

Beratungshilfe

des Bundesministeriums für Umwelt,
Naturschutz und Reaktorsicherheit

Beratungshilfe-Programm für den Umweltschutz in Mittel- und Osteuropa sowie
in den Neuen Unabhängigen Staaten

Förderkennzeichen 380 01 073

Konzepterarbeitung zur Modernisierung typisierter Kläranlagen in der Ukraine

von

Dr. Hettler & Partner - Consulting GUS

Dipl.-Ing. Elmar Baumann

IM AUFTRAG
DES UMWELTBUNDESAMTES

Oktober 2004

Berichts-Kennblatt

1. Berichtsnummer UBA-FB	2.	3.
4. Titel des Berichts Konzepterarbeitung zur Modernisierung typisierter Kläranlagen in der Ukraine		
5. Autor(en), Name(n), Vorname(n) Baumann, Elmar		8. Abschlussdatum 31.10.04
6. Durchführende Institution (Name, Anschrift) Dr. Hettler & Partner Volmerstr. 7B 12489 Berlin		9. Veröffentlichungsdatum 31.10.04
		10. FKZ 380 01 073
		11. Seitenzahl 42
		12. Literaturangaben
7. Fördernde Institution (Name, Anschrift) Umweltbundesamt Postfach 33 00 22 14191 Berlin		13. Tabellen und Diagramme 3
		14. Abbildungen 5
15. Zusätzliche Angaben Hinweis auf verfügbare Berichte		
16. Zusammenfassung Zur Konzepterarbeitung für eine Modernisierung der typisierten Kläranlagen in der Ukraine (Größenordnung: 100.000-300.000 Einwohner) wurden die Rahmenbedingungen im Zielland ermittelt. Eine Bestandsaufnahme ausgewählter Kläranlagen ermöglichte verallgemeinerungsfähige Aussagen zum bau- und ausrüstungstechnischen Zustand, zur verfahrenstechnischen Struktur und zur Funktion. Der Einfluss der Entwässerungssysteme auf die Abwasserreinigung wurde anhand einer Betrachtung einzelner Kanalnetze bewertet. Für die erforderliche Modernisierung der Kläranlagen wurden Empfehlungen hinsichtlich der Verfahrensauswahl für biologische Abwasserreinigung und Schlammbehandlung gegeben und Vorzugsvarianten für Sanierungs- und Neubauvarianten erarbeitet. Die Empfehlungen berücksichtigen den aktuellen Anlagenzustand, das verfügbare Budget und die Betriebsbedingungen in der Ukraine. Im Hinblick auf realistische Reinigungsziele konnte eine Ausnahmeregelung des Komitees für Kommunalwirtschaft von den GOST- und SNiP-Normen erreicht werden; zur Anwendung dürfen jetzt deutsche (ATV-) bzw. EU-Standards kommen. Beschrieben werden Vorschläge zur Rekonstruktion der einzelnen Reinigungsstufen unter Berücksichtigung ihrer Priorität und der Umsetzung unter Betriebsbedingungen. Hinweise zum planerischen Gesamtkonzept und den erforderlichen Voruntersuchungen, dem Nachweis der Wirtschaftlichkeit und der Finanzierung runden die Untersuchung ab. Für die Verbreitung und mögliche Anwendung der Projektergebnisse wurden das Komitee für Kommunalwirtschaft, die Assoziation der unabhängigen Städte und Gemeinden, die Technische Universität Rowno und verschiedene VODO KANAL-Betriebe als Multiplikatoren in das Vorhaben einbezogen. Das Beratungshilfeprojekt wurde durch eine Vorstellung der Projektergebnisse im Rahmen eines kommunalwirtschaftlichen Symposiums in der Ukraine und in Deutschland abgeschlossen.		
17. Schlagwörter Ukraine, typisierte Kläranlagen, Modernisierung, Abwasserreinigung		
18. Preis 137.488,00 EUR	19.	20.

Report identification sheet

1. Report no. UBA-FB	2.	3.
4. Title of the report Preparation of a plan for modernizing typified sewage plants in the Ukraine		
5. Author(s), surname(s), first name(s) Baumann, Elmar		8. Closing date 31/10/04
6. Executive institution (name, address) Dr. Hettler & Partner Volmerstr. 7B 12489 Berlin		9. Date of publication 31/10/04
		10. FKZ 380 01 073
		11. Number of pages 42
		12. Literature
7. Promoting institution (name, address) Federal Environmental Agency Postfach 33 00 22 14191 Berlin		13. Tables and diagrams 3
		14. Illustrations 5
15. Additional data Reference to available reports		
16. Abstract The basic conditions existing in the target country were investigated to prepare a plan for modernizing the typified sewage plants in the Ukraine (capacity: 100,000 – 300,000 persons). An inventory of selected sewage plants allowed to provide generalizable data on the condition relating to their construction and equipment, technological structure and functioning. The effects of the drainage systems on sewage treatment were assessed by considering individual sewerage systems. Recommendations for the selection of biological sewage and sludge treatment processes were given and preferential variants for the rehabilitation of existing and building of new plants were prepared for the required modernization of sewage plants. The recommendations take the actual condition of the plants, the available budget and the operational conditions in the Ukraine into account. In view of setting realistic treatment targets it was possible to achieve an exemption from GOST and SNiP standards by the Ukrainian State Committee for Housing and Municipal Services. Now, German (ATV) or EU standards may be applied. Suggestions on how to restore the individual treatment stages with regard to their priority and implementation, given operational conditions, are described. Information on the overall plan and the preliminary investigations required, the proof of profitability and financing complete the investigation. The Ukrainian State Committee for Housing and Municipal Services, the Association of Independent Cities and Communities, the Technical University Rovno and various VODOKANAL enterprises were included in the project as multipliers to spread and, if possible, apply the project results. The counselling project was concluded by presenting the project results in the framework of a symposium relating to municipal services in the Ukraine and in Germany.		
17. Keywords Ukraine, typified sewage plants, modernization, sewage treatment		
18. Price 137,488.00 EUR	19.	20.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	6
2. Erfahrungsbericht zum Vorhaben	7
2.1. Grundlagenermittlung	8
2.1.1. Abwasserreinigung in der Ukraine	8
2.1.2. Technische Standardisierung.....	9
2.1.3. Gesetzliche Rahmenbedingungen	9
2.2. Bestandsaufnahme ausgewählter Kläranlagen	11
2.2.1. Vorgehensweise	11
2.2.2. Zustand der Bauten und der technischen Ausrüstungen	11
2.2.3. Funktion	12
2.2.4. Verfahrenstechnische Struktur der untersuchten Kläranlagen	13
2.3. Beitrag des Kanalnetzes zu einer Verbesserung der Abwasserbehandlung.....	13
2.3.1. Einleitung	13
2.3.2. Vorgehensweise	14
2.3.3. Zustand und Betrieb der Kanalnetze.....	14
2.4. Modernisierung typisierter Kläranlagen in der Ukraine	15
2.4.1. Rahmenbedingungen.....	15
2.4.2. Dimensionierung der Kläranlagen.....	16
2.4.3. Bauwerke	18
2.4.4. Ausrüstungen.....	19
2.4.5. Verfahrensauswahl	19
2.4.5.1. Biologische Abwasserreinigung.....	19
2.4.5.2. Schlammbehandlung.....	20

2.4.6. Vorzugsvarianten	22
2.4.7. Vorschläge zur Rekonstruktion der Reinigungsstufen	24
2.4.7.1. Becken	24
2.4.7.2. Ausrüstungen	25
2.4.8. Umsetzung	25
3. Vorstellung der Projektergebnisse	27
4. Ausblick	27
Anhang	29
Anhang 1: Untersuchte typisierte Kläranlagen	29
Anhang 2: Übersichtsdarstellung der Fließbilder aller 5 Kläranlagen	31
Anhang 3: Verfahrenstechnische Struktur der typisierten Kläranlagen	33
Anhang 4: Vorzugsvarianten der Modernisierung	37
Anhang 5: Kläranlage Lutzk, Sanierungsvariante 1	41

1. Einleitung

Die unzureichende Abwasserreinigung ist ein zentrales Umweltproblem in der Ukraine. In ländlichen Gebieten wird das Abwasser zumeist unbehandelt in Gewässer eingeleitet; in den Städten erfolgt die Abwasserreinigung aufgrund des schlechten technischen Zustandes und der ungenügenden Kapazität der Anlagen nur unzureichend und ineffizient.

Das vorliegende Beratungsprojekt gibt Hinweise für Rekonstruktion und Neubau der dringend benötigten Kläranlagenkapazität. Betrachtet werden Kläranlagen mit einer Anschlussgröße von 100.000 bis 300.000 Einwohnern. Die Einwohnerzahl von etwa einem Drittel der ukrainischen Städte liegt in diesem Größenbereich; eine Verbesserung der Reinigungsleistung der dazugehörigen Kläranlagen hätte daher einen erheblichen Effekt auf die Gewässergüte. Die Aussichten zur Umsetzung von Modernisierungsvorhaben sind in dieser Größenordnung im Vergleich mit anderen Größenklassen von Kläranlagen vergleichsweise günstig.

Besondere Beachtung finden die örtlichen Verhältnisse sowie die rechtlichen, organisatorischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen in der Ukraine. Die nachhaltige Verbesserung der Gewässerqualität, die erklärtes Ziel der ukrainischen Regierung ist, kann durch eine rationelle Rekonstruktion der typisierten Altanlagen erreicht werden. Dabei soll ein sinnvoller Ausgleich der ökologischen Anforderungen, des technisch Machbaren und der wirtschaftlichen Möglichkeiten erreicht werden.

