, so daß das überschüssige Chlor in das Vakuum überführt wird. Da jedes Fass nach ca. 36 h ausgewechselt werden muß, sind im Laufe eines Jahres ca. 243 Fässer von je 20 kg Chlor zu entleeren, was einer Jahresmenge von 4860 kg Chlor entspricht.

Die Verdampfung des Chlors erfolgt über den eigenen Dampfdruck direkt aus den 4 Fässern, deren Druck bei Umgebungstemperatur ca. 4 - 8 bar beträgt. Die Halle des Chlorlagers wird im Winter beheizt. Die Mindesttemperatur in der Lagerhalle beträgt T ≥ + 5°C. Der Taupunkt von Chlor liegt bei 8 bar bei + 35°C. Bei der Dosierung wird das Chlor auf ca. 2,0 – 2,5 bar gedrosselt. Der Taupunkt liegt hier bei – 5°C (s. nachfolgende Abbildung aus dem DVGW-Arbeitsblatt W 624).

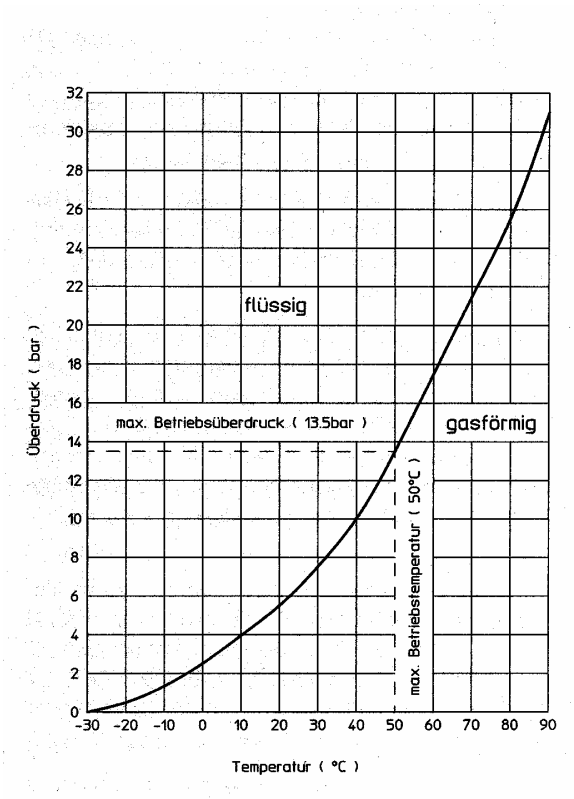


Bild 2: Dampfdruckkurve von Chlor

In die oberen Deckel der Chlorfässer sind jeweils zwei Eckventile eingeschraubt. Die aus den Fässern führenden Druckleitungen (d=15 mm) führen zunächst in waagrechter Richtung, in ca. 80 cm Höhe ca. 1,5 m weit in den Betriebs- und Verkehrsraum hinein. Von dort verschwenken die Leitungen senkrecht nach unten und führen in 5 cm Höhe oberhalb des Fußbodens in ein Sicherheitsgefäß mit nachgeschaltetem Filterbehälter.
In den Entnahmeleitungen aus den Chlorfässern sind jeweils Druckhalte-ventile eingerichtet (keine Armaturenhalterungen vorhanden). Vor den Leitungszusammenführungen befinden sich jeweils noch Handabsperrarmaturen, die ebenfalls ohne Armaturenhalterungen montiert sind

(Bedienvorgänge führen besonders bei schwergängigen Handhebeln zu Krafteinwirkungen auf die Chlorleitungen).
Der Sicherheitsbehälter dient zum Rückhalt eventuell mitgeführter Partikel, die sich auf dem Behälterboden absetzen. Werden die Partikel dennoch durch den Sicherheitsbehälter durchgerissen, werden diese im anschließenden Filtertopf abgeschieden. Sicherheitsbehälter und Filtertopf sind jeweils mit geflanschtem Deckel ausgeführt und ermöglichen eine periodische Inspektion. Hauptzweck dieser zweckmäßigen Einrichtung ist der Schutz der nachgeschalteten Einrichtungen, insbesondere der Dosator-Membranventile und der Injektortechnik. Weiterhin tragen die beiden Gefäße zur Pufferung von Druckstößen bei.
(Zum Schutz vor der Abscheidung von Flüssigchlor sollte der Sicherheitsbehälter mit einer Heizung ausgestattet werden. Diese Heizung könnte mit einer einfachen Temperaturregelung ausgestattet werden, so daß die Behältertemperatur immer sicher im Gasphasenbereich des Chlors liegt ($T > 0°C$).
Vom Puffergefäß wird das Chlor unter Eigendruck zu den Chlordosator-Ventilen geführt (Fa. ESCO, USA, Typ: Gaschlorinator, Funktionsprinzip: Membranventile die sich unter Unterdruck selbstätig öffnen. Durch eine Verstellschraube auf der Rückseite des Dosators, die auf die Membrane wirkt, kann der erforderliche Öffnungsdruck von Hand eingestellt werden).

2.2.3 Chlordosierung

Die Chlordosatorventile befinden sich in einem Nebenraum. Sie stellen den Übergang vom Druckbereich zum drucklosen / Unterdruck-Bereich der Chlordosierung dar. Die Chlordosatorventile sind mit einer Membran ausgestattet und sorgen für einen konstanten Chlorgas-Massenstrom im Unterdruckbereich.
Das Chlor wird über Injektoren in Teilwasserströme eingetragen.
Die Gasleitungen sind hinter den Injektoren mit integrierten Rückschlagventilen als zusätzlicher Sicherung ausgestattet.
Wenn auf der Injektorseite kein Unterdruck anliegt, schließt die Membran des Chlordosators automatisch und die Chlorzufuhr wird unterbrochen. Diese Sicherung setzt voraus, daß das Rückschlagventil als zweite Sicherung erst schließt, wenn die Membrane unbeabsichtigt geöffnet bleibt.

Die Dosierungsmenge wird manuell auf der Basis von Erfahrungswerten eingestellt. Im Abstand von 2 Stunden wird der Chlorgehalt im Wasser gemessen und auf der Basis dieser Werte wird die Chlorgaszufuhr reguliert.

Vorschlag für eine verbesserte Kontrolle der Desinfektionswirkung mit Meßtechnik:

Eine zusätzliche und einfach zu überwachende Möglichkeit bietet die On-line-Messung des Redoxpotentials. Das Redoxpotential beschreibt die Oxidationskraft des wässrigen Systems i. V. zur Normalwasserstoffelektrode. Das Redoxpotential verhält sich proportional zum Gehalt an freiem Chlor. Anhand von Vergleichsmessungen zum Gehalt an freiem Chlor kann eine Kalibrier-

kurve erstellt werden. Mit Hilfe des Meßwertes für das Redoxpotentials kann ohne Wartezeit für Laborergebnisse die Desinfektionswirkung des Chlors beurteilt werden.

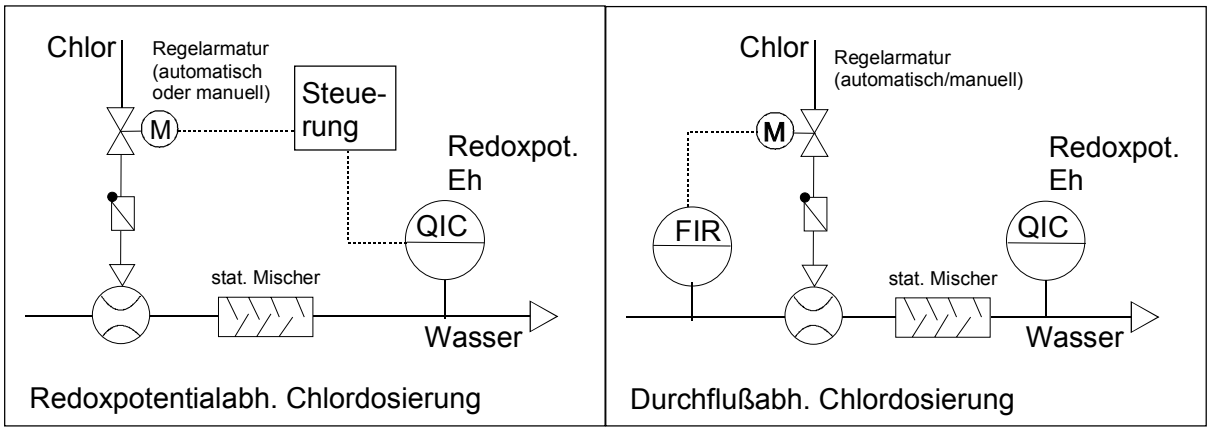


Abb.: Beispiel einer Redoxpotentialmeßeinrichtung zur Regelung des Chlorgasmassenstroms und Kontrollwirkung der Desinfektion

Das System einer Redoxpotentialmessung besteht aus:

- Redoxelektrode mit Durchflußarmatur zum Wechsel im laufenden Betrieb für jeden Rein- und Rohwasserstrang mit Chlordosierung. Messung kann in Haupt- oder Teil- / Messwasserstrom durchgeführt werden.

- Zentrales Redoxpotentialmeßgerät zum Anschluß aller Elektroden mit Netzteil, Meßwertverstärker, Meßumformer, Analoganzeigeeinheit, mind. 7 Analog-Signaleingängen (für jede Elektrode ein Eingang) und 7 Digitaleingängen (für optionale Alarmierung), mind. 7 Analog- und Digitalausgänge. Erweiterbar zum Anschluß eines Reglers für automatisierte Dosierung von Chlor.

- Bedarfsweise: Analogschreiber zur Erstellung kontinuierlicher Meßwertprotokolle

- Bedarfsweise: PID-Regler zur Verarbeitung aller eingehenden und ausgehenden elektrischen Signale und Regelung der Chlorzugabe bei Umstellung auf automatisierte Chlorierung

Alternative: Zum Durchfluß proportional gesteuerte Chlordosierung.

