

TEXTE

36/2023

Machbarkeitsstudie über die Einführung einer Einhaltefiktion im Anhang 13 der Abwasserverordnung für den Parameter abfiltrierbare Stoffe im Niederschlagsabwasser von Holzlagerplätzen von Anlagen zur Herstellung von Platten auf Holzbasis

Abschlussbericht

TEXTE 36/2023

Ressortforschungsplan des Bundesministerium für
Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und
Verbraucherschutz

Forschungskennzahl 3719 53 301 2
FB000834

Machbarkeitsstudie über die Einführung einer Einhaltefiktion im Anhang 13 der Abwasserverordnung für den Parameter abfiltrierbare Stoffe im Niederschlagsabwasser von Holzlagerplätzen von Anlagen zur Herstellung von Platten auf Holzbasis

Abschlussbericht

von

Kirsten Kemker, Thomas Kerpen, Sina Tabatabaei
atd Ingenieurgesellschaft für Abwasserwirtschaft und
technische Dienstleistungen mbH, Aachen

Swetlana Schölzel, Maximilian Brück, Regina Haußmann,
Thomas Wintgens
Institut für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen,
Aachen

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
buergerservice@uba.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

 [umweltbundesamt.de](https://www.facebook.com/umweltbundesamt.de)

 [umweltbundesamt](https://twitter.com/umweltbundesamt)

Durchführung der Studie:

atd Ingenieurgesellschaft für Abwasserwirtschaft und technische Dienstleistungen mbH
Krefelder Straße 147
52070 Aachen

Abschlussdatum:

Januar 2022

Redaktion:

Fachgebiet III 2.1 Übergreifende Angelegenheiten, Chemische Industrie,
Feuerungsanlagen
Doreen Schmitz

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, März 2023

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Kurzbeschreibung: Machbarkeitsstudie über die Einführung einer Einhaltefiktion im Anhang 13 der Abwasserverordnung für den Parameter abfiltrierbare Stoffe im Niederschlagsabwasser von Holzlagerplätzen von Anlagen zur Herstellung von Platten auf Holzbasis Machbarkeitsstudie über die Einführung einer Einhaltefiktion im Anhang 13 der Abwasserverordnung für den Parameter abfiltrierbare Stoffe im Niederschlagsabwasser von Holzlagerplätzen von Anlagen zur Herstellung von Platten auf Holzbasis

Im Juni 2020 wurde mit der 10. Novelle der Abwasserverordnung (AbwV) in Anhang 13 „Herstellung von Holzspanplatten, Holzfaserplatten oder Holzfasermatten“ ein Grenzwert für betriebsspezifisch verunreinigtes Niederschlagswasser an der Einleitungsstelle in das Gewässer eingeführt. Demnach darf bei Anlagen mit einer Produktionskapazität von 600 m³ oder mehr je Tag ein Jahresmittelwert für abfiltrierbare Stoffe von 40 mg/l in der qualifizierten Stichprobe nicht überschritten werden. Für eine Minimierung des Überwachungsaufwandes stellt sich die Frage, ob die Anforderungen mittels einer Einhaltefiktion eingehalten werden können. Die Einführung einer Einhaltefiktion in Anhang 13 der AbwV würde eine behördliche Kontrolle erübrigen unter der Voraussetzung des bestimmungsgemäßen Ein- bzw. Umbaus und Betriebs der Niederschlagswasserbehandlungsanlage nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik. Dies würde bedeuten, dass die Einhaltung von 40 mg_{AFS}/l gewährleistet ist, wenn die Bauwerke bestimmte bauliche und betriebliche Vorgaben erfüllen.

Im Rahmen dieser Studie wurden sieben Regenbecken verschiedener holzverarbeitender Betriebe hinsichtlich ihrer Konstruktion und ihrer Wirkungsweise untersucht. Die erfassten AFS-Konzentrationen im Zulauf der untersuchten Becken variieren in einem breiten Bereich, ebenso die AFS-Konzentrationen im Ablauf. Allerdings sind aufgrund der sehr großen Unterschiede zwischen der baulichen Ausgestaltung der Becken und der jeweiligen örtlichen produktionsspezifischen Besonderheiten keine Vorhersagen über erzielbare Einleitwerte möglich. Die Einhaltung eines bestimmten Grenzwerts kann nicht garantiert werden, da die Konzentration im Ablauf von der Höhe der Zulaufkonzentration abhängt. Diese hängt wiederum von verschiedenen Einflussfaktoren ab (Regenintensität, Entwässerungssituation, etc.)

Die Einführung einer Einhaltefiktion zur Einhaltung des Grenzwertes von 40 mg_{AFS}/l kann deshalb und aufgrund des Widerspruchs zum gültigen technischen Regelwerk nicht empfohlen werden. Um einen maximalen Gewässerschutz gewährleisten zu können, sollte die Dimensionierung von Anlagen zur Behandlung von Niederschlagswasser von Holzlagerplätzen vorzugweise auf Basis einer Frachtbetrachtung und nicht konzentrationsbezogen erfolgen.

Abstract: Feasibility study on the introduction of a compliance fiction in Annex 13 of the Wastewater Ordinance for the parameter total suspended solids (TSS) in surface run-off from wood storage areas of wood-based panel production plants.

In June 2020, the 10th amendment to the Wastewater Ordinance (AbwV) in Annex 13 „Production of wood particle board, wood fiberboard or wood fiber mats“ introduced a maximum contaminant level for contaminated surface run-off at the point of discharge into the water body. Accordingly, for plants with a production capacity of 600 m³ or more per day, an annual mean value for total suspended solids (TSS) of 40 mg/l may not be exceeded in the qualified random sample. To minimize the monitoring effort, a compliance fiction may be used to fulfill the requirements. The introduction of a compliance fiction in Annex 13 of the AbwV would eliminate the need for monitoring by the authorities, provided that the stormwater treatment system is installed and operated in accordance with its intended use and in compliance with the generally accepted engineering standards. This would mean that compliance with 40 mg_{TSS}/l is ensured if the structures meet certain constructional and operational specifications.

Within this study, we investigated the design and mode of operation of seven stormwater tanks of different wood-processing companies. The recorded TSS concentrations in the inflow of the investigated tanks vary significantly, as do the TSS concentrations in the outflow. However, achievable discharge values cannot be predicted because considerably different tank designs are used and the production-specific characteristics at wood-storage areas vary greatly.

Compliance with a specific maximum contaminant level is not guaranteed, since the concentration in the effluent depends on the level of the influent concentration, which depends on various factors (rain intensity, drainage system etc.).

The introduction of a compliance fiction to meet the maximum contaminant level of 40 mg_{TSS}/l for existing tanks therefore cannot be recommended. In order to be able to guarantee maximum water protection, treatment plants for surface run-off from wood storage areas should preferably be dimensioned on a load basis and not concentration-related.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	10
Tabellenverzeichnis	12
Abkürzungsverzeichnis	13
Zusammenfassung.....	14
Summary	19
1 Einleitung.....	24
2 Stand des Wissens.....	25
2.1 Rechtliche Grundlagen der Niederschlagswasserbehandlung	25
2.1.1 Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL)	25
2.1.2 Wasserhaushaltsgesetz (WHG).....	26
2.1.3 Abwasserverordnung (AbwV)	27
2.1.4 Abwasserabgabengesetz (AbwAG)	27
2.1.5 Verordnung zur Selbstüberwachung von Abwasseranlagen – Selbstüberwachungsverordnung Abwasser (SüwVO Abw)	28
2.2 Niederschlagswasserbehandlungsanlagen	29
2.2.1 Allgemeines.....	29
2.2.2 Der Parameter AFS als Maß für die Verschmutzung von Niederschlagsabflüssen.....	30
2.2.3 Anlagen zur Behandlung von Niederschlagswasser	30
2.2.4 Regenklärbecken.....	33
2.2.5 Bemessung und Konstruktionshinweise für Niederschlagswasserbehandlungsanlagen	34
2.2.5.1 DWA-A 102-2 (2020).....	35
2.2.5.2 DWA-A 166 (2013)	37
2.2.5.3 Neue Erkenntnisse	39
2.3 Holzindustrie	40
2.3.1 Anlagen zur Herstellung von Platten aus Holzwerkstoffen	40
2.3.2 Behandlung des Niederschlagswassers von Holzlagerplätzen	40
2.3.2.1 Beste Verfügbare Technik (BVT)/ Industrieemissionsrichtlinie (IED)	41
2.3.2.2 Anhang 13 der Abwasserverordnung	43
3 Material und Methoden.....	44
3.1 Auswahl der untersuchten Absetzbecken	44
3.2 Aufnahme der Beckenkonstruktionen.....	44
3.3 Ermittlung der Zulaufwassermenge.....	48

3.4	Messprogramm und Analytik.....	49
3.4.1	Einrichtung Messstellen.....	49
3.4.2	Messprogramm.....	51
3.4.3	Messdaten und Analytik	51
4	Ergebnisse	53
4.1	Bewertung der konstruktiven Gestaltung der Becken.....	53
4.2	Auswertung der Messergebnisse.....	58
4.2.1	Charakterisierung der Niederschlagswässer von Holzlagerplätzen.....	58
4.2.2	Messergebnisse Becken A.....	60
4.2.3	Messergebnisse Becken B.....	62
4.2.4	Messergebnisse Becken C1 und C2.....	63
4.2.5	Messergebnisse Becken D	65
4.3	Bewertung der Reinigungsleistung der Absetzbecken	69
4.4	Handlungsempfehlungen.....	72
5	Zusammenfassung und Ausblick	74
6	Quellenverzeichnis	76
A	Anhang	79
A.1	Becken A.....	79
A.2	Becken B.....	81
A.3	Becken C1 und C2.....	83
A.4	Becken D	86
A.5	Becken E.....	88
A.6	Becken F	90
B	Anhang	92
B.1	Weitere Messwerte – Becken A.....	92
B.2	Weitere Messwerte – Becken B.....	94
B.3	Weitere Messwerte – RKB C (C1 und C2).....	95
B.4	Weitere Messwerte – RKB D.....	97
C	Anhang	100
C.1	Niederschlagssummenlinien, Zuflussganglinien und gemessenen AFS-Konzentrationen – Becken A.....	100
C.2	Niederschlagssummenlinien, Zuflussganglinien und gemessenen AFS-Konzentrationen – RKB C (C1 und C2)	101

C.3	Niederschlagssummenlinien, Zuflussganglinien und gemessenen AFS-Konzentrationen – RKB D.....	104
-----	--	-----

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Übersicht der europäischen und nationalen Gesetzeslage mit Beispielen.....	25
Abbildung 2:	Skizze eines Regenklärbeckens mit Dauerstau (RKBmD) als Durchlaufbecken nach DWA-A 166 (2013).....	34
Abbildung 3:	Sedimentationswirkungsgrade für Schrägklärer im Misch- und Trennsystem und für Straßenabflüsse (nach Fuchs und Kemper, 2018 in DWA-A 102-2, 2020).....	37
Abbildung 4:	Partikel, die auf Holzlager- und Holzverarbeitungsflächen anfallen können.....	41
Abbildung 5:	Eindrücke von den beprobten Becken	46
Abbildung 6:	Exemplarische Darstellung der Aufstellung der Regenschreiber an zwei untersuchten Becken.....	50
Abbildung 7:	Beispielhafte Darstellung der Sencrop-App (Regenschreiber) (modifiziert nach Sencrop, 2021b).....	50
Abbildung 8:	Ungleichmäßiges Strömungsbild im Becken D durch ungünstige Einlaufgestaltung	54
Abbildung 9:	AFS-Zu- und Ablaufkonzentration in Becken A bei unterschiedlichen Regenereignissen.....	61
Abbildung 10:	Mittlere AFS-Zu- und Ablaufkonzentration in Becken A	61
Abbildung 11:	Niederschlagssummenlinie, Zuflussganglinie, AFS-Konzentrationen im Zu- und Ablauf von Becken A für das Regenereignis vom 11.05.2021	62
Abbildung 12:	AFS-Zu- und Ablaufkonzentrationen in Becken B beim Regenereignis vom 17.08.2021	63
Abbildung 13:	AFS-Zu- und Ablaufkonzentration im RKB C1 und C2 bei unterschiedlichen Regenereignissen.....	65
Abbildung 14:	AFS-Zu- und Ablaufkonzentration im Regenklärbecken D bei unterschiedlichen Regenereignissen.....	66
Abbildung 15:	Niederschlagssummenlinie, Zuflussganglinie zum Regenklärbecken D, AFS-Konzentrationen im Zu- und Ablauf für das Regenereignis vom 05.05.2021	67
Abbildung 16:	Abgelagerter Schlamm im Regenklärbecken D während der Schlammräumung (Oktober 2021)	68
Abbildung 17:	Blick in Regenklärbecken D nach Schlammräumung.....	68
Abbildung 18:	Mittlere AFS-Zu- und Ablaufkonzentrationen im Regenklärbecken D	69
Abbildung 19:	Mittlere AFS-Konzentrationen im Zu- und Ablauf der untersuchten Becken	70
Abbildung 20:	Bauwerksplan Becken A (eigene Darstellung).....	80
Abbildung 21:	Bauwerksplan Becken B (eigene Darstellung)	82
Abbildung 22:	Bauwerksplan Becken C1 (eigene Darstellung)	84
Abbildung 23:	Bauwerksplan Becken C2 (eigene Darstellung)	85
Abbildung 24:	Bauwerksplan Becken D (eigene Darstellung).....	87
Abbildung 25:	Bauwerksplan Becken E (eigene Darstellung)	89
Abbildung 26:	Bauwerksplan Becken F (eigene Darstellung)	91
Abbildung 27:	TOC-Zu und Ablaufkonzentrationen des Beckens A bei unterschiedlichen Regenereignissen.....	92
Abbildung 28:	Mittlere TOC-Zu und Ablaufkonzentrationen im Zu- und Ablauf des Beckens A....	92

Abbildung 29:	CSB-Zu und Ablaufkonzentrationen des Beckens A bei unterschiedlichen Regenereignissen.....	93
Abbildung 30:	Mittlere CSB-Zu- und Ablaufkonzentrationen des Beckens A	93
Abbildung 31:	TOC-Zu und Ablaufkonzentrationen des Beckens B	94
Abbildung 32:	CSB-Zu- und Ablaufkonzentrationen des Beckens B	94
Abbildung 33:	TNb-Zu und Ablaufkonzentrationen des Beckens B	95
Abbildung 34:	TOC-Zu- und Ablaufkonzentration im RKB C1 und C2 bei unterschiedlichen Regenereignissen.....	95
Abbildung 35:	CSB-Konzentrationen im Zu- und Ablauf der RKB C1 und C2 bei unterschiedlichen Regenereignissen.....	96
Abbildung 36:	TNb-Konzentrationen im Zu- und Ablauf der RKB C1 und C2 bei unterschiedlichen Regenereignissen.....	96
Abbildung 37:	TOC-Zu und Ablaufkonzentrationen des RKB D bei unterschiedlichen Regenereignissen.....	97
Abbildung 38:	Mittlere TOC-Konzentrationen bei Becken D	97
Abbildung 39:	CSB-Zu und Ablaufkonzentrationen des RKB D bei unterschiedlichen Regenereignissen.....	98
Abbildung 40:	Mittlere CSB-Konzentrationen bei Becken D.....	98
Abbildung 41:	TNb-Zu und Ablaufkonzentrationen des RKB D bei unterschiedlichen Regenereignissen.....	99
Abbildung 42:	Mittlere TNb-Konzentrationen bei Becken D	99
Abbildung 43:	Regenereignis vom 26.05.2021	100
Abbildung 44:	Regenereignis vom 10.08.2021	100
Abbildung 45:	Regenereignis vom 15.09.2021	101
Abbildung 46:	Regenereignis vom 02.05.2021 – RKB C1	101
Abbildung 47:	Regenereignis vom 02.05.2021 – RKB C2	102
Abbildung 48:	Regenereignis vom 30.06.2021 – RKB C2	102
Abbildung 49:	Regenereignis vom 04.08.2021 – RKB C1	103
Abbildung 50:	Regenereignis vom 04.08.2021 – RKB C2	103
Abbildung 51:	Regenereignis vom 05.05.2021 – RKB D.....	104

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Vorgaben für die Selbstüberwachung von Regenklärbecken in NRW gemäß SüwVO Abw (2013).....	29
Tabelle 2:	Bauwerke zur Niederschlagswasserbehandlung und die ablaufenden Prozesse (nach Adams et al., 2014)	31
Tabelle 3:	Rechenwerte zu mittleren Konzentrationen im Niederschlagswasserabfluss und flächenspezifischer jährlicher AFS63-Stoffabtrag der Belastungskategorien I bis III (gemäß DWA-A 102-2).....	35
Tabelle 4:	Vorgaben zur konstruktiven Gestaltung und Dimensionierung von Regenklärbecken nach DWA-A 166 (2013)	37
Tabelle 5:	Kenndaten der ausgewählten Becken.....	47
Tabelle 6:	Zusammenstellung der vorliegenden Proben	51
Tabelle 7:	Übersicht über die analysierten Parameter, deren Analyseverfahren und deren Bestimmungsgrenzen (BG)	52
Tabelle 8:	Konstruktive Bewertung der untersuchten Becken auf Basis des DWA-A 166 (2013).....	56
Tabelle 9:	Rechnerische Nachweise entsprechend maßgebenden technischen Regelwerken	58
Tabelle 10:	Zusammensetzung des Niederschlagswassers im Zu- und Ablauf der untersuchten Regenbecken (gemittelte Median- und Mittelwerte)	59
Tabelle 11:	Übersicht über die Proben und Regenereignisse für Becken A.....	60
Tabelle 12:	Übersicht über die Proben und Regenereignisse für Becken B.....	62
Tabelle 13:	Übersicht über die Proben und Regenereignisse für RKB C.....	64
Tabelle 14:	Übersicht über die Proben und Regenereignisse für Regenklärbecken D	65

Abkürzungsverzeichnis

AbwV	Abwasserverordnung
AFS	Abfiltrierbare Stoffe
AFS63	Abfiltrierbare Stoffe mit einer Partikelgröße < 63 µm
BG	Bestimmungsgrenze
BREF	Best Available Techniques Reference Documents
BVT	Beste verfügbare Technik
CSB	Chemischer Sauerstoffbedarf
DIN	Deutsches Institut für Normung
DWD	Deutscher Wetterdienst
DWA	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.
EG	Europäische Gemeinschaft
EG-WRRL	Europäische Wasserrahmenrichtlinie
IED	Industrieemissionsrichtlinie
IHK	Industrie- und Handelskammer
ISA	Institut für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen
OSB	Oriented Strand Board (Grobspanplatten)
PAK	polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
PB	Particle Board (Spanplatte)
RiStWag	Richtlinien für bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wassergewinnungsgebieten
RKB	Regenklärbecken
RKBmD	Regenklärbecken mit Dauerstau
RKBoD	Regenklärbecken ohne Dauerstau
SdT	Stand der Technik
SüwVO Abw	Selbstüberwachungsverordnung Abwasser
TN_b	gesamter gebundener Stickstoff
TOC	gesamter organischer Kohlenstoff
TWG	Technische Arbeitsgruppen
UBA	Umweltbundesamt
VHI	Verband der deutschen Holzwerkstoffindustrie
WHG	Wasserhaushaltsgesetz

Zusammenfassung

Veranlassung und Zielsetzung

Im Juni 2020 wurde mit der 10. Novelle der Abwasserverordnung (AbwV) in Anhang 13 „Herstellung von Holzspanplatten, Holzfaserplatten oder Holzfasermatten“ ein Grenzwert für betriebsspezifisch verunreinigtes Niederschlagswasser an der Einleitungsstelle in das Gewässer eingeführt. Demnach darf bei Anlagen mit einer Produktionskapazität von 600 m³ oder mehr je Tag ein Jahresmittelwert für abfiltrierbare Stoffe (AFS) von 40 mg/l in der qualifizierten Stichprobe nicht überschritten werden. Für eine Minimierung des Überwachungsaufwandes stellt sich die Frage, ob die Anforderungen mittels einer Einhaltefiktion eingehalten werden können. Die Einführung einer Einhaltefiktion in Anhang 13 der AbwV würde eine behördliche Kontrolle unter der Voraussetzung des bestimmungsgemäßen Einbaus bzw. Umbaus und Betriebs der Niederschlagswasserbehandlungsanlage nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik erübrigen. Dies würde bedeuten, dass die Einhaltung von 40 mg_{AFS}/l als gewährleistet gilt, wenn die Bauwerke bestimmte bauliche und betriebliche Vorgaben erfüllen.

Im Rahmen dieser Studie sollte anhand von Untersuchungen bestehender Becken zur Niederschlagswasserbehandlung bei Holzverarbeitenden Betrieben geklärt werden, ob eine Einhaltefiktion eine praktikable Lösung zur Umsetzung des in der AbwV geforderten Grenzwertes von 40 mg_{AFS}/l darstellt.

Grundlagen

Zur Erreichung von definierten Zielgrößen nach EG-WRRL ist der Frachteintrag in Oberflächengewässer durch Niederschlagsabflüsse von bebauten und befestigten Flächen zu begrenzen. Abflusswirksame Flächen werden in Abhängigkeit vom Flächentyp und der Flächennutzung einer von drei Belastungskategorien zugeordnet:

Belastungskategorien I - gering verschmutztes Niederschlagswasser,

Belastungskategorie II - mäßig belastetes Niederschlagswasser und

Belastungskategorie III - stark belastetes Niederschlagswasser.

Niederschlagsabflüsse von Flächen der Kategorien II und III sind grundsätzlich behandlungsbedürftig. Unterschieden wird bei den Herkunftsflächen in Dachflächen, Hof- und Wegeflächen und Verkehrsflächen, bei denen die Belastung mit Feststoffen im Vordergrund steht, sowie Betriebsflächen und Flächen mit besonderer Belastung, bei denen eine (zusätzliche) Belastung mit gelösten Stoffen (Schwermetalle, Spurenstoffe) zu erwarten ist.

Niederschlagswasser, das über verschieden genutzte Flächen fließt, nimmt die auf den unterschiedlich verschmutzten Oberflächen abgelagerten Schmutz- oder Schadstoffe auf und transportiert diese mit sich. Die in diesem Wasser enthaltenen Sink-, Schweb- und Schwimmstoffe, die nicht in Lösung gehen, werden als abfiltrierbare Stoffe bezeichnet.

Der Eintrag von abfiltrierbaren Stoffen aus Bauwerken der Siedlungsentwässerung stellt eine relevante Belastung für Gewässer dar. Die Feststoffe sind wegen ihrer Beschaffenheit von gewässerökologischer Relevanz: Erstens können sie selbst als Problemstoff wirken, insbesondere wenn die Gewässersohle verschlammt oder das Kieslückensystem im Gewässerbett verstopft wird (Kolmation). Zweitens bildet insbesondere der Anteil an AFS mit Partikelgrößen unter 63 µm, der sogenannte AFS₆₃, eine Transportmatrix für anthropogene Schadstoffe wie Schwermetalle, Mineralölkohlenwasserstoffe, polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe und weitere organische Mikroschadstoffe (Welker, 2010).

Die AFS-Konzentrationen sind in Abhängigkeit vom Standort und den jahreszeitlichen Randbedingungen sehr variabel. So wurden in wenig belasteten Dachabflüssen AFS-Gehalte in der Größenordnung von 20 mg/l gefunden. In üblich belasteten Verkehrsflächenabflüssen wurden etwa 200 mg/l gemessen, während in hoch belasteten Niederschlagsabflüssen bei besonderen Randbedingungen im Einzugsgebiet AFS-Konzentrationen von 500 mg/l bis zu mehreren 1.000 mg/l ermittelt werden konnten (Dierschke und Welker, 2015). Untersuchungen zur Verteilung der Partikelgrößen im Niederschlagswasser deuten je nach Standort auf einen Anteil von AFS₆₃ von 70 bis 90 % hin (Fuchs et al., 2019).

Betriebsflächen von Holzlagerplätzen zählen gemäß dem DWA-Arbeitsblatt A 102-2 (2020) zu Betriebsflächen, auf denen besondere Beeinträchtigungen der Niederschlagswasserqualität zu erwarten sind. Sie sind damit der Belastungskategorie III – stark belastetes Niederschlagswasser – zuzuordnen und müssen vor der Einleitung in ein Gewässer behandelt werden. Bedingt durch den hohen Gehalt an Feststoffen im Oberflächenabflusswasser von Holzlagerplätzen kommen überwiegend physikalische Trennverfahren zum Einsatz.

Im Anhang 13 der AbwV waren bisher keine Anforderungen an die Behandlung von Niederschlagswasser vorgegeben, was sich mit Inkrafttreten der 10. Novelle am 16.06.2020 änderte. Insbesondere wird nun eine Sammlung des betriebsspezifisch verunreinigten Niederschlagswassers von befestigten Lagerplätzen für Holz aller Art, ausgenommen Rundholz und Schwarten, gefordert. Anlagen mit einer Produktionskapazität von mehr als 600 m³/d dürfen eine AFS-Konzentration von 40 mg_{AFS}/l im Jahresmittel bei Direkteinleitung in ein Gewässer nicht überschreiten. Diese Konzentration wird über qualifizierten Stichproben ermittelt (Mischprobe aus mindestens fünf Stichproben, die im Abstand von nicht weniger als zwei Minuten innerhalb eines Zeitraumes von nicht mehr als zwei Stunden genommen werden), wobei die Probenahme mindestens einmal in drei Monaten während eines Niederschlagsereignisses erfolgen sollte (AbwV, 2020).

Vorgehen

Sieben Regenbecken verschiedener Holzverarbeitender Betriebe wurden hinsichtlich ihrer Konstruktion und Wirkungsweise im Hinblick auf den Rückhalt von Feststoffen untersucht. Im Rahmen von Ortsbegehungen wurden die Beckenkonstruktionen aufgenommen und Regenschreiber an den Becken aufgestellt. Darüber hinaus wurde das Betriebspersonal zu betrieblichen Angelegenheiten, wie beispielsweise Häufigkeit von Schlammräumungen, befragt und für die Probenahme einer qualifizierten Stichprobe geschult. Ziel war, pro Niederschlagsereignis drei Zulauf- und drei Ablaufproben zu generieren, um eventuelle Unterschiede hinsichtlich der Feststoffkonzentrationen zu unterschiedlichen Zeiten des Niederschlagsereignisses zu ermitteln.

Zur Berechnung des Oberflächenabflusses wurden die Niederschlagsdaten der Regenschreiber, die vor Ort aufgestellt wurden, herangezogen. Die befestigten und unbefestigten angeschlossenen Flächen und deren Versiegelungsgrade sowie die Nennweite der Zulaufleitungen wurden anhand der Bestandsunterlagen zusammengestellt. Die Dokumentation der Flächen wurden anhand von Luftbildern und mithilfe von Geoinformationssystemen (QGIS) auf Plausibilität geprüft. Der Oberflächenabfluss infolge von Regenereignissen wurde mit dem hydrologischen Modell HYSTEM berechnet. Der Transport von Abwasser in der Zulaufleitung wurde mit dem hydrodynamischen Modell EXTRAN bestimmt. Als Ergebnis der Berechnungen lagen die Zuflussganglinien der Becken vor.

Zur Bewertung der Feststoffabscheidung und damit der Reinigungsleistung der untersuchten Regenbecken wurden von fünf der sieben betrachteten Becken Proben gezogen. Für diese

wurden die abfiltrierbaren Stoffe (AFS) im Umweltanalytischen Labor des Instituts für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen University bestimmt. Zur Charakterisierung der Niederschlagswässer von Holzlagerplätzen wurden neben den AFS auch der chemische Sauerstoffbedarf (CSB), der gesamte organische Kohlenstoff (Total Organic Carbon, TOC) und der gesamte gebundene Stickstoff (TNb) gemessen.

Ergebnisse

Bei den untersuchten Becken handelt es sich um Regenklärbecken mit Dauerstau oder Regenrückhaltebecken. Alle Becken weisen ähnliche Bauformen auf (rechteckiges Betonbecken mit Tauchwand im Zu- oder Ablauf). Allerdings wurden nur vier der sieben betrachteten Becken als Regenklärbecken mit dem Ziel eines stofflichen Rückhalts geplant und ausgeführt. Während Regenklärbecken primär der Behandlung von Niederschlagswasser dienen, werden Regenrückhaltebecken zur hydraulischen Entlastung des abwärtsliegenden Kanalnetzes oder des Gewässers, in das eingeleitet wird, vorgesehen. Von den sieben untersuchten Becken erfüllte nur ein Becken alle derzeit gültigen konstruktiven Anforderungen an Becken mit Sedimentationswirkung. Die anderen Becken wiesen konstruktive Mängel auf, sodass ungünstige hydraulische Verhältnisse im Zulauf- und Ablaufbereich sowie in der Sedimentationskammer festzustellen waren. Die als Regenrückhaltebecken geplanten Becken konnten erwartungsgemäß die für einen Feststoffrückhalt erforderlichen konstruktiven Anforderungen nur begrenzt erfüllen.

Im Untersuchungszeitraum von April bis September 2021 konnten insgesamt 68 Proben (je 34 Proben im Zu- und Ablauf) von fünf Regenbecken genommen und untersucht werden. Drei der Becken wurden als Regenklärbecken, zwei als Regenrückhaltebecken ausgeführt. An dem aus konstruktiver Sicht am besten gestalteten Regenklärbecken wurden keine Proben geliefert, sodass keine Rückschlüsse auf die Reinigungsleistung gezogen werden konnten. Im Niederschlagswasser der hier untersuchten Holzlagerplätze wurde der Anteil von AFS₆₃ im Mittel zu 63 % bestimmt. Der Anteil der größeren Partikel ist erwartungsgemäß etwas höher als im Niederschlagswasser von Siedlungsgebieten. Im Ablauf erhöhte sich der Anteil von AFS₆₃ auf rund 70 %, was auf eine bessere Sedimentation der größeren Partikel hindeutet.

Das Verhältnis von TOC zu CSB liefert Informationen zur Art der organischen Abwasserbelastung. Beim Niederschlagswasser der Holzlagerplätze beträgt das TOC zu CSB-Verhältnis sowohl im Zulauf als auch im Ablauf im Mittel 1:3 und liegt damit über den üblichen Verhältnissen für Verkehrsflächenabfluss von 1:5. Der pH-Wert weist keine Besonderheiten auf. Bei drei Becken wurden hohe Stickstoffkonzentrationen im Niederschlagswasser (über 20 mg/l) gemessen. In diesen Fällen ist zu klären, ob zusätzlich Abwässer aus landwirtschaftlichen Flächen in das Becken gelangen, ob entsprechende Hilfsstoffe bei der Holzlagerung oder -bearbeitung zum Einsatz kommen oder ob es zu einer Havarie mit stickstoffhaltigen Substanzen gekommen ist.

Die gemessenen AFS-Konzentrationen der holzverarbeitenden Betriebe im Becken-Zulauf streuen in einem breiten Bereich (zwischen 4 mg/l und 850 mg/l). Die AFS-Konzentrationen im Zulauf der Becken, bei denen ausschließlich Freilagerflächen und Verarbeitungsflächen angeschlossen sind, liegen höher als bei den Becken, an denen sämtliche Flächen (inklusive gering verschmutzter Dach- und Verkehrsflächen) angeschlossen sind. Die im Becken-Ablauf gemessenen AFS-Konzentrationen streuen etwas weniger als im Zulauf (zwischen 7,4 mg/l und 470 mg/l). Der geforderte Grenzwert würde auf Basis dieser Messungen nur von einem der fünf Becken eingehalten (AFS-Konzentrationen im Ablauf zwischen 7,4 und 16 mg/l; nur Dach- und Verkehrsflächen). An einem weiteren Standort wird durch die Vermischung des behandelten

Wassers von stark belasteten Flächen und gering belasteten Dachflächen der Grenzwert ebenfalls eingehalten (AFS-Konzentrationen im Ablauf zwischen 7 und 71 mg/l; im Mittel 33 mg/l).

Die Feststoffkonzentrationen im Zu- und Ablauf von Niederschlagswasserbehandlungsanlagen sind unter anderem abhängig von der Regenintensität, dem Probenahmezeitpunkt, der Anzahl vorangegangener Trockenwettertage vor dem beprobten Regenereignis und der Art und Größe der angeschlossenen Flächen. Eine Korrelation zwischen den einzelnen Einflussfaktoren und der Feststoffkonzentrationen konnte im Rahmen der hier durchgeführten Untersuchungen nicht ermittelt werden, da die Datendichte gering ist und keine korrespondierenden Zuflussmessungen vorliegen.

Bei Niederschlägen höherer Intensität werden von den angeschlossenen Flächen mehr abgelagerte Feststoffe abgeschwemmt als bei Niederschlägen geringerer Intensität. Darüber hinaus sind die im Niederschlagswasser festgestellten Konzentrationen im Verlauf eines Regenereignisses sehr unterschiedlich: Je nach Probenahmezeitpunkt werden sehr unterschiedliche Konzentrationen gemessen. Außerdem kann bei Becken, die nicht über einen Beckenüberlauf verfügen, eine hydraulische Überlastung auftreten, in deren Folge ausreichende Sedimentationsbedingungen nicht mehr sichergestellt sind. In besonderen Fällen kann es dabei zu einer Remobilisierung und einem Austrag bereits sedimentierter Schmutzstoffe kommen. In Abhängigkeit von den Rahmenbedingungen kann der in der Abwasserverordnung geforderte Grenzwert von 40 mg_{AFS}/l bei Einsatz von Regenbecken nicht sicher eingehalten werden.

Fazit und Ausblick

Für bestehende Becken zur Niederschlagswasserbehandlung von Holzlagerplätzen kann keine allgemein gültige Aussage im Hinblick auf die Einhaltung eines bestimmten Konzentrationsgrenzwertes getroffen werden. Die jeweilige Sedimentationsleistung sollte über Messungen ermittelt werden. Die konstruktive und hydraulische Beckengestaltung sollte geprüft und bei Bedarf optimiert werden; gegebenenfalls sind die Becken nachzurüsten, beispielsweise mit Schräg-/Lamellenklärern. Bei Becken, die im Dauerstau betrieben werden, sollte eine Umstellung auf den Betrieb ohne Dauerstau in Erwägung gezogen werden, da hier eine höhere Qualität des in ein Gewässer eingeleiteten Wassers erzielt werden kann. In diesem Fall ist allerdings eine Abstimmung mit dem kommunalen Kanalnetzbetreiber und gegebenenfalls dem Kläranlagenbetreiber erforderlich.

Bei regelmäßig hohen Feststoffkonzentrationen im Zulauf müssen weitergehende Behandlungsmöglichkeiten als die reine Sedimentation vorgesehen werden (Filtration). In manchen Fällen kann auch die Vermeidung oder Verminderung des Anteils an behandlungsbedürftigem Niederschlagswasser durch Anpassung der Flächennutzung bzw. Überdachung stark belasteter Flächen eine Option zur Reduktion der Feststofffracht darstellen. Eine bedarfsorientierte Schlammräumung der Becken ist dringend angeraten, da hierdurch die Remobilisierung von Sedimenten reduziert beziehungsweise verhindert werden kann.

Bei Neuplanungen der Entwässerung sollten schwach und stark belastete Flächen entkoppelt werden. Die Wässer sind getrennt zu behandeln: Das Niederschlagswasser von stark belasteten Flächen sollte in einem Regenklärbecken behandelt werden, das entsprechend der allgemein anerkannten Regeln der Technik bemessen ist. Bei Betrieb ohne Dauerstau und mit Lamellen-/Schräglklärern sind die besten Reinigungsergebnisse zu erwarten. Niederschlagswasser von schwach belasteten Flächen sollte je nach örtlicher Situation vorzugsweise in eine Versickerungsanlage abgeleitet, alternativ in ein Gewässer eingeleitet werden.

Niederschlagswasserbehandlungsanlagen werden in Deutschland nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik bezogen auf eine einzuhaltende AFS63-Fracht dimensioniert. Ist der Frachtnachweis geführt, kann das Becken mit berechneten Dimensionierungsgrößen geplant, gebaut und betrieben werden. Die Bemessung auf die Fracht unter Berücksichtigung konstruktiver Gestaltungsempfehlungen stellt eine Einhaltefiktion dar. Die zugrunde liegenden Konzentrations- und Frachtwerte verstehen sich als Rechenwerte im Sinne des entsprechenden Arbeitsblattes. Sie stellen keinen Referenzwert für einen messtechnischen Nachweis zulässiger Stoffausträge dar. Eine messtechnische Überprüfung der Niederschlagswasserbehandlungsanlagen ist nicht vorgesehen.

Der zulässige flächenspezifische Stoffabtrag nach gültigen technischen Regelwerken lässt sich allgemein auf Basis eines Jahresniederschlags von 800 mm/a aus einer mittleren AFS63-Konzentration von 50 mg/l ableiten. Diese Konzentration liegt höher als der in Anhang 13 der AbwV geforderte Grenzwert für AFS von 40 mg_{AFS}/l. Der einzuhaltende Grenzwert bezieht sich auf den gesamten AFS-Anteil und unterscheidet nicht in Grob- oder Feinfraktionen (AFS63).

Aufgrund dieses Widerspruchs zum gültigen technischen Regelwerk kann die Einführung einer Einhaltefiktion zur Einhaltung eines fixen Konzentrationsgrenzwertes von 40 mg_{AFS}/l nicht empfohlen werden. Die Einhaltung eines bestimmten Grenzwerts kann nicht garantiert werden, da die Konzentration im Ablauf von der Höhe der Zulaufkonzentration abhängt. Diese hängt wiederum von verschiedenen Einflussfaktoren ab (Regenintensität, Entwässerungssituation, usw.)

Um dennoch einen maximalen Gewässerschutz gewährleisten zu können, sollte die Dimensionierung von Anlagen zur Behandlung von Niederschlagswasser von Holzlagerplätzen vorzugweise auf Basis einer Frachtbetrachtung und nicht konzentrationsbezogen erfolgen. Dies hat den Vorteil, dass die eingeleitete Wassermenge ebenfalls mitberücksichtigt wird.

Summary

Introduction and objective

In June 2020, the 10th Amendment to the Wastewater Ordinance (AbwV) in Annex 13 „Production of wood particle board, wood fiberboard or wood fiber mats“ introduced a maximum contaminant level for contaminated surface run-off at the point of discharge into the water body. Accordingly, for plants with a production capacity of 600 m³ or more per day, an annual mean value from qualified random samples for total suspended solids (TSS) of 40 mg/l may not be exceeded. To minimize the monitoring effort, a compliance fiction may be used to fulfil the requirements. By introducing a compliance fiction in Annex 13 of the AbwV, authorities could eliminate the need for monitoring, provided that the stormwater treatment system is installed and operated in accordance with its intended use and in compliance with the relevant building authority approval. This would mean that compliance with 40 mg_{TSS}/l is ensured if the structures meet certain constructional and operational specifications.

Within the scope of this study, we investigated existing tanks for stormwater treatment at wood-processing plants to clarify whether a compliance fiction is a practicable solution for implementing the limit value of 40 mg_{TSS}/l required by the AbwV.

Fundamentals

To achieve defined target values according to the EG-WRRRL, plant operators must limit the load input into surface waters through surface run-off from built-up and paved areas. Areas with an impact on run-off are assigned to one of three pollution categories, depending on the type of area and the land use:

Pollution category I - slightly polluted stormwater,

Pollution category II - moderately polluted stormwater, and

Pollution category III - heavily polluted stormwater.

Stormwater runoff in categories II and III requires treatment. A distinction is made between roof areas, courtyard and path areas and traffic areas, where the main pollution is caused by solids, and operational areas and areas with special pollution, where (additional) pollution with dissolved substances (heavy metals, trace substances) is to be expected.

Stormwater that flows over surfaces used for different purposes picks up the pollutants or contaminants deposited on them and transports them. The sinking-, suspended- and floating substances contained in this water are referred to as total suspended solids.

The input of total suspended solids from urban drainage structures pollutes water bodies to a significant degree. The solids are relevant to water ecology because of their properties: Firstly, they can be problematic substances themselves, especially if the riverbed silts up or the interstitial pore spaces in the riverbed become clogged (colmation). Secondly, especially the proportion of TSS with particle sizes below 63 µm, the so-called TSS₆₃, forms a transport matrix for anthropogenic pollutants such as heavy metals, mineral oil hydrocarbons, polycyclic aromatic hydrocarbons and other organic micropollutants (Welker, 2010).

TSS concentrations are highly variable depending on the location and seasonal conditions. For example, TSS concentrations in the order of 20 mg/l were found in low-polluted roof runoff. In commonly polluted traffic area runoff, about 200 mg/l were measured, and in highly polluted stormwater runoff, TSS concentrations of 500 mg/l to several 1,000 mg/l were determined under special conditions in the drainage area (Dierschke and Welker, 2015). Studies on the distribution of particle sizes in stormwater indicate a share of AFS63 of 70 to 90 %, depending on the location (Fuchs et al., 2019).

According to the DWA Code of Practice A 102-2 (2020), areas for wood storage belong to industrial areas where special deterioration of the stormwater quality is to be expected. They are, therefore, assigned to pollution category III – heavily polluted stormwater – and must be treated before being discharged into a water body. Physical separation processes are predominantly used since there is a high content of solids in surface runoff water from wood storage areas.

Until now, Annex 13 of the AbwV did not specify any requirements for the treatment of stormwater, which changed when the 10th Amendment came into force on 16 June 2020. In particular, a collection of the industrially contaminated stormwater from paved storage areas for wood of all kinds, except roundwood and slabs, is now required. Facilities with an annual average production capacity of more than 600 m³/d cannot exceed a TSS concentration of 40 mg_{TSS}/l when their surface run-off is discharged directly into a water body. This concentration is determined via qualified random sampling (mixed sample of at least five random samples taken at intervals of not less than two minutes within a period of not more than two hours), with sampling taking place at least once in three months during a rainfall event (AbwV, 2020).

Methods

We examined the construction and mode of operation of seven stormwater tanks from different wood-processing companies as to how well they retained solids. During site visits, the construction design of each tank was recorded, and rain gauges were set up nearby the tanks. In addition, staff were interviewed about operational matters, such as frequency of sludge clearing, and trained to take a qualified random sample. The aim was to generate three inflow and three outflow samples per rainfall event to identify any differences in solid concentrations at different times of the rainfall event.

Rainfall data from rain gauges set up on site were used to calculate surface runoff. The paved and unpaved connected areas and their degrees of sealing as well as the nominal size of the inlet pipes were compiled based on the existing documents. The documentation of the areas was checked for plausibility using aerial photographs and geographic information systems (QGIS). Surface runoff due to rain events was calculated using the hydrological model HYSDREM. The transport of wastewater in the inflow pipe was determined using the hydrodynamic model EXTRAN. As a result of the calculations, the inflow hydrographs of the tanks were available.

Samples were taken from five of the seven studied tanks to evaluate the solids separation and, thus, the purification performance of the investigated stormwater tanks. For these, the total suspended solids (TSS) were determined in the Environmental Analysis Laboratory of the Institute for Urban Water Management at RWTH Aachen University. The chemical oxygen

demand (COD), the total organic carbon (TOC) and the total nitrogen bound were measured in addition to the TSS to characterise the stormwater from wood storage areas.