Die Projektidee entwickelte sich aus den Erfahrungen, die im Rahmen der beiden Vorlaufervorhaben („Möglichkeiten der Förderung von umweltorientierter Unternehmensführung in der Ukraine durch Partnerschaften von Unternehmen der Zielregion mit deutschen Unternehmen“, FKZ 201 19 102; „Möglichkeiten der Förderung von umweltorientierter Unternehmensführung in der Ukraine“, 380 01 036) gewonnen wurden. Bei der Bestandaufnahme der betrieblichen Umweltsituation von 3 VODOKANAL-Betrieben wurden Betriebschecks der Kläranlagen durchgeführt. Dabei fielen vergleichbare technische und bauliche Mängel an den nach sowjetischen Typenprojekten errichteten Anlagen auf.

Für nahezu alle ukrainischen VODOKANAL-Betriebe besteht die Notwendigkeit einer grundlegenden Rekonstruktion ihrer Kläranlagen. Sowohl die VODOKANAL-Betriebe als auch das zentralstaatliche Komitee für Kommunalwirtschaft sind daher an der Erarbeitung eines übertragbaren Konzeptes zur Rekonstruktion sehr interessiert.

Die Konzepterarbeitung erfolgte in enger Abstimmung mit dem Komitee für Kommunalwirtschaft der Ukraine, der Technischen Universität Rowno (Institut für Abwassertechnik am Lehrstuhl für Wasserwirtschaft), dem Deutsch-Ukrainischen Institut und Konsultationszentrum sowie verschiedenen VODOKANAL-Betrieben.

Insbesondere für Fragen der Dimensionierung (aktueller Trinkwasserverbrauch, Möglichkeiten und Perspektive der Reduzierung des Wasserverbrauches) wurde aktuelles Datenmaterial aus dem KfW-Projekt „Beratung ukrainischer Wasserversorger, Beispiel: Rowno“ (laufendes Vorhaben, Veröffentlichung voraussichtlich 07/05) genutzt und so eine inhaltliche und strukturelle Vernetzung beider Vorhaben hergestellt.

Für die Auswahl geeigneter Reinigungsverfahren wurde der Stand der Technik hinsichtlich der Eignung unter den ukrainischen Bedingungen (Implementierung in den bestehenden Kläranlagen, klimatische Bedingungen, Hydraulik und Schmutzfracht, Ausbildungsniveau des Kläranlagenpersonals) bewertet. Beachtung fanden insbesondere die Fachliteratur und Veröffentlichungen der Abwassertechnischen Vereinigung e.V. (ATV), der International Water Association (IWA, früher International Association on Water Quality, IAWQ) sowie der Expertengruppe „Design, Operation and Economics of Large Wastewater Treatment Plants“ (Planung, Betrieb und Wirtschaftlichkeit großer Kläranlagen) der IWA.

2. Erfahrungsbericht zum Vorhaben

Das vorliegende Projekt gliederte sich in 4 einzelne Komplexe: Grundlagenermittlung, Bestandsaufnahme typisierter Kläranlagen, Betrachtung der Kanalnetze sowie Modernisierung der Kläranlagen.

Auf ukrainischer Seite wurde der Vorsitzende des Komitees für Kommunalwirtschaft, Herr Semtschuk, laufend über die Ergebnisse informiert. Der Abteilungsleiter Wasserversorgung und Abwasserwirtschaft im Komitee für Kommunalwirtschaft, Herr Chomko, wurde als fachlicher Berater auf ukrainischer Seite eingebunden.

2.1 Grundlagenermittlung

2.1.1 Abwasserreinigung in der Ukraine

Die technischen Anlagen zur Abwasserableitung (Kanalisation) und Abwasserreinigung (Kläranlagen) in der Ukraine befinden sich in einem Zustand fortgeschrittenen physischen Zerfalls. Seit dem Bau wurden keine grundlegenden Maßnahmen zur Instandhaltung und Sanierung durchgeführt. Obwohl die städtischen Ballungszentren der Ukraine eine weitgehende abwassertechnische Erschließung aufweisen (Anschlussgrad an die Kanalisation > 95%, 80% des anfallenden städtischen Abwassers werden in mechanisch-biologischen Kläranlagen gereinigt), ist seit Mitte der 1980er Jahre eine fortschreitende Verschlechterung der gesamten Abwasserreinigung festzustellen. Probleme im Anlagenbetrieb und die mangelhafte Reinigungsleistung ergeben sich aus dem schlechten technischen Zustand sowie der fehlenden Wartung der Kläranlagen.

Der größte Teil des in die Vorfluter eingeleiteten kommunalen Abwassers ist nicht oder nicht vollständig geklärt; damit führt die Einleitung - trotz des verhältnismäßig geringen Anteils von 5% am Gesamtabfluss - zu einer starken Verschmutzung der natürlichen Gewässer. Es ist davon auszugehen, dass die tatsächliche Belastung der Vorfluter durch die Abläufe der kommunalen Kläranlagen in der Ukraine wesentlich höher ist, als anhand der Werte der Eigen- und Fremdüberwachung abzuleiten wäre.

Durch die Einleitung ungenügend gereinigten Abwassers erwachsen gravierende Probleme hinsichtlich der Trinkwassergewinnung, die in der Ukraine überwiegend aus Oberflächengewässern erfolgt.

Die Behandlung und Entsorgung des bei der biologischen Abwasserreinigung anfallenden Klärschlammes ist seit Jahren nicht geklärt; die vorgesehene Klär-

schlammfäulung hat infolge der mangelhaften Technologie und Ausführung der Faultürme nie funktioniert, so dass diese Anlagen durchgängig nicht mehr in Betrieb sind.

2.1.2 Technische Standardisierung

Die abwassertechnischen Anlagen der Ukraine sind - wie in den anderen Teilrepubliken der UdSSR - durchgängig als standardisierte Typenprojekte geplant und realisiert worden. Relevante Vorschriften sind die entsprechenden GOST (russische Abkürzung für „Staatlicher Standard“)- und SNiP (russische Abkürzung für „Bau Normen und Regeln“)-Standards für Ausrüstungen und Bau.

Für eine Reihe von bestehenden Kläranlagen wurden noch vor 1991 standardisierte Erweiterungs- und Sanierungsprojekte aufgelegt, aber nie realisiert. Mit den veralteten Technologien der Typenprojekte sind erfahrungsgemäß die geltenden Einleitbedingungen nicht zu erreichen. Die Umsetzung dieser Projekte wird daher für die Rekonstruktion der typisierten Kläranlagen von ukrainischer Seite nicht angestrebt.

Für das vorliegende Projekt wurde vom Komitee für Kommunalwirtschaft die Ausnahme von den gültigen GOST- und SNiP-Normen in Aussicht gestellt. Dies bezieht sich zum einen auf den Pro-Kopf-Wasserverbrauch: Hier darf mit 160 l/d dimensioniert werden, also einem Wert, der in der Ukraine offiziell erst 2010 zur gültigen Norm wird; der aktuelle Normwert liegt bei 300 l/d. Zum anderen dürfen ausländische Anbieter mit Ablaufwerten rechnen, wie sie auf ihrem heimischen Markt (bzw. nach EU-Richtlinie 91/271/EWG) gültig sind.

2.1.3 Gesetzliche Rahmenbedingungen

Die gesetzlichen Vorgaben zum Wasserrecht („Wassergesetz der Ukraine“ und das Gesetz „Über Trinkwasser und Trinkwasserversorgung“, außerdem Durchführungsbestimmungen) sind durch unklare und z T. widersprüchliche Aussagen gekennzeichnet.

Die geforderte Reinigungsleistung der Kläranlagen in der Ukraine ist unabhängig von ihrer Anschlussgröße. Dies stellt tendenziell an die kleineren Anlagen

unangemessen hohe Anforderungen; in anderen europäischen Ländern (wie auch in der EU-Wasserrahmenrichtlinie) werden nach Anschlussgröße gestaffelte Einleitbedingungen definiert. Die nachfolgende Tabelle zeigt die wichtigsten Parameter, die die Basis für die Einleitgenehmigung darstellen (zum Vergleich: Deutschland und EU):

Tabelle 1: Direkteinleitung gereinigten Abwassers in Oberflächengewässer

Grenzwerte	CSB	BSB₅	abfiltrierbare Stoffe
Ukraine: bis 1999 gültig	30 mg/l	6 mg/l	6 mg/l
Ukraine: seit 1999 gültig ¹	80 mg/l	15 mg/l	15 mg/l
Deutschland: gültig für Größenklasse 5 (> 100.00 EW) ²	75 mg/l	15 mg/l	--
EU-Richtlinie 91/271/EWG ³ (prozentuale Mindestverringering)	125 mg/l (75%)	25 mg/l (70-90%)	35 mg/l (90%)

¹ Ukraine: weiterhin keine generellen Grenzwerte für Stickstoff und Phosphor

² Grenzwerte für Stickstoff und Phosphor gelten generell (NH₄-N 10 mg/l, N_{ges} 13 mg/l, P_{ges} 1 mg/l).

³ EU: Bei Ausweisung des Vorfluters als sog. empfindliches Gebiet müssen Grenzwerte für Stickstoff und Phosphor eingehalten werden.

Selbst nach der Reduzierung der Anforderungen (1999) sind die Einleitbedingungen für eine Vielzahl ukrainischer Kläranlagen nicht zu erfüllen. Es sind Fälle bekannt, in denen auf den Bau einer Kläranlage verzichtet wurde, da die gesetzlichen Einleitbedingungen nicht zu erfüllen gewesen wären.

