

Schmutzfrachtbelastung der Oker

Messtechnische Überwachung

und

Modellberechnungen

für das Jahr

2023

Erläuterungsbericht

September 2024

Auftraggeber: Stadt Braunschweig
Fachbereich Tiefbau & Verkehr
Referat Stadtentwässerung & Abfallwirtschaft

Aufgestellt: Dr.-Ing. Aslan Belli
Stadtentwässerung Braunschweig GmbH

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
2 Messtechnik	1
3 Auswertung der Messdaten	4
3.1 Niederschlag	4
3.2 Abflussmessungen und Probenahmen	9
3.2.1 Messstelle Heberwehr Wilhelm-Bode-Straße / Grünewaldstraße (P1)	10
3.2.2 Messstelle Wendenstraße (P2)	10
3.2.3 Messstelle Abwasserpumpwerk Ölper (P5)	10
3.2.4 Messstelle Pumpwerk Inselwall (P7)	11
3.3 Schmutzbelastung	11
4 Schmutzfrachtberechnungen für das Jahr 2023	12
4.1 Niederschlagsbelastung	12
4.2 Ergebnisse der Schmutzfrachtberechnung 2023	14
5 Zusammenfassung	15

1 Einleitung

Im Auftrag der Stadt Braunschweig werden seit 1994 Untersuchungen zur stofflichen Belastung des Mischwassers sowie zur Belastung der Oker durch Einleitungen von Mischwasserabschlagsmengen durchgeführt.

Der Nachweis bezieht sich auf die CSB-Entlastungsfracht entsprechend des niedersächsischen Runderlass des Ministeriums für Umwelt vom 14.12.1989, laut dem für die „Anforderungen an die Ableitung von Niederschlagswasser“, ein zulässiger Grenzwert von maximal $250 \text{ kg}/(\text{ha}_{\text{Ared}} \cdot \text{a})$ gilt.

Mit diesem Bericht liegt der bislang 31. jährliche Bericht zur Schmutzfrachtbelastung der Oker aus dem Einzugsgebiet der Braunschweiger Mischwasserkanalisation vor.

Zum Zweck der messtechnischen Überwachung werden an vier repräsentativen Stellen im Kanalnetz automatische Probenahmemessstationen (P[Nummer]) betrieben. Diese sind im Einzelnen:

P1: Heberwehr Wilhelm-Bode-Straße / Grünwaldstraße (östliches Ringgebiet)

P2: Abschlagswehr Wendenstraße (Innenstadt)

P5: Abwasserpumpwerk Ölper (Gesamtnetz)

P7: Pumpwerk Inselwall (Innenstadt)

An diesen Stellen werden durchgängig Wasserstände aufgezeichnet und für maßgebende Regenereignisse Konzentrationen der genannten Stoffparameter ermittelt. Eine Übersicht ist der Anlage 3 zu entnehmen.

Die Auswertungen im Rahmen des Schmutzfrachtberichtes umfassen in diesem Jahr:

- Messungen der Niederschlagsbelastung mit Hilfe von sieben Regenschreibern,
- Hochrechnung der Jahresgesamtfracht aus der Mischwasserentlastung mittels Abschlagsmengen (aus hydrodynamischer Modellierung und Messung) und repräsentativen Messwerten für die Konzentrationen

Für 2023 sind Abgleiche zwischen gemessenen und berechneten Werten des Wasserstandes an den Stellen Pumpwerk (PW) Ölper (Speicherbecken), Pumpwerk Inselwall, sowie am Juteweg vorgenommen worden (siehe Anlage 1).

2 Messtechnik

Die Probenehmer (PN) werden im Prozessleitsystem (PLS) erfasst und können aus diesem heraus bedient werden. Die Datenarchivierung und Auswertung geschieht direkt im PLS. Störungen in der Messtechnik bzw. Funktion der PN erkennt das PLS selbstständig. Diese werden über das Alarmsystem an die entsprechenden Mitarbeiter weitergeleitet.

Probenahmen zur Konzentrations-Bestimmung werden an der Wasseroberfläche (Grünwaldstraße und Wilhelmstraße), bzw. im Gerinneablauf des Speicherbeckens (Ölper) durchgeführt. So soll sichergestellt werden, dass die gemessenen Schmutzfrachtkonzentrationen möglichst genau den tatsächlich abgeschlagenen entsprechen. Diese Messmethodik wurde in dieser Form 2011 eingeführt und wurde daher im Schmutzfrachtbericht 2012 erstmals ausgewertet. In früheren Berichten wurden die Werte mit Messdaten von Proben ermittelt, die einige Zentimeter oberhalb der Kanalsohle gemessen wurden (siehe Schmutzfrachtbericht 2011). Während und nach jedem Ereignis werden die Probenahmen auf ihre Plausibilität hin überprüft. Falls notwendig, wird die Programmierung zur Optimierung der Probenahme korrigiert bzw. optimiert.

Die abgeschlagenen Mischwassermengen des PW Ölper werden über einen Rechen mechanisch vorgereinigt. Eine zusätzliche Reinigungsleistung stellt sich durch Sedimentierung von Inhaltsstoffen im Speicherbecken ein.

Es wird das Mischwasser aus der Innenstadt beprobt, das über das PW in die Oker abgeschlagen wird. Das Wasser wird über die mechanische Reinigung mittels Scheibenrechen vorgereinigt.

Der Probenehmer am Ablauf des PW Inselwall wurde 2011 montiert. Ein zweiter Probenehmer wurde 2015 zur Probenentnahme vor dem Geröllfang angebracht. Mit diesem sollten Anhaltspunkte zur Reinigungsleistung der Vorreinigung gewonnen werden. In der Regel zeigen sich in den Probenahmewerten höhere Konzentrationen im Ablauf des Pumpwerkes als im Zulauf. Die Erklärung hierfür dürfte sein, dass durch den Scheibenrechen nur Grobstoffe entfernt werden und diese in den Probenahmen nicht erfasst werden können. Vermutlich werden weiterhin einige Grobstoffe zerrieben. Somit könnten diese in den Probenahmen im Ablauf erfasst werden, aber nicht im Zulauf. Die tatsächlich erbrachte Reinigungsleistung kann somit in den Daten nicht ermittelt werden.