Results

The studied tanks are stormwater sedimentation tanks in permanent storage or stormwater retention tanks. All tanks have similar designs (rectangular concrete tank with a baffle in the inflow or outflow). However, only four of the seven examined tanks were planned and constructed as rainwater sedimentation tanks for retaining solids. While stormwater sedimentation tanks primarily serve to treat stormwater, stormwater retention tanks are designed to hydraulically relieve the downstream sewer system or the water body into which the retention tank discharges. Of the seven tanks examined, only one met all the currently valid design requirements for tanks with sedimentation efficiency. The other tanks had constructional deficiencies so that unfavorable hydraulic conditions were found in the inflow and outflow areas as well as in the sedimentation chamber. As expected, the tanks planned as stormwater retention tanks could only fulfil the constructional requirements necessary for solids retention to a limited extent.

During the study period from April to September 2021, a total of 68 samples (34 samples each in the inflow and outflow) were taken from five stormwater tanks and analyzed. Three of the tanks were designed as stormwater sedimentation tanks, two as stormwater retention tanks. No samples were supplied from the stormwater clarifier, which was the best designed from a design point of view, so that no conclusions could be drawn about the treatment performance. In the stormwater of the wood storage areas investigated, the proportion of TSS₆₃ was determined to be 63 % on average. As expected, the proportion of larger particles is somewhat higher than in the stormwater from residential areas. In the discharge, the proportion of TSS₆₃ increased to around 70 %, which indicates better sedimentation of the larger particles.

The ratio of TOC to COD provides information on the type of organic wastewater load. In the case of stormwater from the wood storage areas, the TOC to COD ratio is 1:3 on average in both the inflow and the outflow, which is higher than the usual ratios for traffic area runoff, 1:5. The pH value does not show any special characteristics. In three tanks, high nitrogen concentrations were measured in the stormwater (over 20 mg/l). In these cases, it must be clarified whether additional runoff from agricultural areas enters the tank, whether associated additives are used in wood storage or processing or whether an accident involving nitrogenous substances has happened.

The TSS concentrations measured in the inflow of the tanks at the wood-processing plants vary within a wide range (between 4 mg/l and 850 mg/l). The TSS concentrations in the inflow of the tanks are higher if outdoor storage areas and processing areas are connected to them than in the tanks where all areas (including low-polluted roof and traffic areas) are connected. The TSS concentrations measured in the tank outflow vary slightly less than in the inflow (between 7.4 mg/l and 470 mg/l). Based on these measurements, the required limit value would only be met by one of the five tanks (TSS concentrations in the outlet between 7.4 and 16 mg/l; roof and traffic areas only). At another site, the threshold value could also be met by mixing the treated water from heavily polluted surfaces with run-off from lightly polluted roof surfaces (TSS concentrations in the outlet between 7 and 71 mg/l; mean 33 mg/l).

The solids concentrations in the inflow and outflow of stormwater treatment plants depend, among other things, on the rain intensity, the time of sampling, the number of previous dry weather days before the sampled rain event, and the type and size of the attached areas. A correlation between the individual influencing factors and the solids concentrations could not be determined within the scope of the investigations carried out here since the data density is low and no corresponding inflow-measurements to the tanks are available.

In the case of higher-intensity rainfall, more deposited solids are washed away from the attached areas than in the case of lower-intensity rainfall. Furthermore, the concentrations detected in the stormwater vary substantially over the course of a rainfall event: Depending on the sampling time, very different concentrations are measured. Furthermore, a hydraulic overload can occur in tanks that do not have a tank overflow; as a result, sufficient sedimentation is no longer ensured. In certain cases, this can lead to remobilization and discharge of already sedimented pollutants. Depending on the framework conditions, the limit value of 40 mg_{TSS}/l required by the Wastewater Ordinance cannot be met with certainty when stormwater tanks are used.

Conclusion and Outlook

For existing tanks used to treat stormwater from wood storage areas, no generally valid statement can be made regarding compliance with a specific threshold value. The specific sedimentation efficiency should be determined with individual measurements. The constructional and hydraulic basin design should be checked and optimized. If necessary, the tanks should be upgraded, e.g. with lamella clarifiers or inclined plate settlers. In the case of tanks that are operated in permanent storage, a conversion to operation without permanent storage should be considered since better treatment results are achieved in this case. However, in this case, coordination with the municipal sewer network operator and the wastewater treatment plant operator is mandatory.

If there is a regularly high concentration of solids in the inflow, treatment options that go beyond pure sedimentation must be provided (filtration). In some cases, avoiding or reducing the share of stormwater requiring treatment by adapting land use or covering heavily polluted areas can also be an option for reducing the load of solids. A demand-oriented sludge removal from the tanks is strongly recommended, as this can reduce or prevent the remobilization of sediments.

When planning new drainage systems, civil engineers should separate lightly and heavily polluted areas, and the water should be treated separately: Rainwater from heavily polluted areas should be treated in a stormwater sedimentation tank that is dimensioned according to the generally accepted engineering standards. The best treatment results can be expected when the tank is operated without permanent storage and with lamella clarifiers or inclined plate settlers. Depending on the local situation, stormwater from lightly polluted areas should preferably be discharged into an infiltration system, or alternatively into a body of water.

In Germany, stormwater treatment plants are sized according to the generally accepted engineering standards in relation to a TSS₆₃ load to be met. Once the load has been verified, the tank can be planned with calculated dimensioning values, built and operated. The dimensioning for the load, considering design recommendations, constitutes a compliance fiction. The

underlying concentration and load values are to be seen as calculated values according to the corresponding worksheet. They do not represent a reference value for a metrological verification of permissible substance discharges. A metrological check of the stormwater treatment facilities is not intended.

Based on an annual rainfall of 800 mm/a, an area-specific substance discharge can be derived with an average TSS₆₃ concentration of 50 mg/l according to valid technical regulations. This concentration is higher than the limit value for TSS of 40 mg TSS/l required in Annex 13 of the AbwV. The threshold value to be complied with refers to the total TSS fraction and does not differentiate between coarse or fine fractions (TSS₆₃).

Therefore, the introduction of a compliance fiction to meet a fixed concentration limit of 40 mg_{TSS}/l cannot be recommended. Compliance with a specific limit value cannot be guaranteed as the concentration in the discharge depends on the level of the inflow concentration. This in turn depends on various influencing factors (rain intensity, drainage situation, etc.).

Nevertheless, to ensure maximum water protection, civil engineers should dimension plants that treat stormwater from wood storage areas based on its load and not its concentration; this way the amount of water discharged can also be considered.

1 Einleitung

Im November 2015 wurden die Schlussfolgerungen über die besten verfügbaren Techniken (BVT) für die Produktion von Platten auf Holzbasis (Spanplatten, Faserplatten, OSB) im Amtsblatt der Europäischen Union veröffentlicht. Die nationale Umsetzung der wasserseitigen BVT-Schlussfolgerungen erfolgte über die Novellierung der Anforderungen des Anhang 13 der Abwasserverordnung (AbwV) vom Juni 2020.

Die BVT-Schlussfolgerungen für die Produktion von Platten auf Holzbasis enthalten unter anderem Überwachungs- und Emissionsanforderungen für den Parameter abfiltrierbare Stoffe (AFS) im Niederschlagswasserabfluss von Holzlagerflächen- und Holzverarbeitungsflächen im Freien ab einer bestimmten Produktionskapazität. Demnach darf bei Anlagen mit einer Produktionskapazität von 600 m³ oder mehr je Tag das betriebsspezifisch verunreinigte Niederschlagswasser an der Einleitungsstelle in das Gewässer ein Jahresmittelwert für abfiltrierbare Stoffe von 40 mg/l in der qualifizierten Stichprobe nicht überschritten werden. Für eine Minimierung des Überwachungsaufwandes stellt sich die Frage, ob den Anforderungen mittels einer Einhaltefiktion Genüge getan werden kann. Die Einführung einer Einhaltefiktion in Anhang 13 der AbwV würde eine behördliche Kontrolle erübrigen unter der Voraussetzung des bestimmungsgemäßen Einbaus und Betriebs der Niederschlagswasserbehandlungsanlage nach der jeweiligen bauaufsichtlichen Zulassung. Dies würde bedeuten, dass die Einhaltung von 40 mg_{AFS}/l gewährleistet ist, wenn die Bauwerke bestimmte bauliche und betriebliche Vorgaben erfüllen.

Bisher liegen jedoch nicht genügend Informationen zu den in der Holzindustrie eingesetzten Absetzbecken hinsichtlich der abfiltrierbaren Stoffe vor, um eine Einhaltefiktion begründen zu können. Das hier beschriebene Vorhaben diene dazu, diese Wissenslücke zu schließen und zu klären, ob mit Hilfe einer Einhaltefiktion eine praktikable Lösung zur Umsetzung der europäischen Anforderungen ermöglicht werden kann.

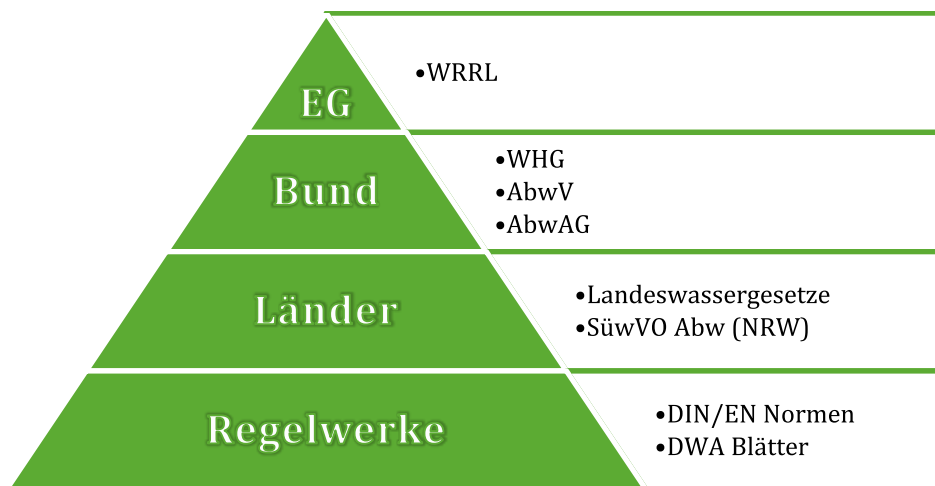
Hierzu wurden im Rahmen des Forschungsprojektes „Machbarkeitsstudie über die Einführung einer Einhaltefiktion im Anhang 13 der Abwasserverordnung für den Parameter abfiltrierbare Stoffe im Niederschlagsabwasser von Holzlagerplätzen von Anlagen zur Herstellung von Platten auf Holzbasis“ (kurz: NWB Holzlager) bei fünf Regenbecken die abfiltrierbaren Stoffe im Zulauf und Ablauf des Beckens für die Reinigung des Niederschlagswassers gemessen. Zudem wurden zur besseren Bewertung der Feststoffabscheidung die Beckenkonstruktion und die Entwässerungssituation von sieben Absetzbecken aufgenommen. Zur besseren Einordnung der Ergebnisse wurden die rechtlichen Grundlagen hinsichtlich der Niederschlagswasserbehandlung im Detail zusammengetragen. Abschließend erfolgte eine Bewertung zur Umsetzung der BVT-Schlussfolgerungen bzw. zur Einführung einer Einhaltefiktion hinsichtlich des in der AbwV geforderten Grenzwertes von 40 mg_{AFS}/l.

2 Stand des Wissens

2.1 Rechtliche Grundlagen der Niederschlagswasserbehandlung

Das Erfordernis zur allgemeinen Niederschlagswasserbehandlung resultiert aus den Vorgaben der Wasserrahmenrichtlinie der Europäischen Gemeinschaft (EG-WRRL) zur Erreichung eines guten chemischen und ökologischen Zustands der europäischen Gewässer. Abbildung 1 fasst den rechtlichen Rahmen der Niederschlagswasserbehandlung auf EU-Ebene (WRRL) und deren Umsetzung in deutsches Recht grafisch zusammen. Der rechtliche Rahmen zur Regelung von Abwasser, Oberflächengewässer und Trinkwasser ist hierarchisch aufgebaut. Auf Ebene der Europäischen Gemeinschaft (EG) gilt die WRRL, welche in den einzelnen Mitgliedsstaaten in nationales Recht umgesetzt werden muss. In Deutschland wird dies durch das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) und die jeweiligen Landeswassergesetze umgesetzt. (Richtlinie 2000/60/EG, 2000; WHG, 2009)

Abbildung 1: Übersicht der europäischen und nationalen Gesetzeslage mit Beispielen



Quelle: eigene Darstellung, ISA der RWTH Aachen

2.1.1 Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL)

Die EG-WRRL der europäischen Union zielt darauf ab, einen Ordnungsrahmen für den Schutz der Binnenoberflächengewässer, Übergangsgewässer, Küstengewässer sowie des Grundwassers zu schaffen. Zu den Grundsätzen dieser Richtlinie zählt die Vermeidung einer weiteren Verschlechterung sowie der Schutz und die Verbesserung des Zustands von aquatischen Ökosystemen sowie die direkt von ihnen abhängenden Landökosysteme und Feuchtgebiete. Zudem soll auf Basis eines langfristigen Schutzes der vorhandenen Ressourcen eine nachhaltige Wassernutzung gefördert werden. Durch Maßnahmen zur sukzessiven Reduktion und zum Beenden von Einleitungen prioritärer Schadstoffe soll zusätzlich ein stärkerer Schutz sowie eine Verbesserung der aquatischen Umwelt erreicht werden. (EG-WRRL, 2000)

Auf dieser Grundlage wurde angestrebt, einen guten ökologischen und chemischen Zustand der Oberflächengewässer sowie einen mengenmäßig und chemisch guten Zustand für Grundwasserkörper zu erreichen. Bei erheblich veränderten und künstlichen Wasserkörpern wird lediglich ein gutes ökologisches Potential sowie ein guter chemischer Zustand angestrebt. Diese Ziele waren zunächst bis zum Jahr 2015 zu erreichen. Mittlerweile wurde diese Frist zweimal um jeweils 6 Jahre verlängert, sodass der aktuelle Verlängerungszeitraum bis 2027 gilt.

Zur Erfassung des vorhandenen Zustands und zur Überwachung der Zielerreichung sind neben einem intensiven Monitoring eine Berichterstattung über die Aktualisierung der Bewirtschaftungspläne, der Maßnahmenprogramme sowie der Zielerreichung in einem 6 Jahres-Intervall durchzuführen. (EG-WRRL, 2000)

Im Artikel 3 der EG-WRRL werden die Umweltziele für Oberflächengewässer, Grundwasser und Schutzgebiete weiter ausgeführt. Daneben werden Ausnahme- und Sonderregelungen vorgestellt. Hierzu zählen insbesondere die abgeminderte Zielformulierung für künstliche und erheblich veränderte Wasserkörper, die Möglichkeit einer Fristverlängerung, die zulässige vorübergehende Verschlechterung aufgrund höherer Gewalt oder natürlicher Ursachen. Es besteht zudem die Möglichkeit bei Konflikten mit signifikanten anthropogenen Belangen unter bestimmten Umständen eine Aufweichung der Umweltziele oder gar Abweichung von den Umweltzielen vorzunehmen. (EG-WRRL, 2000)

Die EG-WRRL wurde in Deutschland durch Änderungen des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) sowie der Landeswassergesetze in nationales Recht umgesetzt.

2.1.2 Wasserhaushaltsgesetz (WHG)

Das Wasserhaushaltsgesetz regelt in den Paragraphen 54, 55 und 57 den Umgang mit Niederschlagswasser. In § 54 wird zunächst der Abwasserbegriff definiert. Hierzu kann auch Niederschlagswasser gezählt werden, sofern es sich dabei um gesammelt abfließendes Wasser aus dem Bereich von bebauten und befestigten Flächen infolge von Niederschlag handelt. In § 55 wird darauf hingewiesen, dass Abwasser so zu beseitigen ist, dass das Wohl der Allgemeinheit nicht beeinträchtigt wird. Insbesondere unbelastetes Niederschlagswasser soll nach Möglichkeit ortsnah versickert, verrieselt bzw. direkt oder über eine Kanalisation - ohne Vermischung mit Schmutzwasser - in ein Gewässer eingeleitet werden. Dies ist jedoch nur zulässig, soweit dem weder wasserrechtliche noch sonstige öffentlich-rechtliche Vorschriften oder wasserwirtschaftliche Belange entgegenstehen. (WHG, 2009)

Das Einleiten von Abwasser in Gewässer (Direkteinleitung) ist nach dem Wasserhaushaltsgesetz gemäß § 57 nur zulässig, wenn die Menge und Schädlichkeit des Abwassers so gering gehalten wird, wie dies bei Einhaltung der jeweils in Betracht kommenden Verfahren nach dem Stand der Technik möglich ist. Diese Mindestanforderung gilt für kommunale Kläranlagen sowie für gewerbliche und industrielle Abwasserbehandlungsanlagen gleichermaßen. Bei einer Direkteinleitung wird das Abwasser abschließend behandelt und dann in ein Gewässer eingeleitet.

Die sich nach dem Stand der Technik ergebenden Anforderungen für eine Direkteinleitung sind in der Verordnung über Anforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer – Abwasserverordnung (AbwV) - des Bundes festgelegt. Die Abwasserverordnung unterscheidet nach verschiedenen Abwasserherkunftsbereichen (Branchen) und gibt für diese unterschiedliche Anforderungen vor. Je nach den örtlichen Gegebenheiten sind zur Erreichung des guten Zustands gemäß Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) weitergehende Anforderungen auch an die industrielle Abwasserbeseitigung zu stellen.

In § 60 WHG wird weiter ausgeführt, dass Abwasseranlagen so zu errichten, zu betreiben und zu unterhalten sind, dass die Anforderungen an die Abwasserbeseitigung eingehalten werden. Werden die Anforderungen an die Abwasseranlagen nicht eingehalten, sind die erforderlichen Maßnahmen innerhalb angemessener Fristen durchzuführen. (WHG, 2009)

Weiterhin wird in § 61 festgelegt, dass jeder, der Abwasser in ein Gewässer oder in eine Abwasseranlage einleitet, dazu verpflichtet ist, das Abwasser durch fachkundiges Personal zu

untersuchen oder untersuchen zu lassen. Ebenfalls ist jeder Betreiber einer Abwasseranlage verpflichtet, deren Zustand, Funktionsfähigkeit, Unterhaltung, Betrieb sowie Art und Menge des Abwassers und der Abwasserinhaltsstoffe selbst zu überwachen und darüber Aufzeichnungen anzufertigen, aufzubewahren und nach Verlangen der zuständigen Behörde vorzulegen. § 61 wurde mit der Verabschiedung der Eigenkontroll- und Selbstüberwachungsverordnungen auf Landesebene spezifiziert. (WHG, 2009)

2.1.3 Abwasserverordnung (AbwV)

Die Abwasserverordnung bestimmt die Mindestanforderungen für das Einleiten von Abwasser in Gewässer, das in unterschiedlichen Herkunftsbereichen anfällt, und legt Anforderungen an die Errichtung, den Betrieb und die Benutzung von Abwasseranlagen fest. In der Verordnung enthaltene Emissionsgrenzwerte sind vom Einleiter einzuhalten, sofern keine weitergehenden Anforderungen in einer ausgestellten wasserrechtlichen Erlaubnis formuliert sind. Abseits davon sind die Anforderungen der AbwV bei der Erteilung einer wasserrechtlichen Erlaubnis in diese zu integrieren. (AbwV, 2020)

Allgemeine Anforderungen, denen nach § 3 der AbwV zu entsprechen ist, beinhalten, dass Abwasser grundsätzlich in ein Gewässer nur eingeleitet werden darf, wenn die Schadstofffracht so gering gehalten wird, wie dies nach Prüfung der Verhältnisse im Einzelfall möglich ist. Maßnahmen zur Vermeidung einer Belastung des Abwassers sind dabei priorisiert anzustreben. Ebenfalls ist darauf zu achten, dass keine Verfahren zur Belastungsminderung des Abwassers eingesetzt werden, bei denen die Belastung auf andere Umweltmedien entgegen dem Stand der Technik verlagert wird. Die AbwV verlangt daneben eine möglichst energieeffiziente Betriebsweise und weitgehende Ausnutzung energetischer Potentiale des Abwassers. Ferner dürfen Konzentrationsgrenzwerte für festgelegte Anforderungen nicht durch Verdünnung erreicht werden. (AbwV, 2020)

Sofern Anforderungen vor einer Vermischung festgelegt werden, ist eine Vermischung von Abwässern unterschiedlicher Herkunft und Beschaffenheit zum Zweck einer gemeinsamen Behandlung nur zulässig, wenn insgesamt mindestens die gleiche Minderung der Schadstofffracht je Parameter bei getrennter Einhaltung jeweiliger Anforderungen erreicht wird. Eine Vermischung ist erst zulässig, wenn für den Ort des Abwasseranfalls festgelegte Anforderungen eingehalten werden. (AbwV, 2020)

Sämtliche festgelegten Anforderungen bezüglich maximaler Ablaufkonzentrationen beziehen sich entsprechend § 5 auf die Stelle, an der das Abwasser in das Gewässer eingeleitet wird und, soweit bestimmt, auch auf den Ort des Anfalls des Abwassers oder der Vermischung mit Abwasser anderer Herkunft. Der Ablauf der Abwasseranlage, in der das Abwasser zuletzt behandelt wurde, ist der Einleitungsstelle gleichgesetzt. Weicht ein Wert im Rahmen der staatlichen Überwachung von dem nach AbwV einzuhaltenden Wert oder dem in der wasserrechtlichen Erlaubnis festgelegten Wert ab, kann der Wert dennoch als eingehalten gelten. Dies setzt voraus, dass lediglich eine der fünf letzten Messungen eine Überschreitung anzeigt und diese Überschreitung den Grenzwert nicht um 100 % übersteigt. (AbwV, 2020)

2.1.4 Abwasserabgabengesetz (AbwAG)

Das Abwasserabgabengesetz bestimmt, dass für die Einleitung von Abwasser in ein Gewässer gemäß § 3 Absatz 1 bis 3 des WHG eine Abgabe zu entrichten ist und diese durch die Länder erhoben wird. Im Sinne dieses Gesetzes wird Abwasser definiert „als das durch häuslichen, gewerblichen, landwirtschaftlichen oder sonstigen Gebrauch in seinen Eigenschaften veränderte und das bei Trockenwetter damit zusammen abfließende Wasser“ (Schmutzwasser) sowie das

„aus dem Bereich von bebauten oder befestigten Flächen abfließende und gesammelte Wasser von Niederschlägen“ (Niederschlagswasser). Neben dem unmittelbaren Einleiten in ein Oberflächengewässer wird auch das Einleiten in den Untergrund abseits von landbaulicher Bodenbehandlung als Einleitung im Sinne des Gesetzes aufgefasst. (AbwAG, 2018)

Die zu entrichtende Abwasserabgabe orientiert sich an der Schädlichkeit des Abwassers. Hierbei werden bestimmten Abwasserparametern und -inhaltsstoffen Schadeinheiten zugeordnet (z.B. entsprechen 50 kg CSB einer Schadeinheit). Pro Schadeinheit entfällt ein fixer Geldbetrag als Abwasserabgabe. Bewertete Schadstoffe und Schadstoffgruppen sind oxidierbare Stoffe (erfasst als CSB), Phosphor- und Stickstoffverbindungen, organische Halogenverbindungen (AOX), Schwermetalle (Quecksilber, Cadmium, Chrom, Nickel, Blei, Kupfer) und die Giftigkeit gegenüber Fischeiern. (AbwAG, 2018)

Die Zuweisung von Schadeinheiten erfolgt bei Niederschlagswasser pauschal. Bei einer öffentlichen Kanalisation wird dieser Wert über die Anzahl der angeschlossenen Einwohner bestimmt. Bei befestigten gewerblichen Flächen größer als drei Hektar und Einleitung über eine nichtöffentliche Kanalisation werden die Schadeinheiten über den Wert von 18 Schadeinheiten pro Hektar berechnet. Eine Abschätzung der angeschlossenen Einwohner sowie der Größe der befestigten Fläche ist dabei zulässig. Nicht abgabepflichtig sind gemäß § 10 AbwAG das Einleiten von Schmutzwasser unter bestimmten Voraussetzungen sowie das Einleiten von Niederschlagswasser von bis zu drei Hektar großen befestigten gewerblichen Flächen und von Schienenwegen, wenn es nicht über eine öffentliche Kanalisation vorgenommen wird. Darüber hinaus werden weitere Ausnahmeregelungen aufgeführt. Die Länder selbst haben entsprechend § 7 zudem die Möglichkeit Voraussetzungen zu definieren, unter denen die Einleitung von Niederschlagswasser ganz oder zum Teil abgabefrei bleibt. Kommt der Abgabepflichtige der Berechnung der Schadeinheiten des Abwassers und dem Vorlegen der dazugehörigen Unterlagen bei der zuständigen Behörde nicht nach, kann die Zahl der Schadeinheiten von der zuständigen Behörde geschätzt werden. (AbwAG, 2018)

Unter bestimmten Voraussetzungen kann die Einleitung von Niederschlagswasser ganz oder teilweise abgabefrei sein. Die Grundvoraussetzung hierzu ist eine Niederschlagswasserbehandlung, die den allgemein anerkannten Regeln der Technik entspricht bzw. dass das Niederschlagswasser über eine Trennkanalisation eingeleitet wird und keine Verunreinigung durch Fehleinleitungen von Schmutzwasser erfolgt. (AbwAG, 2018)

2.1.5 Verordnung zur Selbstüberwachung von Abwasseranlagen – Selbstüberwachungsverordnung Abwasser (SüwVO Abw)

Entsprechend § 61 WHG sind Betreiber von Abwasseranlagen zur Selbstüberwachung der Abwasseranlagen verpflichtet. Dies gilt in der Regel sowohl für Kanalnetze der öffentlichen Abwasserbeseitigung als auch für nicht-öffentliche Kanalnetze (Schmutz- und Niederschlagswasser), sofern die angeschlossene Fläche größer als 3 ha ist. Zur Konkretisierung des Überwachungsrahmens und der Randbedingungen wurden länderspezifisch die Eigenkontroll- beziehungsweise Selbstüberwachungsverordnungen verabschiedet.

In diesen Verordnungen werden insbesondere Umfang, Art und Häufigkeit der Überwachung der Kanalisation und Einrichtungen zur Abwasser- und Niederschlagswasserbehandlung festgelegt. Dabei kommt es zwischen den Ländern stellenweise zu Abweichungen beispielsweise bei den Häufigkeiten der Prüfung bestimmter Einrichtungen und Einrichtungskomponenten.

Als Beispiel gelten für Regenklärbecken in Nordrhein-Westfalen gemäß SüwVO Abw. die in Tabelle 1 aufgeführten Vorgaben:

Tabelle 1: Vorgaben für die Selbstüberwachung von Regenklärbecken in NRW

Prüfung	Art der Prüfung	Häufigkeit
Feststellung von Ablagerungen und Verstopfungen	Inaugenscheinnahme	nach Niederschlägen, die eine betrieblich bedeutsame Beaufschlagung erwarten lassen, sonst monatlich
Funktionsfähigkeit von Drosselorganen, beweglichen Wehren, Hebern	Funktionskontrolle gemäß Herstellerangaben	Herstellerangaben, sonst monatlich
Funktionsfähigkeit von Pumpen, Mess- und Regeltechnik, Reinigungseinrichtungen (in der Regel bei nicht ständig gefüllten Becken), Schiebern, Klappen, Armaturen usw.	Probelauf, nach Angaben des Herstellers	Herstellerangaben, sonst monatlich
Inspektion der Drossel- und der Messeinrichtungen	Überprüfung der Systemeinstellung nach Angaben des Herstellers	Herstellerangaben, sonst jährlich
Inspektion der Messeinrichtungen	Überprüfung der Gerätekennlinien nach Herstellerangaben	
Feststellung sichtbarer Schäden an den Becken	optische Kontrolle beziehungsweise Inaugenscheinnahme	alle fünf Jahre
hydraulische Kalibrierung der Drosseleinrichtungen	Kennlinienüberprüfung nach Angaben des Herstellers	alle fünf Jahre

Quelle: SöwVO Abw, 2013

2.2 Niederschlagswasserbehandlungsanlagen

2.2.1 Allgemeines

Zur Erreichung von definierten Zielgrößen nach EG-WRR L ist der Frachteintrag in Oberflächengewässer durch Niederschlagsabflüsse von bebauten und befestigten Flächen zu begrenzen. Abflusswirksame Flächen werden in Abhängigkeit vom Flächentyp und der Flächennutzung einer von drei Belastungskategorien zugeordnet:

Belastungskategorien I - gering verschmutztes Niederschlagswasser,

Belastungskategorie II - mäßig belastetes Niederschlagswasser und

Belastungskategorie III - stark belastetes Niederschlagswasser.

Niederschlagsabflüsse der Kategorien II und III sind behandlungsbedürftig. Grundsätzlich wird bei den Herkunftsflächen in Dachflächen, Hof- und Wegeflächen und Verkehrsflächen, bei denen die Belastung mit Feststoffen im Vordergrund steht und Betriebsflächen und Flächen mit besonderer Belastung, bei denen eine (zusätzliche) Belastung mit gelösten Stoffen (Schwermetalle, Spurenstoffe) zu erwarten ist, unterschieden. Den drei Flächenkategorien wurden flächenspezifische Stoffabträge zugeordnet, die als Rechenwerte für Nachweise zur Regenwasserbehandlung genutzt werden. (DWA-A 102-2, 2020)

2.2.2 Der Parameter AFS als Maß für die Verschmutzung von Niederschlagsabflüssen

Niederschlagswasser, das über verschieden genutzte Flächen fließt, nimmt die auf den unterschiedlich verschmutzten Oberflächen abgelagerten Schmutz- oder Schadstoffe auf und transportiert sie mit sich. Die in diesem Wasser enthaltenen Sink-, Schweb- und Schwimmstoffe, die nicht in Lösung gehen, werden als abfiltrierbare Stoffe (AFS) bezeichnet.

Der Austrag von abfiltrierbaren Stoffen aus Bauwerken der Siedlungsentwässerung stellt eine relevante Belastungsgröße für Gewässer dar. Die Feststoffe sind wegen ihrer Beschaffenheit von gewässerökologischer Relevanz: einerseits können sie selbst als Problemstoff wirken, insbesondere wenn die Gewässersohle verschlammt oder das Kieslückensystem im Gewässerbett verstopft wird (Kolmation). Andererseits bilden sie eine Transportmatrix für anthropogene Schadstoffe wie Schwermetalle, Mineralölkohlenwasserstoffe, polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe und weitere organische Mikroschadstoffe (Welker, 2010).

Die negative Wirkung von AFS auf die Gewässerbiozönose beruht auf der Akkumulation im Gewässer. Dadurch sind die Auswirkungen von AFS Immissionen in ein Gewässer nicht akut, sondern langfristig, sodass die Beschränkung der eingeleiteten Fracht zielführender ist, als die Begrenzung der AFS Konzentration von Einleitungen. (DWA M 102-3, 2021)

Der Stoffparameter „Abfiltrierbare Stoffe“ (AFS) bildet das Trockengewicht der Summe aller Stoffe ab, die auf einem Filter mit definierter Porengröße (0,45 µm) zurückgehalten werden (Schwimm-, Schweb-, und absetzbare Stoffe). AFS63 hingegen beschreibt den Anteil des AFS, der eine Partikelgröße von unter 63 µm aufweist. Aufgrund des großen Oberfläche-Volumen-Verhältnisses wird der Großteil der Schwermetalle und organischen Stoffe am Feinanteil der abfiltrierbaren Stoffe adsorbiert. Die feine Fraktion des AFS ist daher vor allem für den Schadstofftransport von besonderer Bedeutung. Es gibt verschiedene Untersuchungen (z.B. Baum et al., 2018) die belegen, dass ein erheblicher Anteil des partikelgebundenen Stofftransports über Partikel dieses Größenbereichs erfolgt. Schwermetalle, beispielweise Zink und Blei, oder auch PAK adsorbieren überwiegend an Partikeln kleiner 63 µm. Somit wird die stoffliche Belastung von Gewässern vornehmlich durch den Feinanteil des AFS bei Einleitungen in ein Gewässer hervorgerufen. (DWA-A 102-2, 2020)

Die AFS-Gehalte sind in Abhängigkeit vom Standort und den jahreszeitlichen Randbedingungen sehr variabel. So wurden in wenig belasteten Dachabflüssen AFS-Gehalte in der Größenordnung von 20 mg/l gefunden. In üblich belasteten Verkehrsflächenabflüssen wurden etwa 200 mg/l gemessen, und in hoch belasteten Niederschlagsabflüssen wurden bei besonderen Randbedingungen im Einzugsgebiet AFS-Konzentrationen von 500 mg/l bis zu mehreren 1.000 mg/l ermittelt (Dierschke und Welker, 2015).

2.2.3 Anlagen zur Behandlung von Niederschlagswasser

Niederschlagswasserbehandlungsanlagen können entweder als zentrale oder dezentrale Anlagen angeordnet werden. (DWA-A 102-2, 2020)

Bei zentralen Anlagen wird das Niederschlagswasser von größeren Entwässerungsflächen der Anlage in der Regel über Regenwasserkanäle zugeführt. Die Behandlungserfordernis sowie der Umfang der Behandlung orientieren sich am Verschmutzungsgrad des Niederschlagswassers entsprechend der Belastungskategorien der abflusswirksamen Flächen und den Einleitungsanforderungen. Zu zentralen Behandlungsanlagen zählen neben Anlagen zur Filtration und/oder Sedimentation sowie Versickerung auch Anlagen zur Zwischenspeicherung belasteter Niederschlagsabflüsse mit nachfolgender Behandlung in einer Abwasserbehandlungsanlage. (DWA-A 102-2, 2020)

Dezentrale Anlagen dienen zur lokalen Behandlung von anfallendem Niederschlagswasser, das in unmittelbarer Nähe, beispielsweise auf einzelnen oder benachbarten Grundstücken sowie Straßenabläufen zugeordneten Bereichen, anfällt. Die Abläufe dezentraler Behandlungsanlagen können unter Berücksichtigung maßgebender technischer Regelwerke über Versickerungsanlagen dem Grundwasser oder Oberflächengewässern zugeführt werden. Der Einsatz dezentraler Behandlungsanlagen ist aufgrund eines höheren betrieblichen Aufwands einzelfallabhängig unter Berücksichtigung der spezifischen örtlichen Gegebenheiten zu prüfen. (DWA-A 102-2, 2020)

Für dezentrale Anlagen können gewerblich oder industriell gefertigte Anlagen mit bauaufsichtlicher Zulassung eingesetzt werden. Für diese Anlagen wird im Zulassungsverfahren eine Reinigungsleistung für spezifizier te Anwendungsbereiche ermittelt. Der Rückhalt für AFS muss demnach größer als 92 % sein. Im DWA-Arbeitsblatt A 102-2 wird für DIBt-zugelassene Anlagen für den AFS63 ein Wirkungsgrad von 80 % angenommen. Dieser reicht aus, auch den von Flächen der Belastungskategorie III resultierenden Stoffaustrag auf den zulässigen Wert zu begrenzen. (DIBt, 2015)

Hinsichtlich der Wirkmechanismen des Stoffrückhalts werden Niederschlagswasserbehandlungsanlagen in Sedimentationsanlagen, Filteranlagen und kombinierte Systeme unterteilt. Bei Filteranlagen kann abhängig vom verwendeten Filtermaterial zusätzlich eine Sorptionswirkung, Ionentausch sowie ein biochemischer Stoffumsatz erzielt werden. Bei Abscheidung von Feststoffen ist damit auch eine partielle Abscheidung daran adsorbierter Schadstoffe, z.B. Schwermetalle oder polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), verbunden. Für den Nachweis einer ausreichenden Behandlung durch Wirksamkeit des Stoffrückhalts ist die AFS63-Frachtbilanz maßgebend. Das genaue Verfahren zur Dimensionierung und eine detaillierte Betrachtung der AFS63-Frachtbilanz ist in Absatz 2.2.5.1 beschrieben. (DWA-A 102-2, 2020)

Die Entfernung der abfiltrierbaren Stoffe erfolgt durch Sedimentation, chemische Fällung, Flotation oder Filtration. Tabelle 2 gibt einen Überblick über die verschiedenen Ausführungen von Niederschlagswasserbehandlungsanlagen und deren Wirkmechanismen.

Tabelle 2: Bauwerke zur Niederschlagswasserbehandlung und die ablaufenden Prozesse

	Dichtentrennung	Sedimentation	Filtration	Sorption	Biochemische Wandlung	Ionenaustausch	Fällung
Versickerungsanlagen							
Versickerung über Böschung oder Fläche			X	X	X	X	X
Versickerungsgraben/ -mulde			X	X	X	X	X
Mulden-Rigolen-Element ohne Ableitung			X	X	X	X	X
Versickerungsbecken mit Vorbehandlung (Absetz- und Abscheidefunktion)	X	X	X	X	X	X	X

	Dichttrennung	Sedimentation	Filtration	Sorption	Biochemische Wandlung	Ionenaustausch	Fällung
Wasserdurchlässige Oberflächenbefestigung			X	X	X		X
Anlagen zur Ableitung und Teilversickerung							
Anlagen zur Ableitung und Teilversickerung		X	X	X	X	X	X
Teilversickerung in Straßenböschungen und Sammlung über Straßenseitengräben mit Absetzfunktion			X	X	X	X	X
Teilversickerung in Straßenböschungen und Sammlung über Straßenseitengräben ohne gezielte Absetzfunktion			X	X	X	X	X
Teilversickerung in Mulden-Rigolen-System und Ableitung			X	X	X	X	X
Wasserdurchlässige Oberflächenbefestigung und zusätzliche Ableitung			X	X	X		X
Abscheider							
Abscheider nach RiSTWag im optimierten Zustand	X	X					
Sedimentationsanlagen							
Regenklärbecken ohne Dauerstau mit Drosselabfluss oder nur zeitweiligem Drosselabfluss zur Beckenentleerung nach Regenende (z.B. in ein vorhandenes Schmutzwasser oder -mischsystem)	X	X					
Regenklärbecken ohne Dauerstau mit ständigem Drosselabfluss (z.B. in ein vorhandenes Schmutzwasser oder -mischsystem)	X	X					
Regenklärbecken ohne Dauerstau (z.B. als Vorbehandlung vor Versickerung oder Rückhaltung)	X	X					
Filteranlagen							
Retentionsbodenfilter (nach MUNLV (2003) oder Neufassung			X	X	X	X	X
Bodenfilterfläche oder -strecke			X	X	X	X	X
Dezentrale Behandlungsanlagen							
Durchlässiger Flächenbelag mit Reinigungsfunktion			X	X	X	X	X
Mulden oder Rinnen mit Substraten			X	X	X	X	X
Straßen- /Hofabläufe mit Reinigungsfunktion	X		X	X		X	
Regenklär-Kompaktanlagen	X		X	X		X	X

Quelle: Adams et al., 2014

Häufig wurden in der Vergangenheit Sedimentationsanlagen in Form von Regenklärbecken eingesetzt. Darüber hinaus gibt es in bestimmten Fällen Mischformen von Becken, wobei Beckenfunktionen kombiniert werden können. Als Beispiel kann einem Regenrückhaltebecken durch konstruktive Besonderheiten eine Sedimentationswirkung zum gezielten Rückhalt absetzbarer Schmutzstoffe verliehen werden. Regenrückhaltebecken dienen primär zur hydraulischen Entlastung des abwärtsliegenden Kanalnetzes oder des Gewässers, in das eingeleitet wird. Dabei werden hydraulische Zuflussspitzen, die über den zulässigen Abfluss hinausgehen, zwischengespeichert. (DWA-A 166, 2013)

2.2.4 Regenklärbecken

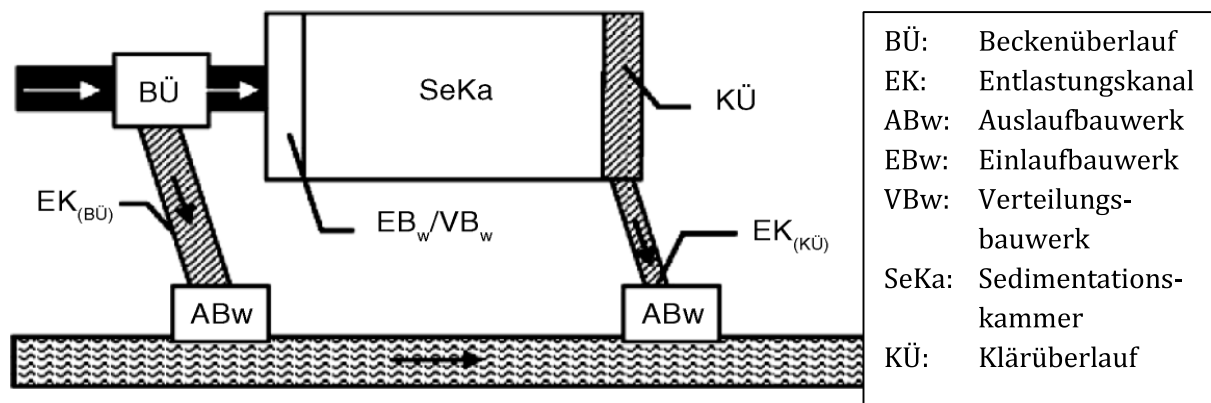
Regenklärbecken (RKB) sind Bauwerke im Trennsystem zur Behandlung von behandlungsbedürftigem Niederschlagswasser. Unterteilt werden Regenklärbecken grundlegend in Regenklärbecken mit Dauerstau (RKBmD) und Regenklärbecken ohne Dauerstau (RKBoD) sowie in Fang- und Durchlaufbecken. RKBmD sind immer als Durchlaufbecken ausgeführt, während RKBoD sowohl als Durchlauf- als auch als Fangbecken konstruiert sein können.