Hierfür benötigte Ausstattung:

- Kontinuierlich messende Durchflußmeßgeräte in jedem Dosierstrang, ausgeführt als IDM

- Zentrales Redoxpotentialmeßgerät zum Anschluß einer / zwei Elektroden mit Netzteil, Meßwertverstärker, Meßumformer, Analoganzeigeeinheit,

mind. 2 Analog-Signaleingängen (für jede Elektrode ein Eingang) und 2 Digitaleingängen (für optionale Alarmierung), mind. 2 Analog- und Digitalausgänge. Erweiterbar zum Anschluß eines Reglers für automatisierte Dosierung von Chlor.

- Redoxelektrode mit Durchflußarmatur zum Wechsel im laufenden Betrieb für jeden Rein- und Rohwasserstrang mit Chlordosierung. Messung kann in Haupt- oder Teil- / Messwasserstrom durchgeführt werden.

- Bedarfsweise: PID-Regler zur Verarbeitung aller eingehenden und ausgehenden elektrischen Signale und Regelung der Chlorzugabe bei Umstellung auf automatisierte Chlorierung.

Lieferfirmen für die Meßtechnik und Komplettlösungen aus Deutschland sind u. a.: Endress & Hauser (IDM und Redox), WTW Weilheim (Redox), Dr. Kunze GmbH (Redox). Fischer & Porter (IDM)

Über überirdisch verlegte Rohrleitungen wird das gasförmige Chlor in das Gebäude der Trinkwasseraufbereitung gefördert (3 Leitungen mit 200 m Länge; Höhe ca. 20 cm über GOK; an den die Leitungen kreuzenden Strassen befinden sich Überleitungsrohrbrücken). Diese Rohrbrücken sind mit keinerlei Anfahrtsschutz ausgestattet, sie verfügen einzig über einfache Haltekonstruktionen.

2.2.4 Luftabsaugung / Neutralisation

<u>Luftabsaugsystem</u>

In der Lagerhalle sind zwei Chlorgassensoren in Bodennähe, ca. 1,5 m ü. BOK, installiert, die bei einer Konzentration von 1 mg/m³ Chlor (ca. 3 ppm) ansprechen und einen Alarm auslösen. Bei einem Raumvolumen von ca. 200 m³ bis in 1,5 m Höhe sprechen die Sensoren bei durchschnittlich 300 mg entwichenem Chlor an, sofern dieses sich gleichmäßig über den Boden verteilt und keine weitere Luftverdünnung auftritt.
Über ein Steuergerät werden durch den Alarm die Luftabsauggebläse automatisch eingeschaltet. Ein kompletter Luftaustausch in der Lagerhalle kann innerhalb von 6 Minuten realisiert werden. Die Luftabsaugung hat eine Maximalleistung von ca. 16.000 m^3_N/h.

Zur Luftabsaugung sind im Chlorlager an den Seitenwänden Luftabzugskanäle installiert. Die Kanäle sind als verzinkte Blechrohre mit einer Nennweite ca. DN 400 ausgeführt (Korrosionsgefahr bei Feuchtigkeit und Chlor). An jeder Seitenwand des Chlorlagers sind ca. 6 – 8 dieser Rohre vertikal montiert. Die Rohrenden liegen ca. 1,5 m über BOK. Unterhalb der Decke werden die Rohre in waagrechten Luftkanälen zusammengefasst, die zu den Chlorgaswäschern geführt werden.

<u>Gegenstromfüllkörperkolonnen</u>

In der Halle befindet sich die Chlorgas-Neutralisationsanlage. Sie besteht aus zwei mit Raschigringen gefüllten Füllkörperkolonnen, die im Gegenstrombetrieb arbeiten. Im Störfall wird das Chlor über die Luftabsaugung von unten in die Kolonnen gesaugt. Von oben wird 30%-ige Sodalösung aufgegeben.
Der Vorlagebehälter für Soda hat ein Flüssigkeitsvolumen von 5 m³. Die vorgehaltene Sodamenge ist auf die Neutralisation von 960 kg entwichenem Chlor ausgelegt (entsprechend der Menge eines Fasses).

Die Kolonnen selbst sind aus Mauerwerk / Beton gefertigt, die Füllkörper bestehen aus grauweißem Kunststoff, wahrscheinlich PVC. Das Sammelgefäß für die Neutralisationslauge befindet sich in einem Nebenraum der Halle, in dem sich auch die beiden Kreiselpumpen zur Förderung der Lauge in die Kolonne befinden (eine davon als Reservepumpe). Von der Baugröße der Pumpen kann auf eine Förderleistung von ca. 50 – 100 m³/h geschlossen werden; die Förderhöhe liegt bei 2 – 3 bar Überdruck.

Die in der Tasse unterhalb der Kolonne aufgefangene Lösung wird mit einer Pumpanlage in die Neutralisationsbehälter zurückgepumpt. Diese Pumpanlage (Rücklaufpumpen) sollte zur Gewährleistung der Anlagenverfügbarkeit ebenfalls als Doppelpumpaggregat ausgeführt sein. Die Pumpen müssen die gleiche Förderleistung wie die Laugepumpen zur Verrieselung des Wassers auf die Kolonnen aufweisen. Um zu vermeiden, daß bei Ausfall dieser Rücklaufpumpen die Behältertassen überlaufen, muß die Behältertasse unterhalb der Kolonnen die gesamte im System enthaltene Laugemenge aufnehmen können.

Bei der Laugenumwälzung besteht die Möglichkeit einer verfahrenstechnischen Vereinfachung, indem die Rücklaufpumpen aus dem Prozeß herausgenommen werden und die verbrauchte Lösung ohne zu Pumpen in die Vorlage zurückläuft. Diese Veränderung setzt folgende Überlegungen und Maßnahmen voraus:

- Überprüfen, ob von der Behältertasse der Kolonnen zu der Laugenvorlage ein natürliches Gefälle besteht (die Tasse darf nicht tiefer als die Vorlage stehen).
- Überprüfen, ob die Leitung keinen Hochpunkt hat, der ein freies Abfließen verhindert.
- Überprüfen, ob durch die Rohrleitung in freiem Gefälle entsprechend viel Wasser zurückfließen kann (opt. Erweiterung der Rohrnennweite)
- Einrichtung eines Rückflußverhinderers in der Rücklaufleitung (federbelastete Rückschlagklappe in ausbaubarer Form)

Ein Beispiel für die verbesserte Ausstattung des Chlorgaswäscher befindet sich auf folgender Seite.

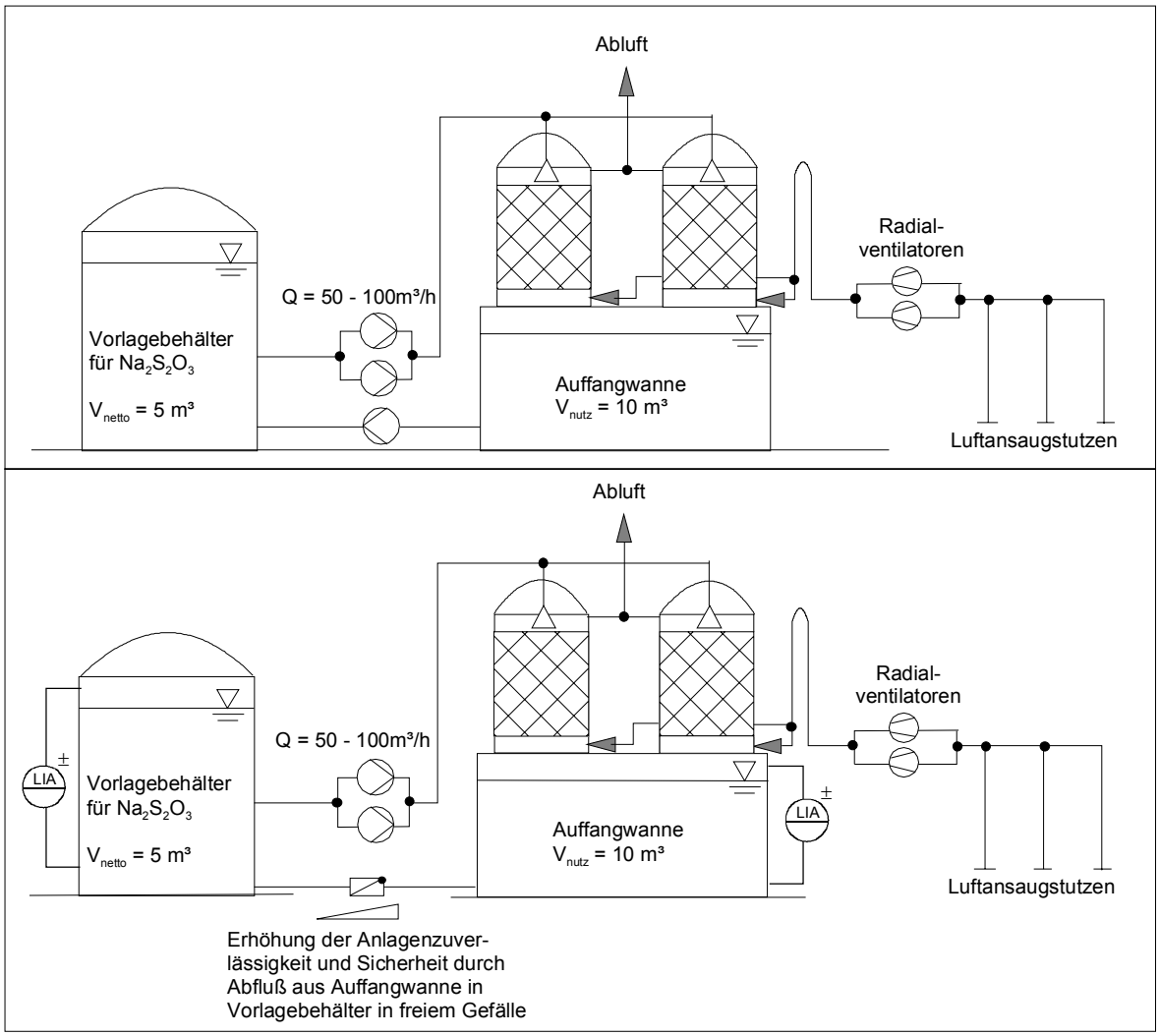


Abb.: Schema der Abluftbehandlung mit Verbesserungsvorschlag

2.2.5 Sprinkleranlage

An der Frontseite der Halle, vor dem Hallentor, befindet sich eine Sprinkleranlage, mit deren Hilfe ein Wasserschleier erzeugt werden kann (Wasser-Durchsatz: 6 l/s). Das Ventil zum Öffnen der Wasserleitung befindet sich in etwa 20 m Entfernung vom Hallentor an der Längsseite des Gebäudes. Es muß per Hand durch das Anlagenpersonal geöffnet werden. Im Rahmen der Anlagenbehung wurde die Funktion der Sprinkleranlage demonstriert. Dabei fiel auf, daß durch den Wasserdruck der Verputz und im Fensterbereich auch der Mörtel aus dem Mauerwerk ausgewaschen wird. Aus bautechnischer Sicht ist dieser Zustand unbefriedigend.
Die Gebäudefront wäre durch eine durchgehende Klinkerfassade optimal geschützt. Das Mauerwerk kann auch besser geschützt werden, wenn der Sprühstrahl feiner verteilt und der Strahl nicht direkt gegen die Wand gerichtet wird.