Es werden sowohl die Konzentration des homogenisierten CSB [mg/l], als auch die Konzentration der abfiltrierbaren Stoffe (AFS in [mg/l]) erfasst.

Eine Übersicht aller relevanten Kennwerte der Probenehmer und Messstellen ist Tabelle 1 zu entnehmen.

Eine räumliche Übersicht über alle Mess- und Probenahmestellen ist der Anlage 3 zu entnehmen.

Tabelle 1 Übersicht der Probenehmer; dargestellt sind die Randbedingungen der Messungen (Sollwerte), die gemessenen Parameter und ggf. die durchgeführten Berechnungen

PN	Daten	Berechnungen	Sollwerte
Ölper	Füllstand Speicher	Schmutzfracht	Anzahl Proben/Ereignis
	Abschlagsmengen		Anzahl beprobare Ereignisse
	Betrieb Speicherpumpen		Probenabstand (gemessen in m ³)
	Analytik Labor		Freigabe Ereignis (Füllstand) und Betrieb Speicherpumpen
			Abbruch Ereignis (Füllstand) und Betrieb Speicherpumpen

PN	Daten	Berechnungen	Sollwerte
Inselwall	Füllstand Geröllfang	Schmutzfracht	Anzahl Proben/Ereignis
	Zulaufmengen PW 128	Abschlagsmenge bei Betrieb P 1-4	Anzahl beprobare Ereignisse
	Betrieb Pumpen 1 - 4		Probenabstand (m ³)
	Analytik Labor		Freigabe Ereignis (Füllstand) und Betrieb P 1-4
			Abbruch Ereignis (Füllstand) und Betrieb P 1-4

PN	Daten	Berechnungen	Sollwerte
Wendenstraße	Füllstand MW-Kanal	Schmutzfracht	Anzahl Proben/Ereignis
	Füllstand Abschlagskanal		Anzahl beprobare Ereignisse
	Analytik Labor		Probenabstand (min)
	Abschlagsmenge bei Abschlag		Freigabe Ereignis (Füllstand)
			Abbruch Ereignis (Füllstand)
			Schwellenhöhe

PN	Daten	Berechnungen	Sollwerte
Grünewaldstraße	Füllstand MW-Kanal	Schmutzfracht	Anzahl Proben/Ereignis
	Füllstand Abschlagskanal	Abschlagsmenge bei Abschlag	Anzahl beprobare Ereignisse
	Unterdrucksensoren Heber	Steigung h/t steigend	Probenabstand (min)
	Analytik Labor	Steigung h/t fallend	Freigabe Ereignis (Füllstand) und Steigung h/t
			Abbruch Ereignis (Füllstand) und Steigung h/t
			Schwellenhöhe (Heber)

3 Auswertung der Messdaten

3.1 Niederschlag

Die Niederschlagsjahr 2023 war das außergewöhnlichste seit Beginn der Niederschlagsmessungen im Jahr 1986. Die Werte der verwendeten Niederschlagsreihen sind Tabelle 2 zu entnehmen. In diesem Jahr wurden 6 Stationen für die Modellierung verwendet, die Station "Klärwerk" wird in den Untersuchungen nicht verwendet. 2023 hatte nur wenige kalte Wintertage und war nahezu ohne Schnee. Der Schneeanteil wird daher in dieser Auswertung vernachlässigt. Insgesamt fielen im Mittel 986mm Niederschlag.

Tabelle 2 Regenhöhen 2023 in mm; kursiv geschriebene Stationen wurden nicht verwendet und die Werte gehen nicht in die Mittelwerte ein

	Abkürzung	Niederschlag gesamt	Schnee	Niederschlag Ohne Schnee
Eisenbütteler Wehr	EW	984	0	984
Fremersdorfer Straße	FD	900	0	900
Grünwaldstraße	GW	996	0	996
<i>Klärwerk</i>	<i>KW</i>	<i>846</i>	<i>0</i>	<i>846</i>
Prinzenweg	PW	930	0	930
Tostmannplatz	TP	1035	0	1035
Weststadt	WS	1068	0	1068
Mittelwert		986	0	986

Es existieren im Stadtgebiet gegenwärtig sieben Regenschreiber. Eine Übersicht ist der Abbildung 1 zu entnehmen.