Die Gestaltung als Fangbecken eignet sich vor allem in Kanalsystemen, bei denen mit kurzen Fließzeiten und einem starken Spülstoß zu rechnen ist. Als Spülstoß wird eine sehr starke Verschmutzung des Abflusses bezeichnet, die durch aufgewirbelte Ablagerungen überwiegend zu Beginn eines Regenereignisses verursacht wird. Der verschmutzte Spülstoß wird in einem Fangbecken gespeichert, während nachfließendes, wenig verschmutztes Wasser über den vorgeschalteten Beckenüberlauf direkt einem Vorfluter zugeführt wird. (DWA-A 102-2, 2020; DWA-A 166, 2013)

Bei der Ausbildung als Durchlaufbecken wird das Wasser durch eine Sedimentationskammer geleitet, wobei neben einem partiellen Rückhalt partikulärer Stoffe durch Sedimentation eine Abscheidung von Schwimmstoffen und Leichtflüssigkeiten bei Passage des Beckens stattfindet. Bei Vollfüllung des Beckens dient ein optimalerweise gegenüber dem Zulauf angeordneter Klärüberlauf zur Ableitung des mechanisch gereinigten Wassers. Durchlaufbecken werden in größeren, flachen Einzugsgebieten mit längeren Fließzeiten angeordnet, wenn kein Spülstoß zu erwarten ist. (DWA-A 102-2, 2020; DWA-A 166, 2013)

Regenklärbecken mit Dauerstau (RKBmD), dargestellt in Abbildung 2, werden ausschließlich als Durchlaufbecken betrieben und nach Abklingen des Regenereignisses nicht entleert, sodass sich dauerhaft Niederschlagswasser im Bauwerk befindet. RKBmD sind für den Gewässerschutz weniger wirksam als RKBoD, da die Gefahr besteht, dass bei längeren Trockenperioden der Wasserkörper durch Sauerstoffzehrung eine besonders ungünstige Beschaffenheit aufweist. Zudem wird in RKBmD der sedimentierte Schlamm meist in nur unregelmäßigen Abständen geräumt. Hierdurch kann es bei längeren Trockenperioden durch Rücklösungsprozesse zu einer Anreicherung von Schadstoffen im aufgestauten Wasser kommen. Durch die Sauerstoffzehrung und die Rücklösungsprozesse kann bei nachfolgenden Entlastungsvorgängen das Gewässer besonders stark belastet werden. (DWA-A 102-2, 2020; DWA-A 166, 2013)

Abbildung 2: Skizze eines Regenklärbeckens mit Dauerstau (RKBmD) als Durchlaufbecken



Quelle: DWA-A 166, 2013

Regenklärbecken ohne Dauerstau (RKBmD) werden nach einem Regenereignis gesteuert entleert oder es wird ein ständiger Drosselabfluss abgeleitet, wenn beispielsweise eine besondere Belastung des Niederschlagswassers oder Fehlanlüsse vorliegen. Durch die Entleerung des Beckens in einen Schmutz- oder Mischwasserkanal zur Reinigung in einer Kläranlage kann eine weitgehende, biologische Reinigung des gespeicherten Wassers erfolgen. Dadurch können stoffliche Belastungen des Gewässers signifikant reduziert werden, insbesondere bezüglich gelöster Stoffe (DWA-M 102-3, 2021). Die RKBmD bieten daher einen wirksameren Schutz der Gewässer vor stofflichen Belastungen als RKBmD, weshalb von Planung und Bau von RKBmD in der Zukunft ausdrücklich abgeraten wird. (DWA-A 102-2, 2020; DWA-M 102-3, 2021, DWA-A 166, 2013; Adams et al., 2014)

Unabhängig von der Ausführung ist allen Regenklärbecken in der Regel ein Beckenüberlauf vorzuschalten, um bei Durchlaufbecken durch Begrenzung der Oberflächenbeschickung eine wirtschaftliche Bauwerksgröße zu erlangen, ausreichende Sedimentationsbedingungen aufrechtzuerhalten und einen Austrag sedimentierter Schmutzstoffe zu vermeiden. Bei Fangbecken dienen sie der Ableitung weiterer Wassermengen nach Vollfüllung der Speicherkammer. Regenklärbecken als Durchlaufbecken besitzen immer ein Einlauf- und Verteilungsbauwerk sowie einen Klärüberlauf, dem in der Regel eine Tauchwand zum Schwimmstoffrückhalt vorgeschaltet ist. Auf herkömmliche Weise gestaltete Regenklärbecken weisen entsprechend aktuellen Untersuchungen eine geringe Wirksamkeit bezüglich feinstpartikulärer Feststoffe (AFS63) auf, was in Hinblick auf die neue AFS-Bemessungsgrundlage gemäß DWA-A 102-2 (2020) das Einhalten von Ablaufgrenzwerten erschwert. Die Wirksamkeit von Regenklärbecken lässt sich jedoch durch eine reduzierte Oberflächenbeschickung oder durch den Einbau von Lamellen- oder Schrägklärern verbessern. (DWA-A 102-2, 2020; DWA-M 102-3, 2021; DWA-A 166, 2013)

2.2.5 Bemessung und Konstruktionshinweise für Niederschlagswasserbehandlungsanlagen

Die allgemein anerkannten Regeln der Technik für die Bemessung und Konstruktion von Niederschlagswasserbehandlungsanlagen sind in Arbeitsblättern der deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA) festgeschrieben. Die für die im Projekt untersuchten Becken relevanten Arbeitsblätter sind das Arbeitsblatt DWA-A 102 („Grundlagen zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer“) mit den Teilen DWA-A 102-1 (2020): Allgemeines, Teil DWA-A 102-2 (2020): Emissionsbezogene Bewertungen und Regelungen und DWA-M 102-Teil 3 (2021):

Immissionsbezogene Bewertungen und Regelungen sowie das DWA-A 166 (2013) („Bauwerke der zentralen Regenwasserbehandlung und -rückhaltung - Konstruktive Gestaltung und Ausrüstung“).

2.2.5.1 DWA-A 102-2 (2020)

Das DWA-A 102-2 von 2020 gilt für Niederschlagswasserabflüsse im Trennsystem und für Mischwasserabflüsse im Mischsystem in Verbindung mit der Umsetzung dezentraler oder zentraler Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung. Es ist für die Bemessung entsprechender Behandlungsanlagen im kommunalen Bereich maßgebend. Die Wirkmechanismen der Behandlungsanlagen sind unabhängig von kommunalem oder industriellem Einsatzbereich, und die Dimensionierung dieser Anlagen berücksichtigt die qualitativen Belastungsunterschiede des anfallenden Niederschlagswassers. (DWA-A 102-2, 2020)

Als übergeordnete Zielsetzung für den Umgang mit Niederschlagswasser wird im DWA-A 102-1 (2020) genannt, dass die Veränderungen des örtlichen Wasserhaushalts in mengenmäßiger und stofflicher Hinsicht so gering wie möglich zu halten sind. Als Referenzwert für eine Planung von Regenbecken werden Kenngrößen der Wasserbilanz im unbebauten Zustand herangezogen.

Bei den Emissionsbetrachtungen wird als stoffbezogene Zielgröße die Jahresfracht der Feinfraktion abfiltrierbarer Stoffe (AFS63) definiert. Mit dieser Zielgröße kann die Verschmutzung von Niederschlags- und Mischwasserabflüssen und die resultierende Gewässerbelastung stellvertretend bewertet werden.

Zur Bewertung der Verschmutzung von Niederschlagswasser werden die Flächen des Einzugsgebiets kategorisiert. Das von ihnen abfließende Wasser wird hinsichtlich seiner Behandlungsbedürftigkeit eingestuft. Grundsätzlich wird unterschieden in Dachflächen, Hof- und Wegeflächen sowie Verkehrsflächen, bei denen die Belastung mit Feststoffen im Vordergrund steht und andererseits Betriebsflächen und Flächen mit besonderer Belastung, bei denen eine (zusätzliche) Belastung mit gelösten Stoffen (Schwermetalle, Spurenstoffe) zu erwarten ist. Den drei Flächenkategorien werden flächenspezifische Stoffabträge zugeordnet, die im Rahmen des Arbeitsblattes als Rechenwerte für Nachweise zur Regenwasserbehandlung genutzt werden. (DWA-A 102-2, 2020)

Tabelle 3: Rechenwerte zu mittleren Konzentrationen im Niederschlagswasserabfluss und flächenspezifischer jährlicher AFS63-Stoffabtrag der Belastungskategorien I bis III

Belastungskategorie Niederschlagswasser	mittlere AFS63-Konzentration im Jahresregenwasserabfluss [mg/l]	flächenspezifischer Stoffabtrag [kg _{AFS63} /ha*a]
Kategorie I gering belastet	50	280
Kategorie II mäßig belastet	95	530
Kategorie III stark belastet	136	760

Quelle: DWA-A 102-2, 2020

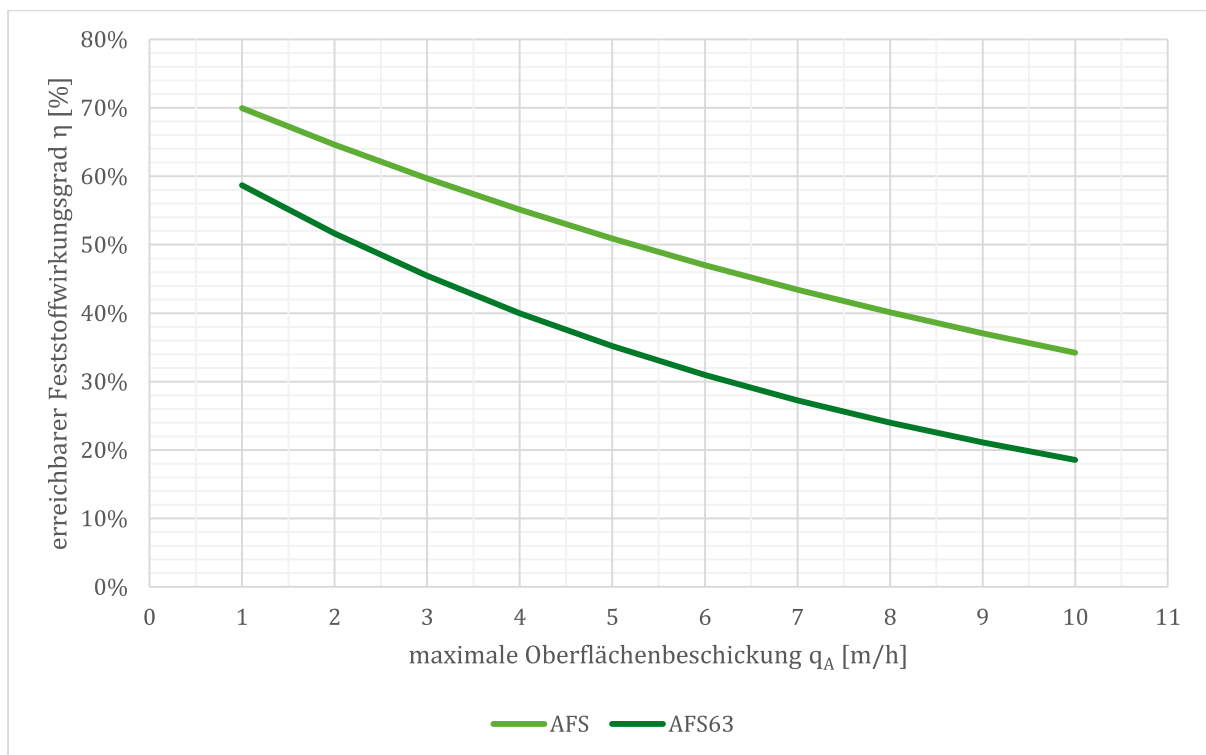
Mit den Werten aus Tabelle 3 können die Frachtabträge von Einzel- und Mischflächen aus mehreren Einzelflächen berechnet werden. Der Frachtabtrag $B_{R,a}$ wird mit der angeschlossenen befestigten Fläche $A_{b,a}$ und den flächenspezifischen Frachten $b_{R,a}$ für AFS63 berechnet. Überschreitet die flächenspezifische Gesamtfracht den zulässigen Frachtaustrag von $280 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$, ist eine Niederschlagswasserbehandlung vorzusehen. Diese Behandlungsanlage ist so auszulegen, dass die tatsächlich vorhandene AFS-Jahresfracht im Einzugsgebiet auf die zulässige Jahresfracht von $280 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ reduziert wird. Um dies zu erreichen, ist ein erforderlicher Wirkungsgrad der Behandlungsanlage zur Erreichung der zulässigen Jahresfracht festzulegen. Mit diesem festgelegten Wirkungsgrad lässt sich anschließend die mit dem Wirkungsgrad zusammenhängende, maximale Oberflächenbeschickung (q_A) der Behandlungsanlage definieren (Abbildung 3). Diese Oberflächenbeschickung definiert die erforderliche sedimentationswirksame Oberfläche für einen bestimmten Zufluss.

Bei einer bisher üblichen maximalen Oberflächenbeschickung von $10 \text{ m}/\text{h}$ ergibt sich entsprechend ein Wirkungsgrad von 34% für AFS. Bei Reduzierung der maximalen Oberflächenbeschickung auf $4 \text{ m}/\text{h}$ kann der AFS-Wirkungsgrad auf 55% gesteigert werden. Der in Abbildung 3 dargestellte Zusammenhang kann auf Becken mit und ohne Einbauten angewendet werden.

Die erforderliche sedimentationswirksame Oberfläche ist entweder durch die Grundfläche der Sedimentationskammer oder die Oberfläche von optional zu verbauenden, kompakten Schrägklärern bereitzustellen. Darüber hinaus sind die konstruktiven Gestaltungshinweise zu berücksichtigen.

Die in Tabelle 3 aufgeführten Konzentrations- und Frachtwerte verstehen sich ausdrücklich als Rechenwerte zur Verwendung im Kontext des DWA-A 102-2. Sie eignen sich nicht als Referenzwerte für einen messtechnischen Nachweis zulässiger Stoffausträge. (DWA-A 102-2, 2020)

Abbildung 3: Sedimentationswirkungsgrade für Schrägklärer im Misch- und Trennsystem und für Straßenabflüsse



Quelle: eigene Darstellung nach Fuchs und Kemper, 2018 in DWA-A 102-2, 2020, ISA der RWTH Aachen

Als Möglichkeit zur Optimierung bestehender Becken wird zudem die Beseitigung konstruktiver und hydraulischer Mängel empfohlen. Eine Steigerung der Sedimentationswirkung kann beispielsweise durch den Einbau von Lamellenabscheidern erreicht werden. (DWA-A 102-2, 2020)

2.2.5.2 DWA-A 166 (2013)

Bauwerksbezogene Nachweise und Vorgaben zur konstruktiven Gestaltung von Regenbecken sind im Arbeitsblatt DWA-A 166 (2013) festgeschrieben. In Tabelle 4 sind die wichtigsten Dimensionierungsgrößen sowie Konstruktionshinweise für RKB zusammengestellt (DWA-A 166, 2013).

Tabelle 4: Vorgaben zur konstruktiven Gestaltung und Dimensionierung von Regenklärbecken

Parameter	Durchlaufbecken	Fangbecken
	RKBmD	RKBoD
kritische Regenspende (r_{krit}) [l/(s*ha)]	15	
Oberflächenbeschickung (q_A) [m/h]	≤ 10 [nach A 102-2 entsprechend erforderlichem Wirkungsgrad zu reduzieren]	-

Parameter	Durchlaufbecken		Fangbecken
	RKBmD		RKBoD
Beckentiefe (h) [m]	≥ 2		-
spezifisches Nutzvolumen (V_s) [m ³ /ha]		10	
horizontale Fließgeschwindigkeit (v_h) [m/s]	$\leq 0,05$		-
spezifische Schwellenbelastung KÜ [l/(s*m)]	≤ 75		-
spezifische Schwellenbelastung BÜ (bei $Q_{0(n=1)}$) [l/(s*m)]		≤ 300 (ideal) ≤ 700 (maximal)	
sedimentationsbegünstigende Abmessungen [-]	$6 \leq l_{DB} : h_{DB} \leq 15$ $2 \leq l_{DB} : b_{DB} \leq 4,5$ $2 \leq b_{DB} : h_{DB} \leq 4$		-

Quelle: eigene Darstellung nach DWA-A 166, 2013, ISA der RWTH Aachen

- **kritische Regenspende [l/(s*ha)]**: Die kritische Regenspende bezeichnet eine flächenbezogene Niederschlagsintensität. RKB werden hierbei auf $r_{krit} < 15$ l/(s*ha) dimensioniert. Bei Regenspenden, die kleiner als die kritische Regenspende sind, darf der Beckenüberlauf nicht anspringen.
- **Oberflächenbeschickung [m/h]**: Die Oberflächenbeschickung beschreibt das Verhältnis von Beschickungsmenge der Becken und der Beckenoberfläche (m³/(m²*h)). Die Einhaltung der Oberflächenbeschickung ist Voraussetzung für Sedimentationsprozesse in Durchlaufbecken. Durchlauf-RKB werden auf eine Oberflächenbeschickung (q_a) von 10 m/h dimensioniert.
- **Beckentiefe [m]**: Bei RKBmD gilt die Anforderung, dass die Mindestdtiefe von Beckensohle bis Klärüberlauf 2 m beträgt.
- **Volumen des Speicherraums**: Das Nutzvolumen (Fläche * Höhe bis zum Beckenüberlauf) wird über die befestigte Fläche im Einzugsgebiet bemessen. Zusammen mit der kritischen Regenspende, der einzuhaltenden Oberflächenbeschickung und der Mindestdtiefe ergeben sich etwa 10 m³/ha befestigter Fläche im Einzugsgebiet. Bei seltener Reinigung von RKBmD ist ein Aufschlag zur Schlamm-speicherung vorzusehen. Häufig liegt dieser Volumenzuschlag bei 10 % des Nutzvolumens. Zum Schutz der Vorfluter bei Havarien mit Leichtflüssigkeiten ist bei RKBmD der Ablauf mit einem Absperrschieber zu versehen und ein zusätzliches, durch den Absperrschieber aktivierbares Speichervolumen von 5 m³ vorzusehen.
- **horizontale Fließgeschwindigkeit [m/s]**: Die horizontale Fließgeschwindigkeit in als Durchlaufbecken gestalteten RKB ist ebenfalls Voraussetzung für Sedimentationsprozesse und beugt vor Aufwirbelungen im Becken vor. Der Maximalwert der horizontalen Fließgeschwindigkeit bei vollgefülltem RKB beträgt 0,05 m/s.

- ▶ spezifische Schwellenbelastung [$l/(s \cdot m)$]: Zur Sicherstellung sedimentationsbegünstigender Strömungsverhältnisse und Begrenzung des AFS-Stoffaustrags ist die spezifische Schwellenbelastung für die Klärüberlauf- und Beckenüberlaufschwelle.
- ▶ Bei RKB gestaltet als Durchlaufbecken gelten zusätzlich die folgenden geometrischen Konstruktionsempfehlungen:
 - Längen-zu-Höhe-Verhältnis zwischen 6 und 15
 - Längen-Breiten-Verhältnis zwischen 3 und 4,5
 - Breiten-Höhen-Verhältnis zwischen 2 und 4
 - Tauchwand vor Klärüberlauf zur Leichtstoffabscheidung
- ▶ RKB werden meist aus Beton als Rund- oder Rechteckbecken konstruiert. Alternativ können RKB als zum Untergrund hin abgedichtete Erdbecken gebaut werden. Zur schadlosen Schlammräumung ist die Sohle zu befestigen und eine Zufahrt für Räumfahrzeuge vorzusehen.
- ▶ Im Bereich des Klärüberlaufs von Durchlaufbecken sind Tauchwände vorzusehen. Diese ermöglichen den Rückhalt von Schwimmstoffen wie Fetten und Ölen.
- ▶ Es besteht die Möglichkeit, den Sedimentationsprozess in RKB durch den Einbau von Schrägklärern oder Lamellen zu verbessern. (DWA-A 102-2)
- ▶ Andere Bemessungsgrundlagen, wie der Trennerlass des nordrheinwestfälischen Umweltministeriums (MUNLV, 2004), überschneiden sich stark mit dem DWA-A 166. Abweichend zum DWA-A 166 kann nach dem Trennerlass für Flächen der Belastungskategorie I und II anteilig eine geringere kritische Regenspende von nur $5 l/(s \cdot ha)$ herangezogen werden.

2.2.5.3 Neue Erkenntnisse

Die bisher für die Dimensionierung von Regenbecken verwendete maximale Oberflächenbeschickung von $10 m^3/(m^2 \cdot h)$ gewährleistet im Jahresmittel in der Regel nicht den erforderlichen Absetzwirkungsgrad. Dieser geringe Wirkungsgrad wird darauf zurückgeführt, dass viele der Sedimentationsanlagen konstruktive Mängel aufweisen und daher hydraulisch nicht optimal funktionieren (Fuchs et al., 2019). Darüber hinaus besteht bei einer Oberflächenbeschickung ab $10 m^3/(m^2 \cdot h)$ ein massives Remobilisierungsrisiko (Fuchs et al., 2019). Zur Minimierung des Remobilisierungsrisikos trägt auch die regelmäßige Räumung der abgesetzten Stoffe bei.

Die Belastung des Oberflächenabflusses von Straßen wird nach Untersuchungen von Fettig et al. (2021) insbesondere von der Niederschlagshöhe und dem maximalen Abfluss während eines Regenereignisses beeinflusst. Andere Parameter waren von geringer Bedeutung.

2.3 Holzindustrie

2.3.1 Anlagen zur Herstellung von Platten aus Holzwerkstoffen

Global gesehen ist Europa mit 40 % der weltweit größte Hersteller von Holzplatten. Dahinter folgen Asien mit 33 %, Nordamerika mit 17 % sowie Südamerika, Afrika und Australien mit zusammen 10%. In Europa findet die Produktion maßgeblich in Italien, Deutschland, Spanien und Frankreich, in Asien überwiegend in China statt. (Stubdrup et al., 2016)

In Deutschland gab es im Jahr 2020 laut statistischem Bundesamt 82 Betriebe zur Herstellung von Furnier-, Sperrholz-, Holzfaser- und Holzspanplatten mit einem Umsatz von 4.807 Mio. €. (Statistisches Bundesamt, 2022) Dies umfasst Produkte wie Spanplatten, Grobspanplatten (OSB-Platten), Sperrholz, leichte, mitteldichte und hochdichte Faserplatten sowie Hartfaser-, Flexboard-, Weichfaser- und Hartfaserplatten. Anwendungsgebiete dieser Produkte sind insbesondere der Gebäudebau, Verkleidungen, Inneneinrichtung und Möbel sowie Verpackungen.

Im Jahr 2017 wurden allein in Deutschland etwa 12,8 Mio. t Holzwerkstoffe produziert. Mit 8,5 Mio. m³ Produktionsvolumen trug die Spanplattenindustrie den größten Anteil dazu bei. (Schütze et al., 2021)

Zur Produktion dieser Platten werden verschiedene Rohstoffe eingesetzt. Während ursprünglich Frischholz beispielsweise in Form von Baumstämmen oder Produktionsresten aus Sägewerken genutzt wurde, dienen inzwischen auch Nebenprodukte aus der Frischholzgewinnung sowie Altholz als Produktionsgrundlage. Bei der Produktion von Spanplatten werden inzwischen durchschnittlich etwa 25 % Altholz eingesetzt, wobei auch Spanplattenprodukte mit einem Altholzanteil von 100 % produziert werden. (Stubdrup et al., 2016; Schütze et al., 2021)

Die Herstellung von Platten auf Holzbasis verursacht verschiedene Emissionen in Boden und insbesondere in Luft und Wasser, die aus Umweltschutzgründen möglichst minimiert werden sollten. Neben den besonders relevanten Luftemissionen und den Prozessabwässern der Holzplattenherstellung sind auch die Belastungen des Oberflächenabflusses von Holzlager- und Holzverarbeitungsflächen in den Fokus gerückt.

2.3.2 Behandlung des Niederschlagswassers von Holzlagerplätzen

Gemäß dem Anhang A des DWA-Arbeitsblatts A 102-2 (2020) zählen Betriebsflächen von Holzlagerplätzen zu Betriebsflächen, auf denen besondere Beeinträchtigungen der Niederschlagswasserqualität zu erwarten sind, und sind damit der Belastungskategorie III zuzuordnen. Diese Bewertung wurde auf Basis der Kriterien Flächennutzung, Havarierisiko sowie Art der stofflichen Belastung vorgenommen und gilt entsprechend WHG für Niederschlagswasser, das aus dem Bereich von bebauten oder befestigten Flächen abfließt und gesammelt wird. Damit ist grundsätzlich eine geeignete technische Behandlung des auf befestigten Flächen anfallenden Niederschlagswassers erforderlich. Auf diesen Flächen können je nach Lagerbedingungen unterschiedliche Partikel anfallen (z.B. Holzhackschnitzel, Holzfasern) (s. Abbildung 4). Diese werden dann in Abhängigkeit des Regenereignisses durch das abfließende Niederschlagswasser abgetragen und gelangen über die Kanalisation in die Behandlungsanlagen. Niederschlagswasserbehandlungsanlagen werden in Deutschland nach dem Stand der Technik bezogen auf den Frachtaustrag und nicht bezogen auf eine Zielkonzentration ausgelegt.

Die Notwendigkeit zur Behandlung von Niederschlagswasser von Holzlagerplätzen wird aus dem BVT-Merkblatt zur Herstellung von Platten auf Holzbasis sowie der Flächenzuordnung gemäß

DWA-A 102-2 abgeleitet. Das BVT-Merkblatt beinhaltet allgemeine Informationen zu relevanten Produkten, zu den bei der Produktion angewandten Prozessen und Techniken sowie aktuelle Emissions- und Verbrauchswerte. Aus den aktuellen Werten werden Schlussfolgerungen im Hinblick auf die verschiedenen Emissionen abgeleitet, die im Anschluss in nationales Recht umgesetzt werden müssen. Dieser Prozess wird nachstehend in Hinblick auf die Behandlung von Niederschlagswasser von Holzlagerplätzen erörtert.

Abbildung 4: Partikel, die auf Holzlager- und Holzverarbeitungsflächen anfallen können



Quelle: eigene Aufnahmen, Swetlana Schölzel

2.3.2.1 Beste Verfügbare Technik (BVT)/ Industrieemissionsrichtlinie (IED)

Der 10. Novelle der AbwV liegt die Industrieemissionsrichtlinie (IED) 2010/75/EU zu Grunde, in der die BVT-Merkblätter zur Regelung über die „Beste Verfügbare Technik“ auf EU-Ebene verankert sind (IED, 2010). Die IED sieht vor, dass die auf Basis der Merkblätter gefolgerten BVT-Schlussfolgerungen innerhalb von vier Jahren nach ihrer Veröffentlichung umzusetzen sind (IHK, 2017). Die BVT-Merkblätter werden durch Expert:innen aus der Umweltverwaltung der EU-Kommission im European IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control) Bureau im spanischen Sevilla ausgearbeitet und sollen alle 8 Jahre aktualisiert werden (IHK, 2017).

Die europäische BVT-Arbeitsgruppe, die sogenannte Technical Working Group (TWG), ist für die inhaltliche Ausarbeitung der BVT-Merkblätter von wesentlicher Relevanz. Bestehend aus Vertretern der Mitgliedsstaaten, der Industrie, technischen Sachverständigen, Nichtregierungsorganisationen mit Umweltbezug und der Kommission übernimmt die TWG die Erstellung beziehungsweise Überprüfung eines BREF-Dokuments. Nominiert werden die rund 100 bis 200 Mitglieder der TWG durch die Mitgliedsstaaten, Industrieverbände und Umwelt-NGOs. Die deutsche Delegation innerhalb einer TWG wird durch das Umweltbundesamt geleitet. (Krajewski und Beier, 2020)

Die genaue Vorgehensweise und die Leitlinien der Ausarbeitung der BVT-Merkblätter und -Schlussfolgerungen im Rahmen des Sevilla-Prozesses werden im Amtsblatt der europäischen Union 2012/119/EU erläutert. (Europäische Kommission, 2012)

Im November 2015 wurden die BVT-Schlussfolgerungen des BVT-Merkblattes „Platten auf Holzbasis“ von der EU veröffentlicht. Diese nennen unter anderem Maßnahmen zur Verhinderung und Reduktion von Emissionen in Gewässer und zur Behandlung des Oberflächenabflusses von Holzlager- und Verarbeitungsflächen im Freien. Eine vorgesehene Maßnahme ist beispielsweise die Versiegelung der Oberfläche von Holzlagerflächen, um den direkten Kontakt mit dem Boden zu verhindern und eine Sammlung des Wassers zu erleichtern. So soll die Fracht an Sand- und Bodenpartikeln im Oberflächenabfluss reduziert werden. Der in

der AbwV festgelegte AFS-Grenzwert von 40 mg_{AFS}/l wurde auf Basis der in den BVT-Schlussfolgerungen angegebenen, verbindlichen Emissionsbandbreite von 10 – 40 mg_{AFS}/l gewählt. (Europäische Kommission, 2015)

Im BVT-Merkblatt werden die Grundlagen der Schlussfolgerungen dargestellt und ausgeführt. Bei der Herleitung der „Besten Verfügbaren Technik“ in Bezug auf Niederschlagswasser werden die möglichen Behandlungsverfahren umfangreich dargestellt:

Das Abwasser der Holzfaserproduktion und das Oberflächenabflusswasser sind zugunsten der einfachen Behandlung des Oberflächenabflusswassers zu trennen. Durch den hohen Gehalt an Feststoffen im Oberflächenabflusswasser von Holzlagerplätzen sollen überwiegend physikalische Trennverfahren eingesetzt werden. In der Regel können hier Siebe, Sedimentationsbecken sowie Filtrationsstufen eingesetzt werden. Nach Vorbehandlung mit einem Sieb zur Entfernung der groben Feststoffe, wird das gesammelte Oberflächenwasser einem Absetzbecken zugeführt, in dem AFS durch Sedimentation zurückgehalten werden kann. Um einer Infiltration des verunreinigten Wassers in den Boden vorzubeugen, ist der Boden der Becken undurchlässig zu gestalten. Bei der Bemessung der Becken ist eine Kontrollierbarkeit des Spitzenstroms der Ableitungen sowie eine ausreichende Verweilzeit sicherzustellen, um eine ausreichende Sedimentation suspendierter Feststoffe zu gewährleisten. Zudem sollte in den Beckenkonstruktionen eine Leichtstoffabscheidung vorgesehen werden. (Stubdrup et al., 2016)

Filtrationsverfahren werden bisher selten eingesetzt, bieten jedoch die Möglichkeit eines weitergehenden Rückhalts insbesondere feiner partikulärer Stoffe aus Oberflächenabfluss. Ebenfalls könnten als weitere Reinigungsstufe bepflanzte Bodenfilter vorgesehen werden, welche durch Filtration, Adsorption und biologische Abbauprozesse in der Lage sind, auch gelöste Substanzen zu eliminieren. Diese sind bereits für belastete Straßenabwässer weitreichend erprobt. (Stubdrup et al., 2016)

Im Falle einer unzureichenden Behandlungskapazität für das Niederschlagswasser wird die Vermischung mit schwach belastetem Niederschlagswasser von Dachflächen vorgeschlagen. (Stubdrup et al., 2016). Die Einhaltung des Konzentrationsgrenzwertes durch Verdünnung wäre nach § 3 AbwV jedoch nur zulässig, wenn die jeweilige Niederschlagswasserbehandlungsanlage dem Stand der Technik entspricht und insgesamt mindestens die gleiche Reduktion der Fracht je Parameter wie bei getrennter Ableitung und Behandlung erzielt wird.

Widersprüchlich sind die Aussagen des BVT-Merkblatts im Vergleich zu geltenden technischen Regelwerken bei Rückhaltebecken. Es wird hier konstatiert, dass Rückhaltebecken eine wesentliche Reinigungsfunktion aufweisen sollen, die durch ein höheres Volumen und eine längere Aufenthaltszeit als bei Absetzbecken als mindestens gleichwertig dargestellt wird. Ebenfalls sollen auch biologische Reinigungsprozesse in mitunter signifikantem Maß auftreten können (Stubdrup et al., 2016). Durch den primären Zweck von Rückhaltebecken, eine hydraulische Drosselung des Abflusses zu erzielen, ist eine Reinigungswirkung eines solchen Bauwerks in der Regel von untergeordneter Bedeutung. Zwar kann bei Rückhaltebecken vor Einleitung in ein Gewässer durch konstruktive Maßnahmen ein Stoffrückhalt durch Sedimentation begünstigt werden, jedoch können ausreichende, stabile Sedimentationsbedingungen nur bei Berücksichtigung der Vorgaben zur konstruktiven Gestaltung von Regenklärbecken (Tabelle 4) sichergestellt werden. Da sich Rückhaltebecken abhängig Volumenstrom des Drosselabflusses innerhalb von Stunden entleeren können, ist insbesondere bei Massivbecken nur begrenzt mit einer signifikanten biologischen Reinigungswirkung zu rechnen. Ohne konstruktive Besonderheiten können in der Einstauphase sedimentierte Schmutzstoffe in Rückhaltebecken ohne Dauerstaubereiche bei der Entleerung

oder durch ungünstige Strömungsbedingungen bei Durchströmung oder Wiederbefüllung remobilisiert werden und in den Vorfluter gelangen.

Bei Regenklärbecken wäre ein Schlammrückhalt durch die Mindesttiefe, die Geometrie, die gleichmäßige Durchströmung und die Begrenzung der Beschickungsmenge sichergestellt. Durch den optionalen Betrieb ohne Dauerstau kann das verbleibende verschmutzte Wasser mit dem sedimentierten Schlamm einem Schmutz- oder Mischwasserkanal zur weitgehenden Reinigung in einer Kläranlage zugeführt werden, was bei Rückhaltebecken mit direkter Einleitung in ein Gewässer nicht möglich ist.

2.3.2.2 Anhang 13 der Abwasserverordnung

Anhang 13 der AbwV (2020) regelt die Anforderungen an die Abwassereinleitung in Gewässer für Betriebe zur Herstellung von Holzspanplatten, Holzfaserplatten oder Holzfasermatten. Bisher waren keine Anforderungen an das Niederschlagswasser vorgegeben, was sich mit Inkrafttreten der 10. Novelle am 16.06.2020 änderte. Mit der Novellierung der Verordnung wurden Anforderungen für betriebsspezifisch verunreinigtes Niederschlagswasser ergänzt. Insbesondere wird nun eine Sammlung des betriebsspezifisch verunreinigten Niederschlagswassers von befestigten Lagerplätzen für Holz aller Art, ausgenommen Rundholz und Schwarten, gefordert. Anlagen mit einer Produktionskapazität von mehr als 600 m³/d im Jahresmittel dürfen eine AFS-Konzentration von 40 mg_{AFS}/l bei Direkteinleitung nicht überschreiten. Diese Konzentration wird über qualifizierte Stichproben ermittelt (Mischprobe aus mindestens fünf Stichproben, die im Abstand von nicht weniger als zwei Minuten innerhalb eines Zeitraumes von nicht mehr als zwei Stunden genommen werden), wobei die Probenahme mindestens einmal in drei Monaten während eines Niederschlagsereignisses erfolgen sollte (AbwV, 2020).

3 Material und Methoden

3.1 Auswahl der untersuchten Absetzbecken

Die Auswahl der Bauwerke zur Behandlung von Niederschlagswasser von Holzlager- und Holzverarbeitungsplätzen im Freien, die im Rahmen des Forschungsvorhabens beprobt werden sollten, erfolgte nach folgenden Kriterien:

- ▶ Anlagen zur Produktion von Platten auf Holzbasis (Spanplatten, Faserplatten, OSB)
- ▶ Untersuchungsstandort:
möglichst breites Spektrum an unterschiedlichen Standorten, um regionale und saisonale Unterschiede zu erfassen (z.B. Niederschlagsverteilung, Niederschlagsmenge, Art der Lagerflächen, ...)
- ▶ möglichst unterschiedliche Bauweisen der Absetzbecken, um eine möglichst große Bandbreite abzudecken (mit/ohne Tauchwand, rund/eckig, mit/ohne Dauerstau, ...)
- ▶ Bereitschaft der Firmen zur Teilnahme an dem Forschungsvorhaben

Auf Grundlage der genannten Kriterien und in enger Abstimmung mit dem Verband der deutschen Holzwerkstoffindustrie (VHI) wurden sieben Niederschlagswasserbehandlungsanlagen ausgewählt. Das letztgenannte Kriterium war bei der Auswahl ausschlaggebend.

Die Kenndaten der ausgewählten Becken sind in Tabelle 4 zusammengestellt. Abbildung 5 zeigt exemplarisch einige Ansichten der untersuchten Becken. Eine Beschreibung der Becken sowie die Grundrisse und Schnitte der Bauwerke sind Anhang A zu entnehmen.

3.2 Aufnahme der Beckenkonstruktionen

Zur Bewertung der Abscheideleistung der Niederschlagswasserbehandlungsanlagen wurden die Beckenkonstruktionen bei Begehungen aufgenommen und auf Übereinstimmung mit den Bestandsunterlagen überprüft. Insbesondere wurden die Tiefe, die Breite und die Höhe des Beckens sowie die exakte Lage des Ein- und Auslaufs kontrolliert. In den meisten Fällen konnten die Maße aus den vorhandenen Planunterlagen, vor allem bei den offenen Bauwerken, bestätigt werden. Bei zwei der Becken, die als geschlossene bzw. unterirdische Bauwerke ausgebildet sind, konnten nur die Länge und Breite anhand der vor- und nachgeschalteten Schachtbauwerke überprüft werden, wobei keine nennenswerten Abweichungen von den Planungsunterlagen festgestellt wurden. Die betrachteten Becken wurden mittels CAD als bemaßte Grundrisse und Schnitte dargestellt. Zudem wurden etwaige Einbauten der Becken wie Prallplatten oder Umlenkkräfte eingezeichnet.

Durch Befragung des Betriebspersonals konnten Einblicke in die Wartung der Bauwerke und die Herausforderungen des Betriebspersonals zur Ertüchtigung der Abscheideleistung gewonnen werden.

Es wurden sowohl Direkteinleiter als auch Indirekteinleiter untersucht. Bei Indirekteinleitern (Becken B und F) erfolgt keine direkte Einleitung in ein Gewässer, da das anfallende Niederschlagswasser behandelt und gedrosselt in das kommunale Kanalnetz abgeleitet wird. Alternativ wird das behandelte Niederschlagswasser am Standort B im Produktionsprozess

wiederverwendet. Die Funktionsweise der Absetzbecken der Indirekteinleiter basiert grundsätzlich auf den gleichen Wirkungsmechanismen wie bei den Direkteinleitern, weshalb eine Untersuchung sowie ein Vergleich möglich ist.

Nicht alle untersuchten Absetzbecken wurden als Regenklärbecken geplant und gebaut. Becken A, B, und F wurden ursprünglich als Regenrückhaltebecken konzipiert mit dem vorrangigen Ziel, hydraulische Spitzenlasten abzufangen. Neben der hydraulischen Retention erfolgt in diesen Becken durch konstruktive Besonderheiten aber auch eine gewisse Sedimentation, ohne dass sie den Regenklärbecken entsprechend DWA-A 166 (2013) zugeordnet werden können.

Alle Becken sind als rechteckige Massivbecken aus Beton ausgeführt. Während alle Regenklärbecken (C1, C2, D und E) im Dauerstau betrieben werden, befindet sich von den anderen Becken nur Becken B im vollständigen Dauerstau. Becken A wird bis auf einen Restwasserstand von 40 cm über eine Rohrdrossel vollständig entleert. Becken F ist über eine Schwelle in zwei Bereiche unterteilt, von denen ein Bereich im Dauerstau mit 1 m Tiefe als Schlammfang und der andere Bereich zum hydraulischen Rückhalt genutzt wird. Durch den Ablauf in das nachgeschaltete Pumpwerk auf Sohlniveau wird der Bereich zum hydraulischen Rückhalt ohne Dauerstau betrieben.

Nur die Becken C1 und C2 sind als unterirdische, geschlossene Regenklärbecken ausgeführt.

Die Entwässerung der Firmengelände erfolgt ebenfalls je nach Anlage unterschiedlich. So wird z.B. bei Becken A das gesamte auf Dachflächen, Verkehrsflächen, Freilagerflächen, Verarbeitungsflächen anfallende Niederschlagswasser dem Becken zugeführt. Im Gegensatz dazu steht z.B. Becken D, bei dem die Dachflächen entkoppelt sind und nur das anfallende Niederschlagswasser der Lagerflächen und stark belasteten Verkehrsflächen dem Becken zugeführt wird. Je nach Größe und Art der angeschlossenen Fläche entstehen stark variierende, ortsspezifische Zulaufbedingungen hinsichtlich Niederschlagswasserquantität und -qualität.

Der Schlamm, der sich auf der Sohle der Absetzbecken aus sedimentierten Feststoffen bildet, wird bei Becken A, B, C1, C2 und F in regelmäßigen Abständen geräumt und entsorgt. Bei Becken E erfolgte bisher keinerlei Schlammräumung. Becken D wird in unregelmäßigen Abständen geräumt, zuletzt im Jahr 2018 und im Oktober 2021.

Abbildung 5: Eindrücke von den beprobten Becken



Quelle: eigene Aufnahmen, Swetlana Schölzel

Tabelle 5: Kenndaten der ausgewählten Becken

Becken	Baujahr	Art der Einleitung	Beckenart	Becken-Dimensionen [b x l x h in m]	Becken- volumen [m³]	angeschlossene Fläche [ha]	Art der angeschlossenen Fläche	bauliche Besonderheit	regelmäßige Schlammräumung	Turnus der Schlammräumung
A	1993	direkt	Becken mit Rückhaltefunktion Massivbecken, offen, rechteckig, mit Dauerstau auf 40 cm Höhe	<u>Rückhalteraum:</u> 15 x 35 x 2,3 <u>Sedimentationskammer:</u> 15 x 35 x 0,4	1208 210	13,6	Dachflächen, Verkehrsflächen, Freilagerflächen, Verarbeitungsflächen	Tauchwand vor Ablauf; Ablauf 40 cm über Sohle zum Schlammrückhalt; kein Notüberlauf	ja	jährlich
B	2017	indirekt	Becken mit Rückhaltefunktion Massivbecken, offen, rechteckig; mit Dauerstau	50 x 20 x 2	1500	13,0	Dachflächen, Verkehrsflächen, Freilagerflächen, Verarbeitungsflächen	2 Beckenkammern; variabler, pumpengesteuerter Wasserabzug durch Schwimmer mit Entnahmerohr; vorgeschalteter Sandfang und Schwimmstoffabscheider; kein Notüberlauf	ja	alle vier Jahre (je nach Schlamm Spiegel im Becken)
C 1	2006	direkt	Regenklärbecken; Massivbecken, geschlossen, rechteckig, mit Dauerstau	26 x 6,5 x 2	338	5,30	Freilagerflächen, Verarbeitungsflächen	Tauchwand vor Ablauf; kein Klärüberlauf; Überlaufkanal zwischen den Zulaufschächten beider Becken; kein Beckenüberlauf	ja	alle zwei Jahre
C 2	2006	direkt	Regenklärbecken; Massivbecken, geschlossen, rechteckig, mit Dauerstau	24 x 6,5 x 2	312	3,86	Dachflächen, Verkehrsflächen,	Tauchwand vor Ablauf; kein Klärüberlauf; Überlaufkanal zwischen den Zulaufschächten beider Becken; kein Beckenüberlauf	ja	alle zwei Jahre
D	1997	direkt	Regenklärbecken Massivbecken, offen, rechteckig, mit Dauerstau	15 x 4 x 2	120	6,2	Freilagerflächen, Verarbeitungsflächen, belastete Verkehrsflächen	Tauchwand vor Klärüberlauf; Zulauf in DN 300 mit Absturz in Becken	nein, unregelmäßig	zuletzt 2018 und Oktober 2021
E	2013	direkt	Regenklärbecken Massivbecken, offen, rechteckig, mit Dauerstau	14 x 4 x 2,25	126	6,0	Dachflächen, wenig belastete Verkehrsflächen	Tauchwand vor Klärüberlauf; nachgeschaltetes RRB vor Einleitung in Gewässer für KÜ und BÜ	nein	keine Angabe
F	2007	indirekt	Becken mit Rückhaltefunktion Massivbecken, offen, rechteckig, ohne Dauerstau	<u>Rückhalteraum:</u> 9,8 x 6,3 x 3 <u>Sedimentationskammer:</u> 6,3 x 3 x 1	185 18,9	5,6	Verkehrsflächen, Freilagerflächen, Verarbeitungsflächen	durch Schwelle abgetrennte Sedimentationskammer mit 1 m Tiefe am Zulauf; kein Beckenüberlauf, keine Tauchwand	ja	halbjährlich

3.3 Ermittlung der Zulaufwassermenge

Berechnungsmodell

Die Ermittlung der Zulaufwassermenge wird mit dem Programm HYSTEM-EXTRAN der itwh GmbH (Institut für technisch-wissenschaftliche Hydrologie GmbH) durchgeführt. Es handelt sich dabei um eine vereinfachte Kanalnetzberechnung unter Verwendung des Haltungsflächenansatzes.