2.2.6 Verfahrenstechnik der Trinkwasseraufbereitung und Chlorung

Das Rohwasser wird zunächst mit Chlor voroxidiert und mit einem Flockungsmittel, FM ($Al_2(SO_4)_3$), vermischt (Das FM wird vor der Dosierung in Wasser gelöst und flüssig dosiert). Das geflockte Wasser wird dann in ein Sedimentationsbecken mit einer Aufenthaltszeit $t_v \geq 2{,}5$ h geleitet. Anschließend erfolgt die Filtration über offene Schnellfilter bei Filtergeschwindigkeiten $q_F \leq 10$ m/h. Der Filterbetrieb, die Spülvorgänge, die Bereitstellung des Spülwassers etc. werden im Rahmen dieses Projektes nicht betrachtet.
Über Injektoren wird in einer weiteren Stufe Chlor zur Desinfektion in das filtierte Wasser eingetragen. Insgesamt werden ca. 6 g Chlor/m³ Wasser dosiert, wobei 80-90% des Chlors für die oxidative Vorbehandlung des Rohwassers verbraucht werden.

Die Speicherung des aufbereiteten Trinkwassers erfolgt in vier großen Reservoirs zu je 10.000 m³.

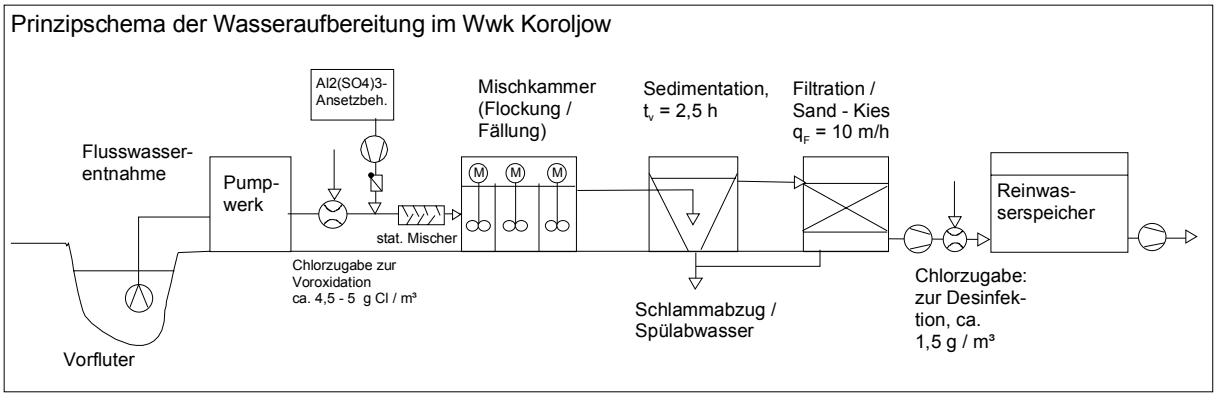


Abb.: Schema der Wasseraufbereitung in Koroljow

2.3 Unfallszenarien mit Chlorfreisetzung

In Anlehnung an die deutschen Störfallverordnung sind innerhalb einer Sicherheitsbetrachtung die möglichen Unfallszenarien, die zu einer Freisetzung von gefährlichen Stoffen führen können, in einer eigenen Betrachtung zu diskutieren. In den folgenden Abschnitten werden vier Unfallszenarien beschrieben, die eine ernste Gefahr für die Wasserstation Koroljov und die nähere Umgebung darstellen.

Unfallszenario I: Abriß der Chlorentnahmeleitungen an den Fässern

Wird an einem oder mehreren der liegenden Fässer z. B. bei einem Rangierunfall die Entnahmeleitung abgerissen, entleeren sich alle Fässer, an denen die Rohrleitung und die Armaturen abreißen. Im ungünstigsten Fall können bei einem solchen Unfall 4 x 960 = 3840 kg Chlor entweichen. Da dieses Unfallszenario beim Einfahren des LKW in die Lagerhalle am wahr-

scheinlichsten ist, muß mit einem Entweichen des Chlors in die Umgebung gerechnet werden.

Unfallszenario II: Umfallen eines beladenen LKW

Fällt ein LKW der mit Chlorfässern beladen ist um, kann es auf dem Weg zwischen Entladestation am Güterbahnhof und demChlorlager zu einer Chlorfreisetzung kommen, die im ungünstigsten Falle die Beschädigung aller Chlorfässer zur Folge hat. Im ungünstigsten Fall können hierbei
6 x 960 = 5760 kg Chlor in die Umgebung entweichen.
Das Eintrittsrisiko für ein solches Szenario kann durch technische Maßnahmen weitgehend eingegrenzt werden (vgl. Abschn. 2.5, Pkt. 1.1.1, 1.1.2, 1.1.3).
Die Maßnahmen zur Gefahrenabwehr sind durch das betriebliche Sicherheitsmanagementsystem beschrieben.

Unfallszenario III: Chloraustritt bei überfülltem Behälter

Ein Unfallszenario, welches sich real bereits abgespielt hat, steht auch in Zusammenhang mit den extremen klimatischen Bedingungen in Rußland. Werden Flüssigchlorbehälter bei extrem niedrigen Temperaturen t < - 40°C befüllt ist der Dampfdruck des Chlors extrem gering. Beim Transport in wärmere Regionen steigt natürlich auch der Dampfdruck wieder an. In einer russischen Wasserstation ist ein solches, bei niedrigen Temperatuen überfülltes Fass beim Entladen „explodiert", d.h. ein Ventilstutzen ist abgerissen und das Fass ca. 15 m hoch in die Luft aufgestiegen und anschließend abgestürzt. Solche Unglücke lassen sich nur am Abfüllort unter Einsatz exakter Wägetechnik, die auch bei niedrigsten Temperaturen zuverlässig funktionieren muß, vermeiden.

Unfallszenario IV: Leckagen durch Korrosion

Zum schnellen Verschließen von Leckagen an den Fässern wurden spezielle Geräte auf der Basis starker Permanentmagnete entwickelt, mit deren Hilfe eventuell auftretende Löcher in der Fasswandung innerhalb von 15 Sekunden verschlossen werden können. Diese Geräte bestehen aus zwei aufeinanderliegenden Stabmagneten, die um ihre senkrechte Achse gedreht werden können. Bei Einstellung auf gegenseitige magnetische Abstossung können die Magnete von Metalloberflächen bzw. den Fässern gelöst werden, bei Einstellung auf magnetische Anziehung sitzen die Magnete fest auf der Oberfläche. Die Haftwirkung dieses Magnetsystems entspricht einem Druck von 250 bar.
Von Korrosion betroffene und undichte Fässer können nach Verschließen der Leckage in den vakuumisierten Sicherheitsbehälter umgefüllt werden. Nach deutscher Sicherheitsphilosophie wäre ein solcher Behälter umgehend und endgültig außer Betrieb zu nehmen.

2.4 Betriebliches Sicherheitsmanagement und Maßnahmen zur Gefahrenabwehr in Koroljow

2.4.1 Sicherheitsmanagementsystem in Koroljow

(Erarbeitung durch Dr. König)

2.4.2 Gefahrenabwehrplanung in Koroljow

(Erarbeitung durch Dr. König, PLAS liegt vor, wurde nicht eingesehen)

2.5 Erste Massnahmeempfehlungen zur Anlagensicherheit für das Chlorfaßlager Koroljov

Die unten gemachten Empfehlungen sind Resultat der Erstbegehung. Sie sollten im Rahmen eines detaillierten Sicherheitsberichtes präzisiert werden.