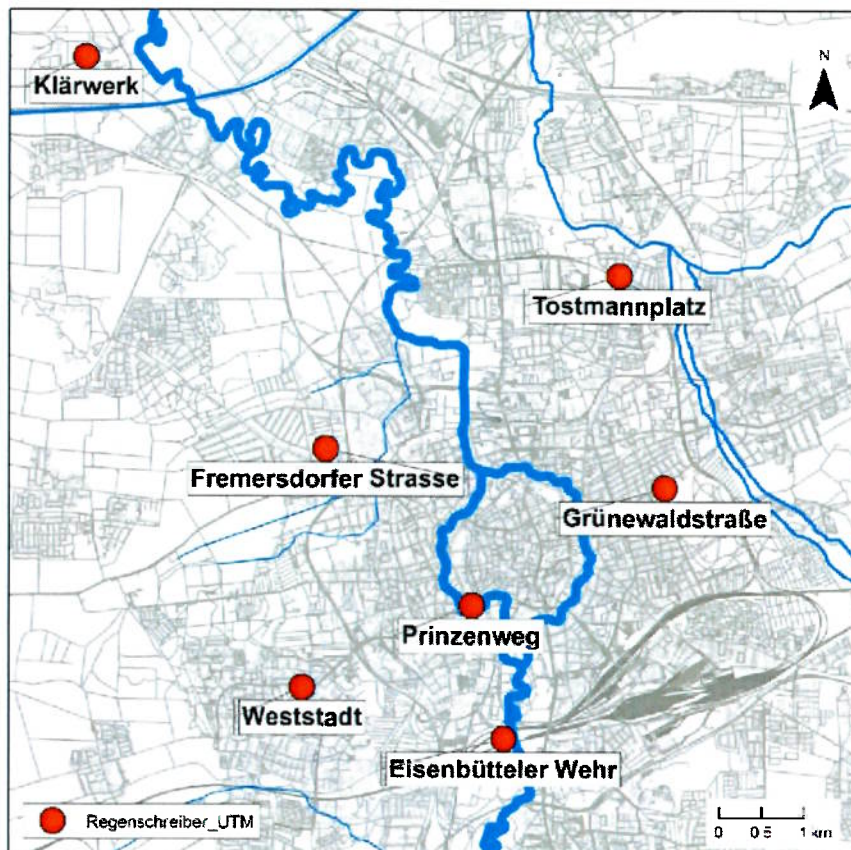


Abbildung 1 Niederschlagsstationen der Stadt Braunschweig

Die Abbildung 2 zeigt die Monatssummen der verwendeten Niederschlagsstationen. Die Niederschlagsmengen im Winter und Frühling waren durchschnittlich. Der Sommer wurde durch den extremen Juni geprägt. Im Juni 2023 fielen je nach Station bis zu 200 mm Niederschlag. Diese Mengen stammen größtenteils aus 2 Ereignissen, auf die an späterer Stelle detailliert eingegangen wird. Der August und der Großteil des Herbstes 2023 waren ebenfalls sehr regenreich. Hierauf folgte dann noch ein sehr regenreicher Frühwinter im Dezember. Die Jahresmenge des Niederschlages insgesamt war außergewöhnlich.

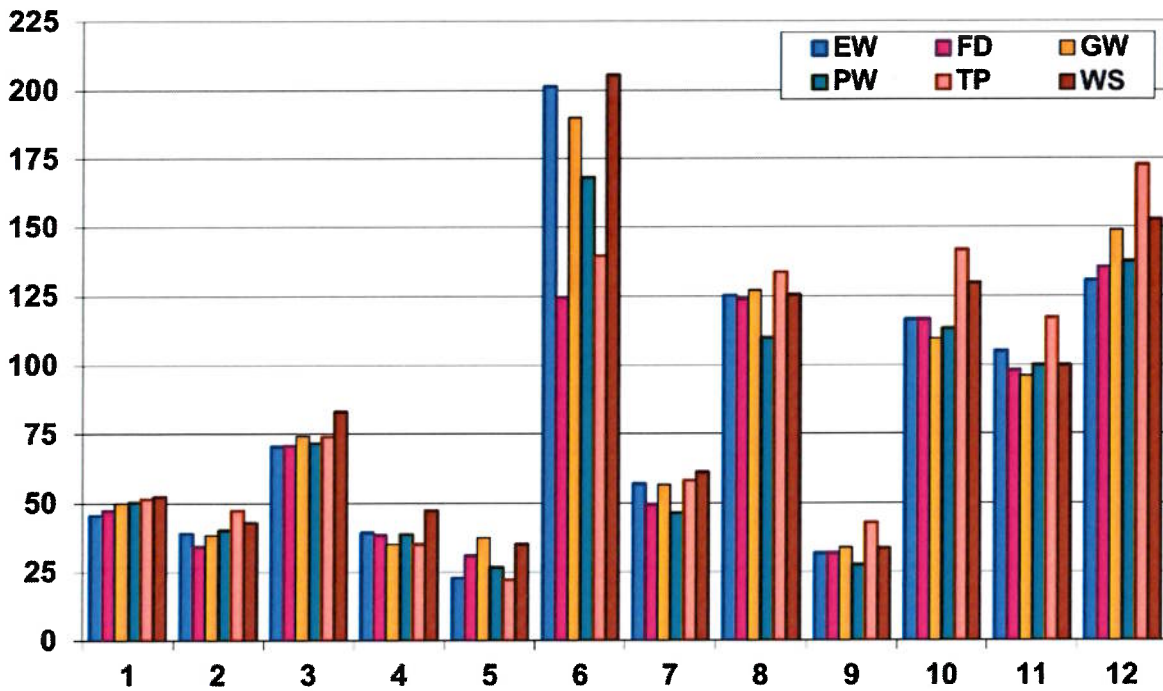


Abbildung 2 Monatssummen [mm] des Niederschlages 2023

Im Juni 2016 erfolgte eine Kalibrierung der Niederschlagsstationen (siehe Schmutzfrachtbericht 2016). Diese wurde durchgeführt, da teilweise große Unterschiede in den Messungen der Stationen festgestellt wurden. In diesem Zusammenhang erfolgte 2014 bereits eine Anpassung der Standorte einiger der Niederschlagsstationen (Fremersdorfer Straße und Eisenbütteler Wehr/Bürgerpark).

Die bereits 2020 beschlossene Neupositionierung der Stationen Weststadt und Fremersdorfer Straße muss daher dringend vorangetrieben werden.

Im Jahr 2023 gab es relativ viele relevante Niederschlagsereignisse. Dennoch wurde das Niederschlagsjahr vor allem von einem sehr extremen Ereignis geprägt. Dies ist das Niederschlagsereignis vom 22.06.2023. Als Referenz wird hier vor allem die Station Prinzenweg betrachtet.

Tabelle 3 bis 5 zeigen die relevanten Ereignisse des Jahres 2023. An den Werten ist gut zu erkennen, wie unterschiedlich die Ereignisse an verschiedenen Stationen sind. Dies erklärt auch, warum eine Berücksichtigung mehrerer Stationen in der Modellierung sinnvoll ist. Die dargestellten Ereignisdauern beziehen sich auf die Station Prinzenweg.