Bei der Genehmigung von Kläranlagen gibt es keinen Unterschied zwischen Neubau und Rekonstruktion. Die alten Einleitbedingungen werden bei Rekonstruktion oder Erweiterung in der Regel beibehalten. Im Genehmigungsverfahren wird die theoretische Aufnahmefähigkeit des Vorfluters ermittelt; dies kann auch zur Vorgabe von Grenzwerten für Stickstoff und Phosphor führen.

Im Abkommen über Partnerschaft und Kooperation zwischen der Ukraine und der EU (1994) wurde festgelegt, dass die Ukraine gesetzliche Vorschriften der EU in die nationale Gesetzgebung übernehmen soll (Artikel 51). Bei einer Implementierung der EU-Richtlinien im Wassersektor beständen die Schwierigkeiten für die Ukraine nicht in einer Anpassung der Ablaufkonzentrationen, sondern vielmehr in der aufwendigen praktischen Umsetzung der weiteren Vorga-

ben der EU-Richtlinie 91/271/EWG (Instandsetzung der Kanalnetze und Kläranlagen) sowie einer Kontrolle der Reinigungsleistung.

2.2 Bestandsaufnahme ausgewählter Kläranlagen

2.2.1 Vorgehensweise

Für die Bestandsaufnahme wurden beispielhaft 5 Anlagen in Rowno, Kremenchuk, Poltawa, Lutzk und Shitomir untersucht (s. Tabelle in Anhang 1). Die Erfassung und Auswertung der Daten erfolgte anhand einer detaillierten Checkliste und einer fotografischen Dokumentation. Weitere Informationen wurden in Interviews mit den Betriebsleitern, Technologen und anderen leitenden VODOKANAL-Mitarbeitern recherchiert (ausführliche Darstellung im „2. Zwischenbericht, 16.02.2004“, Anhang: Tabellarische Bestandsaufnahme der Kläranlagen). Die Zusammenstellung der Fließbilder ermöglicht strukturelle Vergleiche der betrachteten Anlagen (s. Anhang 2). Aus den erhobenen Daten wurden verallgemeinerungsfähige Informationen über die typisierten Kläranlagen herausgearbeitet.

2.2.2 Zustand der Bauten und der technischen Ausrüstungen

Das Ausmaß der Korrosion an den Betonbecken ist von Anlage zu Anlage unterschiedlich und differiert in Abhängigkeit von der Qualität der beim Bau verwendeten Materialien, der projektgemäßen Bauausführung und der (zumeist ausbleibenden) Instandhaltung. Becken und Gebäude in Ziegelbauweise weisen häufig eine ungenügende Isolation gegen Feuchtigkeit auf. Durch die über längere Zeit ungehindert eindringende Feuchtigkeit wird die Bausubstanz gefährdet und letztlich zerstört. In gutem Zustand befinden sich z.T. die Verwaltungs- und Laborgebäude. Die Ausstattung der Labore ist zwar meist über 15 Jahre alt, wird aber außerordentlich gut gewartet und instandgehalten.

Die anlagentechnischen Ausrüstungen befinden sich nahezu durchgängig in schlechtem bis sehr schlechtem Zustand, vorwiegend aufgrund der Verwendung von unlegiertem Baustahl. Edelstahl oder anderweitig korrosionsgeschützter Stahl ist auf den Kläranlagen in der Ukraine nicht zu finden. In aller Regel

sind die Ausrüstungen seit Jahren in Betrieb; durch unzureichende oder völlig fehlende Wartung kommt es zu einem unverhältnismäßig starken und schnellen Verschleiß. Defekte Ausrüstungen werden teilweise nicht ersetzt, so dass einzelne Verfahrensstufen praktisch ohne Effekt arbeiten. Die unbefriedigende Leistung der Kläranlagen resultiert insgesamt aus der mangelhaften Qualität der Ausrüstungen sowie ihrem nicht projektgemäßen Einsatz und fehlerhaften Einbau. Für eine Verbesserung der Reinigungsleistung müssen praktisch alle technischen Ausrüstungsbestandteile ausgetauscht werden.

Die Kläranlagen verfügen über keine moderne Steuer- und Regelungstechnik. Die EMSR (Elektro- Mess-, Steuer- und Regel-)-Technik ist bei einer Modernisierung komplett zu erneuern.

Durch die vergleichbare verfahrenstechnische Struktur der typisierten Kläranlagen weisen auch die auftretenden bau- und ausrüstungstechnischen sowie funktionellen Mängel eine große Ähnlichkeit auf.

2.2.3 Funktion

Bei der Begehung der Anlagen waren Funktionsstörungen einzelner Verfahrensstufen bereits visuell zu erkennen. Beispiele hierfür sind die mangelnde Rückhaltung von Grobstoffen in der Rechenstufe, die ungleichmäßige Belüftung sowie Lecks der Belüftungsleitungen in den Belebungsbecken sowie Schlammabtrieb und Ausgasungserscheinungen in den Vor- und Nachklärbecken.

Es ist davon auszugehen, dass die tatsächliche Reinigungsleistung nicht den gesetzlichen Vorgaben entspricht, in Ermangelung einer absehbaren Rekonstruktion der Anlagen aber von den Behörden toleriert wird.

Da die projektgemäße Reinigungsleistung und die dauerhafte, einwandfreie Funktion aufgrund des schlechten baulichen und ausrüstungstechnischen Zustandes nicht erreicht werden können, sind mittelfristig grundlegende Rekonstruktionsmaßnahmen bei allen Kläranlagen dieser Größenklasse erforderlich.

2.2.4 Verfahrenstechnische Struktur der untersuchten Kläranlagen

Der Vergleich der 5 Kläranlagen (Übersichtsdarstellung der Fließbilder, s. Anhang 2) zeigt deutlich die Ähnlichkeiten bei Struktur und baulicher Ausführung. Besonders auffällig ist dies bei den Rundbecken, die identisch für Vor- und Nachklärung eingesetzt werden. Die Reduzierung der Abwassermenge infolge der beginnenden Verringerung des Trinkwasserverbrauchs sowie von Betriebs-schließungen hat bei vielen Kläranlagen zu einer geringeren Ausnutzung der hydraulischen Anlagenkapazität geführt (s. Anhang 1); daher wurden vielfach Anlagenteile außer Betrieb genommen. Dies ist auf den Fließbildern der einzelnen Kläranlagen (s. Anhang 2) gut zu erkennen.

Eine Übersicht und zusammenfassende Bewertung der einzelnen Anlagenteile der typisierten Kläranlagen zeigt die Tabelle in Anhang 3.

2.3 Beitrag des Kanalnetzes zu einer Verbesserung der Abwasserbehandlung

2.3.1 Einleitung

Bei der Abwasserentsorgung bilden Kanalisation und Kläranlage ein kombiniertes System. Der Transport des Abwassers beeinflusst das Betriebsregime der Kläranlage u.a. durch die wechselnde Tagesganglinie von hydraulischer und frachtmäßiger Belastung. Für das Prozessziel der Abwasserbehandlung ist bei einer umfassenden Betrachtungsweise auch die Dichtigkeit der Kanalisationsleitungen von Belang: Undichte Leitungen bedingen In- oder Exfiltrationen und damit zum einen eine hydraulische Mehrbelastung von Kanalnetz und Kläranlage durch eindringendes Grundwasser und zum anderen eine Kontamination von Boden und Grundwasser durch austretendes Abwasser. Bei Mischwasserkanalisationen, wie sie in der Ukraine häufig anzutreffen sind, spielt die Zwischenspeicherung und ggf. gezielte Entlastung von anfallendem Regenwasser eine wichtige Rolle für eine umweltgerechte Abwasserbehandlung.

2.3.2 Vorgehensweise

Technische Informationen zum Kanalnetz wurden für die Städte Rowno, Kremmentschuk, Poltawa, Lutzk und Shitomir gesammelt. Die Recherche wurde durch die unzureichende Dokumentation in den VODOKANAL-Betrieben erschwert. Neben der Nutzung aller verfügbaren Unterlagen und Studien wurden Interviews mit VODOKANAL-Mitarbeitern, örtlichen Projektanten und Dozenten der TU Rowno geführt. Die beste Datenbasis liegt für das Kanalnetz der Stadt Rowno vor. Für das laufende KfW-Vorhaben „Beratung ukrainischer Wasserversorgungsunternehmen“ wurde bei RIVNEVODA mit einer systematischen Ordnung von Bestandsunterlagen begonnen; so konnten für das vorliegende Projekt Synergien genutzt werden.

Aus den erhobenen Daten und Informationen der einzelnen Städte wurden verallgemeinerungsfähige Aussagen über die Kanalnetze ukrainischer Städte (100.000-300.000 Einwohner) im Hinblick auf das Zusammenwirken mit den Kläranlagen herausgearbeitet.

2.3.3 Zustand und Betrieb der Kanalnetze

Die Reinigungs- und Inspektionsarbeiten am Kanalnetz werden nur in einem sehr begrenzten Umfang ausgeführt. Bei kleineren Leitungen werden Reinigungsarbeiten manuell mit einfachen Geräten und Hilfsmitteln durchgeführt. Spülfahrzeuge sind vorhanden, arbeiten aber mit einem sehr niedrigen Druck; die Reinigungsleistung ist vergleichsweise gering. Saugfahrzeuge zur Aufnahme des Spülgutes sind ebenfalls vorhanden. Andere Reinigungshilfen, wie z.B. Spülklappen, sind unbekannt.

Kommt es zu erheblichen Verstopfungen in den Haltungen, die sich nicht mit der vorhandenen Reinigungstechnik beseitigen lässt, so wird der Kanal an der betreffenden Stelle freigelegt, geöffnet und nach der Beseitigung der Verstopfung wieder verschlossen.