Eingangsdaten

Zur Berechnung des Oberflächenabflusses werden die Niederschlagsdaten der Regenschreiber, die vor Ort aufgestellt wurden, herangezogen. Die befestigten und unbefestigten angeschlossenen Flächen und deren Versiegelungsgrade sowie die Nennweite der Zulaufleitungen wurden anhand der Bestandsunterlagen zusammengestellt und in die Modelle eingefügt. Für das Gelände wurde anhand der Beobachtungen vor Ort und der Auswertung der digitalen Geländemodelle eine mittlere Geländeneigung von < 1 % angenommen.

Die Flächen wurden anhand von Luftbildern und mithilfe von Geoinformationssystemen (QGIS) auf Plausibilität geprüft. Die Regenklärbecken wurden als ständig gefüllte Becken in das Modell aufgenommen. Der Wasserstand entspricht der Höhe des Klärüberlaufs oder der Sohle des Ablaufkanals. Das Volumen der Becken wurde anhand der Bestandspläne der vor Ort erfassten Daten ermittelt.

Berechnung des Oberflächenabflusses

Der Oberflächenabfluss infolge von Regenereignissen wurde mit dem hydrologischen Modell „HYSTEM“ berechnet. In dem Modell wird die Abflussbildung für die befestigten Flächen nach der Grenzwertmethode bestimmt und beschreibt die Abflussvorgänge an der Oberfläche, vom Auftreten des Regens auf den Boden bis zum Eintritt des Wassers in die Zulaufleitung des Regenklärbeckens.

Die Berechnung der Abflussbildung der unbefestigten Flächen besteht aus drei Komponenten: Benetzungs- und Interzeptionsverluste, Infiltration und Muldenverluste. Bei der Infiltration wurde der Ansatz von Horton verwendet, der von Paulsen weiterentwickelt wurde. Die Abflusskonzentration wird mit Hilfe der Standardeinheitganglinie berechnet.

Modellparameter Oberflächenabfluss

Die Berechnung des Oberflächenabflusses erfolgte mit folgenden Parametern:

Parameter für befestigte Flächen:

Benetzungsverlust	0,50 mm
Muldenverlust	1,50 mm
Anfangsabflussbeiwert	25 %
Endabflussbeiwert	85 %

Parameter für unbefestigten Flächen

Benetzungsverlust	3 mm
Muldenverlust	3 mm
Anfangsabflussbeiwert	0 %

Endabflussbeiwert 50 %

Berechnung des Kanalabflusses (Zulaufleitungen)

Der Transport von Abwasser in der Zulaufleitung wird mit dem hydrodynamischen Modell „EXTRAN“ berechnet. Es basiert auf dem Saint-Venant'schen Differenzialgleichungssystem, bestehend aus der Bewegungs- und der Kontinuitätsgleichung. Die Länge der Zulaufleitungen wurde gemäß der Bestandsunterlagen bzw. in Rücksprache mit den jeweiligen Betrieben bestimmt. Bei allen Anlagen wurden Betonrohre mit einem geschätzten Gefälle von 1 % angesetzt. Die betriebliche Rauheit wird mit $k_b = 1,50$ mm gemäß Tabelle 4 des DWA-A 110 (2018) angesetzt. In diesem Pauschalansatz sind sämtliche Verluste enthalten. Der Oberflächenabfluss wird für jede Haltung dem oberen Schacht zugeordnet.

Als Ergebnis der Berechnungen lagen die Zufluss- und Abflussmenge der Becken vor. Diese wurden zur Auswertung und Plausibilitätsprüfung der Probenahmen verwendet.

3.4 Messprogramm und Analytik

3.4.1 Einrichtung Messstellen

Im Rahmen der Ortsbegehung zur Aufnahme der Beckenkonstruktion wurden die Regenschreiber vor Ort aufgestellt und direkt an den Becken installiert (s. Abbildung 6). Diese dienen zur Bewertung der Zuflusssituation bei unterschiedlichen Niederschlagsintensitäten. Die zur Niederschlagserfassung genutzten Regenschreiber (Fa. Sencrop, Typ Raincrop) arbeiten digital und erfassen zusätzlich zum Niederschlag Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Feuchtkugelttemperatur und Taupunkt. Die erfassten Daten werden in 15-Minuten-Intervallen im ISM-Band bei 868 MHz an die Sencrop-Server geschickt und mit dem Zugang über den Webbrowser oder die iOS- bzw. Android-App zur Verfügung gestellt (s. Abbildung 7). Die Raincrop-Regenmesser funktionieren nach dem Prinzip der Doppelkipppwaage. Die Geräte messen Niederschläge bis maximal 1039 mm/h. Die Genauigkeit liegt bei einer Regenintensität von 50 mm/h bei ± 4 %. Die Auflösung des Regenschreibers, also der kleinste messbare Unterschied zwischen zwei messbaren Regenmengen, liegt bei 0,254 mm. Der Regenmesser besitzt eine Auffangfläche von insgesamt 214 cm². Zur Auswahl eines geeigneten Standortes der Regenmesser wurde die einheitliche Beobachteranleitung für nebenamtliche Stationen des DWD herangezogen (DWD, 2021). Auf Grundlage der Niederschlagshöhen wurden unter Berücksichtigung der den RKB angeschlossenen, abflusswirksamen Flächen Ganglinien des Zuflusses berechnet (s. Kapitel 3.3). (Sencrop, 2021a, 2021b, o.J.)

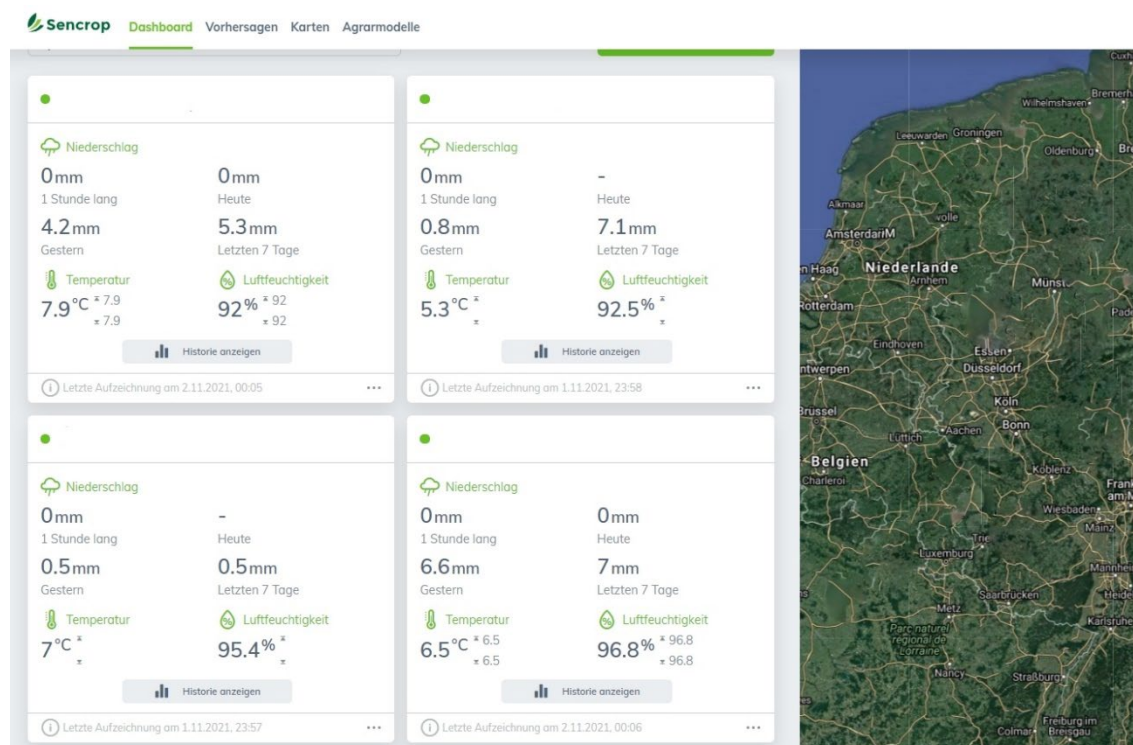
Im Rahmen der Messstelleneinrichtung erfolgte außerdem eine Probenahmeschulung zur Entnahme einer qualifizierten Stichprobe mit dem Betriebspersonal. Das Probenahme- und Versandmaterial sowie das Vorgehen des Probenversandes wurde dem Personal vor Ort im Rahmen der Messstelleneinrichtung seitens des ISA erläutert und für den Untersuchungszeitraum zur Verfügung gestellt.

Abbildung 6: Exemplarische Darstellung der Aufstellung der Regenschreiber an zwei untersuchten Becken



Quelle: eigene Aufnahmen, Swetlana Schölzel

Abbildung 7: Beispielhafte Darstellung der Sencrop-App (Regenschreiber)



Quelle: anonymisierte Darstellung nach Sencrop, 2021b, ISA der RWTH Aachen

3.4.2 Messprogramm

Im Rahmen des Forschungsvorhabens war ursprünglich vorgesehen, zehn Anlagen zur Behandlung von Niederschlagswasser von Holzlagerplätzen hinsichtlich der AFS-Abscheideleistung zu beproben. Insgesamt konnten jedoch nur sieben Becken identifiziert werden, die die in Absatz 3.1 genannten Kriterien erfüllten. Allerdings wurden von den Betreibern nur an fünf Becken Proben genommen, die am Umweltanalytischen Labor des ISA analysiert werden konnten. Die Probenahme erfolgte während eines Regenereignisses sowohl im Zulauf als auch im Ablauf des Absetzbeckens als qualifizierte Stichprobe und wurde vom geschulten Betriebspersonal der jeweiligen Anlage durchgeführt. Nach Möglichkeit sollten pro Niederschlagsereignis drei Zulauf- und drei Ablaufproben genommen werden, um eventuelle Unterschiede hinsichtlich der Feststoffkonzentrationen zu unterschiedlichen Zeiten des Niederschlagsereignisses zu ermitteln. Insgesamt wurden 68 Proben in dem Messzeitraum vom April bis September 2021 genommen, analysiert und ausgewertet. Ein Überblick über die gewonnenen Proben ist Tabelle 6 zu entnehmen. Eine detaillierte, beckenpezifische Zusammenstellung der Proben findet sich in Kapitel 4.

Tabelle 6: Zusammenstellung der vorliegenden Proben

Becken	Anzahl beprobter Ereignisse	Probenanzahl Zulauf	Probenanzahl Ablauf
A	4	12	12
B	1	3	3
C1	3	3	3
C2	2	2	2
D	5	14	14
gesamt	13	34	34

3.4.3 Messdaten und Analytik

Zur Bewertung der Feststoffabscheidung und damit der Reinigungsleistung der untersuchten Regenklärbecken wurden die abfiltrierbaren Stoffe (AFS) im Umweltanalytischen Labor des Instituts für Siedlungswasserwirtschaft nach DIN EN 872 (2005) bestimmt. Der Parameter AFS fasst alle Sink-, Schweb- und Schwimmstoffe organischer und anorganischer Herkunft zusammen und ist ein wichtiger Parameter zur Charakterisierung der Feststofffracht in der Abwasseranalytik (DIN 38409 Teil 2, 1987). Bei diesem Verfahren nach DIN EN 872 wird eine Probe in einem Vakuumfiltrationsgerät über einen Glasfaserfilter filtriert. Anschließend erfolgt die Trocknung des Filters bei 105 ($\pm$ 2) °C. Die Bestimmung der auf dem Filter zurückgehaltenen Trockensubstanz (TS) erfolgt durch Wägung. Das Verfahren besitzt eine Bestimmungsgrenze von 2 mg_{AFS}/l bei 1 l filtriertem Probenvolumen.

Die Bestimmung von AFS₆₃ erfolgte nach Sprenger, J. (2016) in Anlehnung an DIN EN 872. Bei dieser Methode wird der Vakuumfiltrationseinheit eine Filtrationsstufe vorgeschaltet, die einen Filter aus Metallgewebe mit einer Maschenweite von 63 µm enthält.

Neben den AFS wurden im Rahmen des Projektes außerdem der chemische Sauerstoffbedarf (CSB), der gesamte organische Kohlenstoff (TOC) und der gesamte gebundene Stickstoff (TN_b) nach den in Tabelle 7 zusammengefassten Verfahren gemessen. Da diese Parameter nicht

Bestandteil der in der Abwasserverordnung geforderten Grenzwerte und damit nicht Hauptaugenmerk des hier beschriebenen Vorhabens sind, wurden diese hauptsächlich zur Charakterisierung der Niederschlagswässer von Holzlagerplätzen verwendet. Die einzelnen Messwerte sind Anhang A zu entnehmen.

Tabelle 7: Übersicht über die analysierten Parameter, deren Analyseverfahren und deren Bestimmungsgrenzen (BG)

Parameter	Analysenverfahren	Normtitel	BG
AFS	DIN EN 872 (2005)	Wasserbeschaffenheit - Bestimmung suspendierter Stoffe - Verfahren durch Abtrennung mittels Glasfaserfilter	2 mg/l
AFS63	Nach Sprenger (2016) in Anlehnung an DIN EN 872 (2005)	Wasserbeschaffenheit - Bestimmung suspendierter Stoffe - Verfahren durch Abtrennung mittels Glasfaserfilter	2 mg/l
CSB	DIN ISO 15705 (2003-01)	Bestimmung des chemischen Sauerstoffbedarfs (ST-CSB) - Küvettentest	5 mg/l
TOC	DIN EN 1484 (1997-08)	Bestimmung des gesamten organischen Kohlenstoffs (TOC) und des gelösten organischen Kohlenstoffs (DOC)	1 mg/l
TN _b	DIN EN 12260 (2003-12)	Bestimmung von gebundenem Stickstoff (TN _b) nach Oxidation zu Stickstoffoxiden	1 mg/l

4 Ergebnisse

4.1 Bewertung der konstruktiven Gestaltung der Becken

Bei den untersuchten Absetzbecken handelt es sich um Regenkklärbecken im Dauerstau oder Regenrückhaltebecken. Die untersuchten RKBmD sind Durchlaufbecken und dienen der Sedimentation von Schmutzstoffen sowie dem Rückhalt von Schwimmstoffen und Leichtflüssigkeiten. Das mechanisch behandelte Wasser fließt nach Passage der Becken über den Klärüberlauf einem Gewässer zu.

Während Regenkklärbecken primär der Behandlung von Niederschlagswasser dienen, werden Regenrückhaltebecken zur hydraulischen Entlastung des abwärtsliegenden Kanalnetzes oder des Gewässers, in das eingeleitet wird, vorgesehen. Dabei werden hydraulische Zuflussspitzen, die über den zulässigen Abfluss hinausgehen, zwischengespeichert. Die als Regenrückhaltebecken ausgeführten, untersuchten Becken verfügen zusätzlich zur hydraulischen Drosselfunktion des abfließenden Wassers konstruktionsbedingt über eine Sedimentationswirkung gegenüber absetzbaren Schmutzstoffen. Zudem sind sie teilweise so gestaltet, dass auch Schwimmstoffe zurückgehalten werden können.

In Tabelle 8 sind die relevanten Aspekte der konstruktiven Ausführungen der untersuchten Becken nach den Vorgaben des DWA-A 166 (2013) zusammengestellt. Folgende Punkte wurden bei der Bewertung nicht berücksichtigt:

- Art der Einleitung (direkte oder indirekte Einleitung)
- Ableitung des mechanisch behandelten Wassers im Freispiegelgefälle oder in Druckleitungen über Pumpwerke
- Art des Bauwerks (RKBmD, RRB und Mischformen)
- nachgeschaltete Bauwerke (z.B. nachgeschaltetes Regenrückhaltebecken)
- rechnerische Größen, wie Oberflächenbeschickung, horizontale Fließgeschwindigkeit und Nutzvolumen

Unter Berücksichtigung der genannten Punkte erfüllt nur Becken E alle konstruktiven Anforderungen des DWA-A 166. Dazu zählt das Vorhandensein eines Beckenüberlaufs zur Begrenzung der maximalen Beschickung zur Sicherstellung der Sedimentationsbedingungen und zur Vermeidung von Schlammaustrag. Nur Becken D und E verfügen über einen solchen Beckenüberlauf. Becken C1 und C2 besitzen in ihren Zulaufschächten einen Überlauf zum jeweils anderen Zulaufschacht, was den Zufluss bei einer unausgewogenen Zuflusssituation zu den jeweiligen Becken begrenzen kann. Bei einer gleichmäßigen Auslastung beider Becken findet nur eine Begrenzung der Beschickung durch die absperrbaren Zulaufrohre in DN 500 oder den Gewindeschieber im Ablaufbauwerk statt. Sofern diese nicht auf den maximalen Beschickungszufluss der Becken kalibriert sind, kann eine Überschreitung der Oberflächenbeschickung erfolgen. Bei ausreichender Drosselung kann es bei starken Regenereignissen durch das Fehlen eines richtigen Beckenüberlaufs zu mit Rückstau verbundenem Überstau des Betriebsgeländes kommen.

Der Einlauf der Becken sollte so gestaltet sein, dass sich in der Sedimentationskammer gleichmäßige Strömungsverhältnisse einstellen und bereits sedimentierter Schlamm nicht wieder remobilisiert wird. Wird der Zulauf direkt als Rohr ohne Prallplatte in das Becken

geführt, entsteht eine schmale, starke Strömung in Beckenmitte zur gegenüberliegenden Seite, wobei in den Randbereichen gegenläufige Strömungen in Zulaufrichtung entstehen können. Dadurch kann die vorhandene Beckenfläche nicht in vollem Maß sedimentationswirksam genutzt werden, wodurch es zu erhöhtem AFS-Austrag kommt. In Abbildung 8 wird dies am Beispiel von Becken D verdeutlicht. Bei Becken A, B, D und teilweise bei Becken F werden die Einläufe direkt in die Becken geführt, ohne die Strömung durch beispielsweise Prallplatten zu vergleichmäßigen. Um eine Aufwirbelung und einen Austrag des sedimentierten Schlammes zu vermeiden, sollte der Beckenzulauf in keinem Fall punktuell sowie auf Sohlhöhe des Beckens ohne Prallplatte vorgesehen werden. Neben Prallplatten kann auch ein Überfallwehr über die gesamte Beckenbreite eine Vergleichmäßigung der Durchströmung bewirken. (DWA-A 166, 2013)

Abbildung 8: Ungleichmäßiges Strömungsbild im Becken D durch ungünstige Einlaufgestaltung



Quelle: eigene Aufnahme, Swetlana Schölzel, bearbeitet durch ISA der RWTH Aachen

Weiterhin sollten alle dauerhaft eingestauten Becken eine Mindesttiefe von 2 m aufweisen, was bei den Becken A und F in den Sedimentationskammern nicht der Fall ist. Um für eine Sedimentation günstige Strömungsbedingungen zu schaffen, gibt das DWA-A 166 Empfehlungen zu den Abmessungen, die in Tabelle 4 dargestellt sind. Von den untersuchten Becken entsprechen lediglich die als Regenklärbecken geplanten Becken C1, C2, D und E diesen Anforderungen. Über eine Tauchwand zum Schwimmstoff- und Leichtflüssigkeitsrückhalt verfügen bis auf Becken F alle anderen Becken. Im Fall von Becken F als Indirekteinleiter ist das jedoch nicht problematisch.

Das Vorhandensein einer Klärüberlaufschwelle ist für eine gleichmäßige Durchströmung der Sedimentationskammer, genau wie eine entsprechende Einlaufgestaltung, essenziell, da sich die Strömung bei einem punktuellen Ablaufrohr in der Nähe dieses Ablaufs bündelt. Dadurch entstehen Totzonen und ein signifikanter Strömungsgradient über den durchflossenen Beckenquerschnitt, wodurch sich die Sedimentationsbedingungen verschlechtern. Von den untersuchten Regenklärbecken weisen nur Becken D und E eine Klärüberlaufschwelle auf. Bei den Rückhaltebecken besitzt Becken F eine Schwelle, die eine gleichmäßige Durchströmung zulassen könnte, wenn die Einlaufgestaltung dies ermöglichen würde.

Ein Absperrschieber im Beckenablauf ermöglicht den Rückhalt von wassergefährdenden Flüssigkeiten in Havariefällen und leistet daher einen Beitrag zum Gewässerschutz bei Direkteinleitung sowie zum Schutz einer biologischen Kläranlage bei Indirekteinleitung. Von den untersuchten Becken weisen alle Becken Absperrschieber beziehungsweise funktionsäquivalente Pumpwerke auf, jedoch sind diese nicht bei allen Becken im Beckenablauf zu finden (Becken D). Die Becken C1 und C2 besitzen im Zulauf jeweils einen Absperrschieber und weisen im Ablaufkanal lediglich einen gemeinsamen Absperrschieber auf.

Die als Regenklärbecken ausgeführten Becken C1, C2 und D erfüllen aus konstruktiver Sicht die meisten Anforderungen nach DWA-A 166 (2013), während Regenklärbecken E alle Anforderungen erfüllt. Die Becken A, B und F wurden als Regenrückhaltebecken ohne primäre Reinigungsfunktion geplant, weshalb die Anforderungen an Regenklärbecken gemäß dem Stand der Technik nicht berücksichtigt wurden und die Anforderungen des DWA-A 166 daher weitgehend nicht erfüllt werden. Trotzdem weisen die als Regenrückhaltebecken geplanten Becken konstruktive Besonderheiten auf, die das Absetzen von Schmutzstoffen und den Rückhalt von Schwimmstoffen begünstigen. Becken A verfügt über eine um 40 cm gegenüber der Ablaufleitung abgesenkte Sohle, die einen Raum zur Sammlung abgesetzter Schmutzstoffe bietet, sowie über eine Tauchwand am Ablauf. Becken B verfügt über schwimmende Entnahmeleitungen, die das Wasser immer knapp unter dem Wasserspiegel abziehen. Dadurch wird ein gesteigerter Rückhalt absetzbarer Schmutzstoffe sowie aufschwimmender Stoffe erzielt. Abgesehen davon unterliegt Becken B durch die Indirekteinleitung bzw. Weiterverwendung des Wassers im Produktionsprozess nicht den Anforderungen von Becken, die direkt in ein Gewässer einleiten. Für den Indirekteinleiter Becken F gilt dies ebenfalls, wobei auch hier ein Bereich zur Sedimentation von Schmutzstoffen neben einer Tauchwand am Ablauf vorgesehen ist.

Tabelle 8: Konstruktive Bewertung der untersuchten Becken auf Basis des DWA-A 166 (2013)

	BÜ	Einlaufgestaltung	Tiefe SeKa > 2 m	Abmessungen SeKa	Tauchwand	KÜ-Schwelle	Absperrschieber	Bewertung	Ranking
A	X	X	X	X	✓	X	✓	2	6
B	X	X	✓	(✓)	✓	X	✓	3,5	4
C1	(✓)	✓	✓	✓	✓	X	(✓)	5	3
C2	(✓)	✓	✓	✓	✓	X	(✓)	5	3
D	✓	X	✓	✓	✓	✓	(✓)	5,5	2
E	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	7	1
F	X	(✓)	X	X	X	✓	✓	2,5	5

Erläuterungen:

BÜ: Beckenüberlauf
 SeKa: Sedimentationskammer
 KÜ: Klärüberlauf
 ✓: erfüllt/vorhanden
 (✓): eingeschränkt erfüllt/vorhanden
 X: nicht erfüllt/vorhanden

Im Folgenden werden die untersuchten Becken anhand der erforderlichen Bemessungsnachweise und Zielgrößen für Regenklärbecken nach DWA-A 166 (2013) und DWA-A 102-2 (2020) bewertet. Die Regenklärbecken werden nach A-166/A 102-2 für eine kritische Regenspende von $r_{\text{krit}} = 15 \text{ l/(s*ha)}$ dimensioniert. In bisherigen Regelwerken zur Bemessung von Regenklärbecken, beispielsweise in MUNLV (2004), konnten Flächen mit Belastungskategorie I und II anteilig nur mit $r_{\text{krit}} = 5 \text{ l/(s*ha)}$ einbezogen werden, was mit dem aktuellen DWA-A 102-2 nicht mehr zulässig ist. Die zulässige Oberflächenbeschickung von $q_A = 10 \text{ m/h}$ darf nach DWA-A 166 nicht überschritten werden und ist entsprechend aktueller Vorgaben nach DWA-A 102-2 entsprechend dem erforderlichen Wirkungsgrad zu unterschreiten.

Aus der erforderlichen Mindesttiefe von 2 m ergibt sich im Zusammenwirken mit der beim kritischen Regenereignis einzuhaltenden Oberflächenbeschickung ein erforderliches Nutzvolumen von ca. $10 \text{ m}^3/\text{ha}$ angeschlossener abflusswirksamer Fläche. Die horizontale Fließgeschwindigkeit von $0,05 \text{ m/s}$ darf hierbei nicht überschritten werden. Zudem ist ein Volumenzuschlag von etwa 10 % für die Schlammstorage bei Becken mit Dauerstau und seltener Schlammräumung vorzusehen. Zum Schutz der Gewässer bei Havarien mit wassergefährdenden Flüssigkeiten ist ein durch Absperrern des Klärüberlaufs aktivierbares Speichervolumen von mindestens 5 m^3 aufzuschlagen.

Bei der Dimensionierung eines Regenklärbeckens nach DWA-A 102-2 steht vor allem der Rückhalt von AFS63 im Vordergrund. Demnach dürfen jährlich maximal $280 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ in ein Gewässer gelangen. Damit werden die erforderliche Fläche, das Volumen und die zulässige Oberflächenbeschickung ermittelt. Als Grundlage der Bemessungen dienen die Bestandsunterlagen, die Erkenntnisse aus den Begehungen sowie die Aufnahme der Beckenkonstruktionen vor Ort.

Folgende Annahmen wurden bei der Prüfung der Nachweise berücksichtigt:

- ▶ Flächen werden bei der Bemessung der zulässigen Oberflächenbeschickung der Belastungskategorien II und III zugeordnet
- ▶ kritische Regenspende beträgt $r_{\text{krit}} = 15 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{ha})$
- ▶ Art des Bauwerks (RKBmD, RRB und Mischformen)
- ▶ nachgeschaltete Bauwerke (z.B. nachgeschaltetes Regenrückhaltebecken)
- ▶ Konstruktive Defizite entsprechend Tabelle 8, die sich auf die rechnerischen Nachweise durch ungleichmäßige Durchströmungen und hydraulische Überlastung auswirken können, werden vernachlässigt. Daher sind die rechnerischen Nachweise nur hinreichende Kriterien auf Basis der notwendigen Anforderungen.

In Tabelle 9 sind die Ergebnisse der Bemessungsnachweise dargestellt. Auffällig ist, dass bis auf Becken F alle Nachweise (Oberflächenbeschickung, horizontale Fließgeschwindigkeit und Nutzvolumen) für die untersuchten Becken nach DWA-A 166 eingehalten werden. Die vorhandene Oberflächenbeschickung der untersuchten Becken liegt zwischen $0,7 \text{ m}/\text{h}$ (B) und $15,9 \text{ m}/\text{h}$ (F). Die zulässige Oberflächenbeschickung von $10 \text{ m}/\text{h}$ wird nur für Becken F überschritten. Die horizontale Fließgeschwindigkeit der Becken liegt zwischen $0,004 \text{ m}/\text{s}$ (C2, F) und $0,034 \text{ m}/\text{s}$ (A) und unterschreitet ebenfalls die max. Fließgeschwindigkeit von $0,05 \text{ m}/\text{s}$. Auffällig ist, dass Bauwerke B, C1 und C2 gegenüber den anderen Becken sowohl eine deutlich geringere Oberflächenbeschickung als auch eine sehr geringe Fließgeschwindigkeit aufweisen. Bei den Becken C1 und C2 sind diese Werte auf die Länge der Bauwerke mit 26 m bzw. 24 m zurückzuführen. Das spezifische Nutzvolumen von etwa $10 \text{ m}^3/\text{ha}$ einschließlich der zusätzlichen Nutzvolumina für die Schlamm-speicherung und den Rückhalt der Leichtflüssigkeiten wird bei allen Becken, bis auf Becken F, eingehalten. Sie liegen zwischen $15 \text{ m}^3/\text{ha}$ (A) und $115 \text{ m}^3/\text{ha}$ (B).

Bei der Ermittlung der erforderlichen Flächen, Volumina und der spezifischen Oberflächenbeschickung nach DWA-A 102 können die Becken B, C1 und C2 die Anforderungen erfüllen. Das heißt, dass bei einer direkten Einleitung des Klärüberlaufs die vorgegebene Fracht von $280 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ abfiltrierbare Stoffe (AFS63) rechnerisch nicht überschritten wird. Bei Becken C1 sind die guten Ablaufwerte hauptsächlich auf die geringen Zulaufwerte sowie die Einhaltung vieler konstruktiver Anforderungen zurückzuführen. Bei den Becken B, C1 und C2, die nach DWA-A 102-2 zwar die erforderliche Oberflächenbeschickung rechnerisch vorweisen können und nicht über einen Beckenüberlauf verfügen, findet bei stärkeren Regenereignissen keine Begrenzung der Beckenbeschickung statt. Daher ist bei diesen Bauwerken bei stärkeren Regenereignissen mit einer Überschreitung der Oberflächenbeschickung und infolgedessen mit

Austrag von sedimentierten und sedimentierbaren Schmutzstoffen zu rechnen. Die Bauwerke D, E und F können die Anforderungen aufgrund zu geringer sedimentationswirksamer Oberfläche nicht einhalten. Die sedimentationswirksame Oberfläche könnte mit dem Einbau von Schrägklärern erweitert werden. Becken E hat, gefolgt von Becken D, die beste konstruktive Bewertung nach DWA-A 166 erhalten. Becken A wurde als Regenrückhaltebecken ausgebildet und wurde aus konstruktiver Sicht im vorangegangenen Kapitel am schlechtesten bewertet.

Tabelle 9: Rechnerische Nachweise entsprechend maßgebenden technischen Regelwerken

Becken bzw. SeKa	DWA-A 166 (2013)					DWA-A 102-2 (2020)			
	A _{vorh.} [m ²]	V _{vorh.} [m ³]	q _{A,vorh.} [m/h]	v _{h,vorh.} [m/s]	V _{spez.,vorh.} [m ³ /ha]	q _{A,erf.} [m/h]	A _{AKB,erf.} [m ²]	V _{erf.} [m ³]	V _{min} [m ³]
A	525	210	1,4	0,034	15	2,17	339	678	68
B	1.000	1.500	0,7	0,005	115	2,67	263	527	65
C1	169	338	1,7	0,006	64	2,17	132	264	27
C2	156	312	1,3	0,004	81	4,60	45	91	19
D	60	120	5,6	0,012	19	2,17	155	309	31
E	56	126	5,8	0,010	21	4,60	70	141	30
F	19	19	15,9	0,013	3	2,17	140	279	28

Erläuterungen:

A _{vorh.} :	vorhandene Beckenfläche
V _{vorh.} :	vorhandenes Beckenvolumen
q _{A,vorh.} :	vorhandene Oberflächenbeschickung bezüglich DWA-A 166
v _{h,vorh.} :	vorhandene horizontale Fließgeschwindigkeit bezüglich DWA-A 166
V _{spez.,vorh.} :	vorhandenes spezifisches Beckenvolumen bezüglich DWA-A 166
q _{A,erf.} :	erforderliche Oberflächenbeschickung nach DWA-A 102-2 bezüglich q _{A,vorh.}
A _{AKB,erf.} :	erforderliche sedimentationswirksame Oberfläche nach DWA-A 102-2 bezüglich A _{vorh.}
V _{erf.} :	erforderliches Volumen ohne Schrägklärer nach DWA-A 102-2 bezüglich V _{vorh.}
V _{min} :	minimales erforderliches Volumen mit Schrägklärern nach DWA-A 102-2 bezüglich V _{vorh.}
XXX:	eingehalten
XXX:	nicht eingehalten

4.2 Auswertung der Messergebnisse

4.2.1 Charakterisierung der Niederschlagswässer von Holzlagerplätzen

An alle beprobten Becken sind Freilager- und Verarbeitungsflächen angeschlossen, teilweise zusätzlich Dach- und Verkehrsflächen. Lediglich Becken C1 wird ausschließlich mit dem Abfluss von Dach- und Verkehrsflächen beschickt.

Für AFS-Konzentrationen in Dachabflüssen werden Werte im Bereich von ca. 5 bis 100 mg/l angegeben, wohingegen bei Verkehrsflächenabflüssen AFS-Konzentrationen von 60 bis 400 mg/l genannt werden (Schmitt et al., 2010). Die gemessenen AFS-Konzentrationen der holzverarbeitenden Betriebe im Becken-Zulauf weisen teilweise deutlich höhere Werte auf, streuen aber in einem breiten Bereich (zwischen 4 mg/l und 850 mg/l).

Der Anteil von AFS63 am gesamten AFS wird für Siedlungsgebiete mit 70 bis 90 % angegeben (Fuchs et al., 2019). Im Niederschlagswasser der hier untersuchten Holzlagerplätze wurde der Anteil von AFS63 zu etwa 63 % bestimmt. Der Anteil der größeren Partikel ist erwartungsgemäß etwas höher als im Niederschlagswasser von Siedlungsgebieten. Im Ablauf konnte der Anteil von AFS63 auf rund 70 % gesteigert werden, was auf eine gewisse Sedimentationsleistung bezüglich größerer Partikel hindeutet.

Das Verhältnis von TOC (Total Organic Carbon) zu CSB (Chemischer Sauerstoffbedarf) liefert Informationen zur Art der organischen Abwasserbelastung. In Dachflächenabflüssen liegt das Verhältnis TOC zu CSB bei 1:3, während es im Ablauf von Verkehrsflächen mit 1:5 angegeben wird (Schmitt et al., 2010). Beim Niederschlagswasser der Holzlagerplätze beträgt das TOC zu CSB-Verhältnis im Mittel 1:3. Dieses Verhältnis ist durch den Anteil von Holzpartikeln zu erklären.

Die Gesamtverschmutzung des Wassers durch Stickstoffverbindungen wurde mittels des gesamten gebunden Stickstoffs (TN_b) erfasst. Stickstoffkonzentrationen in Verkehrsflächenabflüssen werden mit Werten bis zu ca. 10 mg/l angegeben (Schmitt et al., 2010). Es fällt auf, dass der TN_b-Wert an Becken B mit 70 mg/l sehr hoch ist. Auch die Becken C2 und D weisen Stickstoffkonzentrationen über 10 mg/l auf. Hier sollte geprüft werden, ob Abflüsse von landwirtschaftlichen Flächen in das Becken gelangen oder ob stickstoffhaltige Hilfsstoffe bei der Holzlagerung zum Einsatz kommen.

Der pH-Wert wurde im Bereich zwischen 6,8 und 7,6 gemessen und liegt damit im Normbereich.

Die Werte für die Leitfähigkeit bei Becken B und C sind mit Werten zwischen 800 und 1.000 µS/cm sehr hoch. Der sehr hohe Wert der Leitfähigkeit bei Becken C1, an das nur Dach- und Verkehrsflächen angeschlossen sind, könnte eventuell auf abgelagerte Emissionen aus der Abluftreinigung zurückzuführen sein. Bei den anderen Becken wäre zu klären, ob bei der Bearbeitung des Holzes salzhaltige Stoffe zum Einsatz kommen.

In Tabelle 10 sind die gemittelten Median- und Mittelwerte der Parameter im Zu- und Ablauf der untersuchten Becken zusammengestellt.

Tabelle 10: Zusammensetzung des Niederschlagswassers im Zu- und Ablauf der untersuchten Regenbecken (gemittelte Median- und Mittelwerte)

Becken (Anzahl Proben)		pH		Leitfähigkeit [µS/cm]		AFS [mg/l]		AFS63 [mg/l]		AFS63: AFS		TOC [mg/l]		CSB [mg/l]		TN _b [mg/l]	
		Zu	Ab	Zu	Ab	Zu	Ab	Zu	Ab	Zu	Ab	Zu	Ab	Zu	Ab	Zu	Ab
A (12)	Ø	6,6	6,7	111	127	71	73	36	60	0,60	0,68	39	41	124	112	8,2	109
	Md	6,8	6,7	114	131	56	40	39	26	0,70	0,68	40	37	131	119	9,4	9
B (3)	Ø	7,0	7,1	890	1077	440	270	297	230	0,69	0,9	307	273	961	896	71	94
	Md	7,0	7,1	916	1080	500	270	320	230	0,64	0,9	330	270	979	885	70	91
C1 (3)	Ø	7,5	7,35	440	1756	13	11	7	8	0,53	0,66	21	18	60	66	5,4	4,6
	Md	7,5	7,5	437	2380	10	11	5	9	0,51	0,63	22	18	59	54	5,0	4,4
C2 (2)	Ø	7	7,3	354	796	60	66	41	29	0,70	0,42	97	60	267	162	36	21

Becken (Anzahl Proben)		pH		Leitfähig- keit [µS/cm]		AFS [mg/l]		AFS63 [mg/l]		AFS63: AFS		TOC [mg/l]		CSB [mg/l]		TNb [mg/l]	
		Zu	Ab	Zu	Ab	Zu	Ab	Zu	Ab	Zu	Ab	Zu	Ab	Zu	Ab	Zu	Ab
D (14)	Ø	7,6	7,7	240	359	207	174	95	116	0,60	0,72	79	73	263	244	21	27,4
	Md	7,6	7,6	195	195	103	150	64	110	0,70	0,7	41	49	131	220	14,5	17,5

4.2.2 Messergebnisse Becken A

An Becken A konnten insgesamt 24 Proben bei 4 Regenereignissen entnommen werden (Tabelle 11).

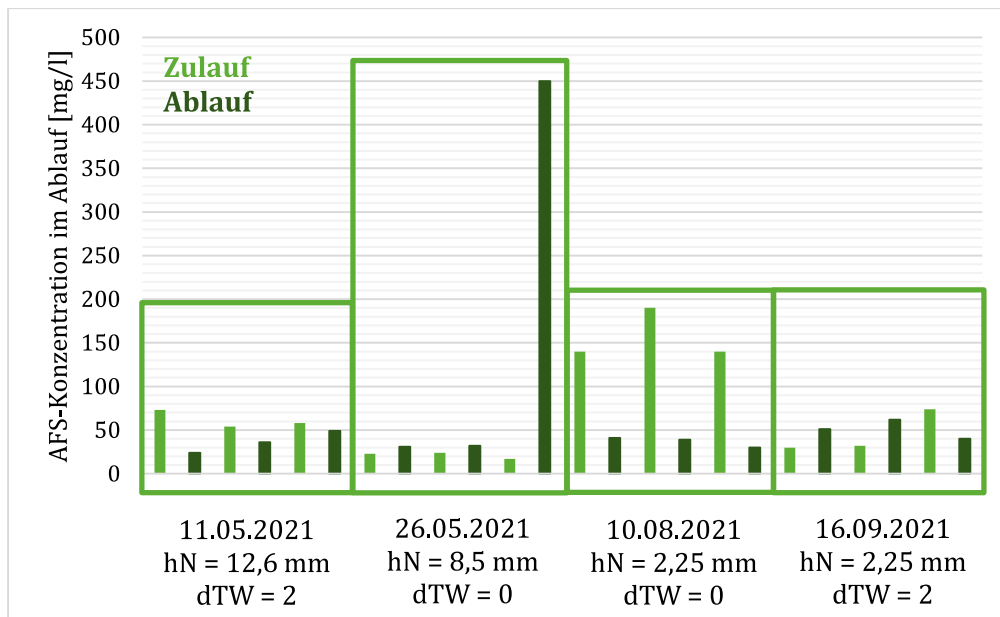
Tabelle 11: Übersicht über die Proben und Regenereignisse für Becken A

	Regenereignis 1: 11.05.21		Regenereignis 2: 26.05.21		Regenereignis 3: 10.08.21		Regenereignis 4: 15.09.21	
	Proben- anzahl	Niederschlags- summe [mm]	Proben- anzahl	Niederschlags- summe [mm]	Proben- anzahl	Niederschlags- summe [mm]	Proben- anzahl	Niederschlags- summe [mm]
Zulauf	3	12,6	3	8,5	3	2,25	3	2,25
Ablauf	3		3		3		3	

In Abbildung 9 sind die AFS-Zu- und Ablaufkonzentrationen für die vier Regenereignisse zusammengefasst dargestellt. Die AFS-Konzentration im Zulauf zum Becken A liegt zwischen 17 und 190 mg_{AFS}/l. Die AFS-Konzentration im Ablauf liegt zwischen 24 und 62 mg_{AFS}/l. Eine Messung der Probe vom 26.05.2021 zeigte eine auffällig hohe Feststoffkonzentration von 450 mg_{AFS}/l im Ablauf des Beckens. Dieser hohe Wert deutet auf eine Remobilisierung von abgelagerten Stoffen hin. Die mittlere AFS-Konzentration im Zulauf zum Becken A lag bei 71 mg_{AFS}/l, im Ablauf im Mittel bei 74 mg_{AFS}/l (s. Abbildung 10). Damit ergibt sich im Mittel keine Feststoffreduktion. Der in der Abwasserverordnung geforderte Grenzwert von 40 mg_{AFS}/l im Mittel wird nicht eingehalten.

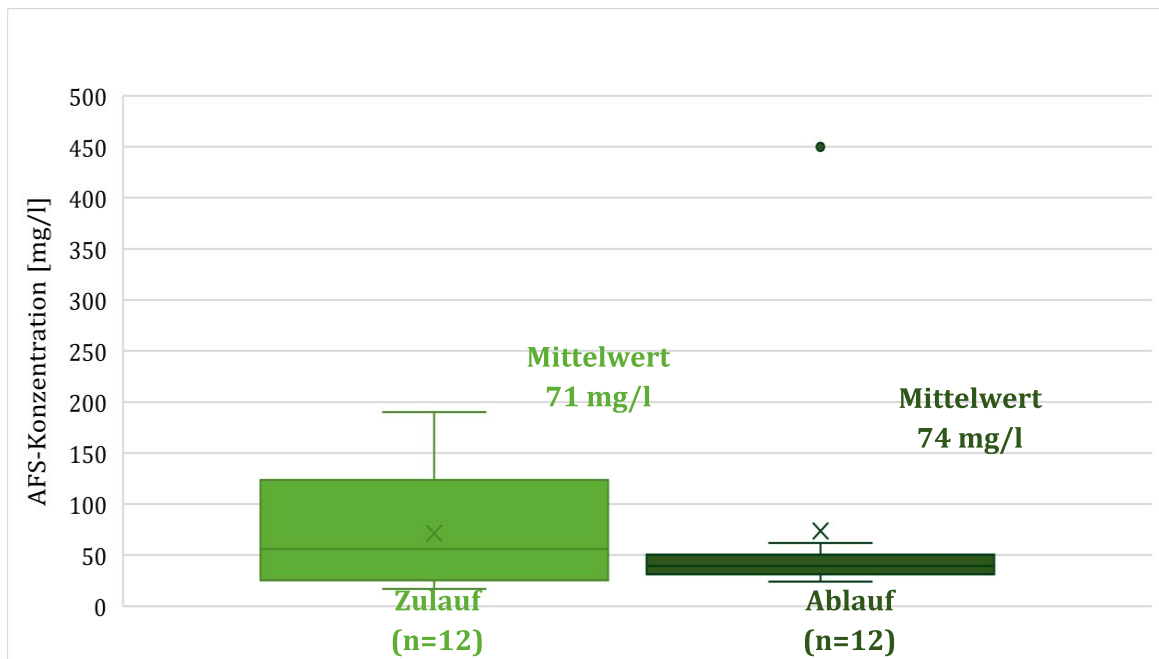
Zur besseren Einschätzung des Einflusses der gefallen Niederschlagsmenge und der am Tag der Probenahme vorangegangenen Trockenwettertage (dTW), werden diese Daten ebenfalls in Abbildung 9 dargestellt. Beim Vergleich der Regenereignisse vom 26.05.2021 und 10.08.2021 wird ersichtlich, dass die Zulaufkonzentrationen zum Becken A stark variieren können. So liegen sie beim Regenereignis vom 26.05. zwischen 17 und 23 mg_{AFS}/l, wohingegen sie beim Regenereignis vom 10.08. zwischen 140 und 190 mg_{AFS}/l liegen. Auffällig ist dabei, dass das Regenereignis im Mai mit 8,5 mm eine höhere Niederschlagsmenge als das Ereignis im August mit 2,5 mm aufwies. Bei einer höheren Niederschlagsmenge fließt dem Becken eine höhere Wassermenge zu, die verdünnt sein kann. Allerdings hatte es bei dem Regenereignis im Mai am Vortag bereits geregnet. Es gab im Vorfeld also keinen Trockenwettertag (dTW = 0). Dies kann dazu führen, dass auf den abflusswirksamen Flächen abgelagerte Feststoffe bereits einen Tag vor der Probenahme durch den gefallen Niederschlag abgeschwemmt und dem Becken zugeführt wurden, woraufhin die Feststoffkonzentration im Zulauf am Probenahmetag geringer ausfallen konnte.