1.1.1 Errichtung eines Anfahrschutzes für LKW in der Halle des Chlorfaßlagers
1.1.2 Chlorentnahmeleitungen aus dem Verkehrsraum hinaus zur Hallenwand verlegen.
1.1.3 Chlorentnahmeleitungen mit Kopensatorelementen ausstatten (vgl. Serpuchov, Entnahmeleitungen sind hier in Spiralen ausgeführt, die wie Federn flexibel sind).
1.1.4 Neuverlegung der von den Fässern abführenden Rohrleitungen auf den Boden (Trittsicherheit und Schutz der Rohrbeschichtung vor Beschädigung), z. B. in Rohrkanälen mit Gitterrosten abgedeckt.
1.1.5 Einsetzen chlorresistenter, doppelt dichtender Faltenbalgventile an den Fässern und in den Chlorleitungen.
1.1.6 Anbringen von Sicherheitsventilen an den Fässern bzw. Einrichtung von Überströmventilen mit Gasableitung zum Gaswäscher oder in eine eigene Neutralisation, vgl. DVGW - Arbeitsblatt W 623.
1.1.7 An den Entnahmeleitungen befindliche Armaturen mit Halterungen ausstatten.
1.1.8 Die Schlauchleitungen in denen chloriertes Wasser aus den Injektoren ausfließt, gegen eine feste Verrohrung auswechseln.
1.1.9 Einrichtung von Manometern an den zur Chlorentnahme angeschlossenen Fässern als redundante Meßeinrichtung für den Füllstand (idealerweise mit Alarmierung bei zu schnellem / plötzlichem Druckabfall)
1.1.10 Einrichtung kontinuierlicher Redoxpotentialmeßeinrichtungen zur schnelleren Reaktion auf Veränderungen in der Wasserqualität und zur Optimierung des Chloreinsatzes.
1.1.11 Automatisches Anspringen der Sprinkleranlage bei Überschreiten der Grenzkonzentration in der Halle (z. B. über ein grenzkontaktgesteuertes Magnetventil)
1.1.12 Optisches Alarmsignal (rotes Blinklicht) bei erhöhten Chlorkonzentrationen im Eingangsbereich zum Chlorlagerraum

1.1.13 Windrichtungsanzeiger am Chlorlager und in der Leitzentrale
1.1.14 Neuverlegung der Chlorgasleitungen zum Injektorgebäude unterirdisch im Bereich der Strassenkreuzungen bzw. Sicherung mit zusätzlichem Anfahrschutz. (Oberirdisch verlegte Leitungen sind sehr einfach auf Beschädigungen zu kontrollieren).
1.1.15 Absperrung des Geländes der Verladeeinrichtung Schiene/LKW

3 Ergebnisse der Begehung des Chlorfaßlagers für die Abwasserbehandlung in Serpuchov

3.1 Der Betrieb

Die Wasserbetriebe Serpuchov befinden sich derzeit in einer Umstrukturierungsphase und sollen vom Unternehmen „Vodokanal" in das Unternehmen „Vodokanalservis" überführt werden. Die Umstrukturierung hat finanztechnische Gründe. Vodokanalservis versorgt die 140000 Einwohner der Stadt Serpuchov mit Trinkwasser und führt die Behandlung der Abwässer durch.

Die Wasserbetriebe versorgen die Stadt derzeit mit 70000 m³ Trinkwasser pro Tag. Durch den Aufbau zusätzlicher Kapazitäten soll die Versorgung auf 103000 m³/d im Jahre 2003 gesteigert werden, um dem Bedarf des Gebietes und der Stadt vollständig gerecht zu werden.

Nach den russischen Vorgaben sollte der Wasserverbrauch je Einwohner 250 l/d nicht überschreiten. Diese Obergrenze wird aber nur in den neuen Wohngebieten, in denen bereits individuelle Wasserzähler eingebaut wurden, erreicht. In Serpuchov liegt er bei 450 bis 470 l/d.

Die Verbraucherstruktur gliedert sich folgendermaßen: 62% des Wassers geht an die Bevölkerung, 28% an die Industrie und 10% an kommunale Einrichtungen. Das Wasserverteilungsnetz für das Trinkwasser hat eine Gesamtlänge von 320 km; die Kanalisation ist insgesamt 225 km lang. Im laufenden Jahr sollen 42 km Rohrleitung zusätzlich verlegt werden.

3.2 Anlagenbeschreibung des Chlorfaßlagers zur Abwasserbehandlung Serpuchow

3.2.1 Allgemeines

Im Chlorfaßlager werden insgesamt 30 t Chlor gelagert; davon 24 t in Fässern und 6 t in Flaschen. Aufgrund des Rückgangs der industriellen Tätigkeit in den letzten Jahren war auch ein Rückgang bei den zu behandelnden Abwassermengen zu verzeichnen. Derzeit werden 70000 m³

Abwasser am Tag behandelt. Das sind ca. 30000 m³ Wasser weniger als 1970. Die Anlage ist somit auch hydraulisch relativ gering belastet.

Die Desinfektion des Abwassers in der letzten Stufe erfolgt mit dem Desinfektionsmittel Chlor. Der durchschnittliche Chloreintrag wird auf einen meßbaren Restgehalt von 1,5 g Chlor/m³ Abwasser eingestellt. Die Abwasserqualität am Eingang und am Ausgang der Kläranlage wird ständig durch das eigene zertifizierte Labor überwacht (Chlor, CSB, BSB_5, Ammonium-N, Nitrat-N, Phosphat, filtrierbare Anteile, Schwermetalle u.a.m.). Die Menge des zu dosierenden Chlors orientiert sich am Verschmutzungsgrad des Abwassers und wird ständig neu eingestellt.

Bei einer Gesamtchlordosierung von ca. 6 g/m³ werden am Tag 420 kg Chlor verbraucht (entspr. 17,5 kg pro Stunde). Bei einem nutzbaren Fassvolumen von 940 kg ist ein Fass innerhalb von 53 – 54 Stunden aufgebraucht. Bei drei an die Entnahmeleitung angeschlossenen Chlorfässer sind hier wie in Koroljow sehr häufige Wechselvorgänge durchzuführen, die ein Sicherheitsrisiko darstellen. Bei drei angeschlossenen Fässern sind jeweils zwei Stück im Abstand von 106 – 108 Stunden (alle 4 – 5 Tage) auszuwechseln.

3.2.2 Verfahrenstechnik der Abwasserreinigung

Die Abwasserreinigung erfolgt durch eine zweistufige mechanisch-biologische Reinigung, im einzelnen bestehend aus Oxidation mit Chlor, Vorklärung, Belebung, Nachklärung und nachgeschalteter Desinfektion mit Chlor.

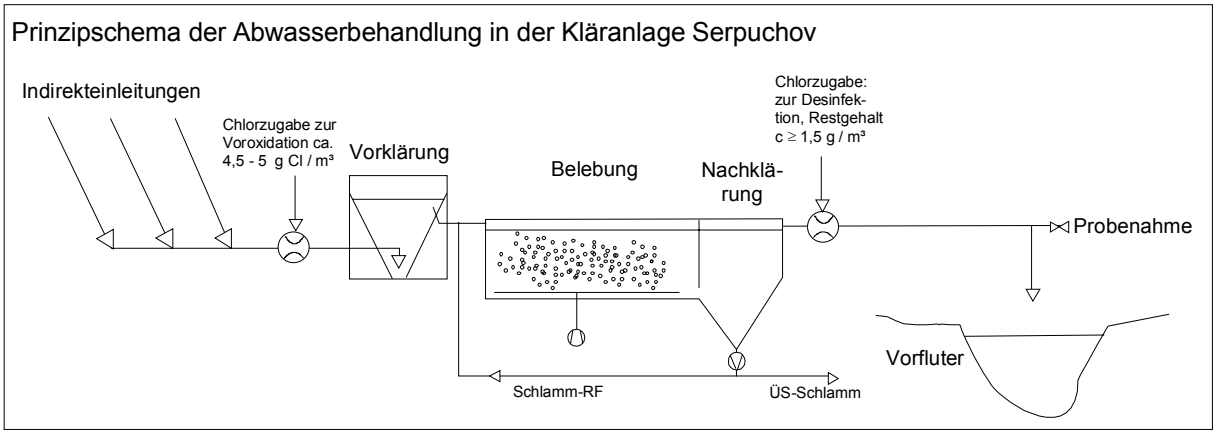


Abb.: Schema der Abwasserbehandlung in Serpuchow

In der Aufbereitung erfolgt

- die Abtrennung sedimentierbarer Stoffe (Vorklärung)
- die Eliminierung biologisch leicht abbaubarer organischer Wasserinhaltsstoffe (Belebung)
- die Oxidation von Ammonium (Belebung)
- Schlammabtrennung (Nachklärung)

- Trocknung des Überschußschlamms (die Schlammfaulung befindet sich derzeit in der Planung)

Folgende Zusammenstellung gibt Aufschluß über die Reinigungsleistung der Abwasseranlage bzgl. der Hauptinhalts- bzw. Nährstoffe.

Reinigungsleistung der Kläranlage Serpuchov			
(mittlere Werte aus den Tagesprotokollen)			
Parameter	Zulauf [g/m³]	Ablauf [g/m³]	Wirkungsgrad [%]
CSB	150	50	67
BSB5	100	8	92
Phosphor ges.	4	2	50
Nitrat	2	10	-
Ammonium	10	0,5	95

Die Anlagentechnik leistet keine Eliminierung von Stickstoff. Über die Überschußschlammabtrennung erfolgt eine Reduzierung des Phosphorgehaltes um 50 %. Vorrangiges Ziel ist die Entlastung der Vorflut von Schwebstoffen und Keimen und die Entfernung von sauerstoffzehrenden Stoffen. Hierbei ist zu ergänzen, daß die Wasserbelastungen durch BSB_5, CSB, P-ges und N-ges bedingt durch den hohen hauslichen Frischwasserverbrauch wesentlich verdünnter vorliegen als dies in Deutschland der Fall ist. Die Anlagentechnik ist daher verglichen mit deutschen Verhältnissen auf höhere hydraulische Durchsätze und geringere biologische Umsatzraten ausgelegt.

Die Online-Meßtechnik beschränkt sich auf Wasserzähler, sowie Druck- und Füllstandssonden. Wasserqualitätsparameter werden in einem sehr gut geführten Labor mit einer umfangreichen Ausstattung, die die Erfassung aller abwasserertechnisch relevanten Parameter erlaubt, durchgeführt. Selbst die Bestimmung von Schwermetallspuren in Abwasser und Schlamm mittels Atomabsorptionsspektroskopie wird hier routinemäßig durchgeführt.