Eine Inspektion der Kanäle ist nicht möglich, da keinerlei Inspektionstechnik zur Verfügung steht; selbst einfache Verfahren wie die Kanalspiegelung werden nicht angewandt. Nur in Kremmentschuk wurden Kamerabefahrungen zu Ver-

suchszwecken durchgeführt. Gesicherte Erkenntnisse über den Bauzustand sind deshalb praktisch nicht vorhanden, sie können lediglich sporadisch und örtlich sehr begrenzt bei durchgeführten Bauarbeiten gewonnen werden. Die verwendeten Dichtungsmaterialien, die Mängel der Bauausführung und das Alter der Kanäle legen aber die Annahme nahe, dass erhebliche Undichtigkeiten in den Kanalnetzen vorhanden sind. Je nach Lage des Grundwasserspiegels kommt es dadurch zu Ex- bzw. Infiltrationen.

In den untersuchten Städten mit Mischkanalisation gibt es praktisch keinerlei Kapazitäten zur Rückhaltung von Niederschlagswasser; Stauraumkanäle und Regenrückhaltebecken existieren nicht. Die vorhandenen Regenüberläufe in den untersuchten Kanalnetzen stellen lediglich Notentlastungen dar, die beim Überschreiten eines kritischen Wasserstandes das anfallende Mischwasser in die Vorflut abschlagen. Eine Mischwasserbehandlung vor dem Einleiten in den Vorfluter erfolgt nicht.

2.4 Modernisierung typisierter Kläranlagen in der Ukraine

2.4.1 Rahmenbedingungen

Bei der Modernisierung der Kläranlagen müssen die mit der Abwasserreinigung verknüpften Infrastrukturbereiche berücksichtigt werden. Idealerweise wird eine Abwasserzielplanung im Rahmen eines Generalentwässerungsplanes erstellt, die als Grundlage für die Dimensionierung der Kläranlage dient. Dies wird in den ukrainischen Städten aus finanziellen Gründen nicht immer möglich sein, so dass u.U. auch ein weniger aufwendiges Procedere denkbar ist.

So kann im Rahmen eines Programms zur Verbesserung der Trinkwasserversorgung durch geeignete Maßnahmen (Öffentlichkeitsarbeit/public awareness, Verzählerung und direkte Abrechnung, Verringerung von Verlusten durch defekte Armaturen beim Verbraucher) der Wasserverbrauch drastisch reduziert werden. Hiermit verringert sich die hydraulische Belastung der Kläranlage signifikant. Ein weiterer Vorteil sind die geringeren Energiekosten der Abwasserpumpwerke.

Das Kanalnetz beeinflusst wesentlich die Abwasserreinigung. Bei der Erarbeitung eines Generalentwässerungsplans ist auch zu prüfen, ob es sinnvoll ist, an der vorhandenen Netzstruktur etwas grundlegend zu ändern. Zur Entlastung des Kanalnetzes und zur Verminderung der Energiekosten könnte es sinnvoll sein, in Teilen der Stadtgebiete generell eine Trennkanalisation zu errichten. Es wäre auch denkbar, das Kanalnetz insgesamt als Mischwasserkanalisation weiter zu betreiben, aber aus bestimmten Teilgebieten gering belastetes Regenabwasser über einen eigenen Kanal abzuführen und direkt in den Vorfluter einzuleiten. Zur Sicherstellung der Rohrdichtigkeit sollte im Ergebnis von Monitoringmaßnahmen (z.B. Kamerabefahrung) eine Prioritätenliste der zu sanierenden Kanalabschnitte erstellt und über einen mehrjährigen Zeitraum sukzessive abgearbeitet werden.

Bei der Modernisierung der Kläranlage ist prinzipiell ein an die örtlichen Verhältnisse angepasstes Vorgehen erforderlich; Auslegungsdaten und baulicher Zustand müssen detailliert aufgenommen werden, um eine Planung zu erstellen. Dabei ist es generell denkbar, die Anforderungen an die Reinigungsleistung der Kläranlage in Abhängigkeit der verfügbaren finanziellen Mittel (z.B. begrenzte Mittel aus dem kommunalen Budget ohne Kreditfinanzierung) zu modifizieren. Damit sind auch Stufenlösungen vorstellbar, bei der beispielsweise die Nährstoffelimination erst zu einem späteren Zeitpunkt realisiert wird. Für eine Verbesserung der Gewässergüte in der Ukraine ist es wirkungsvoller, eine größere Anzahl von Kläranlagen nach und nach zu ertüchtigen, als wenige Kläranlagen mit höchsten Reinigungsleistungen zu modernisieren. Unrealistische Reinigungsziele haben sich bereits in der Vergangenheit in der Ukraine als kontraproduktiv erwiesen.

2.4.2 Dimensionierung der Kläranlagen

Für die genaue Dimensionierung und den Betrieb von Kläranlagen ist die Kenntnis der Charakteristik des Abwasserzulaufs (Hydraulik und Fracht) von grundlegender Bedeutung. Unter den gegenwärtigen Bedingungen in der Ukraine ergeben sich für die Dimensionierung folgende Probleme:

1. Es gibt keine belastbaren Daten zu den Abwassermengen bei den bestehenden Kläranlagen. Mengenummessungen im Kläranlagenzulauf existieren nicht, die Ermittlung der Abwassermengen erfolgt daher anhand der Laufzeiten der Pumpstationen im Kanalnetz. Diese Ermittlung arbeitet aber mit theoretischen Förderleistungen, die aufgrund der lokalen Gegebenheiten stark von der Pumpenkennlinie abweichen können.
2. Es existieren keinerlei Messungen zur Tagesganglinie des Abwasserzuflusses. Außerdem sind die Messwerte der Abwasserkonzentrationen im Kläranlagenzulauf nicht immer vertrauenswürdig. Daraus ergibt sich, dass ein umfangreiches Messprogramm über einen längeren Zeitraum durchgeführt werden muss, um aussagekräftige Daten zu erhalten.

Für die Modernisierung der Abwasserreinigung sollen die bestehenden Kläranlagenstandorte genutzt werden. Dies ermöglicht die unveränderte Nutzung des Anschlusses ans Kanalnetz und ggf. die Einbeziehung vorhandener baulicher Einrichtungen der Kläranlagen; darüber hinaus ist kein Ankauf neuer Flächen erforderlich.

Eine Übernahme der Auslegungsdaten der bestehenden typisierten Kläranlagen ist nicht möglich: Zum einen gibt es Hinweise, dass die Anlagen nicht exakt hinsichtlich der realen Belastung geplant wurden. Zum anderen hat sich der Abwasserzulauf in Bezug auf Menge und Konzentration z.T. drastisch verändert, so durch die Schließung von Industriebetrieben. Die bestehenden Kläranlagen sind daher aus heutiger Sicht tendenziell hydraulisch überdimensioniert. Da ein Anschluss weiterer Gebiete in der Regel nicht geplant ist und die betreffenden Städte vollständig erschlossen sind, ist mit keiner gravierenden Erhöhung von Zulaufmenge und -fracht zu rechnen. Aufgrund veränderten Verbraucherverhaltens, das durch die individuelle Abrechnung des gemessenen Trinkwasserverbrauchs gefördert wird, geht der Wasserverbrauch im Gegenteil deutlich zurück. In der Tendenz wird daher die von den Kläranlagen zu behandelnde Abwassermenge sinken, wobei die Konzentrationen der Abwasserinhaltsstoffe bei konstanter Fracht steigen. Aktuell sind die durchschnittlichen Schmutzkonzentrationen im Zulauf ukrainischer Kläranlagen mit 150-250 mg BSB₅/l relativ

gering. Dies weist auf eine Verdünnung des Abwassers hin, die zum einen aus dem hohen Trinkwasserverbrauch und zum anderen aus Fremdwasserinfiltrationen ins Kanalnetz resultieren kann.

Die Dimensionierung muss daher für jede Kläranlage einzeln erfolgen, wobei die Auslegungsdaten aktuell zu ermitteln sind. Eine deutliche Senkung des Trinkwasserverbrauches ist auch im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit der Abwasserreinigung unbedingt erforderlich, da sonst die Investitions- und Betriebskosten der Kläranlage unverträglich hoch liegen. Für die Kläranlagenplanung soll die ATV-Richtlinie A 131 zur Anwendung kommen, so dass ukrainische Normen (SNiP/GOST) für die Dimensionierung nicht berücksichtigt werden müssen. Bindend sind die ukrainischen Normen gleichwohl für die Ausführung der Anlagen (Baumaterial, Ausrüstungen etc.). Als Ablaufwerte werden die Vorgaben der EU-Richtlinie 91/271/EWG angenommen.

2.4.3 Bauwerke

Die Modernisierung der Kläranlagen erfordert umfangreiche Sanierungs- und Neubaumaßnahmen, wobei trotz Typisierung der Erhaltungszustand einzelner Anlagen stark voneinander abweicht. Dabei ist im Einzelfall zu entscheiden, ob Bauwerke wirtschaftlich zu sanieren oder neu zu errichten sind. Der Großteil der Bau- und Montageleistungen kann von ukrainischen Unternehmen (ggf. unter Bauleitung und Chefmontage deutscher Unternehmen) erbracht werden. Hinsichtlich der Kosten ist zu beachten, dass die Preise für Bauleistungen effektiv etwa 60-70% der deutschen Preise betragen. Zwar sind die ukrainischen im Vergleich zu den deutschen Lohnkosten gering; für verschiedene Gewerke (z.B. Herstellung wasserundurchlässigen Betons für die Becken) sind aber hochwertige Baumaterialien und moderne Baugeräte erforderlich, die teilweise importiert werden müssen und daher in der Ukraine ebenfalls kostenintensiv sind.