Abbildung 9: AFS-Zu- und Ablaufkonzentration in Becken A bei unterschiedlichen Regenereignissen



Quelle: eigene Darstellung, ISA der RWTH Aachen

Abbildung 10: Mittlere AFS-Zu- und Ablaufkonzentration in Becken A

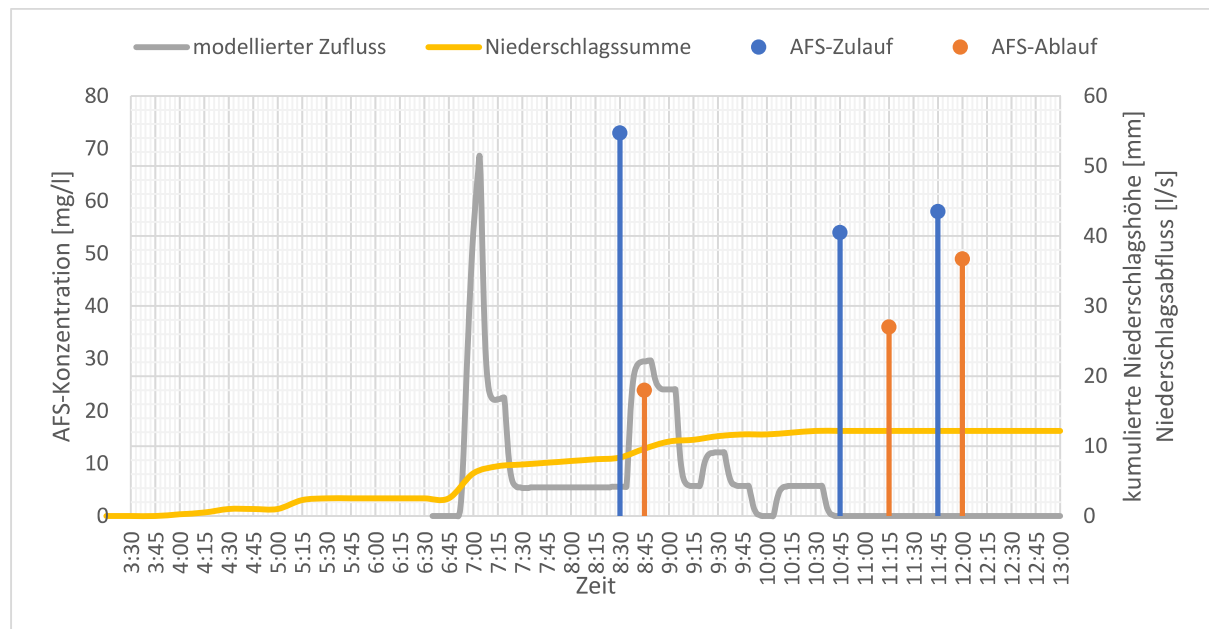


Quelle: eigene Darstellung, ISA der RWTH Aachen

In Abbildung 11 sind für das Regenereignis vom 11.05.2021 für Becken A die Niederschlagssummenlinie sowie die daraus resultierende Zulaufganglinie über der Zeit aufgetragen. Darüber hinaus sind die Probenahmezeitpunkte und die erfassten AFS-Konzentrationen dargestellt. Anhand der vorliegenden Daten kann kein quantitativer Zusammenhang zwischen der AFS-Konzentration im Zu- und Ablauf des Beckens und der

Niederschlagsintensität bzw. der Zuflussmenge ermittelt werden. Für die anderen beprobten Regenereignisse sind die Grafiken in Anhang C zu finden.

Abbildung 11: Niederschlagssummenlinie, Zuflussganglinie, AFS-Konzentrationen im Zu- und Ablauf von Becken A für das Regenereignis vom 11.05.2021



Quelle: eigene Darstellung, ISA der RWTH Aachen, atd GmbH

Der Zufluss zum Becken A weist eine eher geringere Feststoffkonzentration auf. Dies ist auf die Vermischung des auf belasteten Flächen (z.B. Freilagerflächen, Verarbeitungsflächen) anfallenden Niederschlagswassers mit Niederschlagswasser, welches auf gering belasteten Flächen (z.B. Dachflächen, wenig belasteten Verkehrsflächen) anfällt, zurückzuführen.

Neben der dem Ablauf vorgeschalteten Tauchwand, die einen Rückhalt von Schwimmstoffen ermöglicht, hat die regelmäßige Schlammräumung (1-mal jährlich laut Betrieb) vermutlich ebenfalls einen positiven Effekt auf den Feststoffrückhalt. Die Beckenräumung hat den Vorteil, dass das Schlammspiegelniveau abgesenkt wird und es so zu weniger Austrag von im Becken abgelagerten und während eines Regenereignisses aufgewirbelten Feststoffen kommen kann.

4.2.3 Messergebnisse Becken B

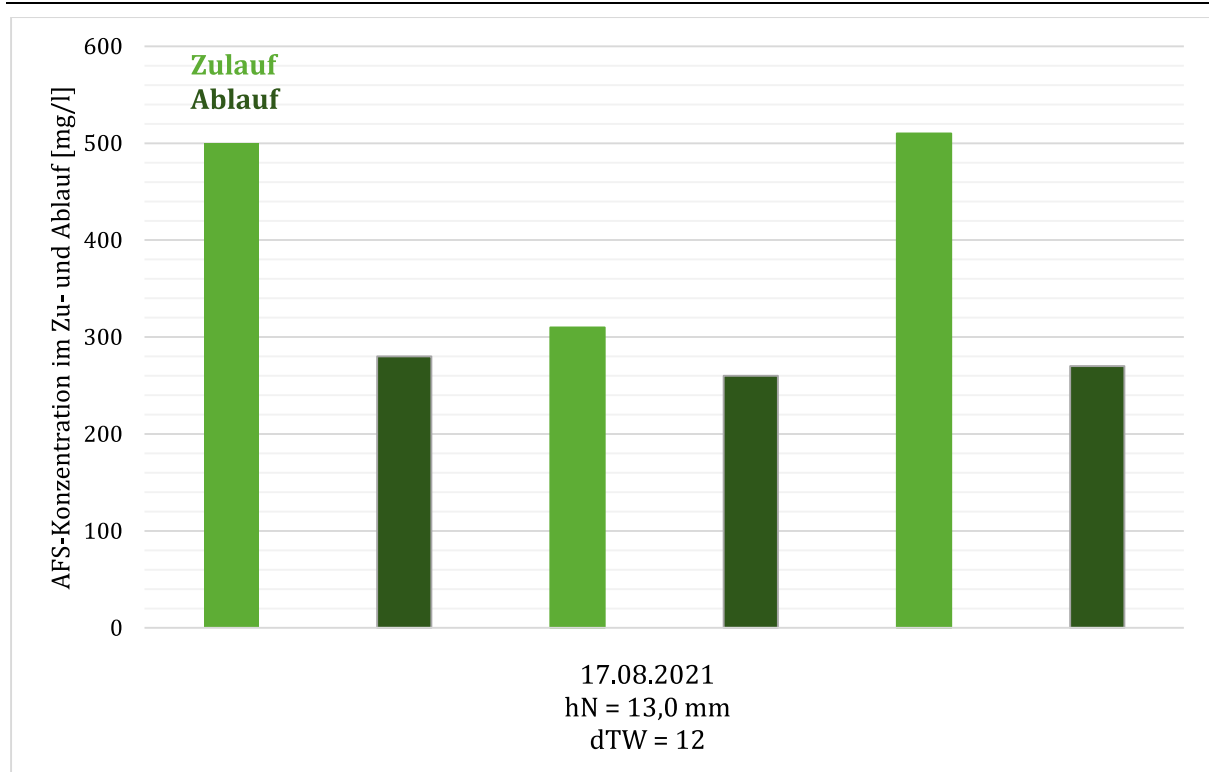
Im Rahmen der Untersuchungen des Beckens B konnten insgesamt 6 Proben (je 3 Proben im Zulauf und im Ablauf) bei einem einzelnen Niederschlagsereignis entnommen werden, die sich wie in Tabelle 12 dargestellt zusammensetzen:

Tabelle 12: Übersicht über die Proben und Regenereignisse für Becken B

Regenereignis 1: 17.08.21		
	Probenanzahl	Niederschlagssumme [mm]
Zulauf	3	13,0
Ablauf	3	

In Abbildung 12 werden die AFS-Zu- und Ablaufkonzentrationen für das einzige Regenereignis, welches im Rahmen der Untersuchungen beprobt wurde, zusammengefasst dargestellt. Die AFS-Konzentration im Zulauf zum Becken variiert zwischen 310 und 510 mg_{AFS}/l. Die AFS-Konzentration im Ablauf liegt zwischen 260 und 280 mg_{AFS}/l. Die mittlere AFS-Konzentration im Zulauf lag beim beprobten Regenereignis bei 440 mg_{AFS}/l, im Ablauf im Mittel bei 270 mg/l. Damit ergibt sich eine Feststoffreduktion von etwa 39 %. In Bezug auf den in der Abwasserverordnung geforderten Grenzwert von 40 mg_{AFS}/l ist die Abscheideleistung des Beckens von Feststoffen für die Einhaltung des Grenzwertes damit nicht ausreichend. Allerdings handelt es sich am Standort B um eine Indirekteinleitung und das Wasser wird im Prozess wiederverwendet. Damit ist der in der AbwV (2020) geforderte Grenzwert für dieses Becken nicht relevant. Laut Angaben des Betriebs erfolgte zum Zeitpunkt der Messstelleneinrichtung bereits seit August 2020 keine Weiterleitung des anfallenden Niederschlagswassers in das kommunale Kanalnetz, da das Wasser im Betrieb weiterverwendet werden konnte. Ein Zusammenhang zwischen der Niederschlagsmenge, dem Zeitpunkt der Probenahme und der Feststoffkonzentration im Zu- und Ablauf konnte aufgrund der geringen Probendichte nicht ermittelt werden. Zudem lagen keine Informationen über die Größe und Art der am Becken B angeschlossenen Flächen vor, sodass keine Zuflusskurven modelliert werden konnten.

Abbildung 12: AFS-Zu- und Ablaufkonzentrationen in Becken B beim Regenereignis vom 17.08.2021



Quelle: eigene Darstellung, ISA der RWTH Aachen

4.2.4 Messergebnisse Becken C1 und C2

Am Standort C sind zwei rechteckige, geschlossenen Regenklärbecken (C1 und C2) angeordnet. Diese sind als Betonbecken ausgeführt und entwässern über einen gemeinsamen Ablauf. Insgesamt konnten im Untersuchungszeitraum zehn Proben bei drei Regenereignissen genommen werden, die sich wie in Tabelle 13 dargestellt zusammensetzen:

Tabelle 13: Übersicht über die Proben und Regenereignisse für RKB C

Anlage	Regenereignis 1: 02.05.21		Regenereignis 2: 30.06.21		Regenereignis 3: 04.08.21	
	Probenanzahl	Niederschlags-summe [mm]	Probenanzahl	Niederschlags-summe [mm]	Probenanzahl	Niederschlags-summe [mm]
C1 Zulauf	1	4,2	1	28,5	1	6,6
C1 Ablauf	1		1		1	
C2 Zulauf	1		0		1	
C2 Ablauf	1		0		1	

Am RKB C1 sind Teile der Freilager- und Verarbeitungsflächen, am RKB C2 Dach- und Verkehrsflächen angeschlossen. Die unterschiedliche Belastung der angeschlossenen Flächen spiegelt sich in den gemessenen AFS-Konzentrationen im Zulauf der beiden Becken wider. So beträgt die Zulaufkonzentration in den Proben des Beckens C1 4,1 mg_{AFS}/l bis 26 mg_{AFS}/l. Dagegen liegt die Zulaufkonzentration des Beckens C2 zwischen 45 und 74 mg_{AFS}/l. Der Abfluss der Freilager- und Verarbeitungsflächen führt höhere Feststoffgehalte als die weniger belasteten Dach- und Verkehrsflächen mit sich. Aufgrund dessen ist auch, wie in Abbildung 13 dargestellt, tendenziell eine höhere AFS-Konzentration im Ablauf des RKB C2 als im Ablauf des RKB C1 zu beobachten.

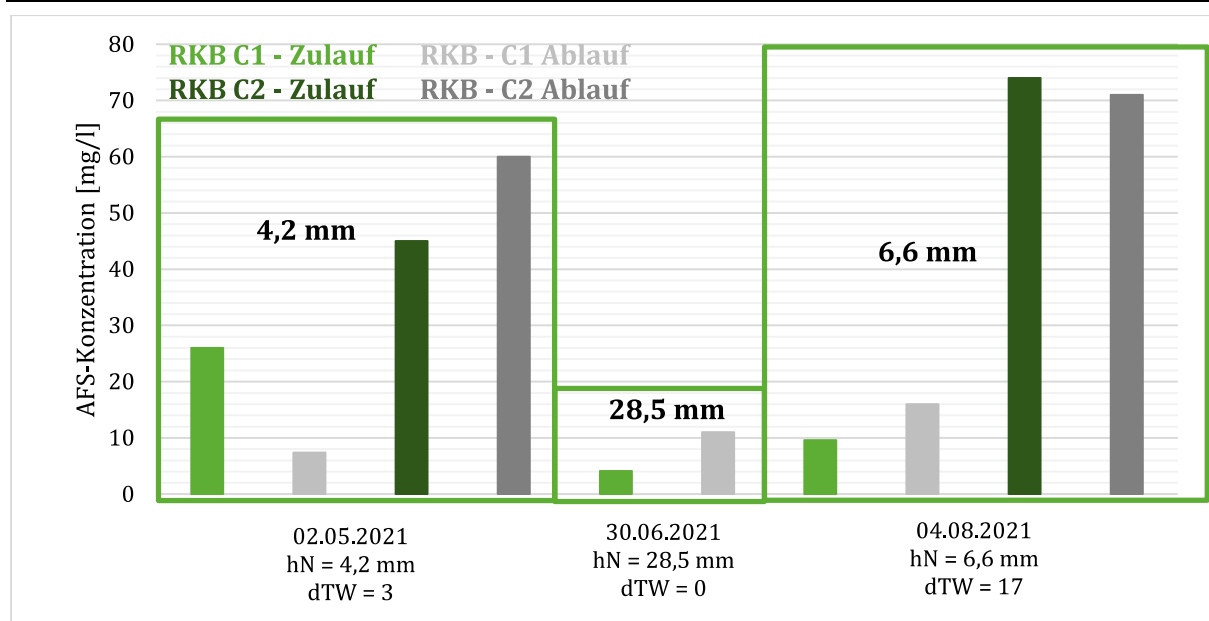
Bei dem Regenereignis vom 30.06.21 wurde keine Beprobung des RKB C2 durchgeführt. Die Ablaufkonzentrationen im Becken C1 mit 11,0 und 16,0 mg_{AFS}/l liegen bei den beprobten Regenereignissen vom 30.06.21 und 04.08.21 über den Zulaufkonzentrationen von 4,1 und 9,6 mg_{AFS}/l. Eine Erhöhung der AFS-Konzentration im Ablauf des Beckens C2 konnte ebenfalls beim Regenereignis vom 02.05.21 beobachtet werden. Lediglich bei Becken C1 konnte an diesem Tag eine Reduktion der Zulaufkonzentration von 26 mg_{AFS}/l auf eine Ablaufkonzentration von 7,4 mg_{AFS}/l erreicht werden.

Der Konzentrationsanstieg im Ablauf kann möglicherweise auf im Becken abgelagerten und im Zuge eines Regenereignisses remobilisierten Schlamm zurückgeführt werden oder lediglich in der nicht vorhandenen Korrespondenz der Proben durch die Dauer der Beckenpassage begründet sein.

Abbildung 13 zeigt, dass tendenziell keine eindeutige signifikante Änderung der Feststoffkonzentration im Ablauf gegenüber dem Zulauf zu verzeichnen ist.

Aufgrund der geringen Probendichte konnte kein Zusammenhang zwischen Probenahmezeitpunkt, Regenintensität und Länge der jeweiligen Regenereignisse, den vorangegangenen Trockenwettertagen und der Feststoffkonzentration im Zulauf der Becken ermittelt werden. Die Ganglinien für die beprobten Niederschlagsereignisse können Anhang C.2 entnommen werden.

Abbildung 13: AFS-Zu- und Ablaufkonzentration im RKB C1 und C2 bei unterschiedlichen Regenereignissen



Quelle: eigene Darstellung, ISA der RWTH Aachen

4.2.5 Messergebnisse Becken D

Im Rahmen der Untersuchungen des Beckens D konnten insgesamt 28 Proben bei 5 Regenereignissen entnommen werden, die sich wie folgt zusammensetzen:

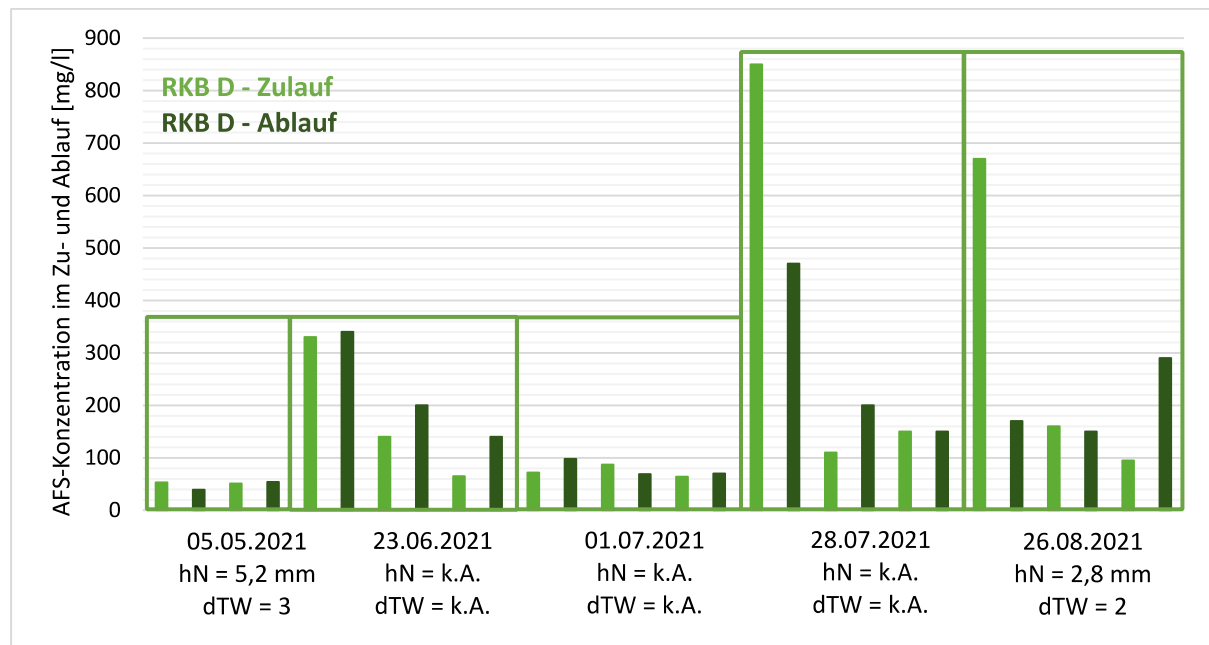
Tabelle 14: Übersicht über die Proben und Regenereignisse für Regenklärbecken D

	Regenereignis 1: 05.05.21		Regenereignis 2: 23.06.21		Regenereignis 3: 01.07.21	
	Proben- anzahl	Niederschlags- summe [mm]	Proben- anzahl	Niederschlags- summe [mm]	Proben- anzahl	Niederschlags- summe [mm]
Zulauf	2	5,2	3	k.A.	3	k.A.
Ablauf	2		3		3	
	Regenereignis 4: 28.07.21		Regenereignis 5: 26.08.32			
	Proben- anzahl	Niederschlags- summe [mm]	Proben- anzahl	Niederschlags- summe [mm]		
Zulauf	3	k.A.	3	2,8		
Ablauf	3		3			

Abbildung 14 zeigt die ermittelten Zu- und Ablaufkonzentrationen hinsichtlich der AFS in Becken D. Die Konzentrationen im Zulauf liegen zwischen 51 und 850 mg_{AFS}/l. Im Ablauf schwanken die Werte zwischen 39 und 470 mg_{AFS}/l. Für die Regenereignisse vom 23.06., 01.07. und 28.07. liegen aufgrund einer Verstopfung des Regenschreibers keine Niederschlagsdaten vor. Eine Aussage über den Zusammenhang zwischen Niederschlagshöhe, der vorangegangenen

Trockenwettertage und der Feststoffkonzentration im Zulauf und Ablauf des Beckens D, kann aufgrund der geringen Datendichte deshalb nicht getroffen werden.

Abbildung 14: AFS-Zu- und Ablaufkonzentration im Regenklärbecken D bei unterschiedlichen Regenereignissen

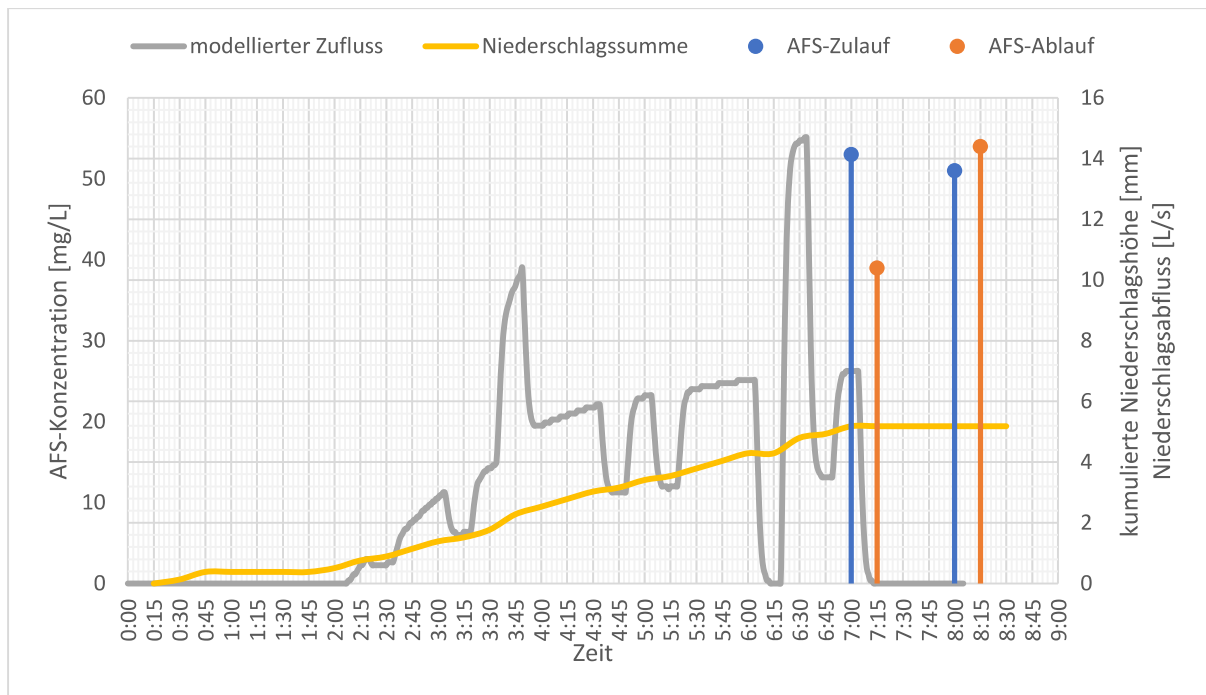


Quelle: eigene Darstellung, ISA der RWTH Aachen

Bei drei Regenereignissen (23.06., 28.07. und 26.08.21) ist die Tendenz zu erkennen, dass die AFS-Zulaufkonzentration mit zunehmender Zeit während der Probenahme abnimmt. Bei detaillierter Betrachtung der Niederschlagssumme, der Zuflusskurven sowie der gemessenen AFS-Konzentrationen beim Regenereignis am 26.08.21 ist zu vermuten, dass die AFS-Konzentration von 670 mg_{AFS}/l zu Beginn der Probenahme um 8.15 Uhr aus dem ersten Spülstoß resultiert (Abbildung 15). Zu diesem Zeitpunkt floss dem Becken erst etwa eine halbe Stunde Niederschlagswasser zu. Dieses Niederschlagswasser schwemmte die auf den angeschlossenen Flächen abgelagerten Feststoffe ab. Die Zulaufkonzentrationen bei den Proben um 9:00 und 9:45 Uhr wiesen bereits deutlich geringere AFS-Werte mit 160 mg_{AFS}/l beziehungsweise 95 mg_{AFS}/l auf.

Anhand der vorliegenden Daten und der vorliegenden Modellierung der Zuflussmenge zum Regenklärbecken D kann kein quantitativer Zusammenhang zwischen der AFS-Konzentration im Zu- und im Ablauf des Beckens und der Niederschlagsintensität beziehungsweise der Zuflussmenge ermittelt werden. Insgesamt weist die Abflussberechnung auch hier, ähnlich wie bei Becken A, Abweichungen zu den Probenahmen auf. So besteht beim Regenereignis vom 05.05.2021 rechnerisch kein Zufluss zum Zeitpunkt der zweiten Probenahme mehr (s. Abbildung 15). Eine Zulaufprobe wurde jedoch entnommen, da in der Realität ein Zufluss vorlag. Diese Abweichungen können aus den Modellannahmen (s. Kapitel 3.3) resultieren (z.B. längere Fließzeiten als angenommen). Da weder eine Durchflussmessung im Zu- noch im Ablauf vorlag, konnte das Modell nicht kalibriert werden und weist damit Ungenauigkeiten auf.

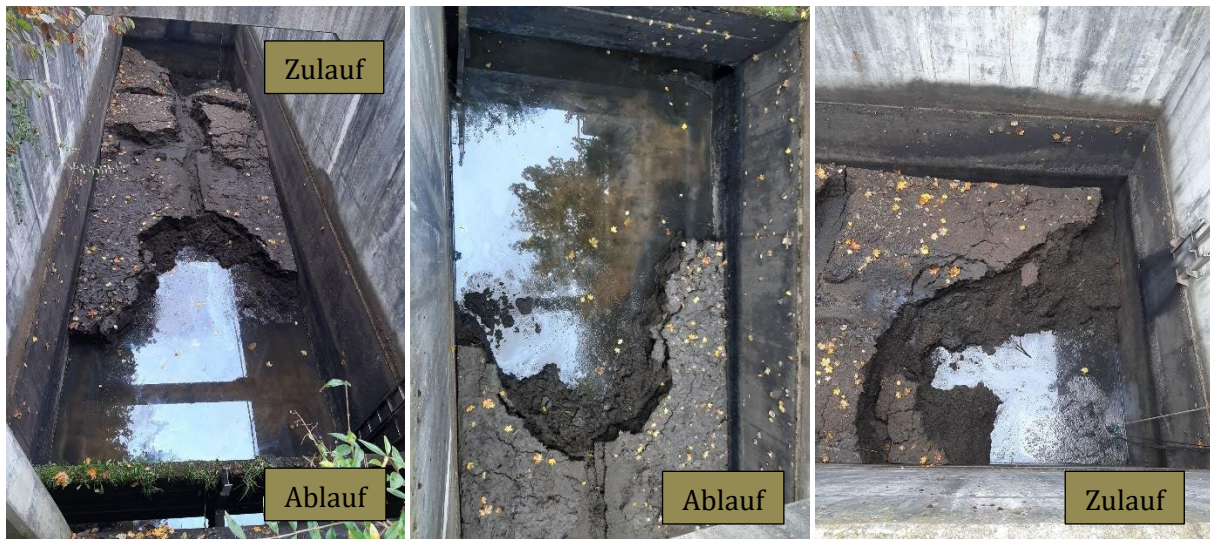
Abbildung 15: Niederschlagssummenlinie, Zuflussganglinie zum Regenklärbecken D, AFS-Konzentrationen im Zu- und Ablauf für das Regenereignis vom 05.05.2021



Quelle: eigene Darstellung, ISA der RWTH Aachen und atd GmbH

Bei den Regenereignissen vom 23.06., 01.07. und 28.07. nimmt die AFS-Ablaufkonzentration mit zunehmender Zeit ebenfalls ab. Am 26.08. konnte bei der letzten Probenahme eine höhere Ablaufkonzentration als bei den zwei vorangegangenen Probenahmen beobachtet werden. Hier könnte es zu Aufwirbelungen des abgelagerten Schlammes im Becken aufgrund von Turbulenzen gekommen sein, die im Zuge der Probenahme erfasst wurden. Es konnten deutliche Schlammablagerungen im Regenklärbecken D im Rahmen der Messstelleneinrichtung beobachtet werden. Die Schlammräumung erfolgt hier in unregelmäßigen Abständen und wurde zuletzt im Jahr 2018 durchgeführt. Nach den hier aufgeführten Untersuchungen fand eine Beckenräumung im Oktober 2021 statt. Die Ablagerungen sowie der Zustand des Beckens nach der Räumung, können der nachstehenden Abbildung 16 beziehungsweise Abbildung 17 entnommen werden. Anhand der Oberflächenstruktur des Sedimentes im Zu- und Ablaufbereich kann es zu Schlamm aufwirbelungen durch Erosionsprozesse gekommen sein.

Abbildung 16: Abgelagerter Schlamm im Regenklärbecken D während der Schlammräumung (Oktober 2021)



Quelle: Betreiber D, bearbeitet durch ISA der RWTH Aachen

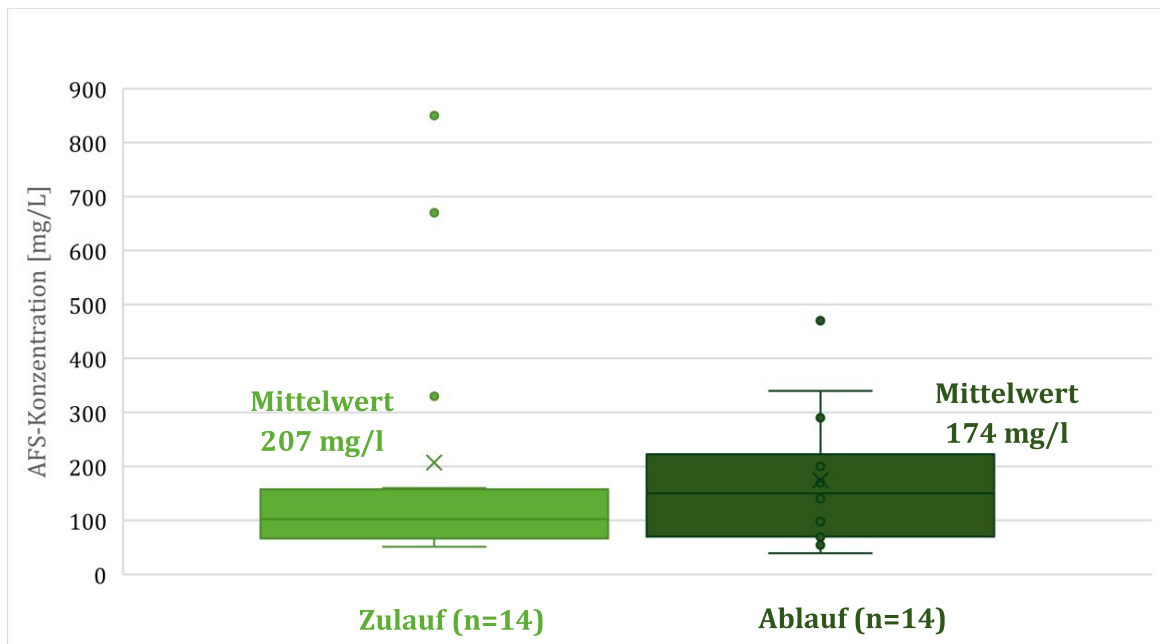
Abbildung 17: Blick in Regenklärbecken D nach Schlammräumung



Quelle: Betreiber D, bearbeitet durch ISA der RWTH Aachen

Die mittlere AFS-Konzentration im Zulauf zum Regenklärbecken D lag bei 207 mg_{AFS}/l, im Ablauf im Mittel bei 174 mg_{AFS}/l (s. Abbildung 18). Der in der Abwasserverordnung geforderte Grenzwert von 40 mg_{AFS}/l wird daher im Mittel nicht eingehalten. Am Regenklärbecken D sind nur stark belastete Flächen angeschlossen (Freilagerflächen, Verarbeitungsflächen, belastete Verkehrsflächen), die zu einer höheren AFS-Konzentration im Zulauf des Beckens führen. Das Niederschlagswasser von nicht bis wenig belasteten Flächen (Dachflächen, wenig belastete Verkehrsflächen) wird auf dem Betriebsgelände neben dem D versickert.

Abbildung 18: Mittlere AFS-Zu- und Ablaufkonzentrationen im Regenklärbecken D

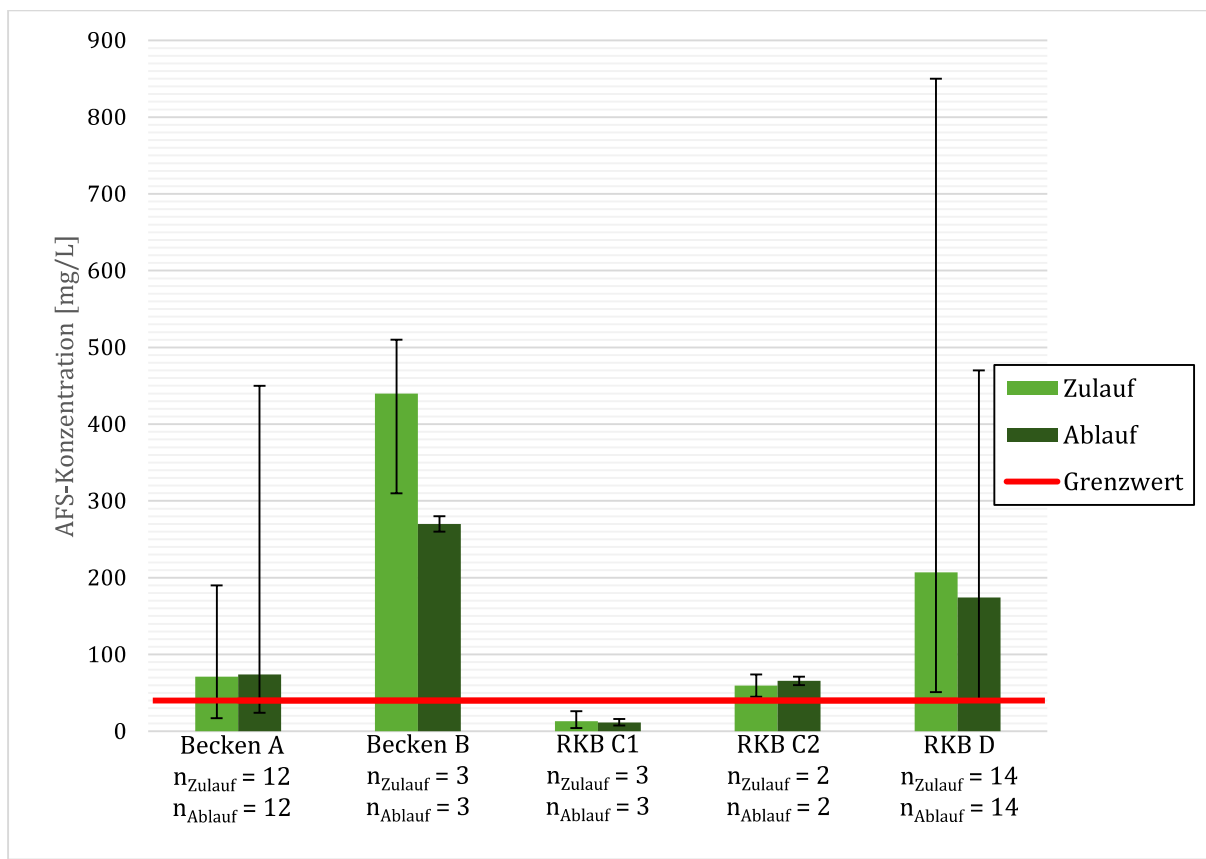


Quelle: eigene Darstellung, ISA der RWTH Aachen

4.3 Bewertung der Reinigungsleistung der Absetzbecken

Abbildung 19 fasst die im Zuge dieser Studie ermittelten AFS-Konzentrationen in den Zu- und Abläufen der untersuchten Becken für alle Regenereignisse zusammen.

Abbildung 19: Mittlere AFS-Konzentrationen im Zu- und Ablauf der untersuchten Becken



Quelle: eigene Darstellung, ISA der RWTH Aachen

Folgendes lässt sich hinsichtlich der Bewertung der Reinigungsleistung der Absetzbecken zusammenfassen:

- Die gemessenen AFS-Konzentrationen im Zulauf der holzverarbeitenden Betriebe streuen in einem breiten Bereich (zwischen 4 mg/l und 850 mg/l). Die Konzentrationen im Zulauf der Becken, bei denen ausschließlich Freilagerflächen und Verarbeitungsflächen angeschlossen sind (Becken B, C1, D), liegen höher als bei den Becken, an denen sämtliche Flächen (inklusive gering verschmutzter Dach- und Verkehrsflächen) angeschlossen sind.
- Die gemessenen AFS-Konzentrationen im Ablauf der Becken streuen ebenfalls, allerdings nicht im selben Ausmaß wie im Zulauf (zwischen 7,4 mg/l und 470 mg/l).
- Die Einhaltung des geforderten Grenzwertes im Jahresmittel würde auf Basis dieser Messungen nur von einem der fünf Becken erreicht.
- Da am Standort C die Abläufe der beiden Becken vor Einleitung in das Gewässer zusammengeführt werden, kann der Grenzwert von 40 mg/l auch für Becken C2 durch Vermischung mit dem weniger belasteten Wasser aus Becken C1 eingehalten werden. Eine Verdünnung steht jedoch im Widerspruch zu den Absätzen 3 bis 6 des § 3 der AbwV.
- Alle untersuchten Becken weisen ähnliche Bauformen auf (rechteckiges Betonbecken mit Tauchwand im Zu- oder Ablauf). Allerdings wurden nur vier der sieben betrachteten

Becken als Regenklärbecken mit dem Ziel eines stofflichen Rückhalts geplant und ausgeführt. Die Becken A, B und F wurden als Regenrückhaltebecken mit dem Ziel der Retention des Abflusses konzipiert. Ein gezielter Stoffrückhalt war nicht Ziel der ursprünglichen Planungen.

- ▶ Becken, die ein sehr hohes spezifisches Beckenvolumen aufweisen (Beckenvolumen pro angeschlossener Fläche) weisen eine bessere Reinigungsleistung auf als Becken mit geringem spezifischem Beckenvolumen (Becken D). Eine Steigerung der Sedimentationsleistung kann durch Einbau von Schrägklärern erreicht werden.
- ▶ Die regelmäßige bzw. bedarfsorientierte Räumung des in Absetzbecken abgelagerten Schlammes führt mit hoher Wahrscheinlichkeit zu einer verbesserten Ablaufqualität.
- ▶ Obwohl an Becken B sowohl belastete als auch unbelastete Flächen angeschlossen sind, ist sowohl die Zu- als auch die Ablaufkonzentration hinsichtlich AFS im Verhältnis zu Becken A und Becken C2, an denen ebenfalls alle Flächen angeschlossen sind, hoch. Hier könnte eventuell das Verhältnis zwischen angeschlossenen (wenig belasteten) Dach- und Verkehrsflächen und der stark belasteten Holzlager- und Holzverarbeitungsflächen eine wichtige Rolle spielen. Zudem wurde Becken B für die Weiternutzung des Wassers im Betrieb beziehungsweise für die Indirekteinleitung in die Kanalisation konzipiert.
- ▶ Die Feststoffkonzentrationen im Zu- und Ablauf von Niederschlagwasserbehandlungsanlagen sind unter anderem abhängig von der Regenintensität, dem Probenahmezeitpunkt, der Anzahl vorangegangener Trockenwettertage vor dem zu beprobenden Regenereignis und der Art und Größe der angeschlossenen Flächen. Eine Korrelation zwischen den einzelnen Einflussfaktoren und der Feststoffkonzentrationen konnte im Rahmen der hier aufgeführten Untersuchungen aufgrund der geringen Datendichte und der modellierten Zuflüsse zu den Becken nicht sicher ermittelt werden.
- ▶ Es ist nicht auszuschließen, dass es bei Niederschlägen mit höherer Intensität zu mehr Abtrag von auf den angeschlossenen Flächen abgelagerten Feststoffen kommt als bei Niederschlägen geringerer Intensität. Dadurch kann es zu höheren AFS-Konzentrationen im Zu- und auch im Ablauf von Absetzbecken kommen. Ebenfalls kann bei den Becken, die nicht über einen Beckenüberlauf verfügen, eine hydraulische Überlastung auftreten, in deren Folge ausreichende Sedimentationsbedingungen nicht mehr sichergestellt sind. In besonderen Fällen kann es dabei auch zu einer Remobilisierung und einem Austrag bereits sedimentierter Schmutzstoffe kommen. Somit kann es je nach Rahmenbedingungen zu einer Nichteinhaltung des in der Abwasserverordnung geforderten Grenzwertes von 40 mg_{AFS}/l kommen.