Als problematisch in diesem Prozeß ist der Einsatz von Chlor generell anzusehen, da bei der Reaktion von Chlor mit den organischen Stoffen im Abwasser halogenierte Kohlenwasserstoffe (HKW) entstehen, die teilweise persistent sind und im Laufe der Abwasserreinigung nicht oder nur zum Teil abgebaut werden können.
Im weiteren Flußverlauf unterhalb der Einleiterstellle der Kläranlage liegen weitere Trinkwasserentnahmen. In der in der RF üblichen Wasseraufbereitungstechnik findet keine Eliminierung der HKW statt (möglich über Adsorption an Aktivkohle, teilweise über Stripverfahren), sodaß die HKW nachfolgend zu einer Beeinträchtigung der Trinkwasserqualität führen.

Langfristig sollten daher die Chlordesinfektionsverfahren in der Abwasserreinigung durch verbesserte Belüftungsverfahren, Ozon- /Wasserstoff-

perooxideinsatz, die UV-Desinfektion bzw. Neuentwicklungen substitutiert werden.

3.2.3 Chloranlieferung

Die Anlieferung der Fässer und Flaschen zum Lager erfolgt über LKW, die direkt vor dem Haupttor des Lagers halten. Über eine Hebevorrichtung werden die Fässer entladen und über eine Laufkatze in das Lagergebäude verfrachtet.

Die Fässer liegen waagerecht im Lager (30 Stück) auf speziellen Holzbohlen. Unterhalb der Fässer befindet sich ein Schachtsystem, in das im Havariefall das Chlor hineinfließt. Ein Anfahrschutz für das Faßlager existiert nicht.

Der im Bereich des Chlorlagers häufig festzustellende Chlorgeruch könnte durch gefährliche Anreicherungen des Schwergases Chlor im Schachtsystem auftreten und verursacht werden.

3.2.4 Chlordosierung

Die Verdampfung des Flüssigchlors erfolgt direkt aus den Fässern. Es sind 3 Fässer über eine Rohrleitungsschlange an die Chlordosierung angeschlossen. Die Füllstandsmessung in den Fässern erfolgt gravimetrisch. Ein vakuumiertes Reservefaß zur Aufnahme von Restchlormengen befindet sich in Bereitschaft. Die Absperr- und Entnahmeventile befinden sich an der zur Wand gerichteten Seite der Fässer. Das verdampfte Chlor ($p = 6$ bar) fließt in einen neben dem Lager befindlichen Raum, in dem die Abwasserchlorung für einen Teilstrom mittels Kerzenbegasern erfolgt (Typ: LONIII - 100). Diese Begasungselemente arbeiten mit Überdruck, in den das Gas über Filterkerzen (Keramikfritten) in das Wasser eingetragen wird.

Die Begasungselemente vom Typ LONIII-100 setzen voraus, daß das Chlorgassystem im Gegensatz zum Injektorbetrieb ständig unter Überdruck steht. Dadurch ist die Gefahr von Chloraustritten wesentlich erhöht.

Der gechlorte Abwasserteilstrom wird anschließend mit dem restlichen Abwasser vermischt.

Im gesamten Lager befinden sich zwei Chlorgassensoren, deren Schwellenwert bei 3,4 ppm liegt. Oberhalb dieser Konzentration wird ein Alarm ausgelöst (optisches und akustisches Signal) und die drei Ventilatoren des Lagers werden automatisch in Betrieb gesetzt. Die abgesaugte Luft wird aus dem Lager in einen 15 m hohen Kamin gesaugt und in der Atmosphäre verteilt.

Im Lagerraum wird Neutralisationsmittel für Chlorfreisetzungen (Na_2CO_3/$Na_2S_2O_3$) trocken in einem Behälter vorgehalten. Im Alarmfall wird Wasser über Pumpen zugemischt und die Lösung in eine Grube gefördert. Undichte Chlorbehälter können in diese Grube geworfen werden;

austretendes Chlor wird dabei neutralisiert bzw. zu Chlorid reduziert. Der Vorgang des Anrührens der Lösung und des Hineinwerfens der Behälter in die Grube sollte wegen der Verätzungsgefahr nur mit Vollschutzanzügen erfolgen.

Weiterhin verfügt das Chlorlager über einen Druckbehälter mit Anschluß-stutzen für einen Entgasungsschlausch in den undichte Chlorgasflaschen eingebracht werden können.

Um das Lager herum befindet sich eine 3 m hohe Betonmauer. Diese Mauer dient dem Zweck, bodennahe Chlorgasanreicherung räumlich einzugrenzen. Über die Mauer hinweg tretendes Chlorgas verdünnt sich hierbei mit Luft.

3.3 Unfallszenarien mit Chlorfreisetzung in Serpuchov

Im vorausgegangenen Abschnitt 2.3 wurden die Unfallszenarien für das Chlorlager Koroljov beschrieben. Diese Unfallszenarien sind in gleicher Weise auch auf das Chlorlager in Serpuchov übertragbar.
Ein weiteres Unfallszenario stellt der schleichende Chloraustritt aus den bei Überdruck betriebenen Gaseintragssystemen LONIII-100 dar. In diesem Fall tritt jedoch nur eine vergleichsweise geringe Chlormenge aus, die der Dosiermenge in den Reinwasserteilstrom entspricht. Die Gefahr hierbei besteht in einer allmählichen Chlorgasanreicherung im Dosierraum der Chloranlage, die beim Betreten nicht bemerkt wird und sehr schnell zu einem Personenschaden mit schweren Gesundheitsschäden bzw. mit Todesfolge führen kann.
Als Sicherheitsmaßnahme gegen einen solchen Unfall ist das Anbringen von optischen Warneinrichtungen an den Zutrittstüren (s. 3.4.2) , die luftdichte Abdichtunge der Türen und eine generelle Pflicht zum Anlegen einer Atemschutzmaske beim Betreten des Raumes vorzusehen.
Weiterhin wird die Ausserbetriebnahme der Begasungselemente gegen Injektoren empfohlen, mit denen die Chlorgasdosierung bei Unterdruck betrieben wird.

3.4 Massnahmeempfehlungen für das Chlorfaßlager Serpuchov

3.4.1. Errichtung eines Anfahrschutzes im Faßlager für die LKW
3.4.2. Einrichtung einer optischen Warnanzeige für erhöhte Chlorkonzentrationen im Lagerraum.
3.4.3. Herstellung eines ebenen Fußbodens, der die Sturzgefahr des Personals verringert.
3.4.4. Gasdichte Abdeckung bzw. Zwangsbelüftung des Schachtsystems zum Schutz vor Schwergasanreicherungen.
3.4.5. Errichtung einer Anlage zur Neutralisation von gasförmigen Chlor aus dem Lager (z.B. Füllkörperkolonnen, vgl. System in Koroljov)
3.4.6. Auswechseln der Kerzenbegaser für Chlor gegen injektorbetriebene Eintragssysteme mit Rückschlagsicherungen und statischen Mischern (vgl. Koroljov).

3.4.7. Schnellschlußvorrichtungen in den abrißgefährdeten Rohrleitungen für Chlor
3.4.8. Einsatz doppelt dichtender Faltenbalgventile
3.4.9. Einrichtung von Überströmsicherheitsventilen und sichere Überschußchlorableitung
3.4.10. Druckmessungen für die an die Chloranlage angeschlossenen Chlorfässer als redundante Meßeinrichtung.
3.4.11. Einrichtung einer On-line-Messung für das Redoxpotential im Ablauf der Rohwasserbelüftung und Desinfektionschlorung zur Online-Kontrolle der Desinfektionswirksamkeit.
3.4.12. Verlegung der Chlorentladung in das Gebäude hinein, so daß bei Chlorfreisetzungen während der Entladung das Chlorgas im Gebäude bleibt.
3.4.13. Abwasseroxidation und -desinfektion mittels alternativer Verfahren Luft / Ozon / H_2O_2 bzw. UV (in Planung)

4 Schlußfolgerungen

Die vier Wasserwerke Moskaus liegen in ihren Versorgungsleistungen deutlich über denen der Städte Koroljow und Serpuchow.
Das Gefahrenpotential des Chlortanklagers von Mosvodokanal (250 t Chlor) liegt deutlich über dem der besichtigten Chlorfaßlager in Koroljov und Serpuchov (30 bzw. 40 t Chlor).

Das Niveau der Schutzmaßnahmen, die technische Ausstattung der Anlagen liegt bei den besichtigten Chlorfaßlagern der regionalen Wasserbetriebe deutlich unter dem bei Mosvodokanal MGP in Moskau vorgefundenen Stand. Wenngleich die Anlagenkonzepte in Moskau und bei den regionalen Versorgern aufgrund ihrer unterschiedlichen Dimensionierungen nicht direkt vergleichbar sind, sind die Lücken der Chlorlager zum russischen Stand der Sicherheitstechnik evident.

Besonders kritische Schwachstellen sind:

- die fehlende kontinuierliche Neutralisationsanlage für Chlor (Serpuchov) mit manuellem Ansetzen der Neutralisationsmittellösungen ($Na_2S_2O_3$)
- fehlende Auffangwannen unter den Betriebsbehältern zur Chlordosierung
- die nicht gasdicht abgedeckten Schachtsysteme unter den Chlorlagern, die zur Ansammlung des Schwergases Chlor führen können
- fehlender Anfahrschutz vor den Chlorfässern (Serpuchov, Koroljov)
- freiliegende, über dem Boden geführte Rohrleitungen ohne flexible Elemente (Koroljov)
- nicht chlorresistente Ventile an den Faßleitungen (Serpuchov, Koroljov)
- keine Sicherung gegen eine Überschreitung der Maximaldrücke (Sicherheits- und Überstromventile)
- keine Schnellschlußventile an den Chlorfässern, die ein Freisetzen großer Chlormengen verhindern können (Serpuchov, Koroljov).

Als Hinderungsgründe für die Verbesserung des Anlagensicherheitsniveaus bei den Regionalversorgern werden in erster Linie Finanzierungsprobleme genannt.

Durch die direkte Wasserentnahme aus den Flüssen für die Trinkwasseraufbereitung hat die Chloranwendung in der Abwasserbehandlung eine erheblich größere Bedeutung für die Trinkwasserqualität als in Deutschland.