2.4.4 Ausrüstungen

Die maschinen- und anlagentechnischen Ausrüstungen müssen aufgrund ihres durchgehend desolaten Zustandes auf allen Kläranlagen vollständig erneuert werden. Der Großteil der Ausrüstungen wird importiert werden müssen, da in der Ukraine (und Russland) keine den Anforderungen entsprechenden Ausrüstungen produziert werden. Ausnahmen sind Belüfterrohre (feinblasige Belüftung; Hersteller: Ekopolimer, Charkow), Bandfilterpressen (Hersteller: Eko-FiltrVnedrenie, Kasan/Russland) und Biogasgeneratoren (Hersteller: Im. Malischewa-Werk, Charkow). Außerdem kann ein begrenztes Sortiment an Rohrleitungen und Armaturen aus ukrainischer Produktion bezogen werden. Die Eignung dieser Ausrüstungen und der kostenmäßige Vergleich mit westeuropäischen Konkurrenzprodukten ist im Rahmen der Planung zu bewerten. Ein wichtiges Kriterium ist dabei der spezifische Energieverbrauch.

2.4.5 Verfahrensauswahl

Für die biologische Abwasserreinigung und Schlammbehandlung wurden jeweils verschiedene Verfahren hinsichtlich ihrer Eignung unter den gegebenen Rahmenbedingungen bewertet. Bei der Abwasserreinigung wurden keine Methoden des sog. „chemical upgrading“ (Abscheidung von Abwasserinhaltsstoffen durch chemische Flockung/Fällung) berücksichtigt, wie sie in der Fachliteratur als kostengünstige Ertüchtigungsverfahren beschrieben werden; denn hierdurch findet keine Elimination von Frachten, sondern nur eine Verlagerung statt. Dies betrifft nicht die als Ergänzung zur erhöhten biologischen Phosphatelimination einzusetzende Phosphatfällung.

2.4.5.1 Biologische Abwasserreinigung

An den Kläranlagenstandorten in der Ukraine sind in der Regel große unbebaute Freiflächen vorhanden; dies hat direkte Auswirkung auf die Ausgestaltung der Anlagenmodernisierung. Die Intensivierung bestehender Anlagen und der Neubau von Hochleistungsverfahren mit geringem Beckenvolumen sind nur dann zu realisieren, wenn sie kostengünstiger als die herkömmlichen Verfahren

mit großem Bauvolumen sind. Selbst in Deutschland trifft dies meist nur bei limitiertem Flächenangebot auf Kläranlagen zu; in der Ukraine fällt die Entscheidung angesichts der im Vergleich geringeren Baupreise, aber relativ hohen Kosten für (zu importierende) Spezialausrüstungen noch mehr zugunsten konventioneller Verfahren aus. Damit ist der Einsatz von Verfahren wie Reinsauerstoffbegasung, Membranbelebungsanlagen und kontinuierlichen Filtern (Nitrifikation und/oder Denitrifikation) für die biologische Abwasserreinigung sehr unwahrscheinlich. Auch Biofilmverfahren (s.u.) müssen als mögliches Mittel zur Intensivierung kostenmäßig mit Belebtschlammanlagen verglichen werden.

Für die Modernisierung der typisierten Kläranlagen erscheinen daher nur drei Reinigungsverfahren als geeignet: Durchlaufbelebungs-, SBR (Sequencing Batch Reactor)- und Biofilmverfahren (bewegliche Aufwuchskörper).

Für das Reinigungsziel der Nährstoffelimination ist eine einstufige Verfahrensführung angezeigt; dabei sind für die Teilprozesse Kohlenstoffabbau, Nitrifikation/Denitrifikation und biologische Phosphatelimination die erforderlichen Milieubedingungen zu schaffen (aerob, anoxisch und anaerob). Beim Durchlaufbelebungs- und Biofilmverfahren werden hierzu geeignete Reaktionsvolumina als Zonen oder Becken, beim SBR-Verfahren als Zyklusphasen eingerichtet. Für alle genannten Verfahren sind dabei verschiedene Ausgestaltungen und Varianten denkbar. Die endgültige Verfahrensauswahl erfolgt anhand der behördlichen Reinigungsanforderungen für die jeweilige Kläranlage.

2.4.5.2 Schlammbehandlung

Mit der Verbesserung der Abwasserreinigung wird zwangsläufig auch die Menge des zu behandelnden Primär- und Überschussschlamms steigen. Vor diesem Hintergrund muss für die Ukraine eine Strategie zum Umgang mit dem Klärschlamm entwickelt werden. Gemäß SNiP-Norm 2.04.03-85 wird zwar bevorzugt die landwirtschaftliche Verwertung des Klärschlamms vorgegeben; in der Praxis aber berichten die VODOKANAL-Betriebe von Schwierigkeiten, diesen Entsorgungsweg beizubehalten. Daher ist - ähnlich wie auch in Deutsch-

land bereits erfolgt - mittelfristig mit Veränderungen der gesetzlichen Rahmenbedingungen zu rechnen.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird die Thematik der Schlammbehandlung nur in den Grundzügen behandelt; eine eingehendere Bearbeitung sollte aufgrund der Komplexität der Fragestellung Gegenstand einer eigenständigen Betrachtung sein.

Die in der Ukraine noch gängige Praxis, unstabilierten Klärschlamm in die weiteren Behandlungsstufen zu geben, sollte verändert werden. Eine simultane aerobe Stabilisierung ist zwar prinzipiell möglich, erfordert aber große aerobe Belassungsvolumina und hohe Betriebskosten. Dies ist angesichts der Größenordnung der Kläranlagen aber nicht dauerhaft wirtschaftlich durchführbar. Eine getrennte aerobe Stabilisierung in separaten Becken ist angesichts der klimatischen Verhältnisse in der Ukraine nur als thermophile Verfahrensvariante sinnvoll. Gegen diese Lösung sprechen aber die hohen Investitions- und Betriebskosten. Für Kläranlagen der Größenordnung 100.000-300.000 EW gilt als Stand der Technik die anaerobe Schlammstabilisierung (Schlammfäulung; bevorzugt 2-stufige Verfahrensführung) oder als Mischform die duale biologische Stabilisierung (getrennt aerob/anaerob). Die anaerobe Schlammfäulung besitzt den Vorteil, durch die Gewinnung von Biogas, das zur Wärme- oder Stromgewinnung genutzt werden kann, die Betriebskosten zu verringern; außerdem wird die Menge des Restschlammes deutlich reduziert (etwa um ein Drittel). Die gesetzliche Lage in der Ukraine erlaubt die gemeinsame Behandlung von Klärschlamm und anderen biogenen Abfällen. Ein möglicher Ansatz könnte daher die Einrichtung von Entsorgungszentren auf den kommunalen Kläranlagen sein, wobei die Co-Vergärung eine Erhöhung der Biogasproduktion ermöglicht.

Für einen Vergleich der Wirtschaftlichkeit zwischen den genannten Verfahren sollten die Jahreskosten über einen ausreichend langen Zeitraum gegenübergestellt werden. Angesichts der stark steigenden Energiepreise in der Ukraine wird eine teilweise Eigenenergieversorgung von den VODOKANAL-Betrieben hoch bewertet.

2.4.6 Vorzugsvarianten

Der uneinheitliche bauliche Zustand der typisierten Kläranlagen und unterschiedliche Ansätze der Modernisierung hinsichtlich Finanzierung (komplette Kreditfinanzierung oder stufenweise Finanzierung aus dem Budget) und Vorhabensziel (z.B. Verbesserung der Abwasserreinigung während zeitlich begrenzter Restlaufzeit) erfordern unterschiedliche Ansätze zur Modernisierung. Daher wurden aus der Vielzahl der Möglichkeiten Vorzugsvarianten für verschiedene Zielstellungen herausgearbeitet.

In Anhang 4 sind die Vorzugsvarianten anhand eines Blockschemas grafisch dargestellt, unterteilt in Sanierungs- und Neubauvarianten. Im rechten Teil der Darstellung finden sich jeweils weitere Optionen, mit denen

1. zielgerecht bestehende Schwachstellen der Kläranlage eliminiert werden können (Nachklärung; Regenüberlaufbecken RÜB für Mischwasserzulauf);
2. eine Faulung zur anaeroben Schlammstabilisierung und Energiegewinnung realisiert werden kann (Vorklärbecken und Schlammfaulung);
3. erhöhte Reinigungsanforderungen erfüllt werden können (Filtration / Desinfektion).

Sanierungsvariante 1 bietet bei geringstem Aufwand eine grundlegende Verbesserung der Abwasserreinigung. Aus technischer Sicht sind hierzu der Neubau der mechanischen Vorreinigung (Rechen, Sandfang) sowie die Ausrüstung des Belebungsbeckens mit einer regelbaren Belüftung (regelbare Kreiselpelüfter oder submerse Druckbelüfter und geregelte bzw. gestufte Kompressoren) unabdingbar erforderlich. Eine bauliche Sanierung der Belebungsbecken ist zwar wünschenswert, wird aber bei begrenzten finanziellen Mitteln oder abzu-sehender begrenzter Anlagenrestlaufzeit möglicherweise entfallen. Der Einsatz regelbarer Belüfter ermöglicht in jedem Fall einen verbesserten Abbau der Kohlenstoffverbindungen, kann aber ohne weitere Maßnahmen zur Schaffung ano-xischer und anaerober Zonen keine weitgehende Nährstoffelimination gewährleisten. Dies ist durch den Einbau von Rührwerken oder regelungstechnische Einstellungen (intermittierende Belüftung) zu erreichen, erfordert aber erhöhten Mess- und Regelaufwand. Die durch die Belüftungsregelung ermöglichten Ein-

sparungen beim Energieverbrauch können für die Refinanzierung der Maßnahme oder für weitere Investitionen genutzt werden.