4.4 Handlungsempfehlungen

Auf Grundlage der vorgestellten Ergebnisse und unter Berücksichtigung der gültigen technischen Regelwerke lassen sich folgende Handlungsempfehlungen ableiten:

Bauliche und betriebliche Handlungsempfehlungen

- ▶ Planung und Auslegung von neuen Behandlungsanlagen als Regenklärbecken nach den geltenden Regelwerken (z.B. DWA-A 102-2, 2020; DWA-M 102-3, 2021; DWA-A 166, 2013). Dabei sollte eine Oberflächenbeschickung von etwa 4 m/h angestrebt werden.
- ▶ Vermeidung und Verminderung des Anfalls von behandlungsbedürftigem Niederschlagswasser durch Anpassung der Flächennutzung bzw. Überdachung stark belasteter Flächen.
- ▶ Bei regelmäßig sehr hohen Feststoffkonzentrationen im Zulauf müssen weitergehende Behandlungsmöglichkeiten als die reine Sedimentation vorgesehen werden (z.B. Filtration). Alternativ kann gegebenenfalls eine Indirekteinleitung in Abstimmung mit dem kommunalen Kläranlagenbetreiber in Betracht gezogen werden.
- ▶ Für bestehende Regenklärbecken:
Ermittlung der aktuellen Sedimentationsleistung des Beckens über Messungen und gegebenenfalls Nachrüstung eines Schräg-/Lamellenklärers für einen weitergehenden Feststoffrückhalt.
- ▶ Optimierung der konstruktiven und hydraulischen Beckengestaltung entsprechend technischer Regelwerke, um eine Remobilisierung von abgelagerten Feststoffen zu minimieren.
- ▶ Regelmäßige Prüfung des Verschmutzungsgrades des Regenklärbeckens im Rahmen der regelmäßigen Kontrollen von Sonderbauwerken gemäß Landesrecht (z.B. 1x monatliche Schlammspiegelmessung mittels Sichtscheibe). Bedarfsorientierte Schlammräumung bei Feststellung von signifikanten Ablagerungen.
- ▶ Für bestehende Regenklärbecken, die mit Dauerstau betrieben werden: Änderung des Betriebs ohne Dauerstau durch Entleerung des Beckens (z.B. über Pumpe/Schieber in den Schmutz- oder Mischwasserkanal.) In diesem Fall ist zwingend eine Abstimmung mit dem kommunalen Kanalnetzbetreiber und gegebenenfalls dem Kläranlagenbetreiber erforderlich.
- ▶ Bei Neuplanungen der Entwässerung: Entkopplung der Entwässerung von schwach und stark belasteten Flächen. Ableitung des anfallenden Niederschlagswasser von stark belasteten Flächen zur Behandlung in einem Regenklärbecken, das entsprechend der AFS-Frachtbetrachtung gemäß DWA-A 102-2 beziehungsweise DWA-M 102-3 bemessen ist. Bei Betrieb ohne Dauerstau und mit Lamellen-/Schräglärern sind die besten Reinigungsergebnisse zu erwarten. Der fakultativ kontinuierliche Drosselabfluss eines Regenklärbeckens ohne Dauerstau sollte über das kommunale Kanalnetz einer Kläranlage zur weiteren Behandlung zugeführt werden. Eine konstruktive Optimierung von

nachgeschalteten Regenrückhaltebecken zum gesteigerten Rückhalt von Schmutzstoffen kann die Einleitungsfracht teilweise weiter reduzieren.

Niederschlagswasser von schwach belasteten Flächen sollte vorzugsweise getrennt erfasst und in eine Versickerungsanlage abgeleitet werden. Wenn dies nicht möglich ist, kann alternativ in ein Gewässer unter Berücksichtigung der hydraulischen Leistungsfähigkeit eingeleitet werden.

Handlungsempfehlung für den Umgang mit dem Grenzwert von 40 mg_{AFS}/l:

Niederschlagswasserbehandlungsanlagen werden in Deutschland nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik bezogen auf die AFS63-Fracht dimensioniert. Ist der Frachtnachweis geführt, kann das Becken mit berechneten Dimensionierungsgrößen geplant, gebaut und betrieben werden. Dies stellt eine Einhaltefiktion dar.

Die Auswirkungen von durch Niederschlagswasserabflüsse eingeleiteten Feststoffen (AFS) im Gewässer sind in der Regel nicht akut, sondern durch die akkumulierende Wirkung von AFS langfristig. Bei einer Frachtbetrachtung kann der Gewässerschutz daher besser gewährleistet werden als bei Vorgabe einer Konzentration ohne Berücksichtigung der eingeleiteten Wassermenge.

Vor dem Hintergrund, dass die Zulaufbedingungen in Niederschlagswasserbehandlungsanlagen extrem großen Schwankungen unterliegen, ist eine Dimensionierung auf einen Konzentrationswert wirtschaftlich nicht möglich. Im Gegensatz zu kommunalen Kläranlagen, die Konzentrationsgrenzwerte einhalten müssen, unterliegen Niederschlagswasserbehandlungsanlagen viel größeren Zuflussschwankungen, sowohl aus hydraulischer als auch aus stofflicher Sicht. Während bei Trockenwetter in der Regel kein Zufluss vorhanden ist, kann der Zufluss bei Regenwetter mehrere hundert Liter Wasser pro Sekunde und angeschlossenem Hektar Fläche betragen. Bei langen Trockenperioden können sich viele Schmutzstoffe auf den Einzugsgebietsflächen akkumulieren, sodass bei einsetzendem Regen besonders hohe Stoffkonzentrationen im Zufluss vorliegen. Um Niederschlagswasserbehandlungsanlagen unter diesen Umständen zur Einhaltung von Konzentrationsgrenzwerten zu befähigen, wäre ein sehr hoher technischer und damit finanzieller Aufwand erforderlich.

Deshalb und aufgrund des Widerspruchs zum gültigen technischen Regelwerk kann die Einführung einer Einhaltefiktion im Rahmen der behördlichen Überwachung zur Einhaltung des Grenzwertes von 40 mg_{AFS}/l nicht empfohlen werden. Die Anwendung der in den geltenden Regelwerken stattfindenden Frachtbetrachtung bezüglich AFS63 wäre für den Gewässerschutz zielführend und auf die von Anhang 13 der Abwasserverordnung betroffenen Betriebe anwendbar. Dabei sollte entsprechend der Dimensionierung nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik gemäß DWA-A 102-2 beziehungsweise DWA-M 102-3 der rechnerische Frachtnachweis für die Behandlungsanlagen geführt werden.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Im November 2015 wurden die Schlussfolgerungen über die besten verfügbaren Techniken (BVT) für die Produktion von Platten auf Holzbasis (Spanplatten, Faserplatten, OSB) im Amtsblatt der Europäischen Union veröffentlicht. Die nationale Umsetzung der wasserseitigen BVT-Schlussfolgerungen erfolgte durch die Novellierung der Anforderungen des Anhang 13 der Abwasserverordnung (AbwV) von Juni 2020. Diese enthält einen Grenzwert für den Parameter abfiltrierbare Stoffe in betriebsspezifisch verunreinigtem Niederschlagswasser an der Einleitungsstelle in das Gewässer von 40 mg_{AFS}/l, der im Jahresmittel in der qualifizierten Stichprobe einzuhalten ist. Die Messungen sind bei Niederschlagsereignissen mindestens einmal in drei Monaten durchzuführen. Für eine Minimierung des Überwachungsaufwandes stellt sich die Frage, ob den Anforderungen mittels einer Einhaltefiktion Genüge getan werden kann. Die Einführung einer Einhaltefiktion in Anhang 13 der AbwV würde eine unmittelbare behördliche Kontrolle erübrigen unter der Voraussetzung des bestimmungsgemäßen Einbaus und Betriebs der Niederschlagswasserbehandlungsanlage nach der jeweiligen bauaufsichtlichen Zulassung beziehungsweise entsprechend den allgemein anerkannten Regeln der Technik. Dies würde bedeuten, dass die Einhaltung von 40 mg_{AFS}/l als gewährleistet gilt, wenn die Bauwerke bestimmte bauliche und betriebliche Vorgaben erfüllen.

Um eine solche Einhaltefiktion begründen zu können, waren weitere Informationen zu den in der Holzindustrie eingesetzten Absetzbecken zur Niederschlagswasserbehandlung erforderlich. Hierzu wurde die „Machbarkeitsstudie über die Einführung einer Einhaltefiktion im Anhang 13 der Abwasserverordnung für den Parameter abfiltrierbare Stoffe im Niederschlagsabwasser von Holzlagerplätzen von Anlagen zur Herstellung von Platten auf Holzbasis“ (kurz: NWB Holzlager) durchgeführt.

Im Rahmen des Projekts wurden bei insgesamt fünf Regenbecken die abfiltrierbaren Stoffe im Zu- und Ablauf bei unterschiedlichen Regenereignissen gemessen und die Feststoffabscheidung in Abhängigkeit der baulichen und betrieblichen Gegebenheiten sowie der Witterungsverhältnisse beurteilt. Zudem wurde zur besseren Bewertung der Feststoffabscheidung die Beckenkonstruktion und die Entwässerungssituation von sieben Absetzbecken aufgenommen. Abschließend wurden die Ergebnisse in den rechtlichen Gesamtkontext eingeordnet und so eine Bewertung zur Einführung einer Einhaltefiktion hinsichtlich des in der AbwV geforderten Grenzwertes von 40 mg_{AFS}/l durchgeführt.

Die untersuchten Becken wurden zum Teil bereits vor mehreren Jahren errichtet, allerdings nicht mit dem Ziel eines Stoffrückhalts, sondern vor dem Hintergrund eines Schutzes des Gewässers vor einer hydraulischen Überlastung. Der Konstruktion der untersuchten Becken liegen daher verschiedene Bemessungsansätze zugrunde. Eine generelle Aussage zur Wirkungsweise ist daher nicht möglich.

Die erfassten AFS-Konzentrationen im Zulauf der untersuchten Becken liegen in einem breiten Bereich, ebenso die AFS-Konzentrationen im Ablauf. Die AFS-Konzentrationen im Zulauf werden insbesondere von folgenden Faktoren beeinflusst: Regenintensität, Probenahmezeitpunkt, Art der angeschlossenen Fläche und Räumungsturnus des im Absetzbecken abgesetzten Schlammes. Vor allem die angeschlossenen Flächen haben einen maßgeblichen Einfluss auf die ins Becken eingetragenen Feststoffe.

Die AFS-Konzentration im Ablauf eines Beckens wird durch den Wirkungsgrad der Anlage bestimmt und maßgeblich von der Höhe der Zulaufkonzentration beeinflusst. Bei regelmäßig hohen oder stark schwankenden Zulaufkonzentrationen sind für die Einhaltung eines

bestimmten Grenzwerts standortspezifisch weitergehende Behandlungsmöglichkeiten und/oder eine umfangreiche technische Ausrüstung erforderlich, was mit hohen Investitions- und Betriebskosten verbunden ist.

Die betrachteten Anlagen halten den neuen Grenzwert überwiegend nicht ein, zumal sie auch mit anderen Zielsetzungen dimensioniert wurden.

Derzeit werden in Deutschland Niederschlagswasserbehandlungsanlagen nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik bezogen auf eine einzuhaltende AFS63-Fracht dimensioniert. Ist der Frachtnachweis geführt, kann das Becken mit berechneten Dimensionierungsgrößen geplant, gebaut und betrieben werden. Die Bemessung auf die Fracht unter Berücksichtigung konstruktiver Gestaltungsempfehlungen stellt eine Einhaltefiktion dar. Die zugrunde liegenden Konzentrations- und Frachtwerte verstehen sich als Rechenwerte im Sinne des entsprechenden Arbeitsblattes. Sie stellen keinen Referenzwert für einen messtechnischen Nachweis zulässiger Stoffausträge dar. Eine messtechnische Überprüfung der Niederschlagswasserbehandlungsanlagen ist nicht vorgesehen.

Der zulässige flächenspezifische Stoffabtrag nach gültigen technischen Regelwerken lässt sich allgemein auf Basis eines Jahresniederschlags von 800 mm/a aus einer mittleren AFS63-Konzentration von 50 mg/l ableiten. Diese Konzentration liegt höher als der in Anhang 13 der AbwV geforderte Grenzwert für AFS von 40mg_{AFS}/l. Dieser Grenzwert von 40 mg/l bezieht sich auf den gesamten AFS-Anteil und unterscheidet nicht in Grob- oder Feinfraktionen (AFS63).

Aufgrund dieses Widerspruchs zum gültigen technischen Regelwerk kann die Einführung einer Einhaltefiktion zur Einhaltung eines fixen Konzentrationsgrenzwertes von 40 mg_{AFS}/l nicht empfohlen werden.

Die Dimensionierung von Niederschlagswasserbehandlungsanlagen sollte vorzugsweise auf Basis einer AFS63-Frachtbetrachtung und nicht konzentrationsbezogen erfolgen, da bei einer Frachtbetrachtung der Gewässerschutz besser gewährleistet ist als bei Vorgabe einer Konzentration ohne Berücksichtigung der eingeleiteten Wassermenge.

6 Quellenverzeichnis

- Adams, R.; Grotehusmann, D.; Harms, R. W.; Kasting, U.; Lange, G.; Schneider, F.; Uhl, M (2014): Niederschlagsentwässerung von Verkehrsflächen. Herausgegeben vom Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen.
https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/Broschueren/niederschlagsentwaesserung_verkehrsflaeche_n_broschuere.pdf (04.12.2021)
- AbwAG (2018): Gesetz über Abgaben für das Einleiten von Abwasser in Gewässer (Abwasserabgabengesetz - AbwAG). Abwasserabgabengesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 18. Januar 2005 (BGBl. I S. 114), das zuletzt durch Artikel 2 der Verordnung vom 22. August 2018 (BGBl. I S. 1327) geändert worden ist.
<http://www.gesetze-im-internet.de/abwag/AbwAG.pdf> (04.12.2021)
- AbwV (2020): Verordnung über Anforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer (Abwasserverordnung - AbwV). Abwasserverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Juni 2004 (BGBl. I S. 1108, 2625), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 16. Juni 2020 (BGBl. I S. 1287) geändert worden ist. <https://www.gesetze-im-internet.de/abwv/AbwV.pdf> (04.12.2021)
- Baum, P; Benisch, J.; Blumenstaat, F.; Dierschke, M.; Dittmer, U.; Gelhardt, L.; Gruber, G.; Grüner, S.; Heinz, E.; Hofer, T.; Kemper, M.; Leutnant, D.; Nickel, J.P. (2018): AFS63 – Harmonisierungsbedarf und Empfehlungen für die labortechnische Bestimmung des neuen Parameters. Regenwasser in urbanen Räumen – aqua urbana trifft RegenwasserTage. TU Kaiserslautern.
- DIBt (2015): Zulassungsgrundsätze für Niederschlagswasserbehandlungsanlagen – Teil 1: Anlagen zur dezentralen Behandlung des Abwassers von Kfz-Verkehrsflächen zur anschließenden Versickerung in Boden und Grundwasser. Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin
- Dierschke, M.; Welker, A. (2015): Bestimmung von Feststoffen in Niederschlagsabflüssen. gwf-Wasser-Abwasser, Nr. 4, S. 440 - 446
- DIN 38409-2:1980-07 (1980): Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser- Abwasser- und Schlammuntersuchung; Summarische Wirkungs- und Stoffkenngrößen (Gruppe H), Bestimmung des Gehaltes an abfiltrierbaren Stoffen und ihres Glührückstandes (H 2)
- DIN EN 872:2005-04 (2005): Wasserbeschaffenheit – Bestimmung suspendierter Stoffe – Verfahren durch Abtrennung mittels Glasfaserfilter. Deutsche Fassung.
- DIN EN 1484 (1997-08): Wasseranalytik - Anleitungen zur Bestimmung des gesamten organischen Kohlenstoffs (TOC) und des gelösten organischen Kohlenstoffs (DOC); Deutsche Fassung EN 1484:1997
- DIN EN 12260 (2003-12) Wasserbeschaffenheit - Bestimmung von Stickstoff - Bestimmung von gebundenem Stickstoff (TNb) nach Oxidation zu Stickstoffoxiden; Deutsche Fassung EN 12260:2003
- DIN ISO 15705:2003-01 (2003): Wasserbeschaffenheit – Bestimmung des chemischen Sauerstoffbedarfs (ST-CSV)
- DWA A 102-1 (2020): Arbeitsblatt DWA-A 102-1/BWK-A 3-1 - Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer – Teil 1: Allgemeines. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef, ISBN 978-3-96862-044-2
- DWA A 102-2 (2020): Arbeitsblatt DWA-A 102-2/BWK-A 3-2 - Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer – Teil 2: Emissionsbezogene Bewertungen und Regelungen. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef, ISBN 978-3-96862-046-6

DWA-A 110 (2018): Arbeitsblatt DWA-A 110 - Hydraulische Dimensionierung und Leistungsnachweis von Abwasserleitungen und -kanälen. 1. Auflage, korrigierte Fassung, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef. ISBN: 978-3-939057-16-1

DWA-A 166 (2013): Arbeitsblatt DWA-A 166 - Bauwerke der zentralen Regenwasserbehandlung und -rückhaltung – Konstruktive Gestaltung und Ausrüstung. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef. ISBN: 978-3-942964-50-0

DWA M 102-3 (2021): Merkblatt DWA-M 102-3/BWK-M 3-- Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer – Teil 3: Immissionsbezogene Bewertungen und Regelungen. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef, ISBN 978-3-96862-137-1

DWD (2021): Einheitliche Beobachteranleitung für nebenamtliche Stationen (EBAN). Deutscher Wetterdienst. <https://beobachtungen.dwd.de/ankonda/docs/Beobachterhandbuch-Ankonda.pdf> (12.12.2021)

EG WRRL (2000): RICHTLINIE 2000/60/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. Europäische Gemeinschaft, https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:5c835afb-2ec6-4577-bdf8-756d3d694eeb.0003.02/DOC_1&format=PDF (04.12.2021)

Europäische Kommission (2012): Amtsblatt der Europäischen Union – 2012/119/EU: DURCHFÜHRUNGSBESCHLUSS DER KOMMISSION vom 10. Februar 2012 mit Leitlinien für die Erhebung von Daten sowie für die Ausarbeitung der BVT-Merkblätter und die entsprechenden Qualitätssicherungsmaßnahmen gemäß der Richtlinie 2010/75/EU des Europäischen Parlaments und des Rates über Industrieemissionen. Europäische Union. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:063:FULL:DE:PDF> (24.01.2022)

Europäische Kommission (2015): DURCHFÜHRUNGSBESCHLUSS (EU) 2015/2119 DER KOMMISSION vom 20. November 2015 über Schlussfolgerungen zu den besten verfügbaren Techniken (BVT) gemäß der Richtlinie 2010/75/EU des Europäischen Parlaments und des Rates in Bezug auf die Holzwerkstoffherzeugung. Europäische Union. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX%3A32015D2119&from=EN> (23.01.2022)

Fettig, J.; Oldenburg, M.; Pick, V.; Pilar von Pilchau, K. (2021): Feststoffe und Feinpartikel in Straßenabflüssen – Erfassung und Charakterisierung. KA Korrespondenz Abwasser, Abfall (68), Hennef, Nr. 11, S. 899-912, ISSN 1866-0029

Fuchs, S.; Kemper, M.; Nickel, J.P. (2019): Feststoffe in der Regenwasserbehandlung. Schriftenreihe Gewässerschutz-Wasser-Abwasser, Aachen, S. 25/1 – 25-25/14. ISBN 978-3-938996-56-0

IED (2010): RICHTLINIE 2010/75/EU DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 24. November 2010 über Industrieemissionen (integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung) (Neufassung). Europäische Union. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0075&from=DE> (04.12.2021)

IHK (2017): Die Umsetzung der Industrieemissionsrichtlinie – neue Pflichten für industrielle Großbetriebe. Industrie- und Handelskammer Karlsruhe, https://www.schaumburg.de/media/custom/3020_948_1.PDF?1550228815 (04.12.2021)

Krajewski, J.; Beier, M. (2020): Innovative Techniken: Festlegung von besten verfügbaren Techniken (BVT) in Europa – Teilvorhaben 2: Nahrungsmittelindustrie. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, ISSN 1862-4804

MUNLV (2004): Anforderungen an die Niederschlagsentwässerung im Trennverfahren - RdErl. d. Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz - IV-9 031 001 2104 – vom 26.5.2004, <https://www.flussgebiete.nrw.de/system/files/atoms/files/trennerlass.pdf> (04.01.2022)

Schmitt, T., Welker, A., Dierschke, M., Uhl, M., Maus, C., Remmler, F. (2010): Entwicklung von Prüfverfahren für Anlagen zur dezentralen Niederschlagswasserbehandlung im Trennverfahren Abschlussbericht über ein Entwicklungsprojekt, gefördert unter dem Az: 26840-23 von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.

Schütze, G.; Günther, J.; Fee, E.; Klatt, A.; Döring, U.; Schmitz, D.; Behnke, A.; Reichert, A.; Nowack, A.; Brozowski, F.; Fischer, J.; Güth, M.; Schwanemann, T.; Hofmeier, K. (2021): HINTERGRUND – Umweltschutz, Wald und nachhaltige Holznutzung in Deutschland. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, ISSN: 2362-829X

Sencrop (2021a): Digitaler Regenmesser Raincrop. <https://sencrop.com/de/vernetzter-regenmesser/> (04.12.2021)

Sencrop (2021b): Dashboard. <https://app.sencrop.com/> (04.12.2021)

Sencrop (o.J.): Raincrop – Benutzerhandbuch. <https://f.hubspotusercontent30.net/hubfs/4005637/User%20guides/Raincrop/User%20guide%20Raincrop-web-DE.pdf> (04.12.2021)

Sprenger, J. (2016): Bestimmung von AFSfein (AFS63) im Mischsystem: Konsequenzen für die Laboranalytik. Masterarbeit am Lehrstuhl für Siedlungswasser- und Siedlungsabfallwirtschaft der RWTH Aachen University

Statistisches Bundesamt (2022): Produzierendes Gewerbe. Beschäftigte, Umsatz und Investitionen des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden. Fachserie 4, Reihe 4.2.1 – 2020

Stubdrup, K. R.; Karlis, P.; Roudier, S.; Sancho, L. D. (2016): Best available techniques (BAT) reference document for the production of wood-based panels. https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/2019-11/WBPbrief2016_0.pdf

Suhr, M. (2013): Die BVT-Schlussfolgerungen im Kontext der Richtlinie über Industrieemissionen Entstehung, Arbeitsstand und Umsetzung in Deutschland. Online verfügbar unter <https://www.konstanz.ihk.de/blueprint/servlet/resource/blob/1669426/c877dfb73a68eb452a5de729e8c66d72/anlage-2-vortrag-suhr-prozess-der-ueberarbeitung-von-bvt-merkbla-data.pdf>

SüwVO Abw (2013): Verordnung zur Selbstüberwachung von Abwasseranlagen - Selbstüberwachungsverordnung Abwasser - SüwVO Abw. https://igsvtu.lanuv.nrw.de/vtu/doc.app?P_VTU_SYSID=002-31&DATEI=7/dokus/70206.pdf (04.12.2021)

Welker, A. (2010): Aufkommen und Verteilung von Feststoffen in Kanalsystemen. Environ Sci Eur 22, 668–674. <https://doi.org/10.1007/s12302-010-0164-z>

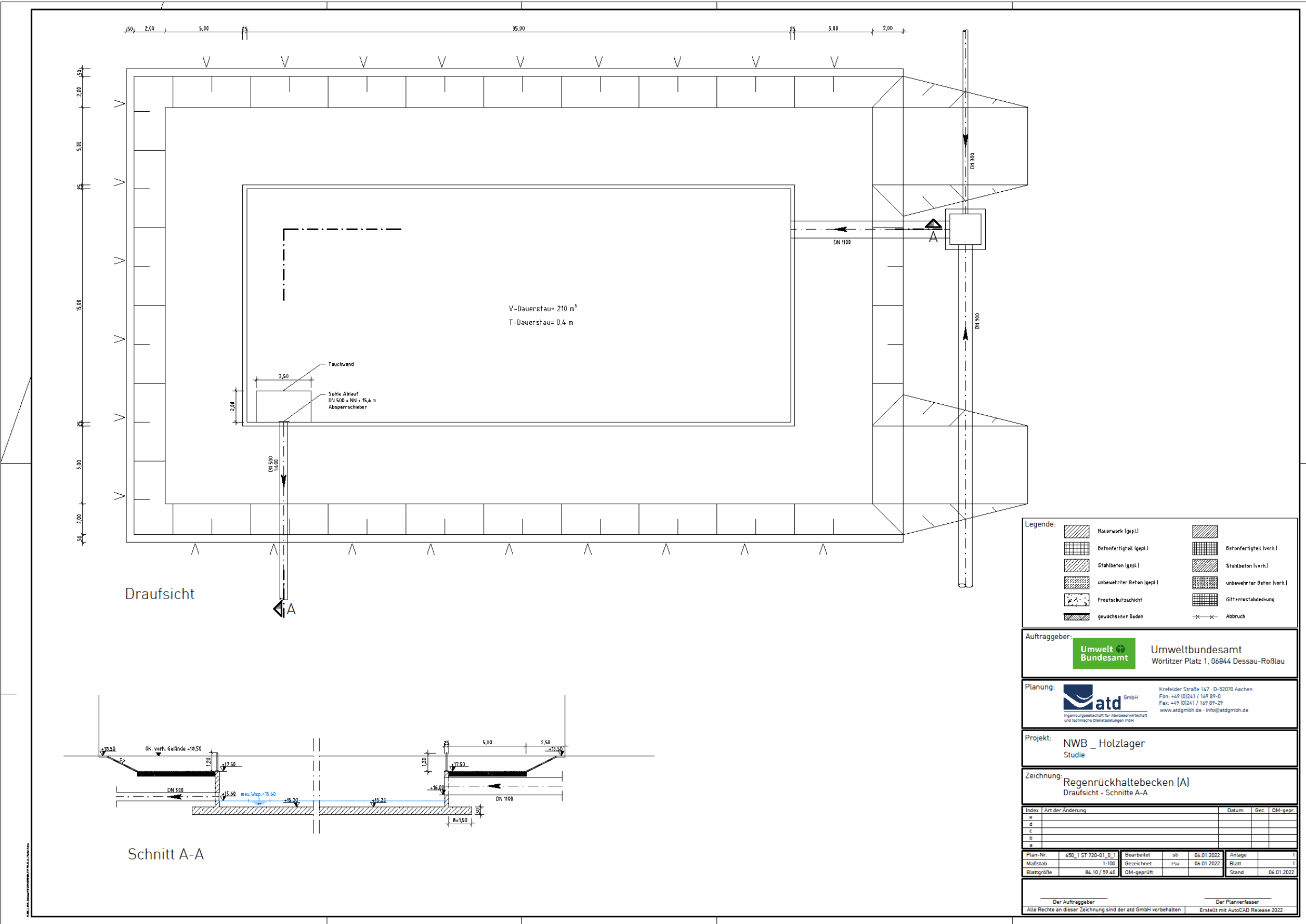
WHG (2009): Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz - WHG). https://www.gesetze-im-internet.de/whg_2009/WHG.pdf (04.12.2021)

A Anhang

A.1 Becken A

Becken A ist, wie in Abbildung 20 dargestellt, als Regenrückhaltbecken in Betonbauweise mit einer Länge von 35 m, einer Breite von 15 m und einer Tiefe von 2,3 m ausgebildet. Das Fassungsvermögen des Beckens beträgt 1.208 m^3 . An dem Bauwerk sind etwa 13,6 ha Dach-, Verkehrs-, Freilager- und Verarbeitungsflächen angeschlossen. Der Zulaufkanal DN 1100 ist 80 cm über der Beckensohle angeordnet und mündet gerade in das Becken ein. Eine optimierte Einlaufgestaltung ist nicht vorhanden. Das Becken ist nicht mit einem Notüberlauf ausgestattet und weist keine Entleerungsmöglichkeit auf. Eine Entschlammung kann maschinell, beispielsweise mit einem Saugwagen, erfolgen. Der Ablauf mit einem Nenndurchmesser von DN 500 mit Drosselfunktion ist 40 cm über der Beckensohle, ohne Klärüberlaufschwelle angeordnet. Damit ist das Becken auf geringem Niveau zum Schlammrückhalt dauerhaft eingestaut. Der Drosselablauf kann mit einem Schieber abgesperrt werden. Die Leichtflüssigkeiten und Schwimmstoffe werden mithilfe einer Tauchwand und Ölsperren zurückgehalten.

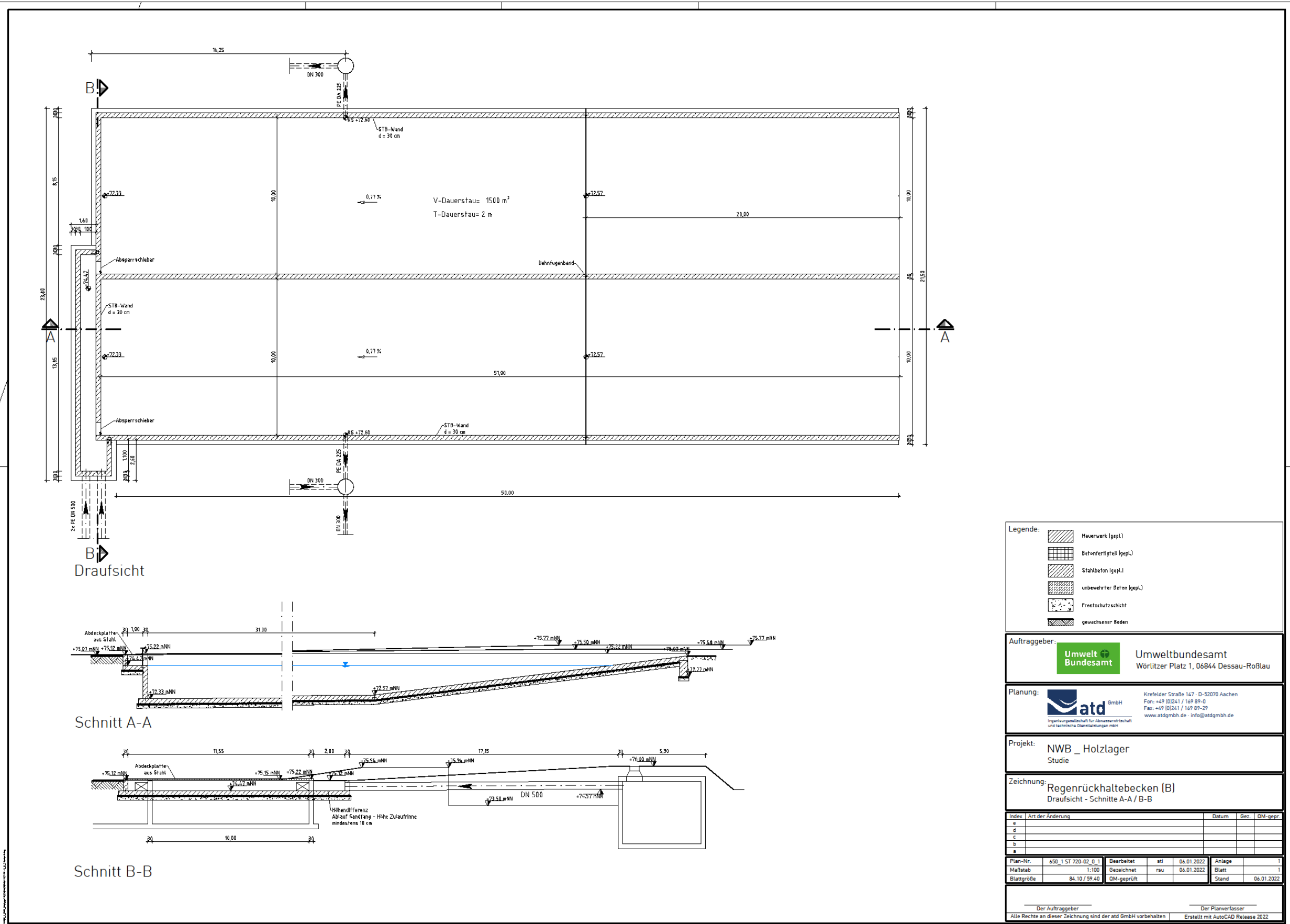
Abbildung 20: Bauwerksplan Becken A (eigene Darstellung, atd GmbH)



A.2 Becken B

Becken B ist, wie in Abbildung 21 dargestellt, ebenfalls als Regenrückhaltebecken in Stahlbetonbauweise ausgebildet und wird durch eine Trennwand in zwei gleich große Absetzbecken unterteilt. An das Bauwerk sind sowohl Lager- und Verarbeitungs-, als auch Dachflächen angeschlossen. Die 50 m langen und 10 m breiten Becken haben eine Tiefe von 2,14 m und können jeweils bis zu 750 m³ Regenwasser zurückhalten. Die Zugänglichkeit und die Möglichkeit zur Räumung des abgesetzten Schlammes werden mittels 20 m langen Einfahrrampen gewährleistet. Das Regenwasser wird über ein Pumpwerk in den vorgeschalteten Sand- und Schwimmstofffang befördert. Über zwei etwa 18 m lange Freispiegelleitungen in DN 500 gelangt das von Sand und Schwimmstoffen befreite Regenwasser in die etwa 10 cm tiefer gelegene Zulaufrinne. Die Zulaufrinne ist mit den Becken jeweils über eine seitlich angeordnete und eine einen Meter breite Aussparung verbunden, die jeweils mit einem Gewindeschieber versehen ist. Die Einmündung der Zulaufrinne liegt 2,14 m über der Beckensohle und verhindert eine Aufwirbelung des bereits abgesetzten Schlammes im Einlaufbereich der Absetzbecken. Die Entleerung der Becken erfolgt über ein mit Schwimmern versehenes Ablaufrohr je Becken. Durch den damit verbundenen Abzug des Wassers knapp unter der Oberfläche entspricht ein solches Ablaufrohr in der Funktion sowohl einer Tauchwand als auch teilweise einem Klärüberlauf. Über diese Ablaufrohre wird das Wasser dem Prozesswasserkreislauf über ein Pumpwerk gedrosselt zugeführt und kann zum größten Teil weiterverwendet werden. Alternativ kann auch eine direkte Ableitung des geklärten Regenwassers in das Kanalnetz der Kommune vorgenommen werden.

Abbildung 21: Bauwerksplan Becken B (eigene Darstellung, atd GmbH)



A.3 Becken C1 und C2

Becken C1 und C2 sind, wie in Abbildung 22 und Abbildung 23 dargestellt, als unterirdische Regenklärbecken mit Dauerstau ausgebildet und als lange, schmale Durchlaufbecken gestaltet. Das Bauwerk C1 mit einem Fassungsvermögen von 338 m³ weist eine Länge von 26 m, eine Breite von 6,5 m und eine Tiefe von 2 m auf. Das Bauwerk C2 ist identisch, jedoch mit einer Länge von nur 24 m ausgebildet und besitzt somit ein Fassungsvermögen von 312 m³. An das Becken C1 sind die Lager- und Verarbeitungsflächen (5,32 ha) angeschlossen. Diese weisen einen höheren flächenspezifischen Stoffabtrag gegenüber den an Becken C2 angeschlossenen Dachflächen (3,86 ha) auf. Den Klärbecken ist jeweils ein Schachtbauwerk DN 2.000 (C1) bzw. DN 2.500 (C2) mit einem Zulaufkanal DN 1.000 vorgeschaltet. Ein Beckenüberlauf vor den Becken zum Vorfluter ist nicht vorhanden, jedoch besteht zwischen den Zulaufschächten beider Becken ein Überlauf zum jeweils anderen Zulaufschacht. Das Regenwasser wird den Becken über absperrbare Einlaufleitungen DN 500, die mittig und etwa 2 m über der Beckensohle angeordnet sind, zugeführt. In den Einlaufbereichen sind Prallplatten vorgesehen, um die kinetische Energie des zufließenden Wassers zu reduzieren und eine gleichmäßige Durchströmung der Becken, ohne Verwirbelung des bereits abgesetzten Schlammes, sicherzustellen. Bei Vollfüllung läuft das Wasser beider Becken jeweils über einen Ablauf DN 500 ohne Klärüberlaufschwelle in einen Sammelschacht ab. Von dort aus fließen die Abläufe beider Becken dem Vorfluter in einem Ablaufkanal DN 1000, einem offenen Ablaufbauwerk und anschließend in einem offenen Graben zu. An der Einmündung des DN 1000 Ablaufkanals zum Ablaufbauwerk befindet sich ein Gewindeschieber, mit dem sich die Abläufe beider Becken gemeinsam drosseln oder absperren lassen. Die Sohle der Becken ist mit einem Gefälle von 4 ‰ ausgebildet. Der abgesetzte Schlamm kann mittels Saugwagen entnommen werden. Für den Rückhalt von Leichtflüssigkeiten und Schwimmstoffen ist dem Klärüberlauf eine Tauchwand vorgeschaltet.

Abbildung 22: Bauwerksplan Becken C1 (eigene Darstellung, atd GmbH)

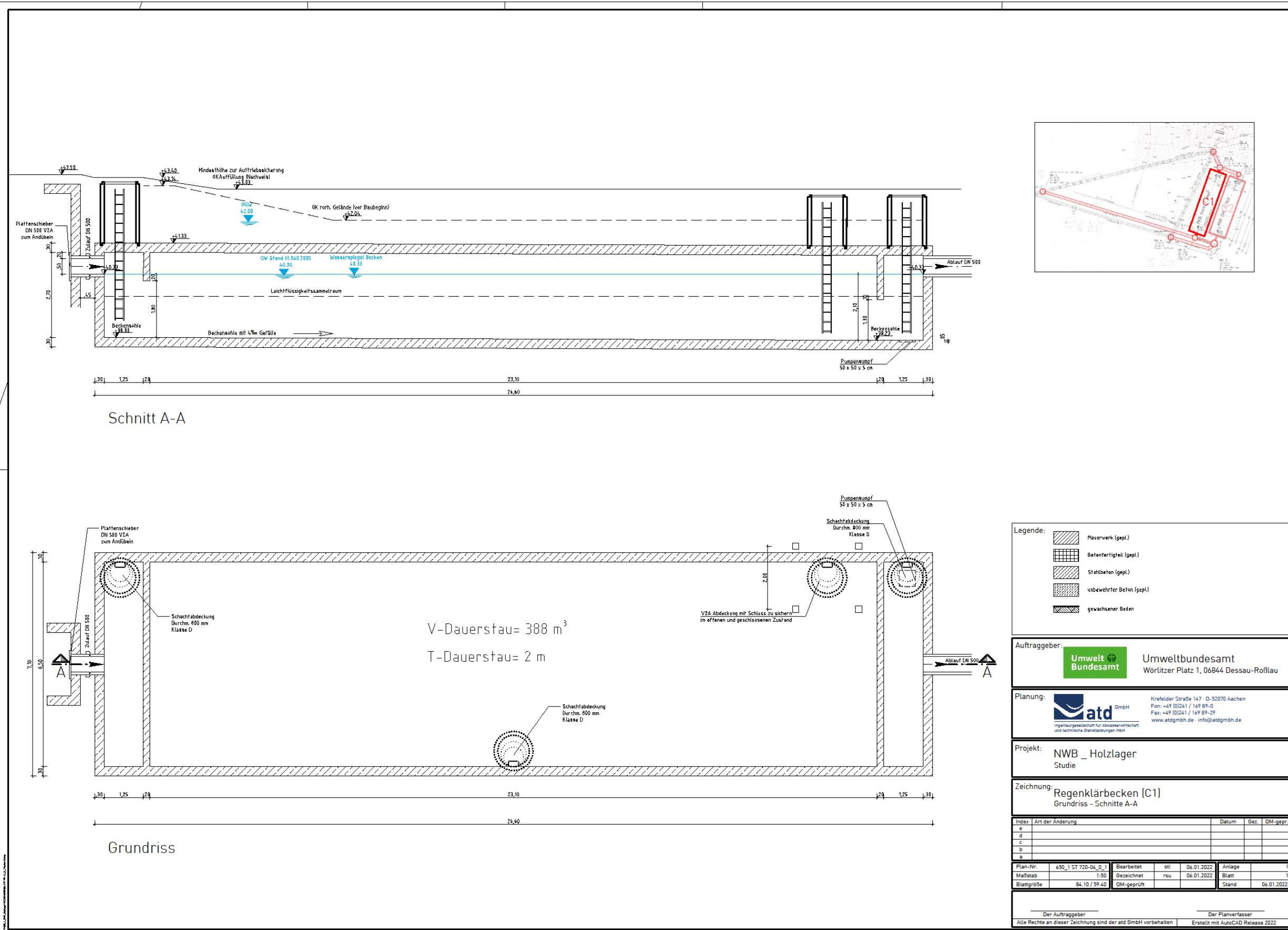
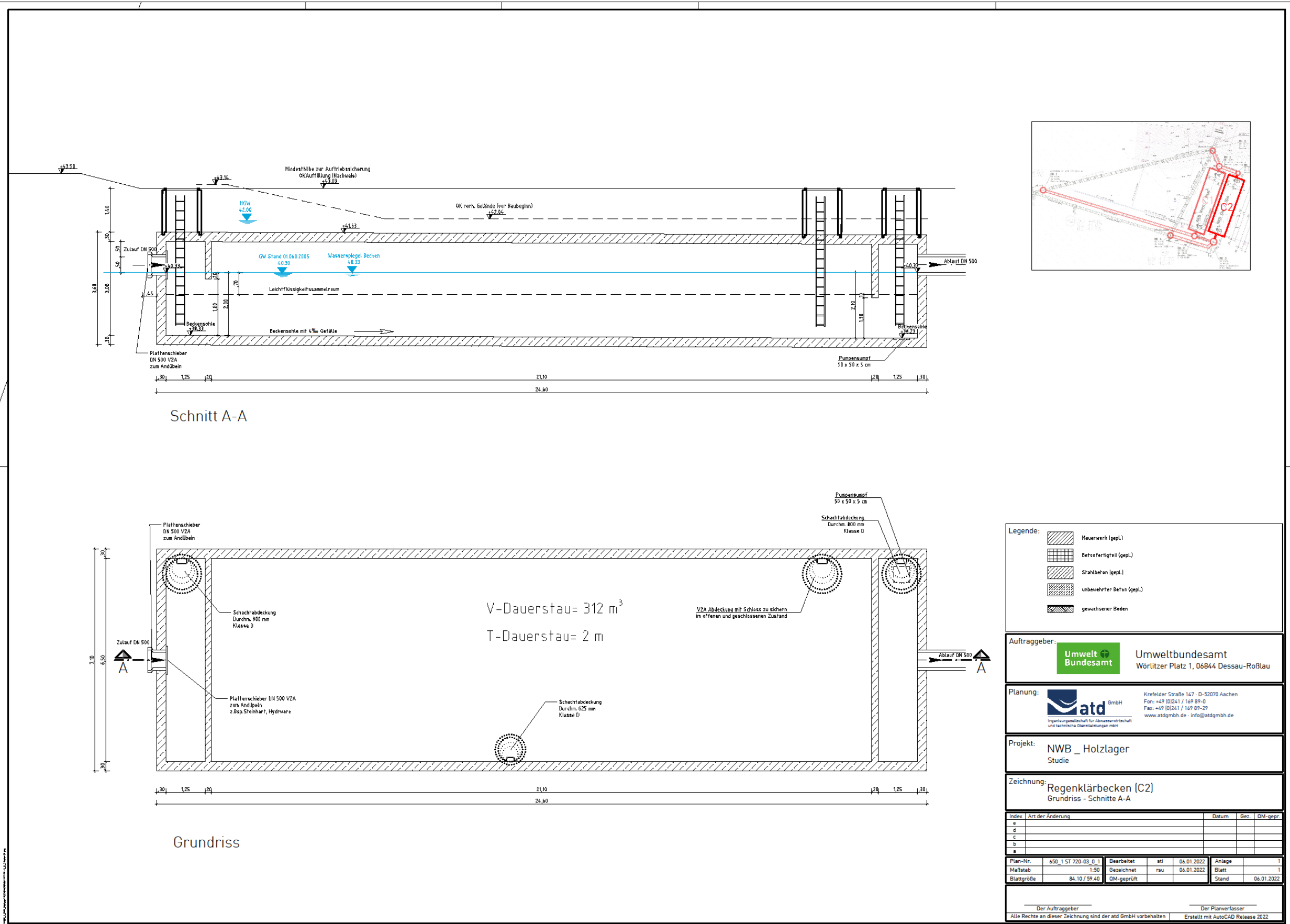