Als besonderes Umweltproblem ist der Einsatz von Chlor bei der Abwasserbehandlung anzusehen. In der Russischen Föderation sollen insgesamt über 500 solcher Anlagen im Einsatz sein. Es muß davon ausgegangen werden, daß hierbei toxische chlorierte Kohlenwasserstoffe besonders bei der Voroxidation der noch nicht vorgeklärten Wässer entstehen, die direkt in die Oberflächen-gewässer eingeleitet werden. Vodokanalservis Serpuchov will deshalb künftig alternative Oxidations-/ Desinfektionsverfahren einsetzen (UV, Ozon).

Für das Projekt ergeben sich durch die Besichtigung dieser Abwasseranlage Ansatzpunkte für weitere, abwassertechnisch orientierte Beratungsleistungen

5 Anmerkungen zur Arbeitssicherheit

Neben den Sicherheitsmängeln in der Anlagentechnik besteht in beiden besichtigten Chlorlagern auch ein erhebliches Potential zur Verbesserung des Arbeitsschutzes.
Die Massnahmen zur Arbeitssicherheit werden in Deutschland nach folgenden Gesichtspunkten durchgeführt:

1. Der Betreiber hat alles Notwendige an seinen Anlagen zu tun, um eine Gefährdung des Personals zu vermeiden bzw. bei Restrisiken das Personal auf die Gefahren aufmerksam zu machen und persönliche Schutzausrüstung bereitzustellen.
2. Kennzeichnung der einzelnen Betriebsräume und der darin bestehenden Gesundheitsgefahren (Lärm, Strahlung, Gefahrstoffe etc.).
3. In Ergänzung zu diesen Kennzeichnungen befinden sich im Eingangsbereich Sicherheitshinweise bzw. Symbole für richtiges Verhalten: Tragen von Gehörschutz, Tragen von Schutzbrille, Schutzhandschuhen etc.
4. An den Stellen, in denen mit Chemikalien umgegangen wird, wie z. B. der Soda- und $Na_2S_2O_3$ – Lager sind Arbeitshandsschuhe und Schutzbrillen bereitzustellen. An diesen Stellen stehen auch Augenduschen bzw. Personenduschen zur Verfügung
5. Räume, in denen mit Gefahrstoffen umgegangen wird, sind mit entsprechenden Sicherheitseinrichtungen zu versehen, wie einer Notdusche im Eingangsbereich, Augenduschen bzw. Augenspülflaschen,

Feuerlöscher, Erste Hilfe Stationen mit Verbandsmaterial und Feuerlöschdecken.

6. Alarmtaster zur Verständigung von Erste-Hilfe-Kräften sind in jedem Raum eingerichtet.
7. Stufen und niedrige Decken bzw. alle potentiell gefährlichen und unbeweglichen Hindernisse sind durch gelb-schwarze Markierungsstreifen zu kennzeichnen (nach Bedarf auch gepolstert).
8. Bewegliche Hindernisse wie Türen, die in Verkehrsbereiche hineinragen, sind mit rot-weiß gestreiften Markierungen zu versehen und bei Bedarf zu polstern.
9. Chlorlager und Dosierstationen dürfen nur betreten werden, wenn die Chloranlagen außer Betrieb sind. Aufgrund der vielen manuellen Bedienvorgänge in den von uns inspizierten Chlortanklagern in der RF ist ein Betretungsverbot nicht realistisch. Daher sollten die Chlormeßgeräte für Luft mit einer Signalleuchte im Eingangsbereich ausgestattet werden, die bei gefährlicher Atmosphäre vor Zutritt ohne Atemschutz warnen.
10. Treppen, Geländer und Laufroste verfügen praktisch nicht über die in Deutschland vorgeschriebene Rutschfestigkeit. An den Geländern und Bühnen fehlen Knie- und Fußleisten.
11. An den Treppen-Wandabschlüssen besteht häufig Absturzgefahr bei Durchgangsbreiten > 0,5 m, da hier keinerlei Sicherheitsmaßnahmen, wie Absperrketten, Leisten etc. angebracht sind.
12. Nach deutscher Sicherheitsphilosophie werden Gefahrenbereiche, in denen z. B. eine Absturzgefahr, Stoßverletzungen etc. nicht auszuschließen sind, mit einer rot-weißen Absperrung versehen, die dem Personal verdeutlichen, daß hier ein Gefahrenbereich beginnt, erhöhte Aufmerksamkeit gefordert, Schutzbekleidung zu tragen und ein Betreten nur in Begleitung einer zweiten Person gestattet ist (Durch diesen Markierungshinweis kommt der Anlagenbetreiber seinen versicherungsrechtlichen Pflichten gegenüber dem Personal nach).
13. Türen zu feuergefährdeten Räumen und Betriebsbereichen sind mit hydraulischen Schließzylindern auszustatten.
14. Feuergefährdete Räume sind mit Rauchmeldern und Sprinkleranlagen auszurüsten.
15. Darüber hinaus ist das Personal verpflichtet, in Arbeits- und Gefahrenbereichen Sicherheitsbekleidung zu tragen bzw. bei sich zu führen.

In den besichtigten Wasserbetrieben sind diese Massnahmen in Teilen verwirklicht, zur Erhöhung der Sicherheit werden folgende Maßnahmen empfohlen, soweit sie nicht bereits durchgeführt werden:

- Die Kennzeichnungen für Gefahrstoffe und sonstige Gesundheitsgefahren sind in Teilen vorhanden und können ohne großen Aufwand ergänzt werden.

- Die Kennzeichnung beweglicher und stationärer Hindernisse kann preiswert durchgeführt werden und leistet einen guten Beitrag zur Erhöhung der Arbeitssicherheit.

- Die Nachrüstung von Feuerlöscher, Löschdecken, Erste Hilfe-Material, Augenduschen oder Augenspülflaschen, Sicherheitshandschuhe, Notduschen ist in jedem Falle zu empfehlen.

- Ausstattung der Mitarbeiter mit moderner Arbeitsschutzbekleidung

- Ausführung gefährlicher Arbeiten niemals allein sondern stets in Begleitung

Anlage 10

Lagebeschreibung des Transformprozesses im Bereich Wasserwirtschaft (Dr. Shukov, Präsident RAWW)

2002

Vorhaben:

„Modellhaftes technologisches Konzept für die Verbesserung der Sicherheit bei der Chlorlagerung am Beispiel eines Moskauer Großwasserwerkes in Verbindung mit Maßnahmen zur Verbesserung des anlagenbezogenen Gewässerschutzes“

UBS-FKZ 380 01 005

Euro Institute for Information and Technology Transfer in Environmental Protection GmbH

Transformationsprozesse im Bereich der russischen Wasserwirtschaft

Dr. Nikolaj Shukow
Präsident der Russischen Assoziation für Wasserversorgung und Abwasserableitung (RAWW), Russland

Das Thema der Versorgung der russischen Bevölkerung mit qualitativ gutem Trinkwasser in ausreichenden Mengen ist derzeit in mehreren Regionen Russlands aktuell. Dies hängt mit der unbefriedigenden Qualität des entnommenes Wassers, dem Mangel an Wasser, das den aktuellen Standards entspricht und den sekundären Verunreinigungen der Gewässer zusammen.

In der Russischen Föderation besitzen 1082 Städten (99,1% aller Städte) und 1687 größere Siedlungen (90%) zentralisierte Wasserversorgungssysteme. 4876 separate Wasserleitungsnetze sind in Betrieb, 69% davon sind kommunale Wasserleitungen, die alle größeren Städte mit Wasser versorgen.

Die Gesamtlänge aller Wasserleitungen in allen Ortschaften Russlands beträgt 463.000 km, davon 200.900 in den Städten (43,4%). Die Leistung der Wasserleitungen beträgt bis zu 900,0 Mio. m³ / 24h in den Städten (79,3%). Das Defizit der Leistungen beträgt mehr als 10% der gesamten Leistung. Aufgrund dieses Fehlbetrages liegt der mittlere Verbrauch in einigen Regionen nur bei 150 - 200 l/ Person, obwohl der mittlere Verbrauch bezogen auf die ganze Russische Föderation bei 248 l/Person liegt.

Die Oberflächenquellen der Wasserversorgung, deren Anteil an der gesamten Wasserentnahme 62% beträgt, sind in den letzten Jahren den negativen Auswirkungen der anthropogenen Faktoren ausgesetzt.

Die Qualität des Grundwassers, das für die Trinkwasserversorgung genutzt wird, ist wesentlich besser als in Oberflächengewässern. Allerdings sind in einigen Regionen Grundwässer mit Sulfaten, Chlor-, Eisen- und Stickstoffverbindungen, Ölprodukten, Phenolen und schweren Metallen verunreinigt worden.

Wegen erhöhter Verschmutzung der Wasserquellen sind die traditionellen Technologien der Wasserverarbeitung meistens nicht effektiv genug. Deswegen ist keine zuverlässige Wasseraufbereitung und Versorgung der Bevölkerung mit qualitativ gutem Trinkwasser gesichert.

Der ökologisch günstige (gute) Zustand der Gewässer wird durch die Zuverlässigkeit der Kläranlagen gesichert. Allerdings sind 60% der bestehenden Kläranlagen in Russland überlastet, 38% sind seit mehr als 25 Jahren in Betrieb und müssen saniert werden. Zurzeit fehlt es auch an Kapazitäten von etwa 9 Mio.m³/ 24h.
Außerdem haben 44 der großen Städte (4%) und 583 der kleineren Städte (70%) keine zentralisierte Abwasserableitung, was das Problem des Gewässerschutzes noch weiter verschärft.

Die Situation wird dadurch verschlimmert, dass erhebliche Mengen des Abwassers der industriellen Betriebe der Städte (bis zu 50%) in Kläranlagen der Kommunen gelangen, die dafür nicht ausgelegt sind.