Durch die im rechten Teil der Darstellung aufgeführten Optionen kann die Modernisierung bedarfsgerecht weitergeführt werden.

In Sanierungsvariante 2 werden Becken einer bestehenden Kläranlage zu SBR-Reaktoren umgebaut. Dabei ist man von der Beckenform weitgehend unabhängig, so dass z.B. auch Vorklärbecken umgerüstet werden können. Der erforderliche Zwischenspeicher zur Beschickung der einzelnen SBR-Reaktoren kann durch Umrüstung vorhandener Becken (z.B. Speicherbecken) geschaffen werden. Die hydraulischen Gegebenheiten (Höhenlage) der bestehenden Durchlaufanlage sollten auch bei der Umrüstung zur SBR-Anlage genutzt werden, um das Abwasser nach dem Rechen nicht noch einmal heben zu müssen. In bestehende Bauwerke gebaute Becken, die als separate SBR-Reaktoren betrieben werden sollen, müssen wegen des wechselnden, ggf. unterschiedlichen Wasserstandes mit tragenden Wänden abgetrennt werden.

Das SBR-Verfahren ermöglicht im Vergleich zum Durchlaufbelebungsverfahren eine leichtere Steuerung des Abwasserreinigungsprozesses mit dem Ziel einer weitgehenden Nährstoffelimination, insbesondere bei einer durch die bestehenden Kläranlagen vorgegebenen Beckengeometrie. Die (in Grenzen vorhandene) Flexibilität des SBR-Verfahrens hinsichtlich der Verweilzeit des Abwassers kann dazu genutzt werden, um auf eine zu erwartende Änderung von Abwassermenge und -qualität zu reagieren: Solange große Abwassermengen mit geringer Schmutzkonzentration zu reinigen sind, werden kurze Reinigungszyklen gefahren. Bei der zukünftig zu erwartenden Reduzierung des Abwasseranfalls mit daraus resultierenden höheren Schmutzkonzentrationen werden dann längere Reinigungszyklen eingeführt.

Für die Rekonstruktion unter Betriebsbedingungen kann es sinnvoll sein, bei der Umrüstung mit bestehenden, nicht in Betrieb befindlichen Becken zu beginnen und dann sukzessive andere Becken stillzulegen und umzurüsten. Fehlendes Speicher- oder Reaktorvolumen muss neu errichtet werden (z.B. einfache Rundbecken).

Systembedingt (SBR-Speicherbecken dient auch als Regenüberlaufbecken, Nachklärung erfolgt im SBR-Reaktor und nicht in einem separaten Nachklärbecken) sind weniger Optionen zur weiteren Modernisierung aufgeführt.

Die Neubauvariante zeigt den hohen Aufwand, der für die beiden Verfahren Durchlaufbelebung und SBR bei einer vollständigen Neuerrichtung der Kläranlage zu betreiben ist. Dabei werden in beiden Fällen unter laufendem Betrieb die vorhandenen Reinigungsstufen durch Neubauten ersetzt.

In Anhang 5 wird zur Illustrierung einer möglichen Umsetzung die Sanierungsvariante 1 für die Kläranlage Lutzk dargestellt. Der vergleichsweise gute bauliche Zustand der Anlage lässt eine Modernisierung mit dem geringsten Aufwand zur Verbesserung der Abwasserreinigung sinnvoll erscheinen.

Neben der bestehenden mechanischen Vorreinigung werden ein Rechengebäude zur Aufnahme der Feinrechen und ein zweistraßiger Langsandfang neu errichtet (1. Phase). Nach Inbetriebnahme der neuen Vorreinigung können die alten Rundrechen und Sandfänge stillgelegt werden (2. Phase). In einer 3. Phase werden die derzeit nicht in Betrieb befindlichen Belebungsbecken saniert und mit neuen Belüftern (und ggf. auch Rührern) ausgerüstet. Danach kann das rekonstruierte Belebungsbecken in Betrieb genommen werden. Durch sukzessive Stilllegung und Sanierung werden die restlichen Becken ebenso modernisiert.

In Abhängigkeit von den Ergebnissen (Verbesserung der Ablaufqualität, Verringerung des Energieverbrauches für die Belüftung) können weitere Rekonstruktionsmaßnahmen erwogen werden, die als Optionen dargestellt sind.

2.4.7 Vorschläge zur Rekonstruktion der Reinigungsstufen

2.4.7.1 Becken

Für Becken, deren Zustand eine Sanierung wirtschaftlich erscheinen lässt, sollte die Einbindung in das Kläranlagenkonzept geprüft werden. Neben der Gewährleistung der Dichtigkeit sollte die Beckensanierung auf die Herstellung ebener Flächen und gerader Kanten abzielen, so dass die Ausrüstungen ordnungsgemäß montiert und betrieben werden können (z.B. Bodenräumer in Ab-

setzbecken; Vor- und Nachklärbecken). Alte, nicht zu sanierende Betonbecken können ggf. als verlorene Schalung für den Neubau benutzt werden.

2.4.7.2 Ausrüstungen

An die Ausrüstungen müssen folgende Anforderungen gestellt werden:

1. Die Handhabung muss robust und einfach gestaltet sein.
2. Unter den gegebenen klimatischen Bedingungen mit langen Frostperioden (daher ggf. Einhausung und/oder Begleitheizung vorsehen) ist eine einwandfreie Funktion sicherzustellen.
3. Service und Reparatur müssen mit auf der Kläranlage vorhandenen Mitteln vom Personal zu bewerkstelligen sein; abwasserberührte Ausrüstungen sollen so weit wie möglich ohne Entleerung der Becken zu demontieren sein (geeignetes Hebezeug vorhalten).
4. Die Ausrüstungen sollen in Edelstahl (V4A) oder kältebeständigem Kunststoff ausgeführt sein.
5. Die komplette Verrohrung der Anlagenteile ist neu zu bauen, ebenso die Stromversorgung und EMSR (Elektro-, Mess-, Steuer- und Regel-)Technik.
6. Zur Anlagensteuerung und Dokumentation des Betriebes sind alle Messwerte und Signale an einer zentralen Warte zusammenzuführen.

Ein hoher Automatisierungsgrad ist angesichts der vergleichsweise niedrigen Personalkosten nicht erforderlich, im Falle des SBR-Verfahrens aber systembedingt gegeben.

Detaillierte Hinweise zur Rekonstruktion der einzelnen Reinigungsstufen finden sich im „4. Zwischenbericht, 10.09.2004“ in Kapitel 4.

2.4.8 Umsetzung

Das entscheidende Kriterium für die Umsetzung von Modernisierungsprojekten in der ukrainischen Kommunalwirtschaft ist die Wirtschaftlichkeit. Sie ist die Voraussetzung, um langfristige Kredite ausländischer (Entwicklungs)banken zu erhalten; ein Engagement ukrainischer Kreditinstitute ist gegenwärtig im Hinblick auf die Größenordnung und die Laufzeit der Finanzierung nicht darstellbar.

Die Wirtschaftlichkeit erfordert, dass die Aufwendungen für die Investitionen und den späteren Anlagenbetrieb (gerechnet als Jahreskosten) durch die Einnahmen der Betreibers (Gebühren der Verbraucher und ggf. Subventionen aus dem Budget der Stadt) gedeckt werden können. Die Erfahrung aus anderen Infrastrukturvorhaben in der Ukraine (hier: Trinkwasserversorgung) zeigt, dass die Verbraucher bereit sind, erheblich höhere Gebühren zu zahlen, wenn die Leistung des Wasserversorgers verbessert wird. Hier bietet sich die Verknüpfung von Trinkwasserprojekten mit einer Modernisierung der Abwasserreinigung an, da Fortschritte bei der Trinkwasserversorgung (unterbrechungsfreie Versorgung, Verbesserung der hygienischen und geschmacklichen Qualität) vom Kunden in der Regel eher bemerkt und honoriert werden als Verbesserungen beim Gewässerschutz. Außerdem sind die Bereiche Wasser und Abwasser eng verflochten, so dass eine kombinierte Herangehensweise sich auch aus technischer Sicht empfiehlt.

Im Vorfeld der Kreditvergabe (oder einer Verhandlung mit potentiellen Investoren/Betreibern) muss eine Machbarkeitsstudie zur geplanten Kläranlagenmodernisierung erstellt werden. Diese Studie beinhaltet sowohl Angaben zur aktuellen hydraulischen und frachtmäßigen Belastung als auch das Modernisierungskonzept. Die Darstellung der Wirtschaftlichkeit des Vorhabens ist zentraler Inhalt der Machbarkeitsstudie.

Bei allen Planungen ist zu beachten, dass der Umbau unter Betriebsbedingungen erfolgen muss und kein ungeklärtes Abwasser den Vorfluter verunreinigen sollte.

Für den Betrieb der modernisierten Kläranlage sollte bereits zu Vorhabensbeginn die Implementierung eines Managementsystems (Qualitäts- und Umweltmanagement) festgelegt werden. Damit können Aufbau- und Ablauforganisation eindeutig festgelegt werden; außerdem ermöglicht der systemimmanente Ansatz zur ständigen Verbesserung die Nutzung von Optimierungspotentialen im Betrieb.