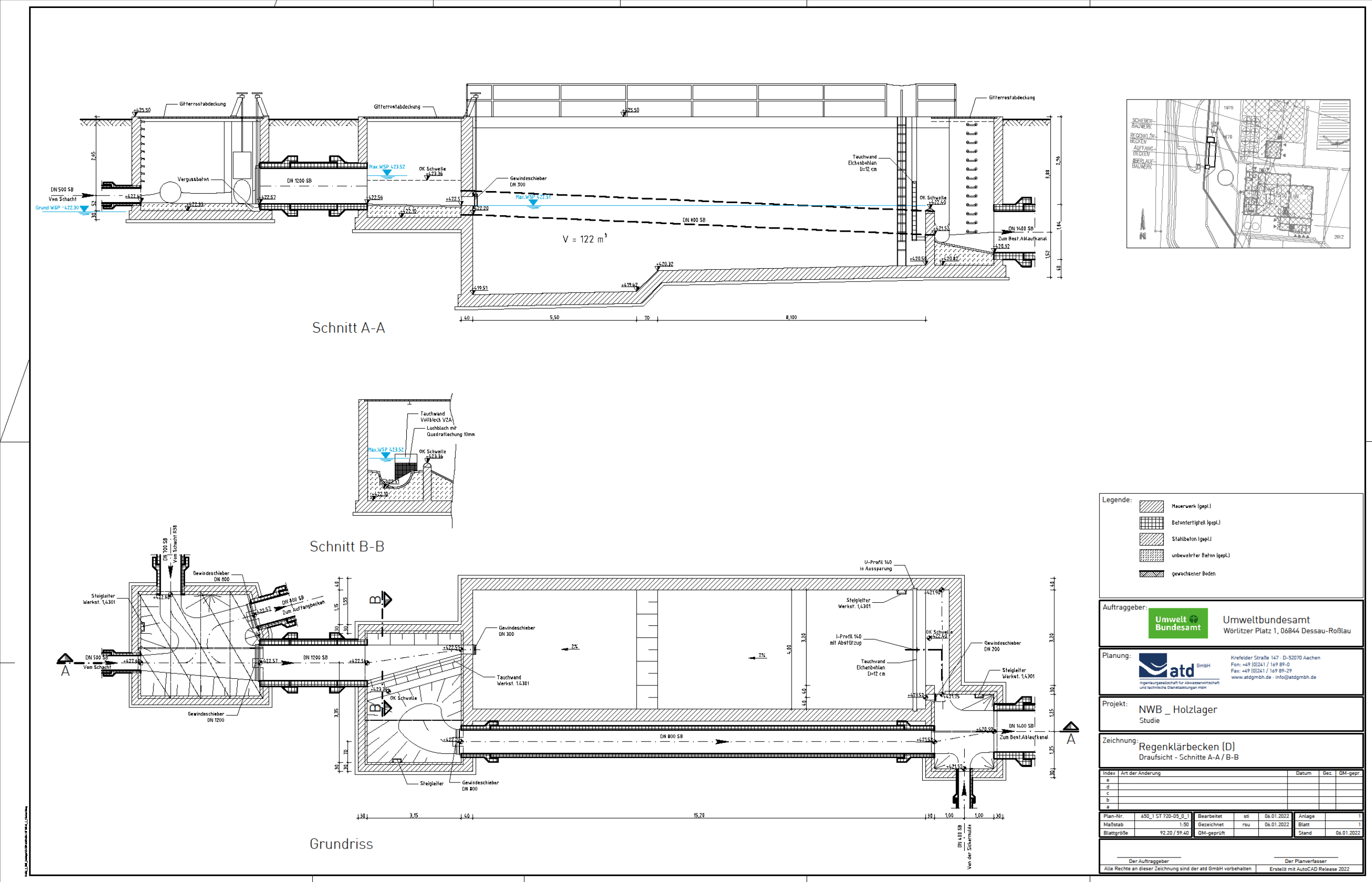
Abbildung 23: Bauwerksplan Becken C2 (eigene Darstellung, atd GmbH)



A.4 Becken D

Becken D ist, wie in Abbildung 24 dargestellt, als offenes Regenklärbecken mit Dauerstau gestaltet. Die etwa 6,2 ha angeschlossenen Flächen umfassen Lager- und belastete Verkehrsflächen sowie Dachflächen. Dem Becken sind ein Verteilungsbauwerk und ein Beckenüberlauf vorgeschaltet. Das Verteilungsbauwerk kann das ungeklärte Niederschlagswasser über eine absperrbare Ablaufleitung DN 800 einem Auffangbecken auf dem Gelände zuführen. Das Auffangbecken dient zur Speicherung von verunreinigtem Wasser im Brand- oder Havariefall. Im Regelbetrieb gelangt das Regenwasser über eine Zulaufleitung DN 1.200 in das vorgeschaltete Beckenüberlaufbauwerk. Das sohlgleiche Gerinne führt das Abwasser gedrosselt über eine Wandaussparung DN 300, versehen mit einem Gewindeschieber, der Sedimentationskammer zu. Übersteigt der Zufluss die Ableitungskapazität zum Becken, kommt es zu einem Einstau des Beckenüberlaufbauwerks und überschüssiges Wasser wird über die Schwelle des Beckenüberlaufs am Becken in DN 800 vorbei geführt. Die Beckenüberlaufschwelle ist zum Grobstoffrückhalt mit einem Siebblech versehen. Die Sedimentationskammer hat ein Stauvolumen von 122 m³ und Abmessungen von 15 x 4 m. Der Einlauf ist zentral angeordnet und liegt im vorderen Bereich etwa 2,7 m über der Beckensohle. Eine Prallplatte am Beckenzulauf ist nicht vorhanden. Das Becken hat ein Gegengefälle von etwa 2 % und ist im vorderen Bereich um etwa 70 cm im Vergleich zum hinteren Bereich vertieft, um Volumen zur Sammlung des Schlammes bereitzustellen. Die Entschlammung kann abhängig von der Qualität des abgesetzten Materials mit einem Saugwagen erfolgen. Vor der Klärüberlaufschwelle ist eine Tauchwand aus Edelstahl zum Rückhalt von Leichtflüssigkeiten und Schwimmstoffen vorgesehen. Der in Beton ausgeführte Klärüberlauf ist als Schwelle 1,90 m über der Beckensohle im hinteren Bereich des Beckens angeordnet, wobei die Klärüberlaufschwelle nicht über die gesamte Beckenbreite reicht. Etwa ein Meter unterhalb der Klärüberlaufschwelle befindet sich zwischen Beckenwand und der verkürzten Klärüberlaufschwelle ein Entleerungsschieber DN 200 der Sedimentationskammer. Das geklärte Regenwasser wird gemeinsam mit dem am Beckenüberlauf abgeschlagenem Wasser über einen Ablaufkanal DN 1.400 zum Vorfluter abgeleitet.

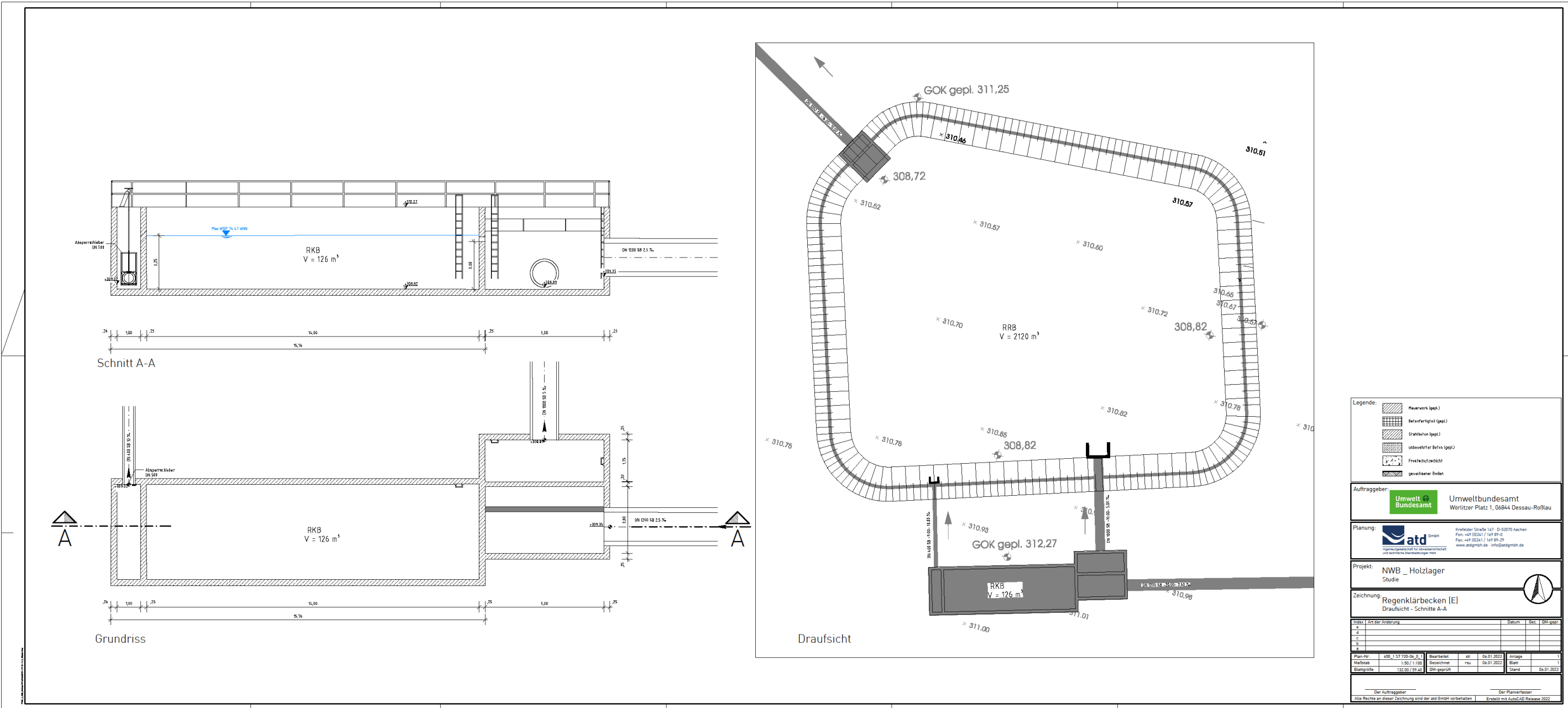
Abbildung 24: Bauwerksplan Becken D (eigene Darstellung, atd GmbH)



A.5 Becken E

Das offene Betonbauwerk E ist, wie in Abbildung 25 dargestellt, als Regenklärbecken mit Dauerstau ausgebildet. An dem Bauwerk sind 6 ha Verkehrsflächen (PKW-Parkplätze) und Dachflächen über einen Zulaufkanal DN 1.200 angeschlossen. Der Einlauf ist etwa 50 cm über der Beckensohle zentral und gerade angeordnet. Eine Drosselung des Regenwasserzuflusses zur Sedimentationskammer wird über einen vorgeschalteten Beckenüberlauf erzielt. Der Ablaufkanal des Klärüberlaufs ist in DN 400 und der des Beckenüberlaufs in DN 1000 ausgeführt. Eine Tauchwand am Beckenüberlauf und die unterhalb des Wasserspiegels liegende Verbindung zwischen Beckenüberlauf und Sedimentationskammer halten die Leichtflüssigkeiten und Schwimmstoffe bereits im BÜ-Bauwerk zurück. Die Sedimentationskammer mit einer Länge von 14 m, einer Breite von 4 m und einer Tiefe von 2,25 m besitzt ein Fassungsvermögen von etwa 126 m³. Der Klärüberlauf ist etwa zwei Meter über der Beckensohle angeordnet. Die Abläufe von Klärüberlauf und Beckenüberlauf werden gemeinsam in ein gemeinsames Regenrückhaltebecken abgeleitet, das zur hydraulischen Drosselung des Abflusses in den Vorfluter dient. Der Ablauf des Klärüberlaufs ist zusätzlich mit einem Absperrschieber ausgestattet. Das Regenrückhaltebecken ist als Erdbecken ausgeführt und besitzt ein maximales Speichervolumen von 2.120 m³. Das gespeicherte Wasser wird über ein Ablaufbauwerk und einen offenen Graben dem Vorfluter zugeführt.

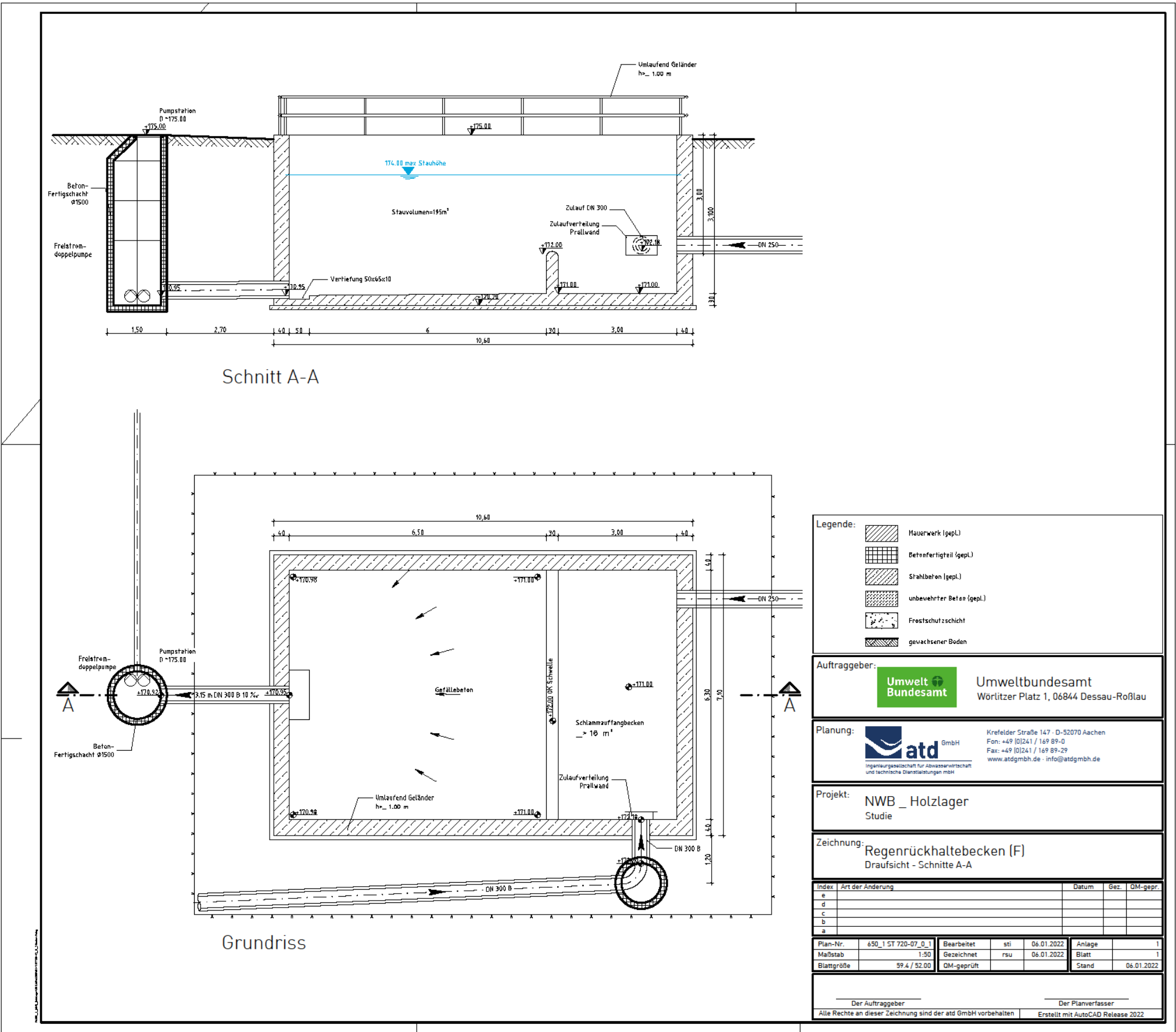
Abbildung 25: Bauwerksplan Becken E (eigene Darstellung, atd GmbH)



A.6 Becken F

Becken F ist entsprechend Abbildung 26 wie die Becken A und B als offenes Regenrückhaltebecken ausgebildet. Aus den Bestandsplänen geht hervor, dass auch eine Behandlung des Niederschlagswassers in einem durch eine Schwelle abgetrennten Bereich des Beckens vorgesehen ist. Das Becken mit einem Stauvolumen von 185 m^3 hat eine Länge von 9,8 m, eine Breite von 6,3 m und eine Tiefe von 3 m. Das Becken wird über zwei Zulaufleitungen DN 300 (gerade; von Norden) und DN 250 (gerade; von Westen) etwa 1,2 m über der Beckensohle angeströmt. Der Einlauf DN 300 ist mit einer Prallwand ausgestattet. Zum Rückhalt des Schlammes wurde im vorderen Bereich des Beckens eine Schwelle etwa einen Meter über der Beckensohle vorgesehen. Dieses Schlammauffangbecken ist dauerhaft eingestaut und besitzt ein Fassungsvermögen von etwa 19 m^3 . Zum Rückhalt von Leichtflüssigkeiten und Schwimmstoffen ist keine Maßnahme vorgesehen. Das Niederschlagswasser gelangt von dem eingestauten Behandlungsbereich über die Schwelle in den reinen Rückhaltebereich und von dort aus zum Ablaufkanal in den nachgeschalteten Pumpenschacht. Von dort aus wird das Wasser durch das Pumpwerk gedrosselt dem kommunalen Kanalnetz zugeführt.

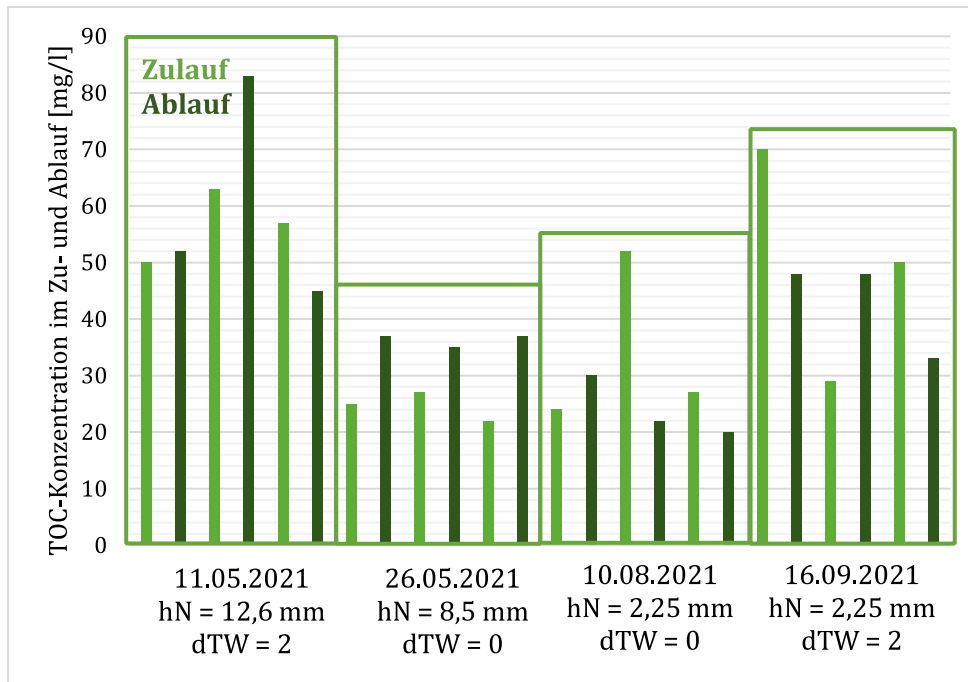
Abbildung 26: Bauwerksplan Becken F (eigene Darstellung, atd GmbH)



B Anhang

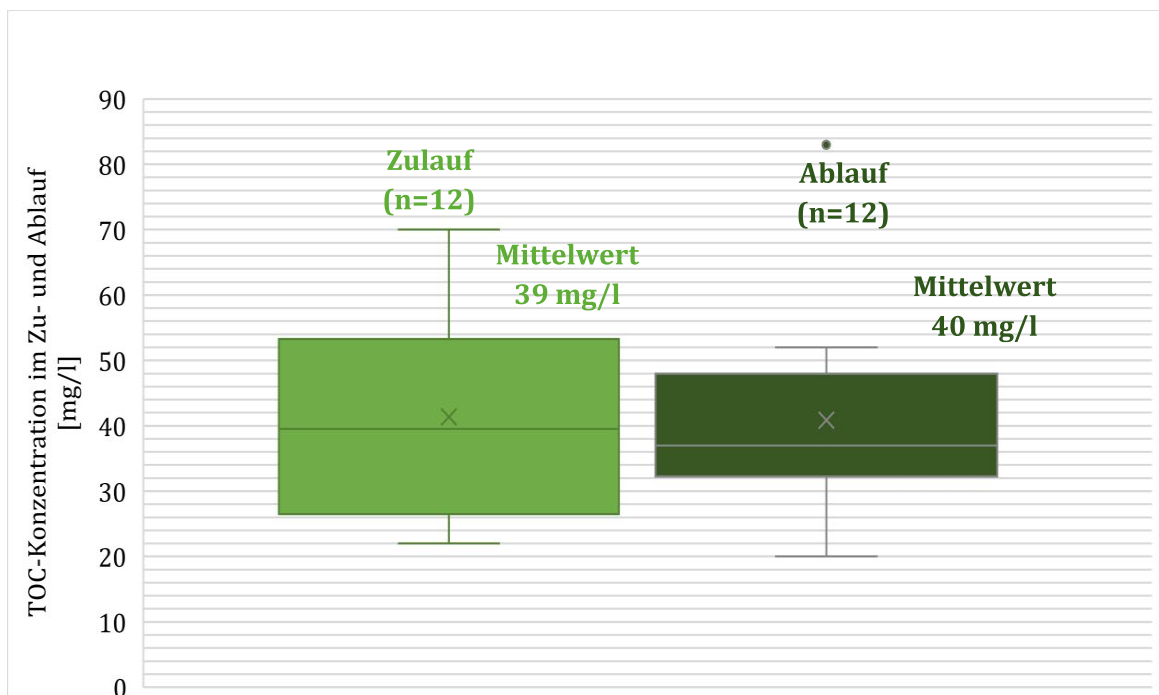
B.1 Weitere Messwerte – Becken A

Abbildung 27: TOC-Zu und Ablaufkonzentrationen des Beckens A bei unterschiedlichen Regenereignissen



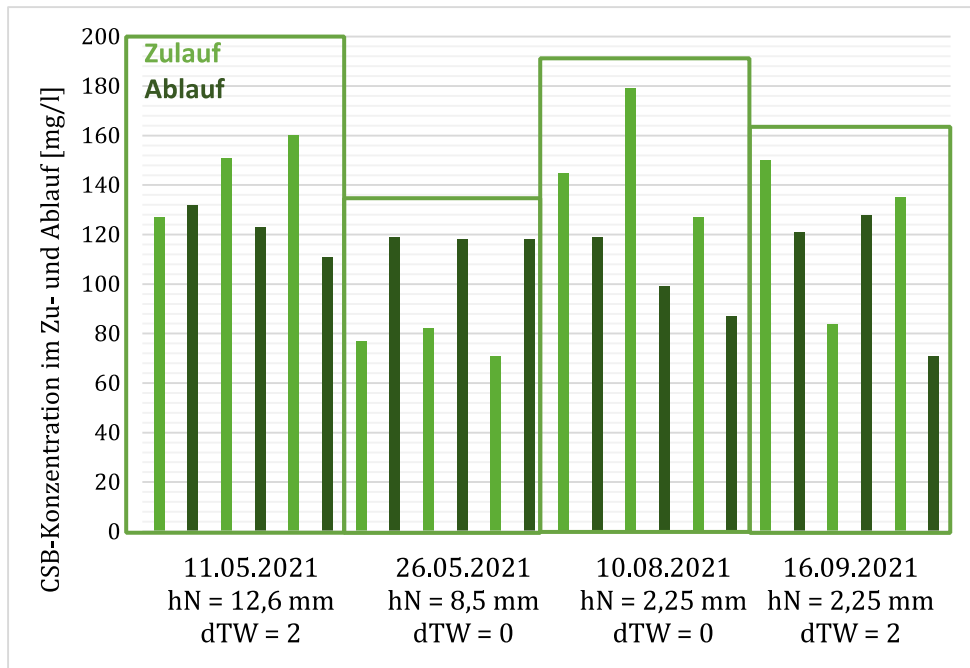
Quelle: eigene Darstellung, ISA der RWTH Aachen

Abbildung 28: Mittlere TOC-Zu und Ablaufkonzentrationen im Zu- und Ablauf des Beckens A



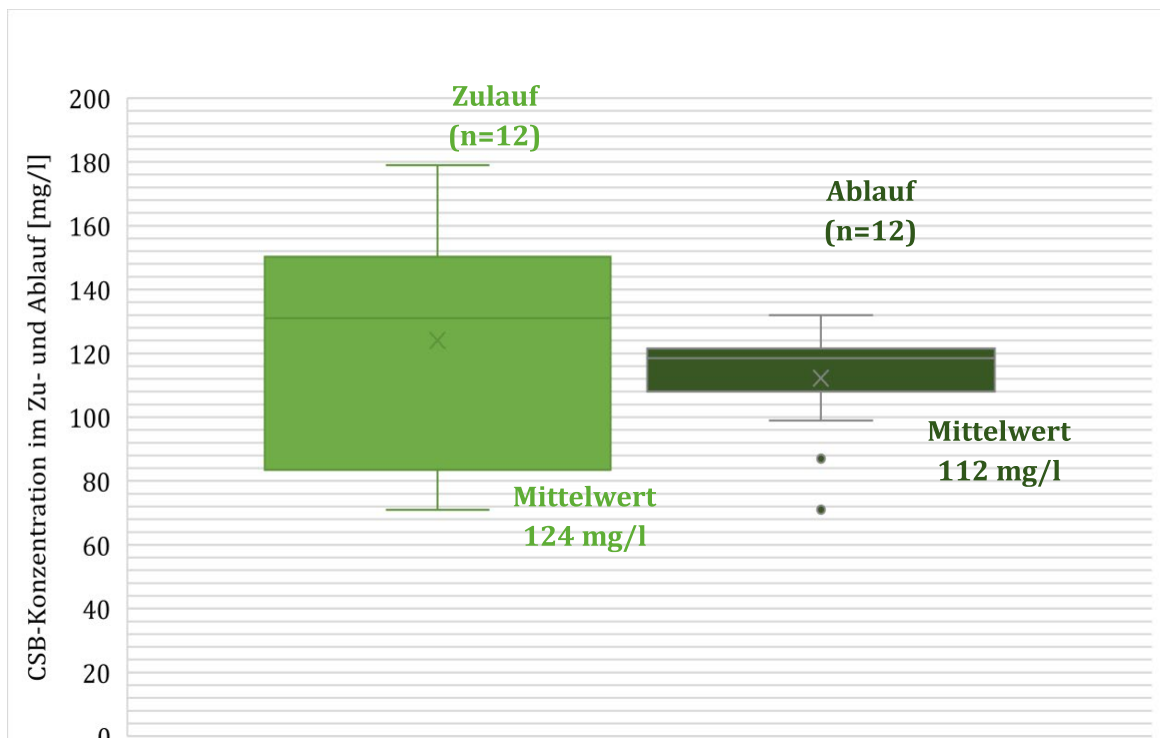
Quelle: eigene Darstellung, ISA der RWTH Aachen

Abbildung 29: CSB-Zu- und Ablaufkonzentrationen des Beckens A bei unterschiedlichen Regenereignissen



Quelle: eigene Darstellung, ISA der RWTH Aachen

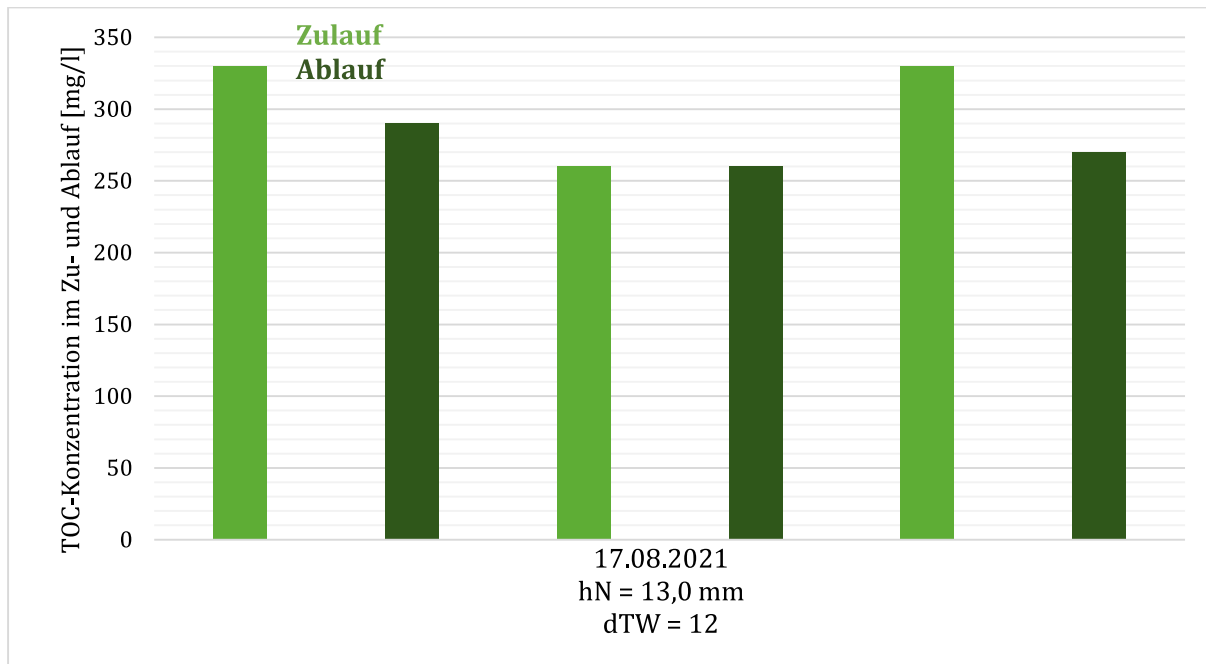
Abbildung 30: Mittlere CSB-Zu- und Ablaufkonzentrationen des Beckens A



Quelle: eigene Darstellung, ISA der RWTH Aachen

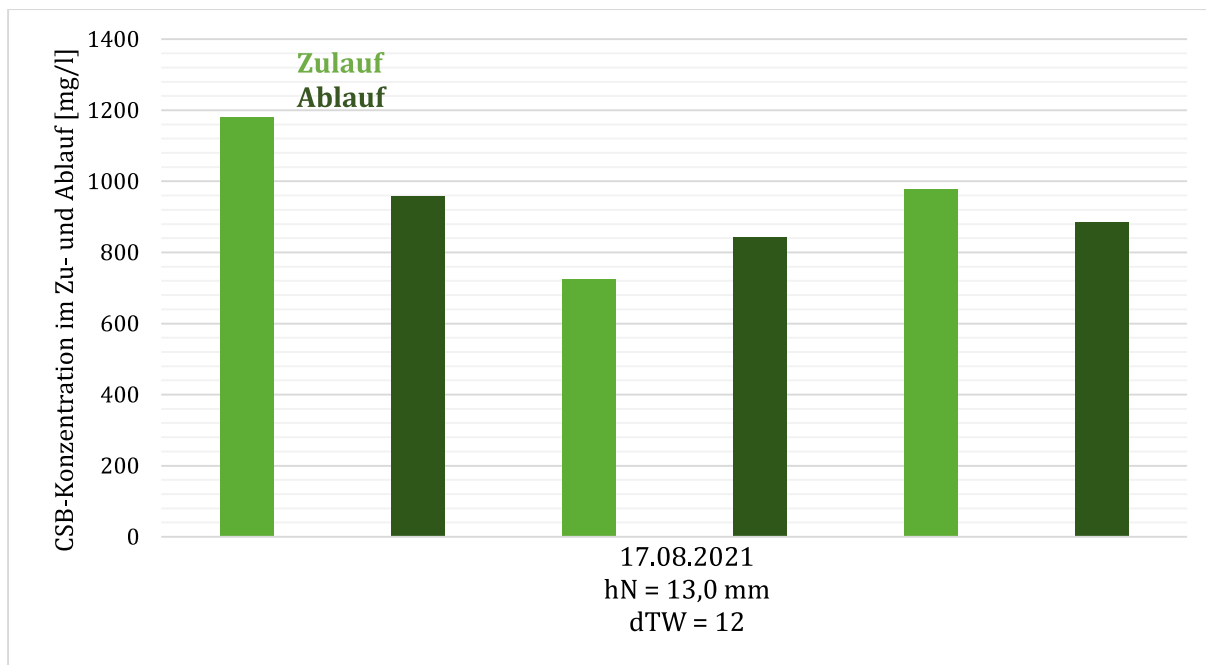
B.2 Weitere Messwerte – Becken B

Abbildung 31: TOC-Zu- und Ablaufkonzentrationen des Beckens B



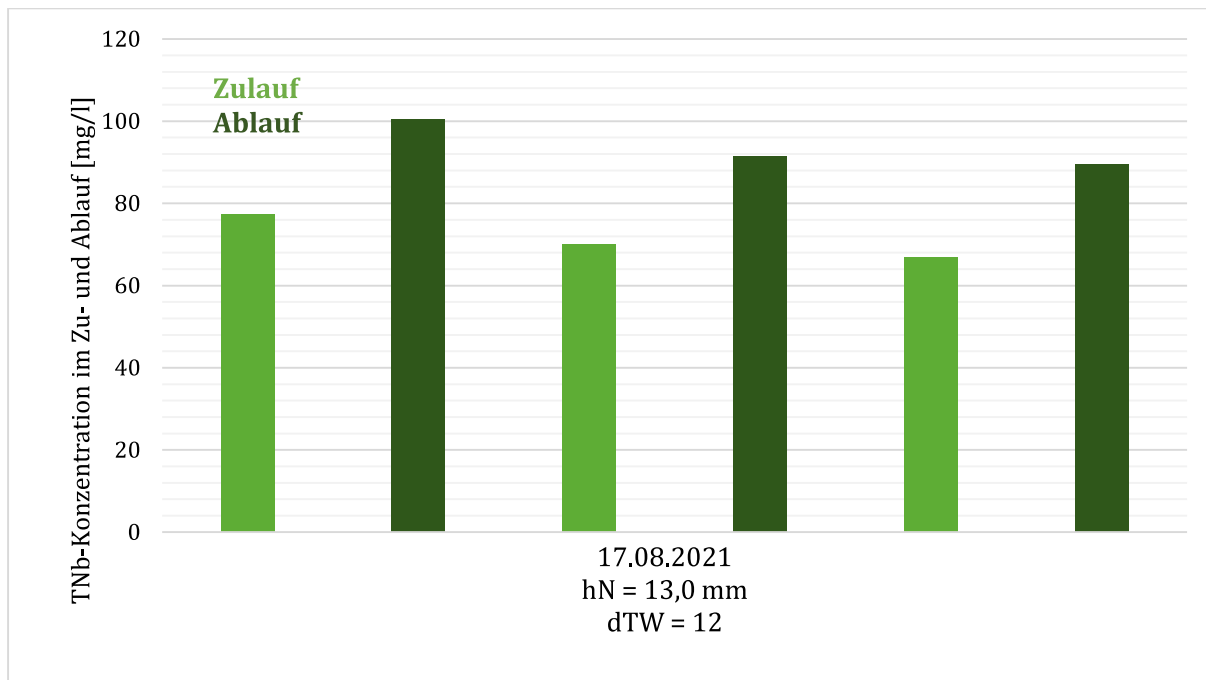
Quelle: eigene Darstellung, ISA der RWTH Aachen

Abbildung 32: CSB-Zu- und Ablaufkonzentrationen des Beckens B



Quelle: eigene Darstellung, ISA der RWTH Aachen

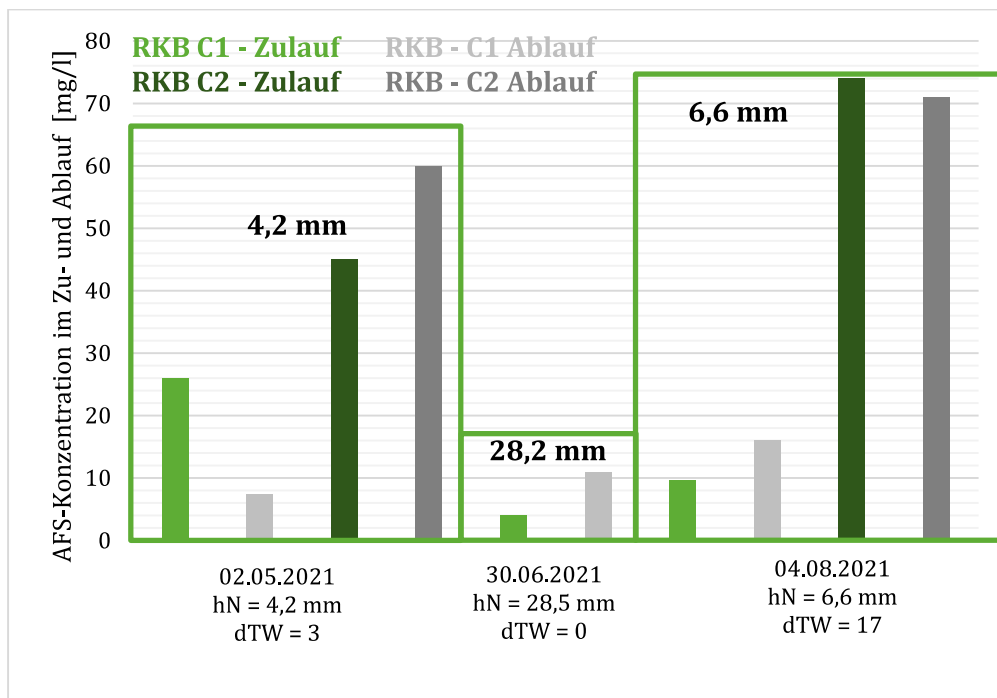
Abbildung 33: TNb-Zu und Ablaufkonzentrationen des Beckens B



Quelle: eigene Darstellung, ISA der RWTH Aachen

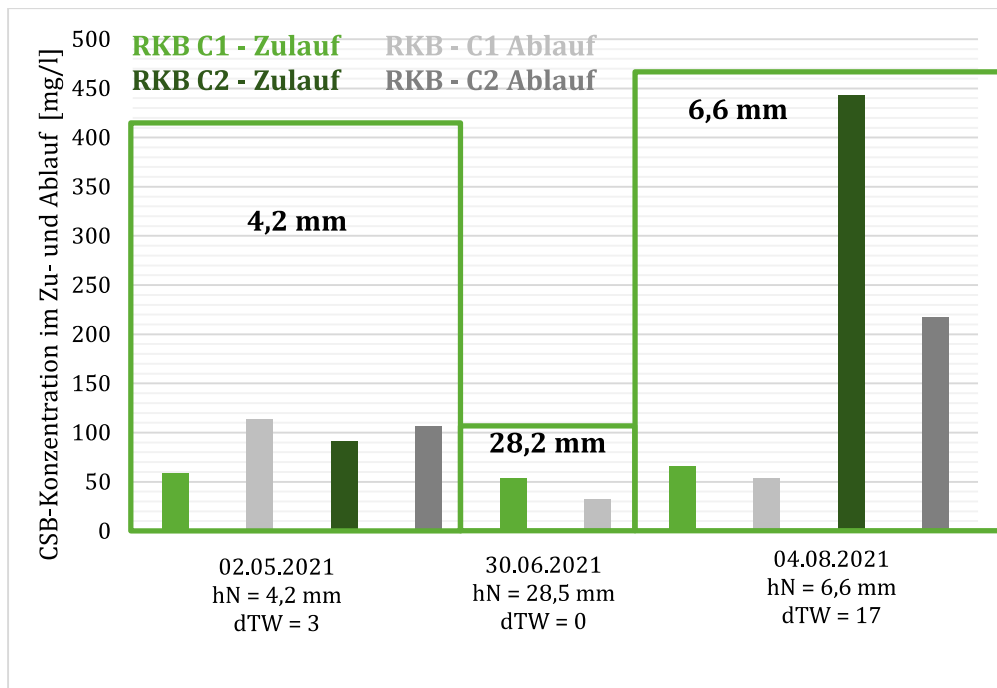
B.3 Weitere Messwerte – RKB C (C1 und C2)

Abbildung 34: TOC-Zu- und Ablaufkonzentration im RKB C1 und C2 bei unterschiedlichen Regenereignissen



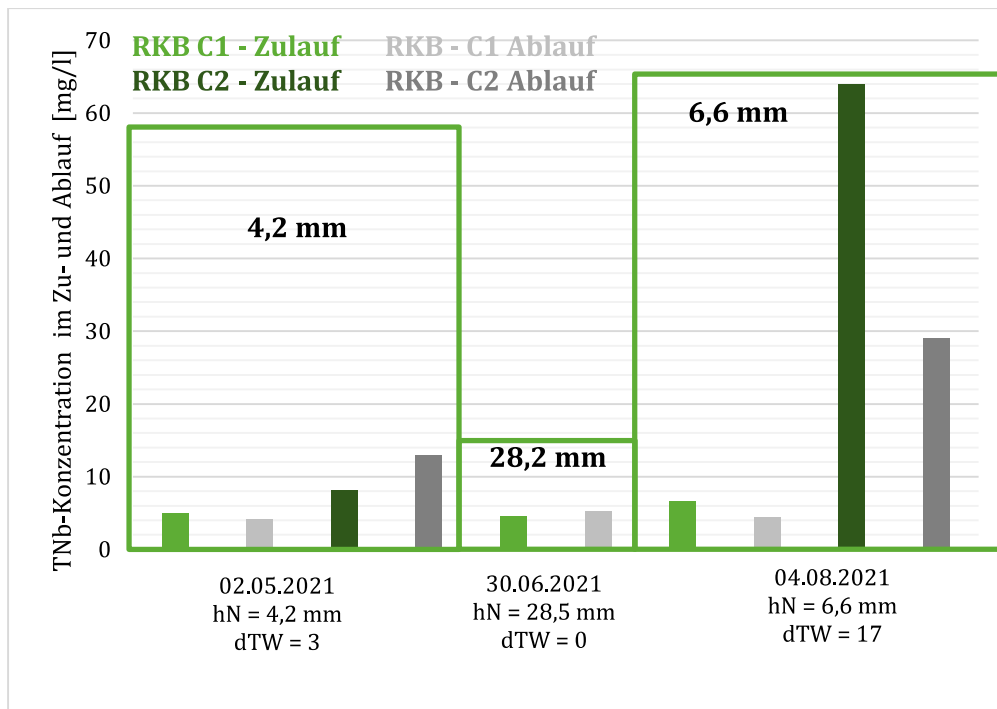
Quelle: eigene Darstellung, ISA der RWTH Aachen

Abbildung 35: CSB-Konzentrationen im Zu- und Ablauf der RKB C1 und C2 bei unterschiedlichen Regenereignissen