Tabelle 3 Übersicht über die großen Regenereignisse im Jahr 2023 - Gesamtsumme

Relevante Ereignisse Gesamtsumme [mm]							
Datum	EW	FD	GW	PW	TP	WS	Dauer [hh:min]
19.02.2023	9.7	10.5	10.1	9.6	12.4	11.3	4.50
11.05.2023	0.0	5.8	16.4	1.6	1.6	5.8	0.33
22.05.2023	6.0	7.1	7.7	7.1	7.7	8.6	4.25
10.06.2023	6.7	0.0	2.0	4.9	0.0	4.9	1.33
22.06.2023	105.8	55.0	107.1	89.5	45.6	113.0	3.75
23.06.2023	58.8	41.3	52.0	46.9	69.5	58.8	11.33
30.06.2023	21.1	16.7	19.9	17.9	17.0	20.5	3.50
29.07.2023	7.6	11.6	12.2	6.8	17.5	11.9	0.83
02.08.2023	14.0	13.2	15.3	14.0	19.8	14.2	0.75
12.08.2023	20.6	0.1	8.7	9.1	1.1	10.8	2.50
16.08.2023	0.0	24.1	0.0	0.0	1.0	0.0	0.67
17.08.2023	17.0	18.5	25.1	17.4	24.6	18.8	2.17
25.08.2023	9.1	8.2	8.2	8.0	11.1	9.8	1.83
12.09.2023	4.4	4.4	3.5	5.0	8.6	5.8	0.83
13.09.2023	17.2	17.2	22.6	14.9	23.4	15.1	2.58
20.12.-29.12. 2023	88.5	85.1	89.2	91.9	113.5	99.8	278.17

Das relevanteste Ereignis im Jahr 2023 fand am 22.06. statt. Es hatte je nach Gebiet eine Dauer von ca. 3,75 Stunden. In diesem Zeitraum wurden an der Messstelle Grünwaldstraße ca. 107 mm gemessen, auch an anderen Stationen in Braunschweig wurden Werte größer 100 mm gemessen.

Der gemessene größte Stundenwert beträgt 86,2 mm an der Grünwaldstraße. Die höchste Jährlichkeit, die die KOSTRA 2020 anführen ist 100 Jahre (Wiederkehrintervall $T=100a$). Der KOSTRA 2020-Wert für $T=100a$ und eine Niederschlagsdauer von 60 Minuten beträgt 46,1mm. Das Ereignis vom 22.06. überschreitet diesen Wert also sehr deutlich. Der größte gemessene 5-Minutenwert beträgt 23,2 mm ($T\approx 3a$) an der Station Prinzenweg. Der KOSTRA 2020 Vergleichswert für $T=100a$ ist 21 mm in 5 Minuten. Das Ereignis war sehr heterogen und die großen Werte sind vorwiegend im zentralen Bereich der Stadt aufgetreten, aber auch in den Außenbezirken war es ein sehr signifikantes Niederschlagsereignis.

Während des Ereignisses kam es im Innenstadtbereich Braunschweigs weitreichend zu signifikanten Überlastungen des Kanalnetzes, massiven Überflutungen und zu sehr vielen Feuerwehreinsätzen. Es ist das extremste Niederschlagsereignis in der erfassten Geschichte der Stadt Braunschweig. Es kam hierbei auch zu massiven Mischwasserabschlägen, auf die an späterer Stelle eingegangen wird.

Tabelle 4 Übersicht über die großen Regenereignisse im Jahr 2023 -1-Stundensumme

Relevante Ereignisse maximale 1-Stundensumme [mm]						
Datum	EW	FD	GW	PW	TP	WS
19.02.2023	5.9	7.2	6.7	6.1	6.8	6.6
11.05.2023	0.0	5.8	16.4	1.6	1.6	5.8
22.05.2023	3.2	4.1	4.3	4.1	4.3	5.2
10.06.2023	6.5	0	1.3	4.4	0	4.4
22.06.2023	83.7	37.8	86.2	71.4	27.5	92.4
23.06.2023	17.7	11.3	13.7	13.8	15.4	16.8
30.06.2023	14.7	8.5	13	10.9	7.8	10.8
29.07.2023	6.9	10.1	11.5	6.8	15.9	9.9
02.08.2023	14	13.1	15.3	14	19.8	14.2
12.08.2023	15.3	0.1	4.3	5.4	0.8	5.9
16.08.2023	0	24.1	0	0	1	0
17.08.2023	13.8	14.1	19.7	13.9	18.1	14.2
25.08.2023	7.8	6.7	6.8	6.7	9.3	8.1
12.09.2023	4.4	4.4	3.5	5	8.6	5.8
13.09.2023	9.1	9.1	10.9	7.7	11.2	7.2
20.12.-29.12 .2023	5.9	8.6	8.9	7.8	11.8	6.7

Direkt am nächsten Tag, dem 23.06. kam es wieder zu einem signifikanten Niederschlagsereignis. Die Gesamtsumme am Tostmannplatz betrug 69,5 mm in 11,3h. Der größte Stundenwert am Prinzenweg hatte mit 13,7 mm eine Jährlichkeit von kleiner 1 Jahr und der größte 5-Minutenwert hatte mit 2,5 mm eine Jährlichkeit von ebenfalls kleiner 1 Jahr.

Das dritte relevante Ereignis fand am 17.08. statt. Die Gesamtsumme am Prinzenweg betrug 24,6 mm in 2,2h. Der größte Stundenwert hatte mit 19,7 mm an der Grünwaldstraße eine Jährlichkeit von ca. 2 Jahren und der größte 5-Minutenwert hatte mit 5,3 mm eine Jährlichkeit von kleiner 1 Jahr.