3. Vorstellung der Projektergebnisse

Die Projektergebnisse wurden im Rahmen eines kommunalwirtschaftlichen Symposiums (zusammen mit dem KfW-Projekt „Beratung ukrainischer Wasserversorgungsunternehmen“ und ukrainischen Beiträgen zu verschiedenen kommunalwirtschaftlichen Themen) an der Technischen Universität Rowno (30.09./01.10.04) vorgestellt. Teilnehmer waren Vertreter des Komitees für Kommunalwirtschaft, verschiedener VODOKANAL-Betriebe, der Assoziation der unabhängigen Städte und Gemeinden, der TU Rowno, ukrainischer Planungs- und Ingenieurbüros und einer ukrainischen Bank. Organisiert wurde die Veranstaltung vom Deutsch-Ukrainischen Institut und Konsultationszentrum. Die Präsentation des vorliegenden Vorhabens war zentraler Bestandteil des Symposiums und wurde von großem Interesse seitens der ukrainischen Teilnehmer begleitet, wie die zahlreichen Fragen und Diskussionsbeiträge nach dem Vortrag zeigten. Rückmeldungen und Anfragen aus dem Komitee für Kommunalwirtschaft, der Assoziation der unabhängigen Städte und Gemeinden sowie den Planungsbüros lassen den Schluss zu, dass geeignete Multiplikatoren für die Verbreitung und mögliche Anwendung der Ergebnisse gefunden wurden. Die Präsentation wurde vor weiteren ukrainischen VODOKANAL-Vertretern, die anlässlich einer Firmenkontaktreise in Deutschland weilten und daher nicht am Symposium an der TU Rowno teilnehmen konnten, am 05.10.04 in Dresden mit Erfolg wiederholt.

4. Ausblick

Es mehren sich die Anzeichen, dass die dringend erforderliche Modernisierung der ukrainischen Wasser- und Kommunalwirtschaft langsam in Gang kommt. So häufen sich seit Beginn des Jahres 2004 Anfragen und Bestellungen von VODOKANAL-Betrieben bzgl. technischer Ausrüstungen (insbesondere energiesparende Trinkwasser- und Abwasserpumpen). Zunehmend werden von Planungsbüros und Betreibern auch Ausrüstungen für Kläranlagen (z.B. regelbare Verdichter für die Druckbelüftung) angefragt.

Für 2005 plant das Komitee für Kommunalwirtschaft, umfangreiche Mittel für die Modernisierung wasserwirtschaftlicher Anlagen zur Verfügung zu stellen. Denkbar ist, dass hiermit zumindest ein etwa 15%iger Eigenanteil der ukrainischen Seite an Projektfinanzierungen gesichert werden kann; die restlichen Mittel müssen am internationalen Kapitalmarkt beschafft werden. Für einzelne Kläranlagenmodernisierungen werden Vorgespräche zur Finanzierung geführt. Die Ergebnisse dieses Beratungsvorhabens liegen den beteiligten ukrainischen Partnern vor.

Anhang

Anhang 1:

Untersuchte Kläranlagen

Untersuchte typisierte Kläranlagen

	Krementschuk (Städtische Kläranlage)	Lutzk	Poltawa (Suprunowsker Kläranlage)	Rowno (Städtische Kläranlage)	Shitomir
projektierter Zulauf Abwasser	100.000 m ³ /d	125.000 m ³ /d	100.000 m ³ /d	25.000 m ³ /d	75.000 m ³ /d
aktueller Zulauf Abwasser	ca. 75.000 m ³ /d	ca. 80.000 m ³ /d	65.000 m ³ /d	ca. 25.000 m ³ /d	50.000 m ³ /d
Auslastung, hydraulisch	ca. 75%	ca. 64%	ca. 65%	ca. 100%	ca. 66%
baulicher Zustand	schlecht	mäßig	schlecht	sehr schlecht	sehr schlecht
Zustand Ausrüstung	schlecht	mäßig	schlecht	sehr schlecht	sehr schlecht
allgemeine Bewertung (ukrainischer Maßstab)	über Durchschnitt	deutlich über Durchschnitt	über Durchschnitt	Durchschnitt	Durchschnitt

Anhang 2:

Übersichtsdarstellung der Fließbilder aller 5 Kläranlagen

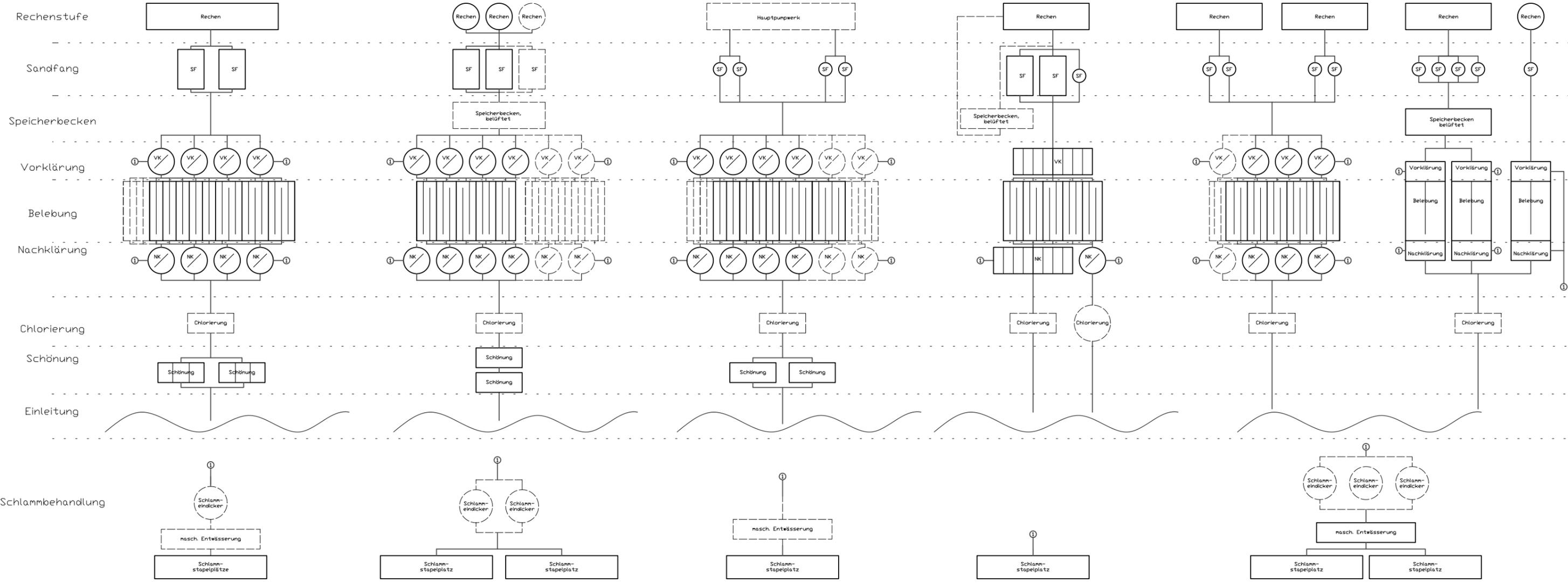
Kläranlage Kremenschuk

Kläranlage Lutzk

Kläranlage Poltawa

Kläranlage Rowno

Kläranlage Shitomir
Hauptanlage Experimentalanlage



- Legende**
- Anlagenelemente
 - Anlagenelemente (außer Betrieb)
 - Rohrleitungen
 - ~ Vorfluter

Anhang 3:

Verfahrenstechnische Struktur der typisierten Kläranlagen

Verfahrenstechnische Struktur der typisierten Kläranlagen

Anlagenteil	Ausführung	aktuelle Funktion
Rechen	Grob- oder Feinrechen (kein Siebrechen)	keine ausreichende Abscheidung der Grobstoffe; automatische Räumung meist defekt, daher Handberäumung.
	Scheibenrechen	keine Entnahme, sondern Zerkleinerung des Rechengutes, so dass gehäckselte Grobstoffe in die folgenden Verfahrensstufen gelangen.
Rechengutbehandlung und -entsorgung	fehlt völlig	ungeordnete Entsorgung ohne Vorbehandlung
Sandfang	Längsbecken: z.T. belüftet; Räumung mittels Bodenräumer und/oder Mammutpumpe.	Belüftungswalze häufig infolge von Baumängeln mangelhaft ausgebildet; Räumeinrichtungen funktionieren in der Regel nicht (Montagefehler und Verschleiß).
	Rundbecken: Räumung mittels Mammutpumpe.	mangelhafte Funktion der Mammutpumpe
Sandlagerplätze	meist ohne Drainage o.ä.	ungeordnete Lagerung und Entsorgung ohne Vorbehandlung (Wäsche) und Entwässerung
belüftetes Speicherbecken	Längsbecken	Funktion der Belüfter gefährdet, da vor Vorklärung oder sogar vor Sandfang angeordnet.
Vorklärung	Rundbecken: Flach- oder Trichterboden mit Bodenräumer.	Schlammräumung mangelhaft, dadurch Gefahr von Gasbildung in Totzonen und Schlammabtrieb.
	Längsbecken: Bodenräumer oder Mammutpumpen.	Schlammräumung mangelhaft (Fehlfunktion der Anlagenausrüstung)

Anlagenteil	Ausführung	aktuelle Funktion
Belebung	Längsbecken: 1, 2, 3, 4 oder 5 Korridore mit unterschiedlicher Beschickung; Belüfter: getauchte Belüfterrohre unterschiedlicher Bauart.	keine Regelung der Belüftung (Ausnahme: KA Lutzk, über Titration der Sauerstoffkonzentration im Labor); Belüfter stark korrodiert bzw. zugesetzt aufgrund der mangelhaften Leistung der Rechen, Sandfänge und Vorklärbecken; Belüftung ineffizient aufgrund von Lecks in den Luftleitungen.
Nachklärung	Rundbecken: Flach- oder Trichterboden mit Bodenräumer.	wie Vorklärung
	Längsbecken: Bodenräumer oder Mammutpumpen.	wie Vorklärung
Chlorierung (Chlorkontaktbecken)	Längsbecken	alle außer Betrieb; Anwendung von Chlor zur Hygienisierung generell fragwürdig (Bildung von AOX [adsorbierbare organische Halogene]).
	Rundbecken	
Schönung	Teiche	zumeist nicht ausreichend bewirtschaftet (Entfernung von Bewuchs und Bodenschlamm).
Schlammbehandlung		
Schlammeindicker	Rundbecken mit und ohne Ausrüstung	mangelnde Funktionalität aufgrund nicht angepasster bzw. fehlender Ausrüstung.
Schlammfäulung	Pumpwerk, Faulbehälter und Gasspeicher	generelle Einstellung des Betriebes wegen grundlegender Fehler bei Projektierung und Bauausführung.