Quelle: eigene Darstellung, ISA der RWTH Aachen

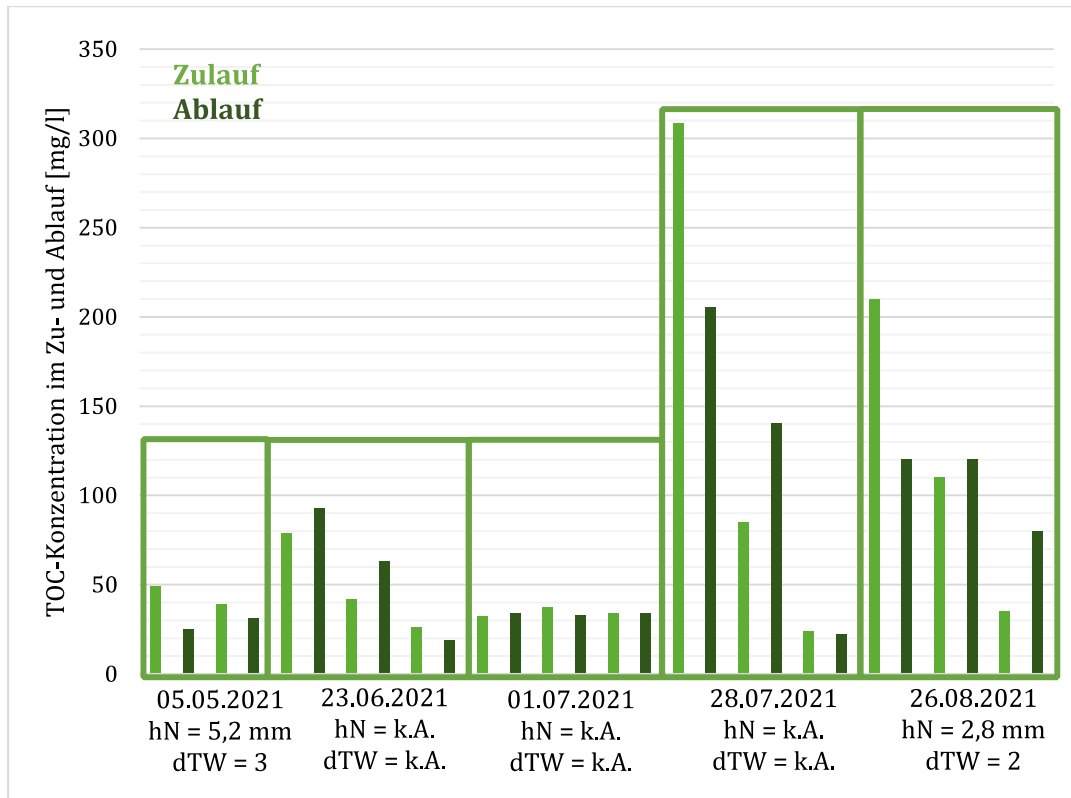
Abbildung 36: TNb-Konzentrationen im Zu- und Ablauf der RKB C1 und C2 bei unterschiedlichen Regenereignissen



Quelle: eigene Darstellung, ISA der RWTH Aachen

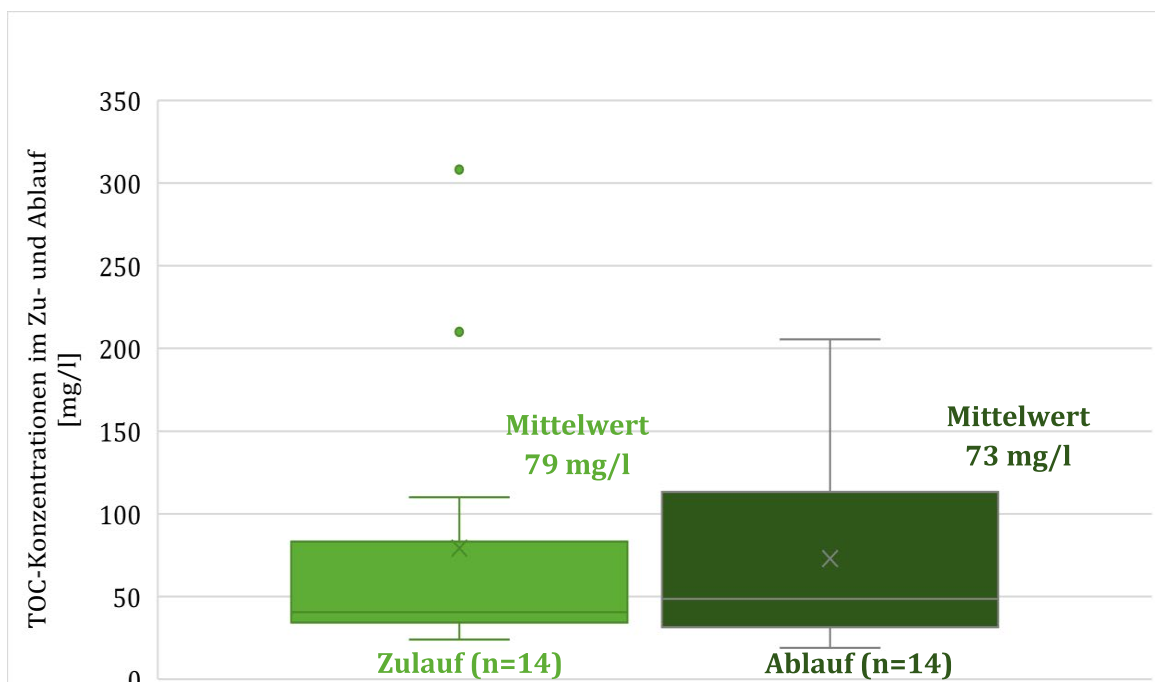
B.4 Weitere Messwerte – RKB D

Abbildung 37: TOC-Zu und Ablaufkonzentrationen des RKB D bei unterschiedlichen Regenereignissen



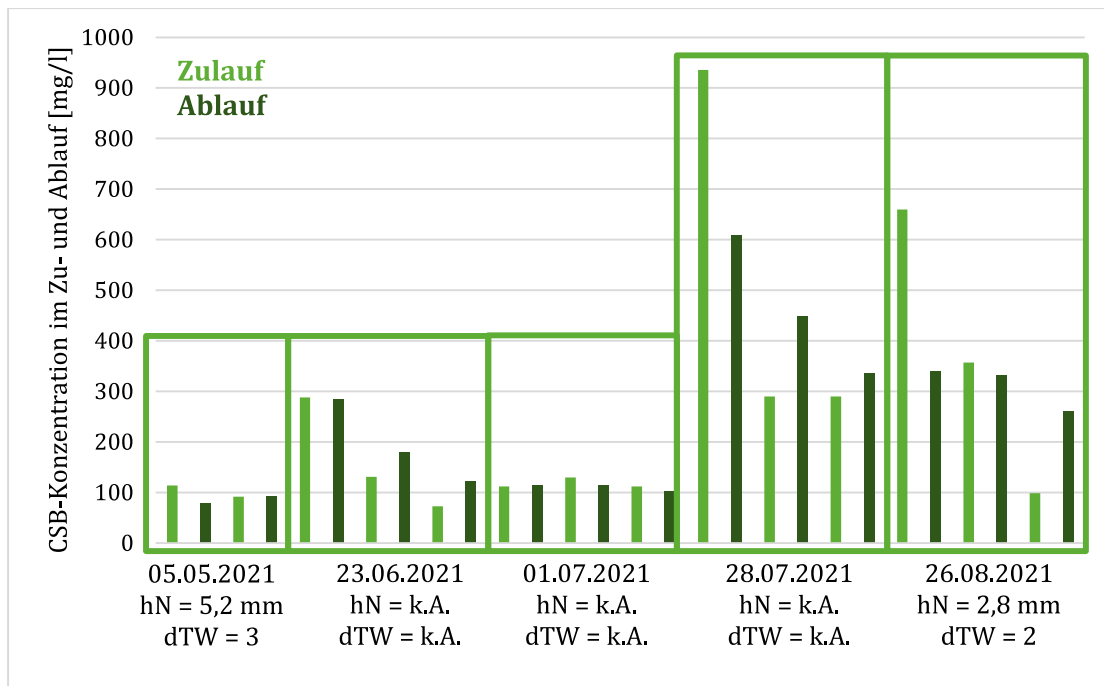
Quelle: eigene Darstellung, ISA der RWTH Aachen

Abbildung 38: Mittlere TOC-Konzentrationen bei Becken D



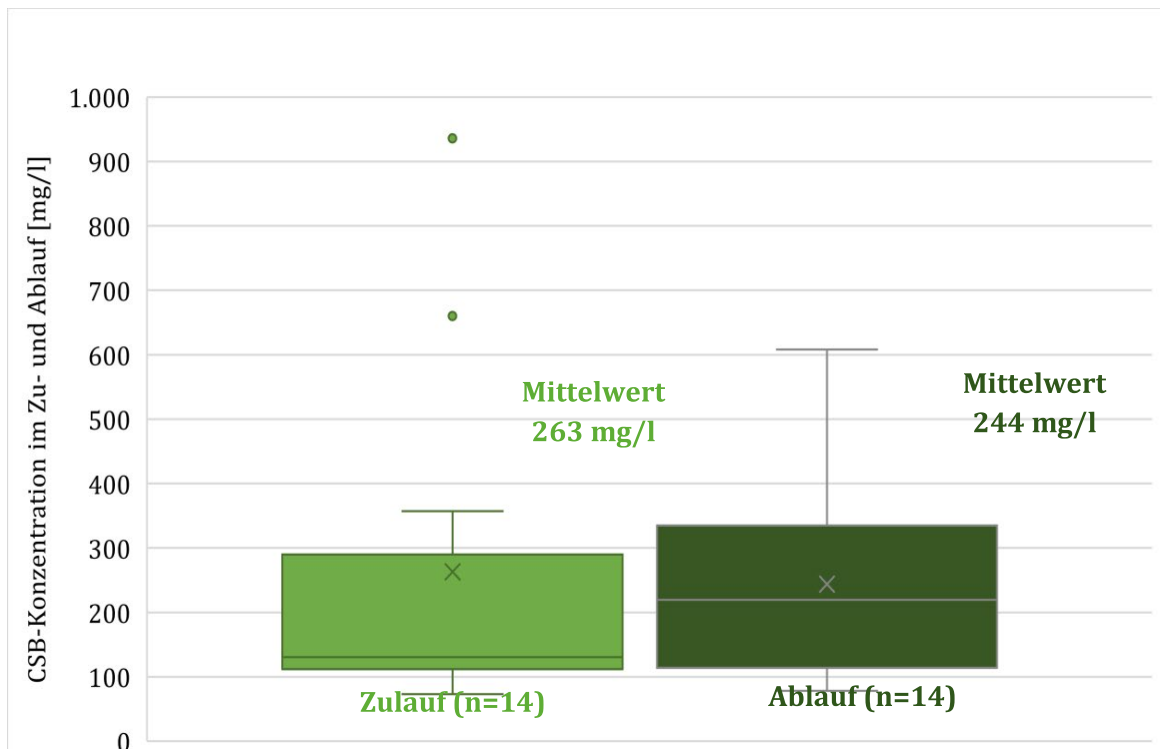
Quelle: eigene Darstellung, ISA der RWTH Aachen

Abbildung 39: CSB-Zu und Ablaufkonzentrationen des RKB D bei unterschiedlichen Regenereignissen



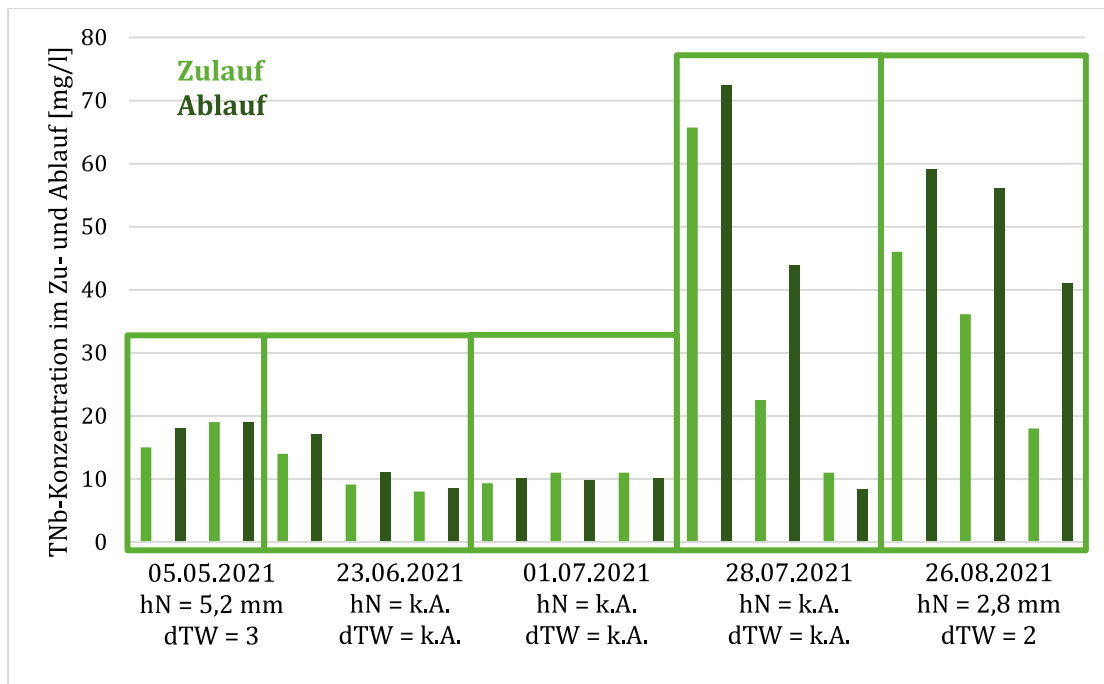
Quelle: eigene Darstellung, ISA der RWTH Aachen

Abbildung 40: Mittlere CSB-Konzentrationen bei Becken D



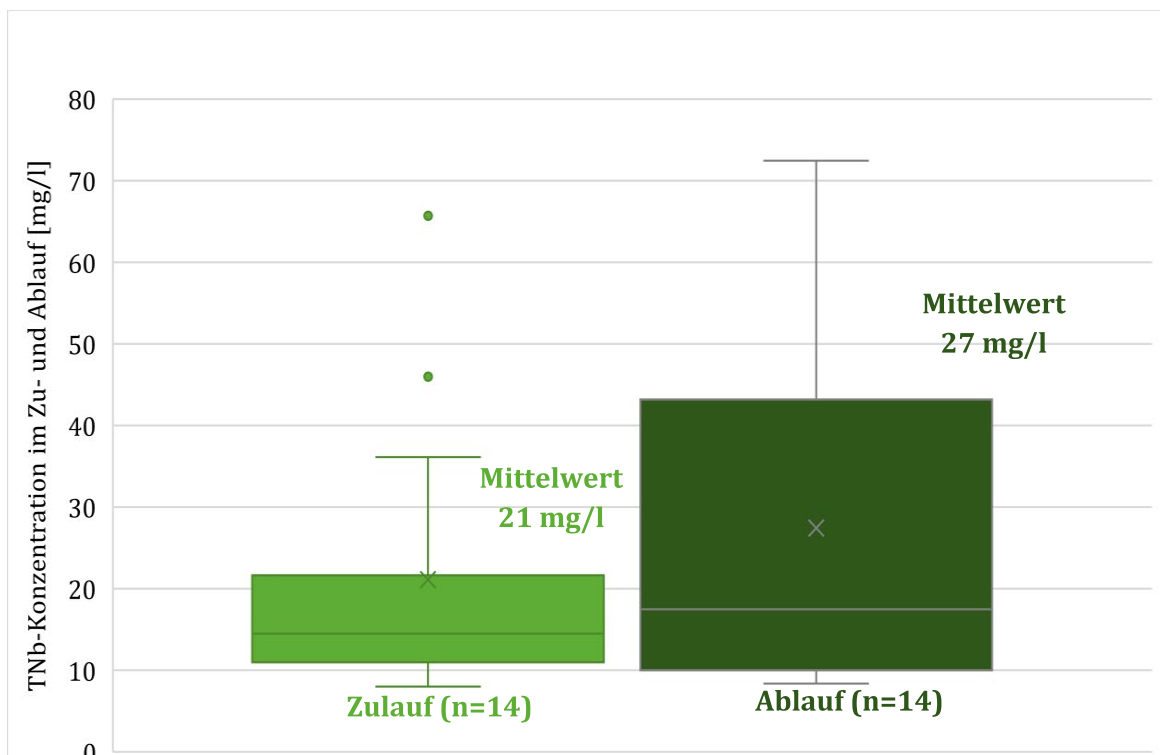
Quelle: eigene Darstellung, ISA der RWTH Aachen

Abbildung 41: TNb-Zu und Ablaufkonzentrationen des RKB D bei unterschiedlichen Regenereignissen



Quelle: eigene Darstellung, ISA der RWTH Aachen

Abbildung 42: Mittlere TNb-Konzentrationen bei Becken D

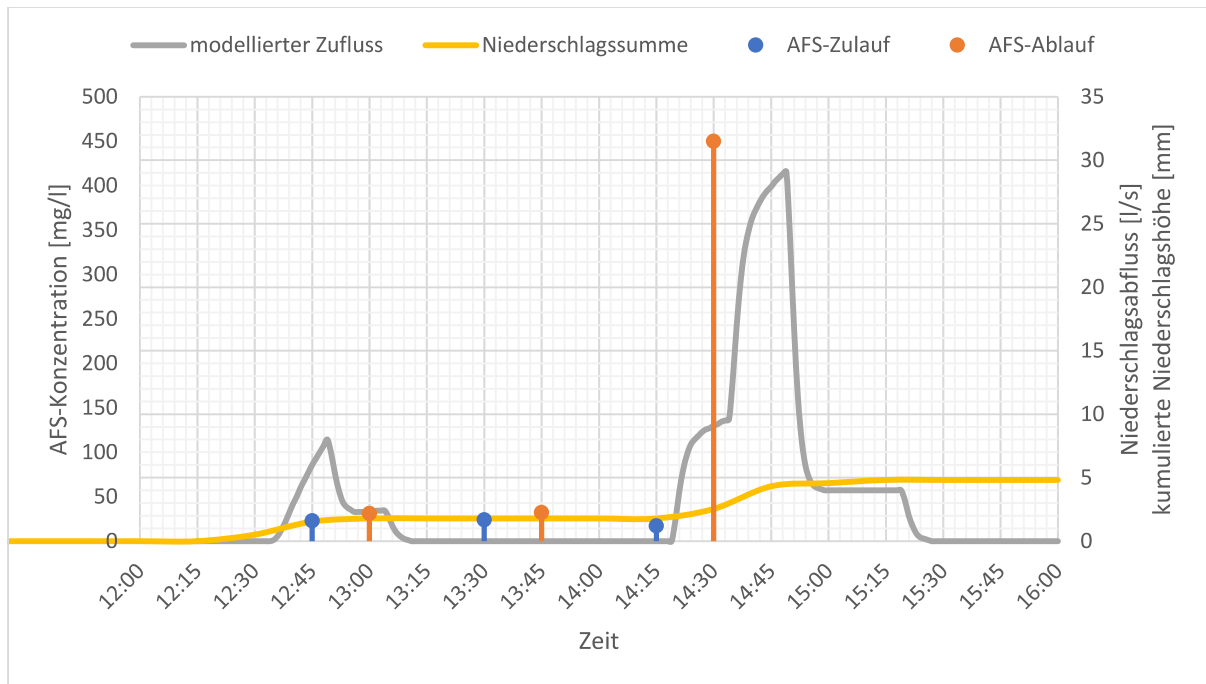


Quelle: eigene Darstellung, ISA der RWTH Aachen

C Anhang

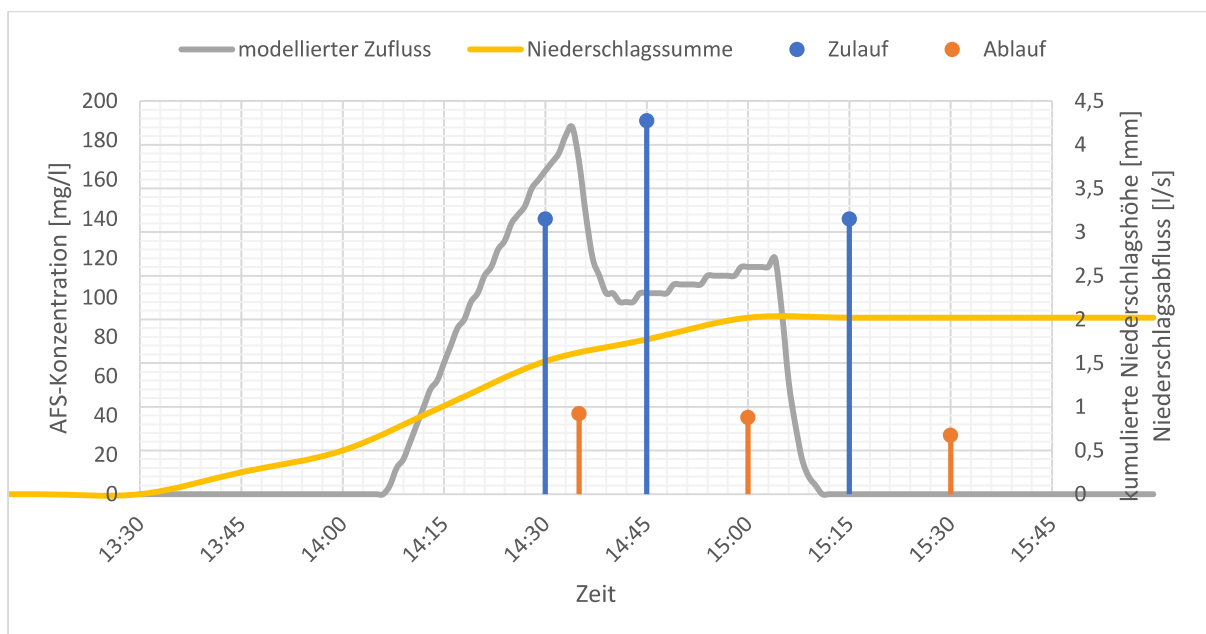
C.1 Niederschlagssummenlinien, Zuflussganglinien und gemessenen AFS-Konzentrationen – Becken A

Abbildung 43: Regenereignis vom 26.05.2021



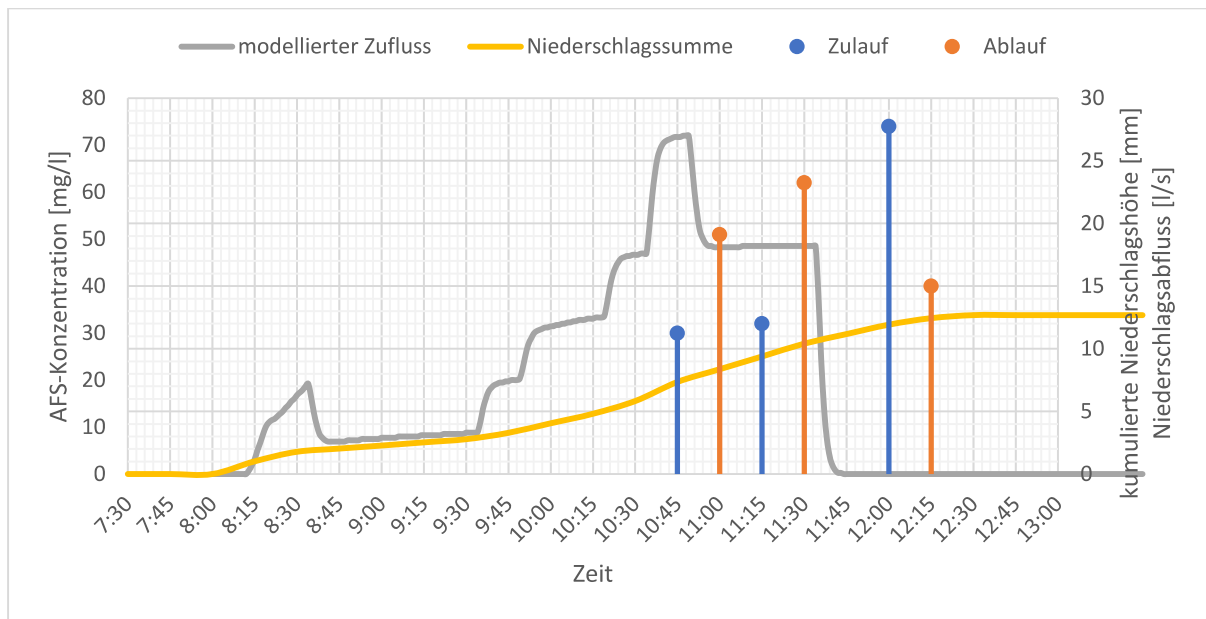
Quelle: eigene Darstellung, ISA der RWTH Aachen und atd GmbH

Abbildung 44: Regenereignis vom 10.08.2021



Quelle: eigene Darstellung, ISA der RWTH Aachen und atd GmbH

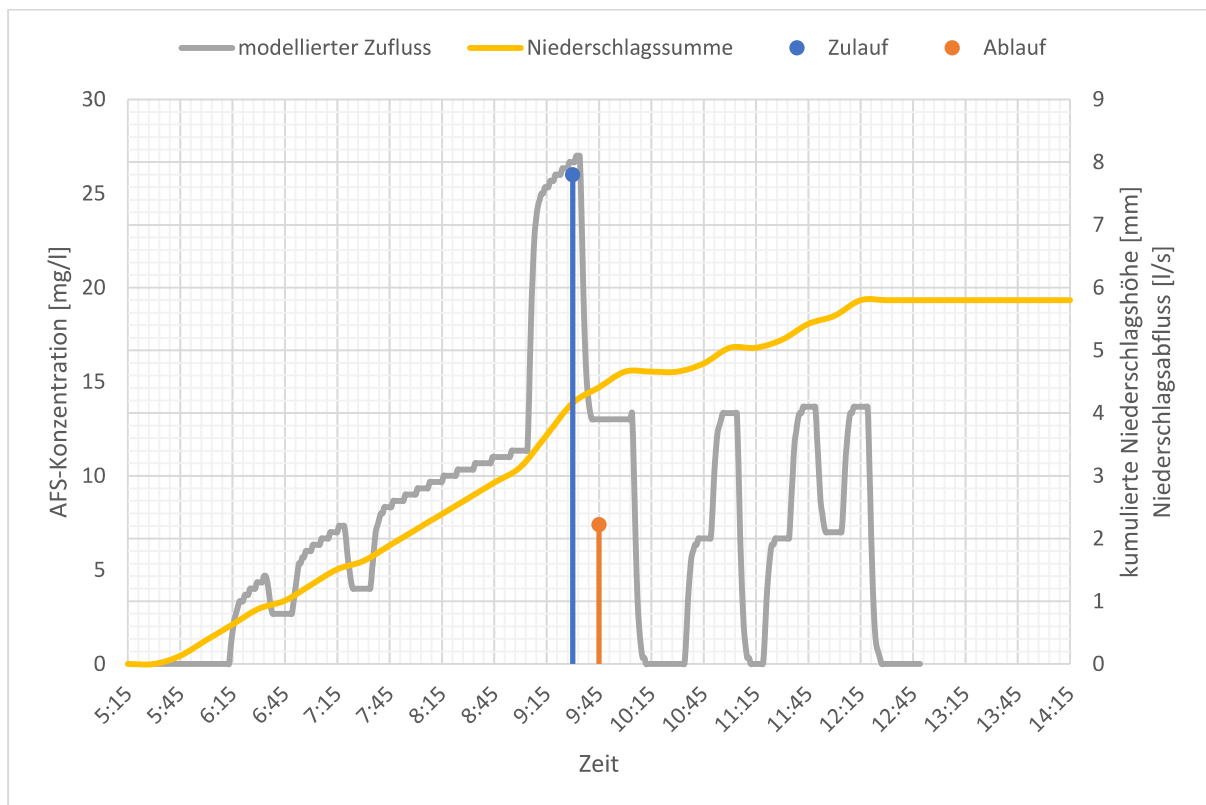
Abbildung 45: Regenereignis vom 15.09.2021



Quelle: eigene Darstellung, ISA der RWTH Aachen und atd GmbH

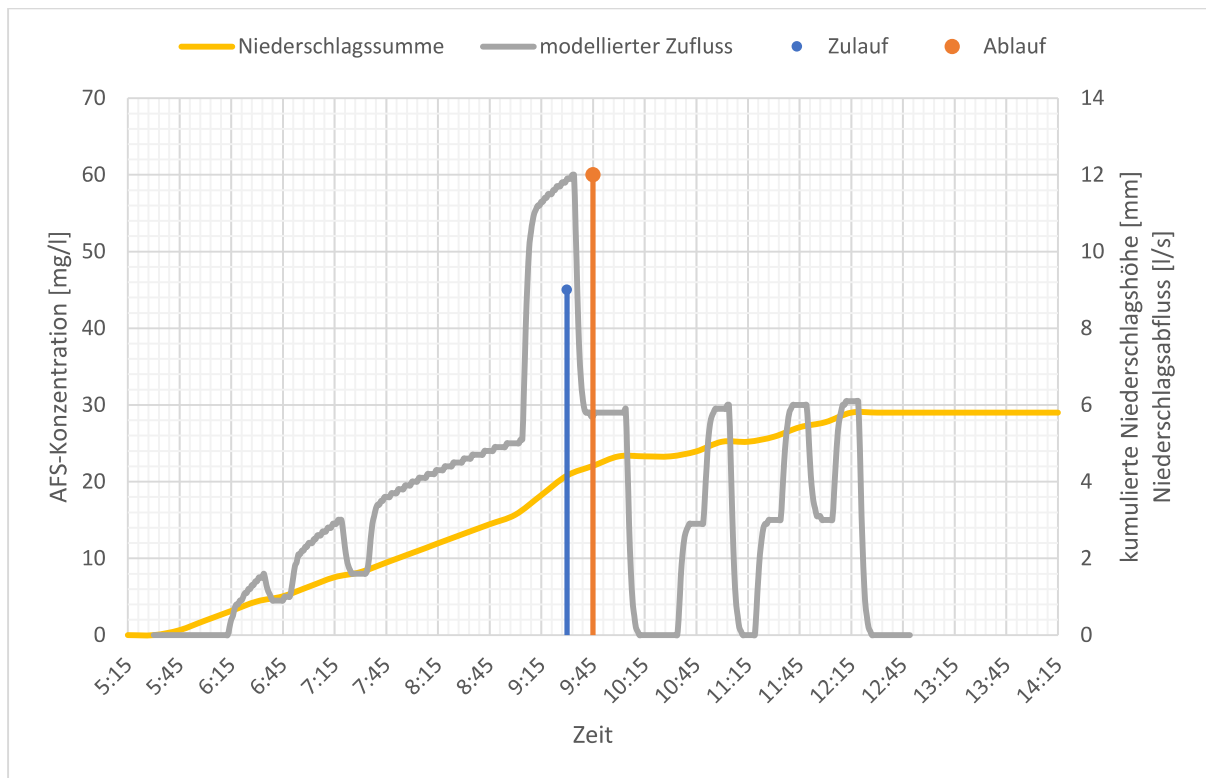
C.2 Niederschlagssummenlinien, Zuflussganglinien und gemessenen AFS-Konzentrationen – RKB C (C1 und C2)

Abbildung 46: Regenereignis vom 02.05.2021 – RKB C1



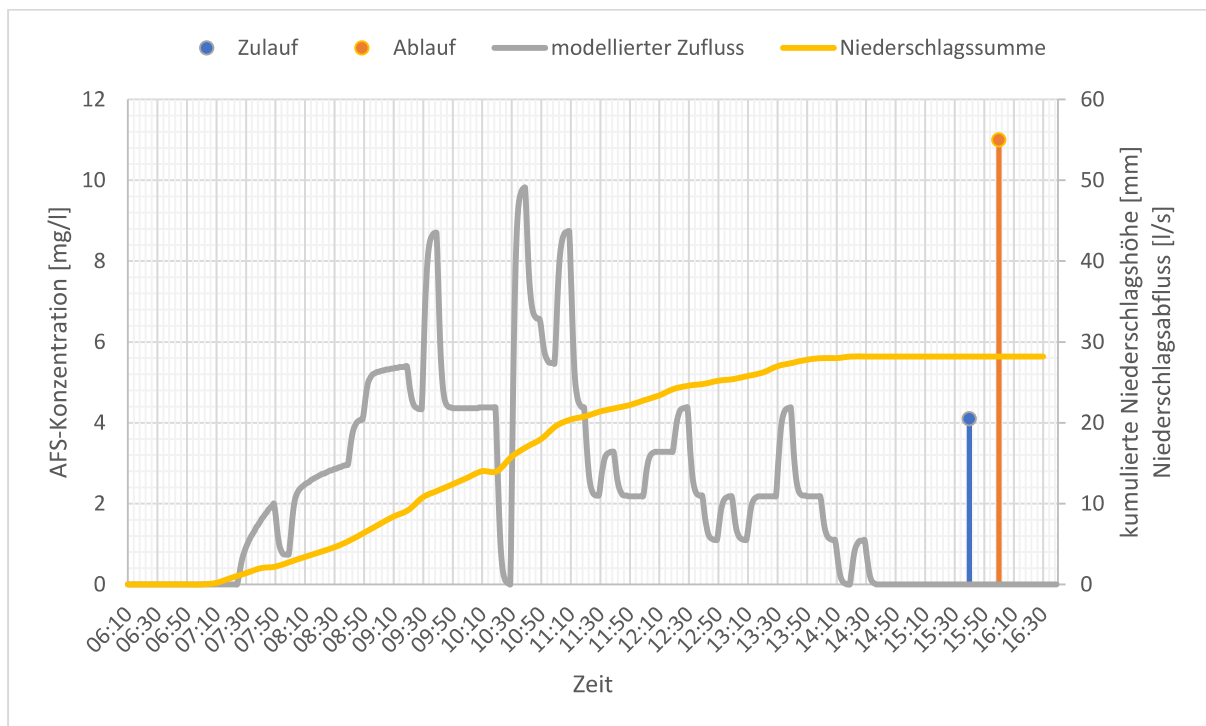
Quelle: eigene Darstellung, ISA der RWTH Aachen und atd GmbH

Abbildung 47: Regenereignis vom 02.05.2021 – RKB C2



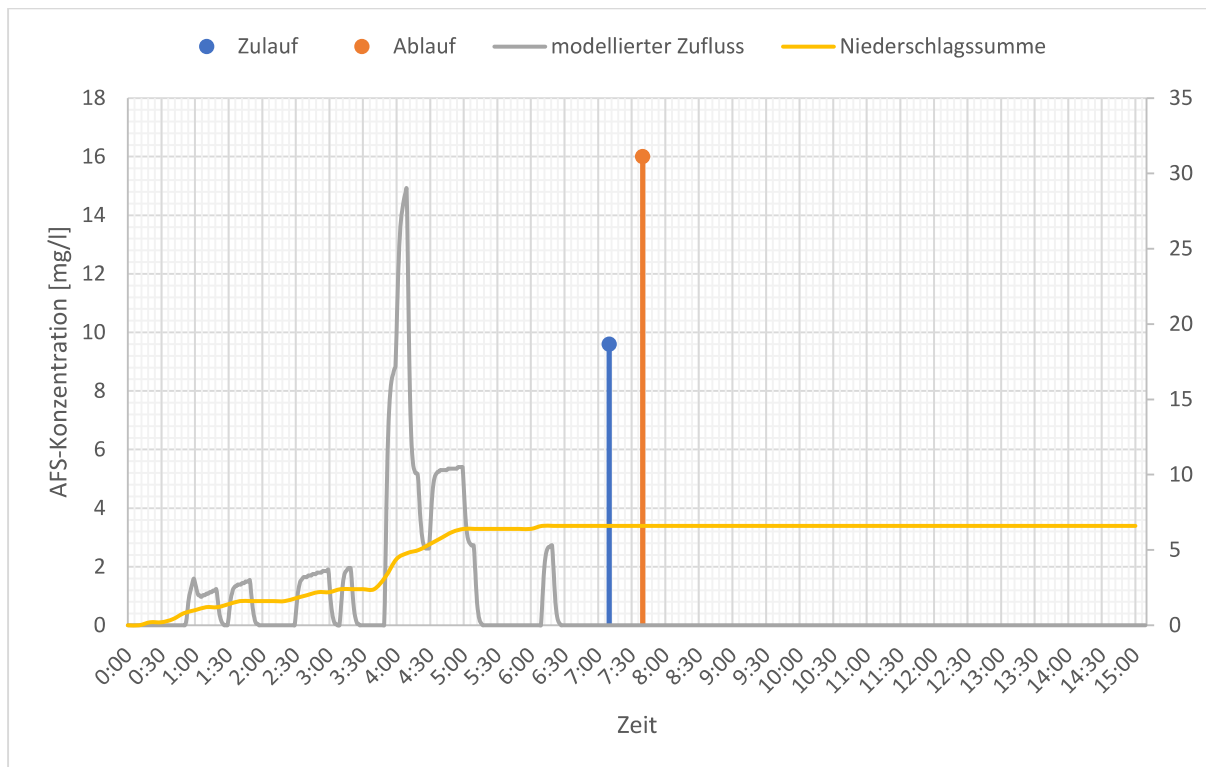
Quelle: eigene Darstellung, ISA der RWTH Aachen und atd GmbH

Abbildung 48: Regenereignis vom 30.06.2021 – RKB C2



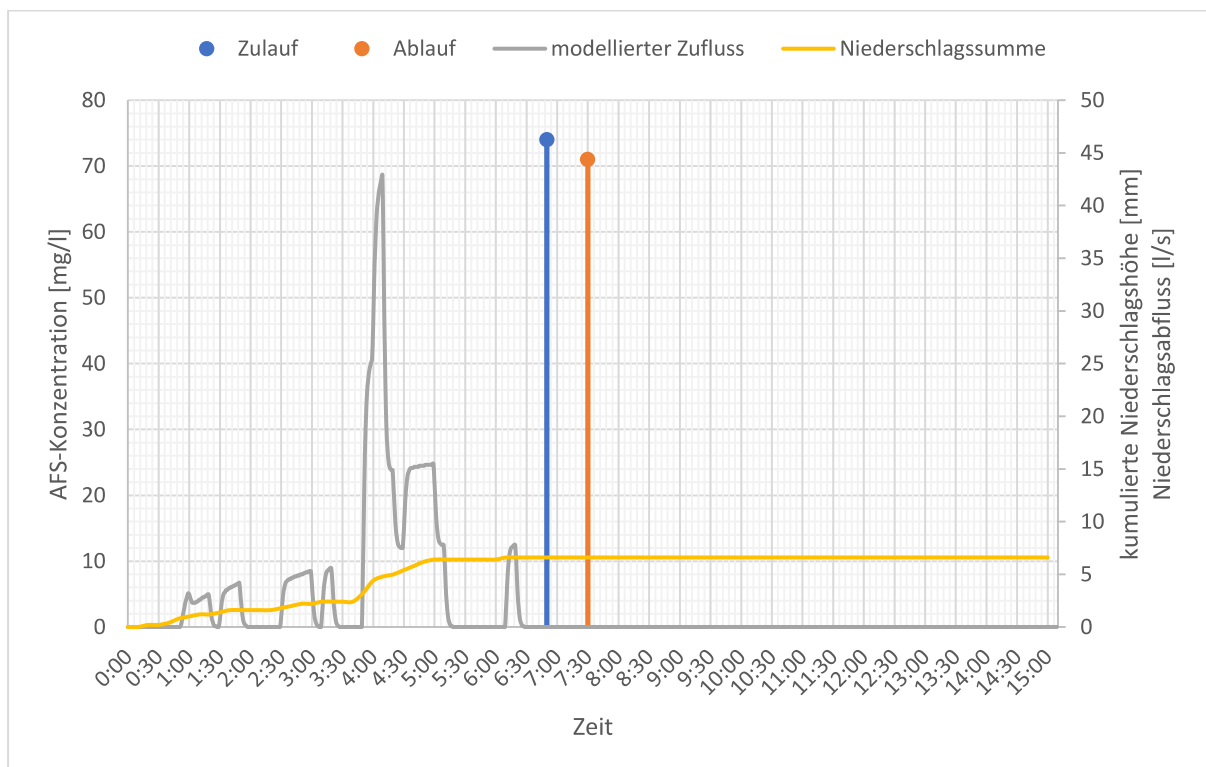
Quelle: eigene Darstellung, ISA der RWTH Aachen und atd GmbH

Abbildung 49: Regenereignis vom 04.08.2021 – RKB C1



Quelle: eigene Darstellung, ISA der RWTH Aachen und atd GmbH

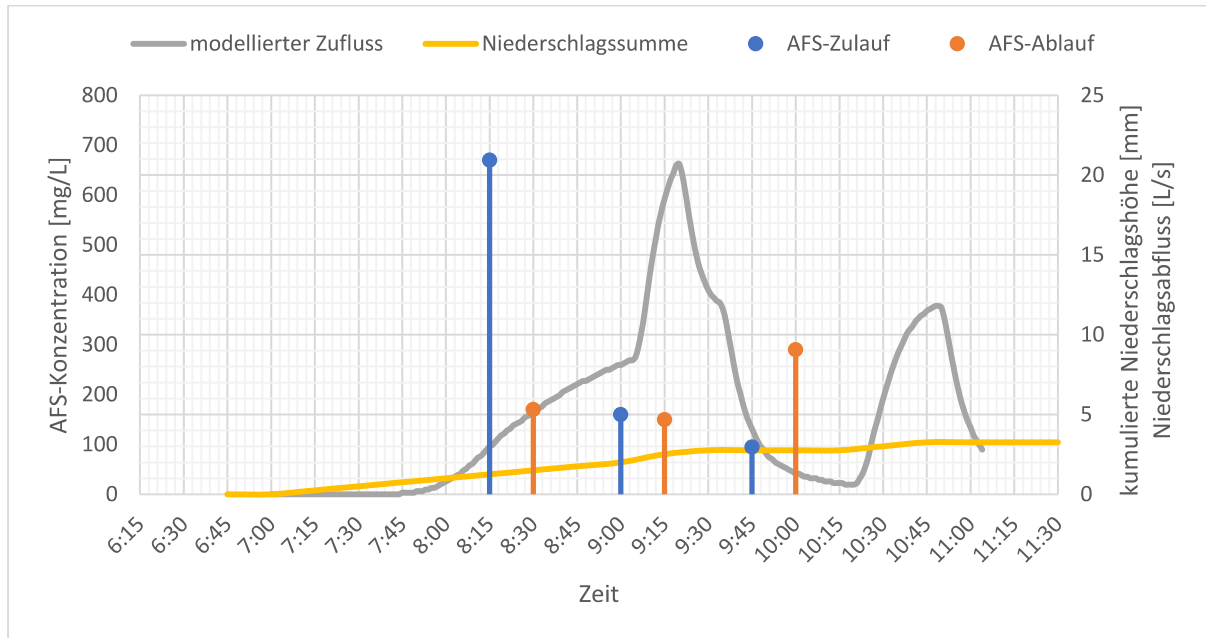
Abbildung 50: Regenereignis vom 04.08.2021 – RKB C2



Quelle: eigene Darstellung, ISA der RWTH Aachen und atd GmbH

C.3 Niederschlagssummenlinien, Zuflussganglinien und gemessenen AFS-Konzentrationen – RKB D

Abbildung 51: Regenereignis vom 05.05.2021 – RKB D



Quelle: eigene Darstellung, ISA der RWTH Aachen und atd GmbH