Die wasserwirtschaftliche Infrastruktur mehrerer Städte wurde durch die langjährige Krise getroffen. Dies wurde durch Finanzprobleme, Unwirtschaftlichkeit der Betriebe und fehlende Motivation usw. verursacht. Als Resultat haben die meisten Wasserwerke einen sehr hohen Abnutzungsgrad (brauchen dringend die Generalsanierung). Der mittlere Abnutzungsgrad der kommunalen Wasserleitungsnetze beträgt ca. 60 %, in einigen Regionen sogar mehr als 70% (Fernöstliche Küstenregion (Primorje), Region Krasnojarsk, Region Nowgorod, Kamtschatka usw.)

Die unzureichende Finanzierung sowohl auf regionaler als auch auf föderativer Ebene, läßt keine rechtzeitige Realisierung der nötigen Maßnahmen zu, obwohl diese Maßnahmen in regionalen und föderativen Programmen vorgesehen wurden und zur Modernisierung des Kommunalsystems und der Verbesserung der Funktion der Anlagen führen sollen. Dies führt in mehreren Fällen zur Verschlechterung des ökologischen Zustandes der Gewässer und bringt die Gesundheit der Bevölkerung in Gefahr.

Etwa 30% der Wasserversorgungsanlagen (27 Mio. m³) und 16% der Wasserleitungsnetze (73.600 km) müssen dringend modernisiert werden. Der schlechte technische Zustand der Wasserleitungen führt zu wachsenden Wasserverlusten, die inzwischen im Durchschnitt bei 16,7% der gesamten Wasserabgabe der Russischen Föderation liegen, in einigen Städten werden sogar 30% erreicht. (Region Pskow, Region Kurgan, Region Tomsk, Region Promorje usw.)

Die Anzahl der Havarien in Wasserversorgungsbereich wächst jährlich um 10%. Eine gefährliche Situation herrscht zur Zeit in den Regionen Ural und Sibirien, wo die Abnutzung der Ausrüstung im Kommunalbereich ca. 70% beträgt.

Zunehmenden Einfluß auf den Zustand der Gewässer haben die Schlämme, die im Verlauf der Abwasserklärung entstehen. Kommunales und industrielles Abwasser wird zusammen behandelt. Das industrielle Abwasser erlaubt nicht den Einsatz der Schlämme als Düngemittel in der Agrarwirtschaft.

Der Niedergang der Wasserwirtschaftsbranche hängt mit der geringen Teilnahme des Staates an der Problemlösung der Wasserversorgung eng zusammen. Die Übergabe der Wasserwerke in die Hände lokaler Behörden führte zur systematischen Verkürzung der Finanzierung und damit zur schnellen Alterung der Ausrüstung der Branche. Bei der niedrigen Rentabilität der Wasserversorgung und Abwasserableitung und aktuellen Kreditzinsen ist keine Selbstentwicklung der Branche möglich. Die finanzielle Lage der Wasserwerke ermöglicht keine effektive Wartung der Wasserleitungsnetze. Zugleich sind die Wasserwerke die Kreditoren für die Bevölkerung und Betriebe, **weil sich die Preise für Wasserversorgung und Abwasserableitung nur auf 45% der Selbstkostenpreise** belaufen.

Die Wasserwirtschaft in Russland hat eine schwere Zeit zu überstehen, denn in den letzten 10 Jahren ist sehr wenig Geld in die Entwicklung des Systems der Wasserversorgung und Abwasserableitung investiert worden. In denselben Jahren ist die Verschuldung der föderativen und der regionalen Regierungen an den Wasserwerken gewachsen. Doppelseitige Verschuldung wird in kurzer Zeit restrukturiert (umgerechnet). Außerdem hat das

Finanzministerium viel dazu beigetragen, dass die Schulden für erhaltene Dienstleistungen der Wasserversorgung und Abwasserableitung durch Instanzen der föderativen Ministerien und Ämter abgebaut wurden. Im letzten Jahr wurden die Schulden um ca. 11 Mrd. Rubel verringert, 27% davon waren Verschuldung für Dienstleistungen der Wasserwerke.

Die produktive Arbeit wird durch das Steuersystem behindert, durch Neuerungen im Steuerkodex gehen viele Betriebe pleite. Die Wasserwirtschaft arbeitet mit Dienstleistungstarifen, die durch regionale Verwaltung seit Jahren nicht analysiert und überarbeitet wurden. In der Regel betragen sie nur 50-60% von wirtschaftlich begründeten Tarifen. Das erschwert weiter die finanzielle Situation der Branche.

Um den Austausch der veralteten Leitungsnetze und Anlagen zu ermöglichen und in Zukunft Abnutzungsnormen einzuhalten, wurde von der russischen Regierung das Programm "Wohnstätte" – „Reformierung und Modernisierung der Wohnungs- und Kommunalwirtschaft für Jahre 2002-2010" unterzeichnet.

Gleichzeitig steigt die Förderung der Qualität des Trinkwassers und der gereinigten Abwässer. Aus dieser Tendenz folgt automatisch die Notwendigkeit der Verbesserung der finanziellen Lage der Wasserwirtschaftsbranche, Durchführung der Investitionen, Modernisierung der vorhandenen Ausrüstung usw.

Hauptursachen der aktuellen Situation in der Branche sind unvollendete normative und rechtliche Grundlage wirtschaftlicher Mechanismen und mangelhafte Haushaltsfinanzierung.

Heutzutage basieren die Normen und Rechtsrahmen für die Abwasserableitung in der Russischen Föderation auf Grenzwerten. Die strengen Grenzwerte sollen zur Verringerung der Belastung der Gewässer führen.

Fast alle wichtigen Gewässer in Russland werden für die Fischerei genutzt, was die Betriebe der Wasserwirtschaft verpflichtet, das Wasser mit besserer Qualität zurückzugeben, als entnommen wurde.

Die Erfüllung des gesamten Komplexes der Fischerei-Forderungen, die bei den meisten Gewässer in Russland erhoben werden, ist wegen des Fehlens der funktionierenden Technologien und der notwendigen Finanzierung unmöglich zu realisieren.

In Russland gibt es kaum Kläranlagen, die solche Normen vollständig erfüllen. Die Normen der Grenzwerte für die Verunreinigungsstoffe für die städtischen Kläranlagen müssen entsprechend dem Niveau der technologisch erreichbaren Werte für die Biokläranlagen festgelegt werden. Meistens entnehmen die Wasserwerke das Wasser aus der Oberflächengewässern mit Biogrenzwert – 15 mg/l, wobei die Leistungsnorm von der Ableitung gereinigten Abwässer in die Gewässer – 3 mg/l beträgt.

Für die reale Verbesserung der Qualität des Wassers in den natürlichen Gewässern und die Annäherung der Zusammensetzung der städtischen Abwässer an möglichst strenge Reinigungsnormen ist es notwendig, regionale Stromgebietsnormen und komplexe Programme, mit denen sie schrittweise erreicht werden können, auszuarbeiten.

Außerdem sind die Verunreiniger, die kleinen und großen Betriebe, die ihre Abwässer in die städtische Kanalisationssysteme ableiten, zum Bau von lokalen Kläranlagen, die für den Unternehmen typische Verunreinigungsstoffe herausfiltern sollen, gesetzlich zu verpflichten.

Im Sinne der stabilen Funktionsfähigkeit der Wasserversorgungs- und Abwasserableitungssysteme sind die Restrukturierung, Modernisierung, Verbesserung der Finanzierungssysteme, Gewinn der Investitionen und die Realisierung der energiesparenden Programme bei allen Wasserwerken notwendig.
Die Verwirklichung der Rekonstruktionsmaßnahmen der städtischen zentralisierten Wasserversorgungs- und Abwasserableitungssysteme wird zur wesentlichen Qualitätsverbesserung des Trinkwassers, zur Steigerung der technologischen und sanitären Sicherheit des Wasserversorgungssystems und der Verminderung der Abwasserableitung in die Gewässer führen.

Die Maßnahmen wurden teilweise im Rahmen des Programms „Trinkwasserversorgung Russland“ (1999 - 2010) realisiert. Das Programm wurde von der russischen Regierung am 06.03.98 bestätigt und in allen Regionen Russlands durchgeführt.

Im Jahr 2001 wurden 176,305 Mio. Rubel aus dem russischen Staatshaushalt für die Realisierung der Maßnahmen des Programms ausbezahlt. Für das Jahr 2002 wird die Unterstützung für 79 Wasserwerke in Höhe 269,5 Mio. Rubel vorgesehen. Außerdem erhalten die föderativen Programme „Südrussland“ und „Fernost und Transbaikalien“ mehr als 1,4 Mrd. Rubel.

Die Regierung der Russischen Föderation und die Weltbank für Wiederaufbau und Entwicklung haben sich über die Vergabe eines Kredites in Höhe von 122,5 Mio. USD für die Modernisierung der Wasserversorgungs- und Abwasserableitungssysteme in 16 Städten Russlands geeinigt. Ein ähnliches Projekt wird zur Zeit mit der Europäischen Bank für Wiederaufbau und Entwicklung erörtert.
Die Steigerung der Produktivität der Wasserwirtschaft wird durch den Einsatz moderner Technologien realisiert. Zur Zeit gibt es eine große Auswahl an Technologien, Materialien, Ausrüstungen, Chemikalien usw., die für die Modernisierung der ganzen Wasserwirtschaft benötigt werden.

In den Maßnahmen der Qualitätsverbesserung des Trinkwassers ist die Verringerung des Chloreinsatzes und die Einführung von UV-Desinfektion vorgesehen. Diese Verfahren wurden schon in einigen Regionen (Wasserwerk Butowo, Moskau; Wasserwerk Selenograd, Moskauer Gebiet usw.) erfolgreich getestet. Die Anlagen werden schon in einigen Städten verwendet, z.B Toljatti, Kirischi, Samara, Saratov, Kirovsk usw.