Tabelle 5 Übersicht über die großen Regenereignisse im Jahr 2023 - 5-Minutensumme

Relevante Ereignisse maximale 5-Minutensumme [mm]						
Datum	EW	FD	GW	PW	TP	WS
19.02.2023	1.2	1.4	1.1	1.3	1.2	1.3
11.05.2023	0.0	3.5	6.6	1.2	1.2	3.5
22.05.2023	0.4	0.7	0.6	0.7	0.6	0.7
10.06.2023	2.9	0.0	0.7	2.1	0.0	2.1
22.06.2023	20.3	12.0	23.2	16.8	10.1	28.1
23.06.2023	2.8	1.4	2.5	1.9	2.2	3.6
30.06.2023	2.5	1.3	2.7	2.1	1.0	2.4
29.07.2023	0.9	1.4	2.1	1.5	2.6	2.1
02.08.2023	4.3	3.5	4.6	4.3	6.2	2.7
12.08.2023	6.4	0.1	3.2	4.1	0.5	4.9
16.08.2023	0.0	8.3	0.0	0.0	0.4	0.0
17.08.2023	3.0	3.4	5.3	4.1	4.3	2.9
25.08.2023	2.5	2.0	2.2	2.6	3.3	2.1
12.09.2023	1.3	1.3	0.8	1.9	3.6	1.0
13.09.2023	2.5	2.5	2.8	2.8	3.6	1.4
20.12.-29.12. .2023	2.2	2.2	1.4	4.3	3.8	3.8

Im Dezember kam es zu einer langanhaltenden Niederschlagsserie mit geringen und mittleren Intensitäten. Insgesamt fielen zwischen dem 20.12. und dem 29.12. zwischen 90 mm und 110 mm Niederschlag. Gleichzeitig kam es zu einem relevanten Hochwasserereignis. Dies stellte das RW-Kanalnetz eigentlich nicht vor große Herausforderungen. Da aber Teile des SW-Netzes über einen langen Zeitraum überstaut waren und durch die extrem hohen Grundwasserstände weiteres Fremdwasser in das Kanalnetz kam, kam es an den Pumpwerken Ölper und Inselwall während der stärkeren Niederschlagsintensitäten teilweise zu Abschlügen. Dies konnte mit dem Modell nicht abgebildet, aber anhand der Messdaten dennoch erfasst werden.

Die Fremdwassereinflüsse während des Hochwasserereignisses wurden intern in der SE|BS ausgewertet und weiterhin im Rahmen einer Masterarbeit untersucht.

3.2 Abflussmessungen und Probenahmen

Wie bereits im Abschnitt 1 erläutert, gibt es vier Probenahmestationen. Die Tabellen 6 und 7 zeigen die Ergebnisse der Probenahme im Jahr 2023. In den folgenden Unterkapiteln erfolgt eine weitere Diskussion. Die Lage der Stationen ist der Übersicht in Anlage 3 zu entnehmen.

Tabelle 6 Übersicht der beprobten Abschlagsereignisse der Messstellen [mg/l]

Messstelle Ereignis	P1		P2		P5		P7	
	AFS	CSB	AFS	CSB	AFS	CSB	AFS	CSB
19.02.2023							170	100
14.03.2023							220	130
22.06.2023	133	129	160	159	31	71	480	333
30.06.2023	220	230					140	120
29.07.2023							360	260
02.08.2023	17	34					110	135
03.08.2023							110	135
12.08.2023							150	140
17.08.2023	100	88						
25.08.2023							360	260
30.08.2023							72	33
12.09.2023	34	54					87	64
03.10.2023							370	150
09.10.2023							110	63
12.10.2023							69	35
19.10.2023							78	43
20.10.2023							39	21
19.11.2023							66	35
23.11.2023							77	41
09.12.2023							270	190
10.12.2023							110	70

Tabelle 7 Mittelwerte der beprobten Abschlagsereignisse der Messstellen [mg/l]

Messstelle	P1		P2		P5		P7	
	AFS	CSB	AFS	CSB	AFS	CSB	AFS	CSB
Mittelwert 2023	151	149	160	159	31	71	172	118
Mittelwert 2022	270	360	-	-	50	144	140	149
Mittelwert 2021	326	272	213	393	40	87	112	94
Mittelwert 2020	-	-	208	459	36	104	169	154
Wert aus 2019	183	336	213	480	75	128	127	111
Wert aus 2018	388	439	-	-	66	64	218	193
Wert aus 2017	181	281	271	493	49	121	141	116
Wert aus 2016	195	280	203	410	-	-	178	164
Wert aus 2015	245	358	-	-	48	102	95	115
Wert aus 2014	231	258	259	572	45	125	177	179
Wert aus 2013	112	127	167	324	75	140	190	165
Langjähriges Mittel	237	301	219	447	54	113	155	144

3.2.1 Messstelle Heberwehr Wilhelm-Bode-Straße / Grünwaldstraße (P1)

Es wurden nur fünf Abflussereignisse beprobt. Hierunter war das relevanteste Ereignis vom 22.06.2023 und auch das Ereignis vom 17.08.2023. 2 der beprobten Ereignisse wurden nicht berücksichtigt, da die gemessenen Konzentrationen außergewöhnlich niedrig waren (02.08.2023 und 12.09.2023).

Die gemessenen Werte 2023 waren stark unterdurchschnittlich (CSB im Mittel bei 149 mg/l; AFS im Mittel bei 151 mg/l).

Im Jahr 2012 wurde die Messmethodik umgestellt (Probenahme am Scheitel, statt an der Sohle, siehe Abschnitt 2). Durch diese Änderung wird seit dem Jahr 2012 das tatsächlich abgeschlagene Wasser beprobt, welches deutlich niedrigere Konzentrationen aufweist als das Wasser im Sohlbereich des Mischwasserkanals.

Es konnten anhand der Daten keine sicheren Rückschlüsse über den Einfluss des Probenahmezeitpunktes auf die Konzentrationen getroffen werden. Es ist aber anzunehmen, dass es wichtig ist, stets möglichst das komplette Ereignis zu beproben. Dies gilt selbstverständlich auch für die übrigen Messstellen.