Anlagenteil	Ausführung	aktuelle Funktion
maschinelle Entwässerung	Zentrifugen bzw. Siebbandpressen mit Dosierstation für Flockungsmittel	meist nur eingeschränkter Betrieb, da zum einen die benötigten Chemikalien fehlen und die Technologie zum anderen nur mangelhaft in den Gesamtprozess integriert ist (z.B. fehlende Stabilisierung und Voreindickung des Überschussschlammes).
Schlammstapelplätze	Plätze meist ohne Drainage o.ä.; häufig Teiche ohne Bodenabdichtung und ohne Entwässerungssystem.	keine ordentliche Entwässerung; ungeordnete Entsorgung (häufig ungeklärt, da landwirtschaftliche Verwertung nur eingeschränkt zugelassen; daher große Mengen von Überschussschlamm auf den Lagerplätzen der Kläranlagen).

Anhang 4:
Vorzugsvarianten der Modernisierung

Legende:

NK	Nachklärung (Nachklär-)
VK	Vorklärung (Vorklär-)
RÜB	Regenüberlaufbecken
SBR	Sequencing Batch Reactor

**Sanierungsvariante 1:
mechanische Vorreinigung /
aerobe biologische
Behandlung**

Option
Sanierung
Nachklärung

Option
Regenüberlaufbecken

Option
Schlammfäulung

Option
weitergehende
Nachreinigung

Aufwand / Zielstellung

geringster Aufwand
zur Verbesserung der
Abwasserreinigung

verbesserte Fest-
Flüssig-Trennung

Mischkanalisations-
systeme: verbesserte
Abwasserreinigung

anaerobe Schlamm-
stabilisierung
Energiegewinnung

verbesserte Abtren-
nung abfiltrierbarer
Stoffe
Hygienisierung

Bestandsnutzung

Nutzung vorhandener
Bausubstanz
(Belebungsbecken)

Nutzung vorhandener
Bausubstanz
(NK-Becken)

Nutzung vorhandener,
ungenutzter
Bausubstanz

teilweise Nutzung
vorhandener
Bausubstanz
(VK-Becken)

Speicherung /
Regenüberlauf

Umrüstung
vorhandener Becken
als RÜB

Vorreinigung

Neubau mechanische
Vorreinigung

Sanierung der VK-
Becken und neue
Räumsysteme

Belebung

neue Ausrüstung der
Belebungsbecken zur
geregelten Belüftung

Nachklärung

Sanierung der NK-
Becken, neue
Räumsysteme

weitergehende
Nachreinigung

Filtration
Desinfektion

Schlammfäulung

Neubau
Schlammfäulung
(bevorzugt 2-stufig)

**Sanierungsvariante 2:
mechanische Vorreinigung /
Umrüstung zu SBR-Reaktoren**

Option
Schlammfäulung

Option
weitergehende
Nachreinigung

Aufwand / Zielstellung

mittlerer Aufwand zur
Verbesserung der
Abwasserreinigung

anaerobe Schlamm-
stabilisierung
Energiegewinnung

verbesserte Abtren-
nung abfiltrierbarer
Stoffe
Hygienisierung

Bestandsnutzung

teilweise Nutzung
vorhandener
Bausubstanz

teilweise Nutzung
vorhandener
Bausubstanz
(VK-Becken)

Speicherung /
Regenüberlauf

Umrüstung
vorhandener Becken
als SBR-
Speicherbecken

Vorreinigung

Neubau mechanische
Vorreinigung

Sanierung der VK-
Becken und neue
Räumsysteme

Belebung

Umbau und
Ausrüstung
bestehender Becken
als SBR-Reaktoren

Nachklärung

weitergehende
Nachreinigung

Filtration
Desinfektion

Schlammfäulung

Neubau
Schlammfäulung
(bevorzugt 2-stufig)

Neubauvariante

Option
weitergehende
Nachreinigung

Aufwand / Zielstellung

höchster Aufwand zur Verbesserung der Abwasserreinigung

verbesserte Abtrennung
abfiltrierbarer
Stoffe
Hygienisierung

Verfahren

Durchlaufbelebung

SBR

Speicherung /
Regenüberlauf

Neubau RÜB

Neubau
Speicherbecken

Vorreinigung

Neubau mechanische
Vorreinigung inkl.
Vorklärbecken

Neubau mechanische
Vorreinigung inkl.
Vorklärbecken

Belebung

Neubau
Belebungsbecken

Neubau SBR-
Reaktoren

Nachklärung

Neubau
Nachklärbecken

weitergehende
Nachreinigung

Filtration
Desinfektion

Schlammfäulung

Neubau
Schlammfäulung
(bevorzugt 2-stufig)

Neubau
Schlammfäulung
(bevorzugt 2-stufig)

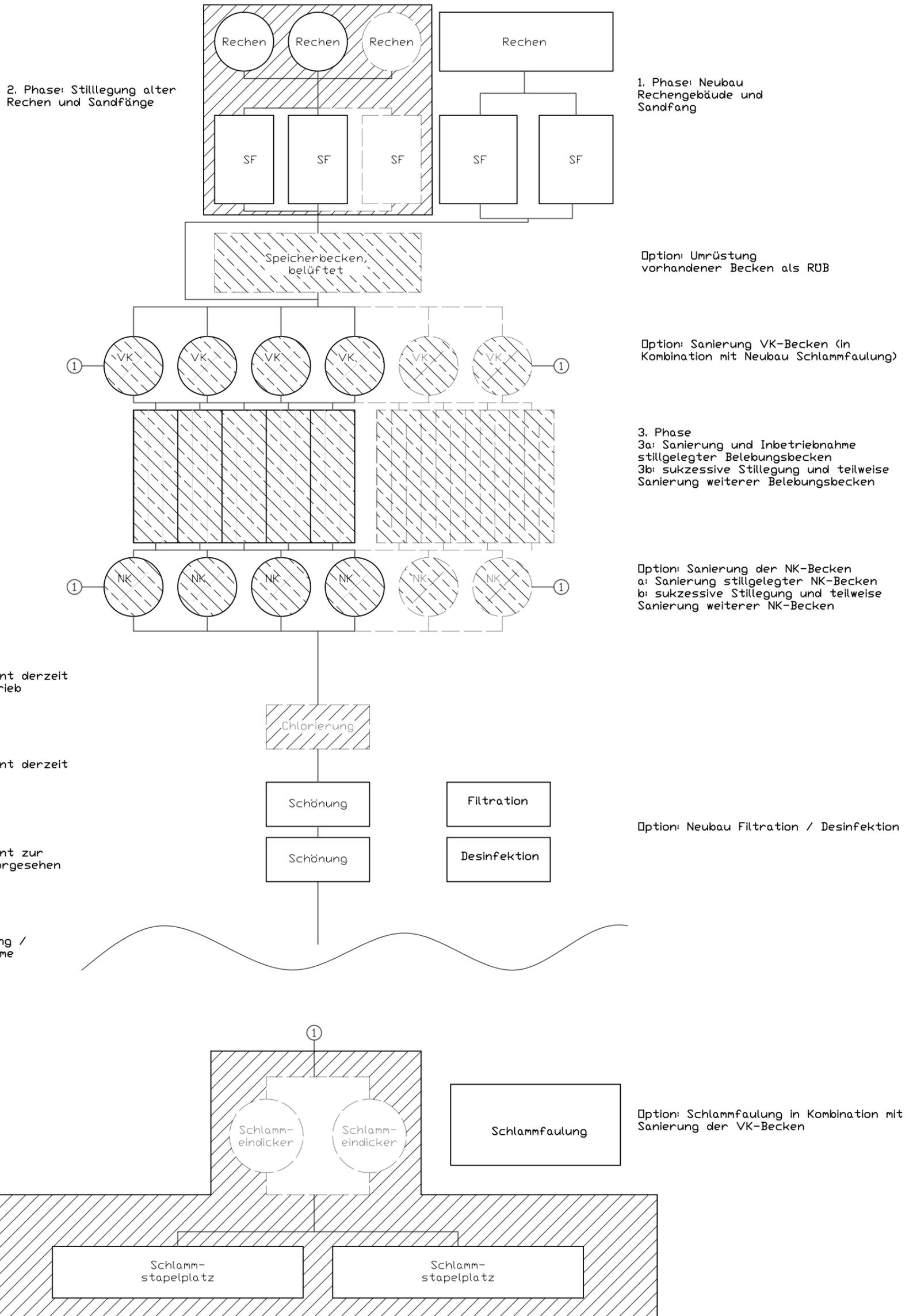
Anhang 5:
Kläranlage Lutzk, Sanierungsvariante 1

Legende:

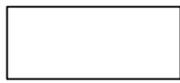
SF	Sandfang
VK	Vorklärung (Vorklär-)
RÜB	Regenüberlaufbecken
NK	Nachklärung (Nachklär-)
SBR	Sequencing Batch Reactor

Kläranlage Lutzk

Sanierungsvariante 1



Legende

-  Anlagenelement derzeit nicht in Betrieb
-  Anlagenelement derzeit in Betrieb
-  Anlagenelement zur Stilllegung vorgesehen
-  Modernisierung / Inbetriebnahme