Die vorgesehenen Maßnahmen werden die technologische und sanitäre Zuverlässigkeit der Wasserversorgung erhöhen. Als nächster Schritt wird auch die Minderung des Wasserverbrauchs und eine bessere Abwasserreinigung vorgesehen. Das alles sollte zum besseren ökologischen Zustand der Gewässer führen.

Eine Möglichkeit der Modernisierung und Neuaufrüstung der Pumpstationen der Wasserleitungen und Abwasserableitungen ist der Einbau von Frequenzwandlern. Die Anlage läßt zu, bis zu 60% Strom und 20% Wasser zu sparen. Außerdem werden auch die hydraulischen Stöße eliminiert und die Lebensdauer der Anlagen erhöht.

Eine effiziente Maßnahme für Abwasserreinigung ist heutzutage die Ozonierung. Das Verfahren findet in Russland immer größere Verwendung und ist schon in folgenden Städten durchgeführt worden: Kurgan, Novgorod, Moskau, Jaroslavl, Perm. In den Städen Kemerovo, Ishevsk usw. ist die Ozonierung für die Abwasserdesinfektion geplant.

Neue Chemikalien (Aluminium-Oxichlorid usw.) und Filter für die Wasserreinigung werden in folgenden Städten erfolgreich verwendet: Novosibirsk, Murmansk, Astrachan.

Die Lebensdauer der Wasserleitungen wird durch Verwendung von Rohren aus neu entwickelten Materialien (Polymer, Plastik usw.) und durch Sanieren des Leitungsnetzes 3-4 mal verlängert.

Für Notsituationen bei der technischen Ausrüstung müssen mobile und mit moderner Technik ausgestattete Einheiten gegründet werden, die die Möglichkeit haben, grabenlose Reparaturen durchzuführen. Außerdem ist das Monitoring des ganzes Systems rund um die Uhr nötig.

Ein richtiger Weg, um die Wasserwirtschaft in Russland zu stärken, ist die Privatisierung der Wasserwerke. Es könnten Aktiengesellschaften oder langfristige Pachten sein.

Um Investoren für die Modernisierung und Weiterentwicklung der Wasserwirtschaft zu gewinnen, ist folgendes notwendig:

- Bedingungen schaffen, die das Geld für den Wiederaufbau der Anlagen und Leitungsnetze anziehen
- Die Infrastruktur der Wasserwirtschaft ausarbeiten, die garantieren wird, dass Investitionen und Gewinne zu erreichen sind

Für die Verbesserung der Betriebsleistungen der Wasserwirtschaft ist es notwendig:

- Eine interdisziplinäre Expertengruppe zu gründen, die verschiedene Wasserverunreinigungsquellen differenzieren wird. Die Gruppe wird die Verordnungen und Förderungen für Wasserbetreiber und Verbraucher aus verschiedenen Branchen bestimmen. Außerdem wird diese Gruppe die notwendigen Maßnahmen für Umwelt- und Wasserressourcenschutz entwickeln.

- Die Ausarbeitung des föderativen „Trinkwassergesetzes“ zu beschleunigen. Das Gesetz sollte die Maßnahmen für die Verbesserung der Wasserversorgung der Bevölkerung Russland und den Gewässerschutz beinhalten.

- Die regionalen Normen für Abwasserableitung im Jahr 2002 und auch die Programme, die stufenweise zur Erreichung dieser Normen heranführen werden, auszuarbeiten.

Gosstroj (Bauministerium Rußland) schlägt die folgenden Veränderungen im Gesetzbuch der Russischen Föderation vor:

1. Organisationen der Wasserwirtschaft, deren Tätigkeit im Umweltschutzbereich liegt, bekommen Steuerprivilegien. Die Privilegien sollten im „Steuergesetzbuch“ bestätigt werden.
2. Gesetz über „Zahlungsunfähigkeit“ erstreckt sich nicht auf die Betriebe der Wasserwirtschaft.
3. Gesetze befreien die Betriebe der Wasserwirtschaft von der „Grundstückssteuer“

4. Im Wassergesetz Russlands muss die Verordnung über die Verteilung der Mittel, die für die Nutzung der Gewässer eingenommen werden, zugunsten des örtlichen (regionalen) Budgets verändert werden.

Das alles ist sehr wichtig für die Ausarbeitung allgemeiner Verordnungen zum Wasserschutz und Umweltschutz in Russland.

Anlage 11

Herangezogene Gesetze, Verordnungen, Technische Regeln und sonstige Schriftstücke

2002

Vorhaben:

„Modellhaftes technologisches Konzept für die Verbesserung der Sicherheit bei der Chlorlagerung am Beispiel eines Moskauer Großwasserwerkes in Verbindung mit Maßnahmen zur Verbesserung des anlagenbezogenen Gewässerschutzes“

UBS-FKZ 380 01 005

Euro Institute for Information and Technology Transfer in Environmental Protection GmbH

Zusammenstellung der wichtigsten Materialien, die teilweise oder ganz übersetzt wurden:

Gesetze und Richtlinien im Zusammenhang mit der Lagerung, dem Umschlag und der Dosierung von Chlor	
Nr.	**Titel**
DVGW	
W 203	Begriffe der Chlorung
W 224	Chlordioxid in der Wasseraufbereitung
W 225	Ozon in der Wasseraufbereitung
W 227	Kaliumpermanganat in der Wasseraufbereitung
W 251	Eigung von Fließgewässern für die Trinkwasserversorgung
W 292	Einrichtung unsd Einsatz mobiler Desinfektionsanlagen
W 293	UV-Anlagen zur Desinfektion von Trinkwasser
W 294	UV Desinfektionsanlagen für die Trinkwasserversorgung - Anforderungen und Prüfung
W 623	Dosieranlagen für Desinfektions- und Oxidationsmittel: Dosieranlagen für Chlor
W 624	Dosieranlagen für Desinfektions- und Oxidationsmittel: Dosieranlagen für Chlordioxid
W 625	Dosieranlagen für Desinfektions- und Oxidationsmittel: Dosieranlagen für Ozon
W 640	Überwachungs-, Meß-, Steuer- und Regeleinrichtungen in Wasserwerken
W 643	Einsatz von Betriebsmeßgeräten zur Kontrolle der Wassergüte
DIN	
19606	Chlorgasdosieranlagen zur Wasseraufbereitung; Anlagenbau und Betrieb
19607	Chlor zur Wasseraufbereitung, Techn. Lieferbed.
19608	Natriumhypochlorit zur Wasseraufbereitung; Technische Lieferbedingungen
19617	Natriumchlorit-Lösung zur Wasseraufbereitung
19627	Ozonerzeugungsanlagen zur Wasseraufbereitung
26028	Obere Füll- und Entleerunseinrichtungen für Druckgas-Kesselwagen
UVV	
VBG 16	Verdichter
VBG 21	Verwendung von Flüssiggas
VBG 53	Wasserwerke
VBG 61	Gase
VBG 62	Sauerstoff
VBG 65, 65 a	Chlorung von Wasser mit Durchführungsanweisung

BGI 618	Füllen von Druckbeh. mit Gasen
BGI 745, vorm. ZH 1/474 (Eng.),	Richtl. für die Verwendung von Ozon zur Wasseraufbereitung
ZH 1/262	Gefahrstoffe Ozon
ZH 1/701	Regeln für den Einsatz von Atemschutzgeräten
VdTÜV	
MB 100	Schnelltrennstellen für Flüssiggaslagerbehälteranlagen der Gruppen C und D nach den techn. Regeln Druckbeh. TRB 801 Nr. 25
MB 509	Sicherheitstechnische Maßnahmen zur Errichtung und Betrieb von Umfüllstellen für Flüssiggas aus Eisenbahnkesselwagen in Straßentankfahrzeuge
Technische Regeln Druckbehälter (TRB)	
TRB 001	Technische Regeln Druckbehälter Nr. 01, Aufbau des Regelwerkes
TRB 801	Technische Regeln Druckbehälter Nr. 25, Flüssiggaslagerbehälteranlagen
TRB 801	Technische Regeln Druckbehälter Nr. 26, Druckbeh. für Gase oder Gasgem. mit Betriebstemp. < -10°C
TRB 801	Technische Regeln Druckbehälter Nr. 27, Druckbeh. für Gase oder Gasgemische in flüssigem Zustand
TRB 851	Füllanlagen zum Abfüllen von Druckgasen aus Druckgasbehältern in Druckbehälter
TRB 852	Füllanlagen zum Abfüllen von Druckgasen aus Druckbehältern in Druckbehälter Betreiben *)
Technische Regeln Druckgase (TRG)	
TRG 101	Anlage 3, Gase mit einem tk > 70°C
VDI-Richtlinien	
VDI-Richtl. 8763	Blatt 2: Ausbreitungsrichtlinie für Schwergase
Sonstige	
CHV 12	DruckbehVO
DGfdB	Merkblatt 94.02: Arbeitshilfe zur Erstellung einer örtlichen Betriebsanweisung für Chlorungsanlagen unter Verwendung von Chlorgas
GGVE	Gefahrgutverordnung Eisenbahn
BImSchG	hieraus die 4., 9. 12. Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes; 1., 2., 3. VwV zur 12. VO des BImschG für genehmigungsbed. Anlagen
TA Luft	Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft
Trinkwasser-verordnung	Im Internet abrufbar unter: http://www.garmisch-partenkirchen.com/gesundheitsamt/gap/gesetze_behoerden/gesetze/trinkwasserverordnung/trinkwasserverordnung_index.htm
WHG	Wasserhaushaltsgesetz

Befüllen und Entleeren von Eisenbahnkesselwagen	
ZH 1/219	Merkblatt T015 der Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie
ZH 1/230	Merkblatt T020 der Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie
EUROCHLOR	
GEST 89/140	Specification for Flanged Steel Globe Valves - Bellows Sealed - for use on Liquid Chlorine
GEST 73/17	Low Pressure Storage of Liquid Chlorine
GEST 94/216	Experience of Non Asbestos Gaskets on Liquid and Dry Chlorine Gas Service
CHV =	Carl Heymanns Verlag
BV =	Beuth Verlag