3.2.2 Messstelle Wendenstraße (P2)

Es wurde nur ein Abflussereignis beprobt. Dies war das Ereignis vom 22.06.2023. Die gemessenen Werte 2023 waren stark unterdurchschnittlich (CSB im Mittel bei 159 mg/l; AFS im Mittel bei 160 mg/l).

3.2.3 Messstelle Abwasserpumpwerk Ölper (P5)

Auch am Pumpwerk wurde nur ein Abflussereignis beprobt. Auch hier war dies das Ereignis vom 22.06.2023. Die gemessenen Werte 2023 waren unterdurchschnittlich (CSB im Mittel bei 71 mg/l; AFS im Mittel bei 31 mg/l).

In diesem Jahr werden wieder, wie seit 2013 üblich, für die Berechnungen die gemessenen Abschlagsmengen verwendet und keine Modelldaten.

3.2.4 Messstelle Pumpwerk Inselwall (P7)

Am Pumpwerk Inselwall stehen seit 2012 verwertbare Probenahmedaten und Abflussmessungen des abgeschlagenen Wassers zur Verfügung.

Es wurden insgesamt 20 Abschlagsereignisse beprobt. Die Werte der CSB-Konzentrationen sind in diesem Jahr leicht unterdurchschnittlich (CSB im Mittel bei 118 mg/l; AFS im Mittel bei 172 mg/l). Die Werte liegen mit wenigen Ausnahmen im Bereich von 50 bis 250 mg/l.

In diesem Jahr werden wieder, wie seit 2013 üblich, direkt die gemessenen Abschlagsmengen verwendet. Die meisten relevanten Abschlagsereignisse des Jahres 2023 (siehe Tabelle 6) und auch die Ereignisse vom 22.06., sowie vom 17.08. wurden beprobt.

Aufgrund der hohen Anzahl Messungen am Pumpwerk und da an dieser Stelle nahezu alle Abschlüge des Einzugsgebiets BS-Innenstadt zusammenfließen, wird diese Messstelle als die geeignetere zur Erfassung der Schmutzfracht der Innenstadt angesehen als die früher verwendete Messstelle P1. Zwei weitere Abschlagsstellen im Gebiet werden nicht durch die Messstelle erfasst, für diese werden weiterhin die Konzentrationen der Messstelle P1 verwendet.

In diesem Jahr werden wieder wie üblich für die Berechnungen die gemessenen Abschlagsmengen verwendet und keine Modelldaten.

3.3 Schmutzbelastung

Die verwendeten Werte der mittleren Konzentrationen des Abschlagswassers finden sich zusammengefasst in der Tabelle 8.

Zur Bestimmung der Schmutzfrachten der Mischwasserabschlüge der Entlastungsstellen im östlichen Ringgebiet werden die am Standort Wilhelm-Bode-Straße ermittelten Konzentrationen verwendet. Für die Abschlüge der Einleitstelle A015 (Innenstadt) werden die Werte des Pumpwerks Inselwall verwendet. Die Schmutzfrachten der restlichen Abschlagsstellen der Innenstadt und des westlichen Ringgebietes werden mit Werten der Messstelle Wendenstraße berechnet. Am Pumpwerk Ölper kommen die am Pumpwerk selbst ermittelten Werte zum Einsatz. Für die Messstelle P1 wurden aufgrund des Fehlens aktueller Werte die Werte des langjährigen Mittels verwendet.

Tabelle 8 Mittlere Konzentrationen der Belastung

Region		AFS [mg/l]	CSB [mg/l]
P1	Grünwaldstraße / Wilhelm-Bode-Straße	151	149
P2	Wendenstraße	160	159
P5	PW Ölper	31	71
P7	PW Inselwall	172	118

4 Schmutzfrachtberechnungen für das Jahr 2023

Zur Berechnung aller relevanten Abflussereignisse wurde das Kanalnetzmodell „Mike Urban“ verwendet. Aus den Ergebnissen des Modells konnten die resultierenden Abschlagsvolumina für Gebiete ohne Abflussmessungen bestimmt werden. Mit Hilfe der durch Probenahmen bestimmten charakteristischen Konzentrationen konnte somit die Gesamtmenge der Schmutzfracht bestimmt werden. An den Abschlagsstellen am Pumpwerk Inselwall und Ölper werden gemessene Abschlagsmengen verwendet und keine Modelldaten.

Für die Berechnungen wurden 78 Regenereignisse ausgesucht. Diese wurden anhand der Ereignisvolumina und – intensitäten ausgewählt.

Das Berechnungsmodell umfasst das gesamte Mischwassereinzugsgebiet. Ebenfalls berücksichtigt werden Randgebiete, die im Trennsystem entwässert werden, aber Beiträge zum Mischwasser liefern (Regen- und Schmutzwasser). Die versiegelte Fläche entspricht der des Vorjahres. Es wird eine versiegelte Gesamtfläche von 311 ha angesetzt.

4.1 Niederschlagsbelastung

Für eine höhere Genauigkeit wurde eine ungleiche Überregnung des Mischwassereinzugsgebietes berücksichtigt. Das Vorgehen hierfür wurde mit dem Schmutzfrachtbericht 2014, dank neuer Softwarefunktionalität, geändert, so dass mittlerweile mehrere Niederschlagsstationen in einem Rechenlauf berücksichtigt werden. Hierfür wurden die im Abschnitt 3 vorgestellten Niederschlagsstationen verwendet (die verwendeten Abkürzungen wurden in Tabelle 2 eingeführt). Den Einzugsgebieten wird die jeweils nächste Niederschlagsstation zugewiesen. Früher musste aus rechentechnischen Gründen für jede Niederschlagsstation ein eigener Rechenlauf verwendet werden und es wurden für die verschiedenen Kanalstränge die unterschiedlichen Rechenläufe ausgewertet. Das neue Vorgehen ist als genauer einzustufen.

Der Effektivniederschlagsanteil wird mit dem Abflussmodell bestimmt. Dieser Wert gibt den Anteil des Niederschlages an, der modelltechnisch direkt zum Abfluss kommt. Der Schneeanteil ist nicht im Effektivniederschlag enthalten.

Wie eingangs bereits erwähnt, war das Niederschlagsjahr 2023 absolut außergewöhnlich. Neben dem bereits ausführlich diskutierten Extremereignis vom 22.06. und dem Hochwasser-Dauerregen Ende Dezember war auch der Rest des Jahres sehr niederschlagsreich. Dies führte dazu, dass das Jahr 2023 das regenreichste Niederschlagsjahr seit Beginn der Niederschlagsmessungen der Stadtentwässerung Braunschweig im Jahr 1986 war. Dies ist in Abbildung 3 dargestellt, indem durch eine rote Linie das Jahr 2023 mit dem bisherigen Rekordjahr 2002 verglichen wird.

Abbildung 4 vergleicht die Monatssummen des Niederschlages vom Jahr 2023 mit dem langjährigem Mittel der Monatssummen. Es ist deutlich zu erkennen, wie außergewöhnlich sowohl der Juni als auch der Spätherbst/Frühwinter des Jahres 2023 waren.

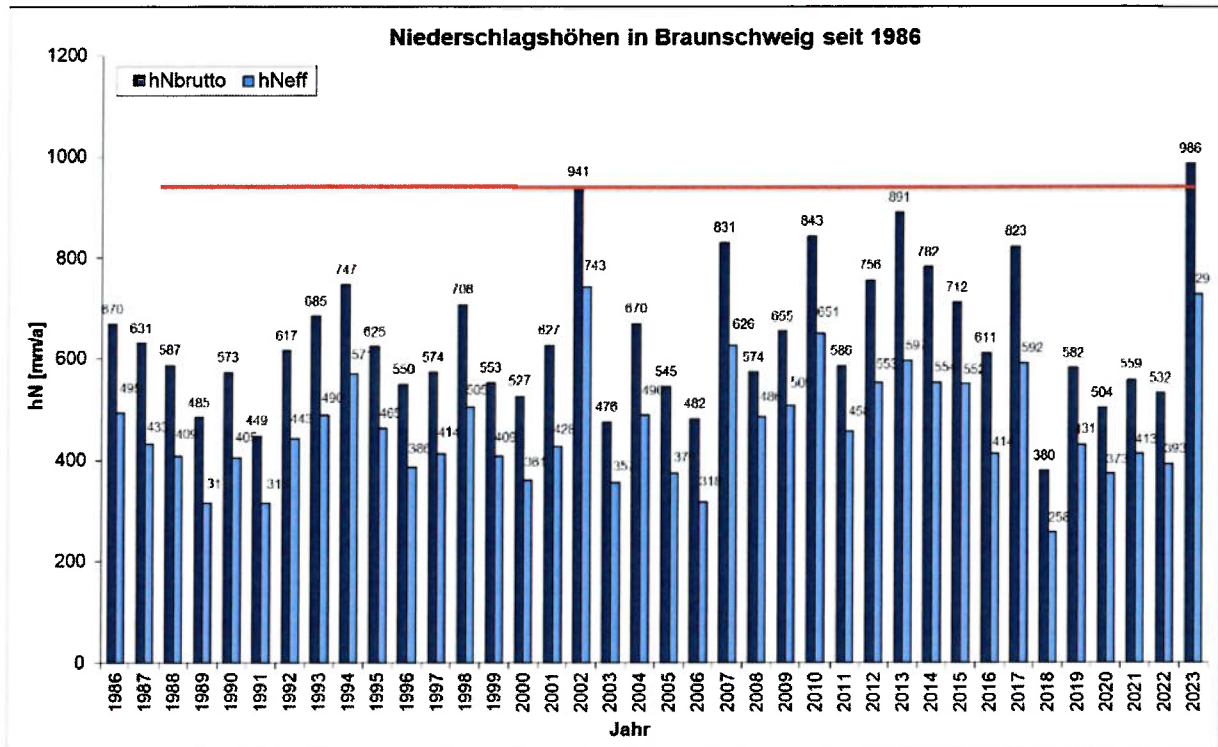


Abbildung 3 Niederschlagshöhen in Braunschweig von 1986 bis 2022 (1986 bis 2006 bestimmt durch die Ingenieures. Macke; 2007 bis 2009 durch die SE|BS auf Basis des Regenschreibers PW; 2010 bis 2014 durch die SE|BS als Mittelwert von PW und GW/TP); 2015 als Mittelwert von EW, GW, PW, TP und WS; 2020 als Mittelwert von EW, FD, GW, PW und TP; 2016 bis 2019, sowie 2021 bis 2023 als Mittelwert von EW, FD, GW, PW, TP und WS; hNbrutto – gemessene Niederschläge; hNeff – Effektivniederschläge

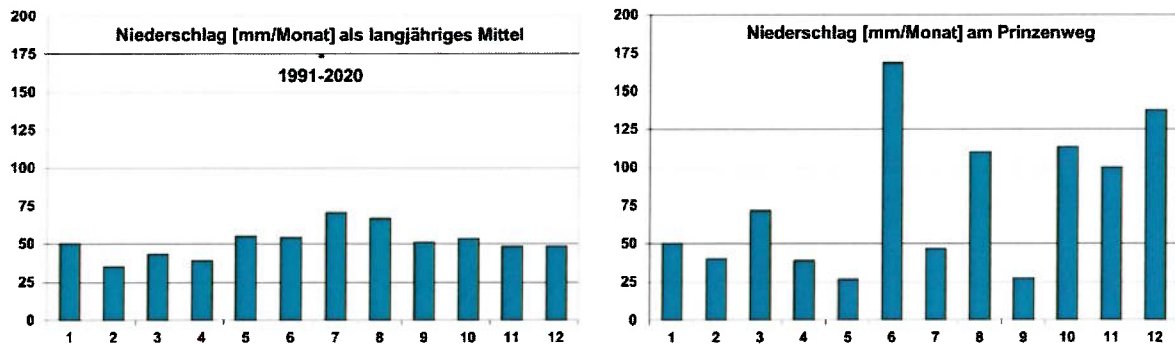


Abbildung 4 Gegenüberstellung der monatlichen Niederschlagshöhen im langjährigen Mittel (Datenquelle: Weltorganisation für Meteorologie; https://www.nodc.noaa.gov/archive/arc0216/0253808/1.1/data/0-data/Region-6-WMO-Normals-9120/Germany/CSV/Braunschweig_10348.csv) und monatlichen Niederschlagshöhen des Jahres 2023

Tabelle 9 zeigt die für die Modellierung verwendeten gemessenen Regenhöhen (brutto) und den zugehörigen Nettoanteil (Effektivniederschlag) des Jahres 2023. Auch Abbildung 3 zeigt die langjährige Reihe der Brutto- und Effektivniederschläge.

Tabelle 9 Netto-Niederschlag 2023 in mm

Station	Niederschlag brutto	Schnee	Niederschlag ohne Schnee	Niederschlag Netto
Eisenbütteler Wehr	984	0	984	728
Fremersdorfer Straße	900	0	900	666
Grünewaldstraße	996	0	996	737
Prinzenweg	930	0	930	688
Tostmannplatz	1035	0	1035	766
Weststadt	1068	0	1068	791

4.2 Ergebnisse der Schmutzfrachtberechnung 2023

Der Jahresniederschlag im Jahr 2023 war ein für Braunschweig extrem niederschlagsreiches Jahr. Es gab ein außergewöhnliches Extrem-Niederschlagsereignis am 22.06.2023 und die Anzahl weiterer großer abschlagsrelevanter Ereignisse war überdurchschnittlich hoch. Als Folge war auch die Summe der Abschlagsmengen außergewöhnlich hoch. Die gemessenen CSB-Konzentrationen waren insgesamt unterdurchschnittlich im Vergleich zu den Vorjahren.

Es ergibt sich eine im Vergleich zu den Vorjahren erhöhte Menge an CSB-Fracht und abfiltrierbaren Stoffen.

Die Summe der versiegelten Flächen ergibt sich aus den Vorjahreswerten. Die versiegelten Flächen des MW-Kanalnetzes betragen 311 ha. Dieser Wert ergibt sich aus 233 ha an MW-Kanälen angeschlossenen Flächen und 78 ha weiterer Flächen. Die weiteren Flächen ergeben sich aus den in das MW-Netz mündenden Trennkanalisations-Flächen.

Tabelle 10 zeigt die Werte der Abschlagsvolumina, -konzentrationen und die sich hieraus ergebenden Schmutzfrachten.

Tabelle 10 Jahressummen der Entlastungsvolumen und –frachten des Braunschweiger Mischwassernetzes im Jahr 2023, ermittelt anhand von Modellrechnungen, A_{red}=311 ha

Einzugsgebiet	Entlastungs-	Konzentrationen		Schmutzfrachten	
	volumen	AFS	CSB	AFS	CSB
	ΣQ_{ab} [m ³ /a]	[mg/l]	[mg/l]	[kg/a]	[kg/a]
BS-Ost	269,912	151	149	40,787	40,247
Einleitstelle A015*	111,523	172	118	19,224	13,149
BS-Innenstadt (ohne A15)	4,743	160	159	760	754
BS-West	10,408	160	159	1,669	1,655
PW Ölper*	114,262	31	71	3,571	8,084
Gesamtnetz	510,848			66,010	63,888
spezifische Entlastungsfracht [kg/(ha*a)] mit A_{red}=311 ha				208	205
* verwendet werden hier die direkt gemessenen Abschläge					

Es ist zu erkennen, dass für das Jahr 2023 trotz der extremen Niederschlagsverhältnisse der zulässige Höchstwert der Jahressummen der CSB-Entlastungsfracht von $250 \text{ kg}/(\text{ha}_{\text{Ared}} * \text{a})$ mit einem Wert von $205 \text{ kg}/(\text{ha}_{\text{Ared}} * \text{a})$ unterschritten wird.

Es ist bei der Betrachtung der Ergebnisse zu erwähnen, dass ca. 60% der Mischwasserabschläge während des Niederschlagsereignisses vom 22.06. auftraten. Während dieses Ereignisses wurden ca. 306.000 m³ abgeschlagen.

Weiterhin ist zu erwähnen, dass ca. 82.000 m² während des Hochwasserereignisses im Dezember abgeschlagen wurden. Diese Abschläge erfolgten nahezu komplett am Pumpwerk Ölper.

Es muss an dieser Stelle auch festgehalten werden, dass die Konzentrationen an den Probenahmestellen Grünwaldstraße und Wendenstraße dieses Jahr sehr gering waren und auch die Konzentrationen an den Pumpwerken Inselwall und Ölper geringer als in normalen Jahren waren. Da die Konzentration der Probenahmestelle Grünwaldstraße die Schmutzfrachten im Bereich BS-Ost (östliches Ringgebiet) bestimmen, ist dies maßgeblich verantwortlich dafür, dass der Grenzwert im Jahr 2023 eingehalten wurde. Die niedrigen gemessenen Konzentrationen sind wahrscheinlich zu einem Großteil in der absoluten Dominanz der Mischwasserabschläge im Jahr 2023 durch das Ereignis vom 22.06. begründet.

5 Zusammenfassung

Es ergibt sich für das Jahr 2023 im Mischwassernetz rechnerisch eine mittlere jährliche CSB-Entlastungsfracht von $205 \text{ kg}/(\text{ha}_{\text{Ared}} * \text{a})$. Dieser Wert unterschreitet den von der Stadt Braunschweig für die MW-Entlastungseinleitung vorgegebenen Grenzwert von $250 \text{ kg}/(\text{ha}_{\text{Ared}} * \text{a})$.

Aufgestellt:

Braunschweig, den 30.09.2024



Aslan Belli

Stadtentwässerung Braunschweig GmbH

