



Machbarkeitsstudie zur Bewertung und Minderung der Auswirkungen von Schwallbelastungen an der Möll

Wien, Juni 2025

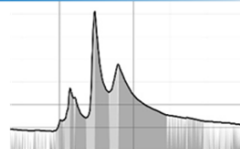
Auftraggeber

Gemeinden
Mühldorf, Reißeck, Obervellach,
Mallnitz, Flattach und Stall
Landesfischereiverband Kärnten
Tourismusverband Obervellach-Reißeck

Auftragnehmer

DI Dr. Franz Greimel
Ingenieurbüro für Kulturtechnik
und Wasserwirtschaft
Bäuerlegasse 29/30
1200 Wien

Franz Greimel
Ingenieurbüro für
Kulturtechnik und
Wasserwirtschaft



Zitiervorschlag

Greimel, F. & B. Zeiringer (2025): Machbarkeitsstudie zur Bewertung und Minderung der Auswirkungen von Schwallbelastungen an der Möll, 254 Seiten, Wien.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	5
1 Einleitung und Zielsetzung.....	8
2 Bewertungsgrundlagen.....	10
2.1 Bewertung von geringen Wasserführungen.....	10
2.2 Bewertung von Schwallbelastungen.....	11
2.2.1 Ereignisdefinition und -erfassung.....	11
2.2.2 Eulersche und Lagrangesche Perspektive.....	13
3 Überblick über den Istzustand der Möll.....	15
3.1 Belastung durch geringe Wasserführungen.....	15
3.1.1 Restwasser - Winklern.....	17
3.1.2 Basisabfluss – Flattach.....	17
3.1.3 Schlussfolgerungen zur Belastung durch geringe Wasserführungen.....	19
3.2 Schwallbelastung.....	19
3.2.1 Kurzfristiges Abflussregime - Winklern.....	20
3.2.2 Kurzfristiges Abflussregime - Flattach.....	24
3.2.3 Kurzfristiges Abflussregime - Kolbnitz.....	28
3.2.4 Schlussfolgerungen zur Schwallbelastung.....	32
3.3 Fischökologie.....	33
4 Minderung der Belastung durch geringe Wasserführungen.....	35
4.1 Mindestabfluss-Szenario 1.....	35
4.2 Mindestabfluss Szenario 2.....	36
4.3 Mindestabfluss Szenario 3.....	38
4.3.1 Schlussfolgerung - Ökologisch notwendiger Mindestabfluss.....	39
5 Minderung der Schwallbelastung.....	40
5.1 Untersuchungsraum.....	40
5.1.1 Abgrenzung des Untersuchungsraumes.....	40
5.1.2 Morphologische Strukturgüte.....	42
5.2 Schwallrouting.....	43
5.2.1 Maßnahmentypen und Wirkungsszenarien.....	44
5.2.2 Abflussbezogenes Routing.....	50
5.2.3 Wasserstandsbezogenes Routing.....	54
5.2.4 Spezifische Maßnahmen.....	73
5.3 Ökologische Bewertung.....	79
5.3.1 Bewertungskriterien.....	80

5.3.2	Hydrologische Intensitätsbereiche und Gewichtung	82
5.3.3	Szenarienbewertung	83
5.3.4	Maßnahmenbewertung	84
5.3.5	Schlussfolgerungen der ökologischen Bewertung	91
5.4	Energiewirtschaftliche Bewertung	92
5.4.1	Schlussfolgerungen der energiewirtschaftlichen Bewertung	93
5.5	Schlussfolgerungen zur Minderung der Schwallbelastung	94
6	Schlussfolgerungen	96
7	Literatur	98
8	Abbildungsverzeichnis	100
9	Tabellenverzeichnis	114
10	Anhang	116
10.1	Auswertung des hydrodynamischen Modelles	116
10.1.1	Restwasser	116
10.1.2	Schwall	123
10.2	Maximale Schwallintensität im Regelbetrieb	126
10.2.1	Bezug Minutenwerte	126
10.2.2	Bezug 15-Minuten-Mittelwerte	127
10.3	KW Gößnitz, HydroRoute	128
10.4	KW Außerfragant, HydroRoute	134
10.5	KW Gößnitz, Anpassung abflussbezogener Retentionskurven	140
10.6	KW Außerfragant, Anpassung abflussbezogener Retentionskurven	141
10.7	KW Gößnitz, Wasserstandsbezogene Routingergebnisse	142
10.7.1	KW Gößnitz, Szenario F	142
10.7.2	KW Gößnitz, Szenario E	147
10.7.3	KW Gößnitz, Szenario D	152
10.7.4	KW Gößnitz, Szenario C	157
10.7.5	KW Gößnitz, Szenario B1	162
10.7.6	KW Gößnitz, Szenario B2	167
10.7.7	KW Gößnitz, Szenario B3	172
10.7.8	KW Gößnitz, Zusammenfassung der Routingergebnisse	177
10.8	KW Gößnitz, Interpretation der einzelnen Szenarien	180
10.8.1	KW Gößnitz, Szenario F	180
10.8.2	KW Gößnitz, Szenario E – Maximalintensität 75% von Szenario F	182
10.8.3	KW Gößnitz, Szenario D – Maximalintensität 50% von Szenario F	184
10.8.4	KW Gößnitz, Szenario C – Maximalintensität 25% von Szenario F	186
10.8.5	KW Gößnitz, Szenario B1 – Maximalintensität 12,5% von Szenario F	188
10.8.6	KW Gößnitz, Szenario B2 – Maximalintensität 6% von Szenario F	190

10.8.7	KW Gößnitz, Szenario B3 – Maximalintensität 3% von Szenario F	192
10.8.8	KW Gößnitz, Szenario A – Totalausleitung der Schwallwellen	194
10.9	KW Außerfragant, Wasserstandsbezogene Routingergebnisse	195
10.9.1	KW Außerfragant, Szenario F	195
10.9.2	KW Außerfragant, Szenario E	200
10.9.3	KW Außerfragant, Szenario D.....	205
10.9.4	KW Außerfragant, Szenario C.....	210
10.9.5	KW Außerfragant, Szenario B1	215
10.9.6	KW Außerfragant, Szenario B2	220
10.9.7	KW Außerfragant, Szenario B3	225
10.9.8	KW Außerfragant, Zusammenfassung der Routingergebnisse	230
10.10	KW Außerfragant, Interpretation der einzelnen Szenarien	234
10.10.1	KW Außerfragant, Szenario F	234
10.10.2	KW Außerfragant, Szenario E – Maximalintensität 75% von Szenario F	235
10.10.3	KW Außerfragant, Szenario D – Maximalintensität 50% von Szenario F.....	237
10.10.4	KW Außerfragant, Szenario C – Maximalintensität 25% von Szenario F.....	239
10.10.5	KW Außerfragant, Szenario B1 – Maximalintensität 12,5% von Szenario F	241
10.10.6	KW Außerfragant, Szenario B2 – Maximalintensität 6% von Szenario F	243
10.10.7	KW Außerfragant, Szenario B3 – Maximalintensität 3% von Szenario F	245
10.10.8	KW Außerfragant, Szenario A – Totalausleitung der Schwallwellen.....	247
10.11	Ergebnisse der energiewirtschaftlichen Bewertung.....	249
10.12	Anmerkungen zur Gewässernutzung Rafting	254

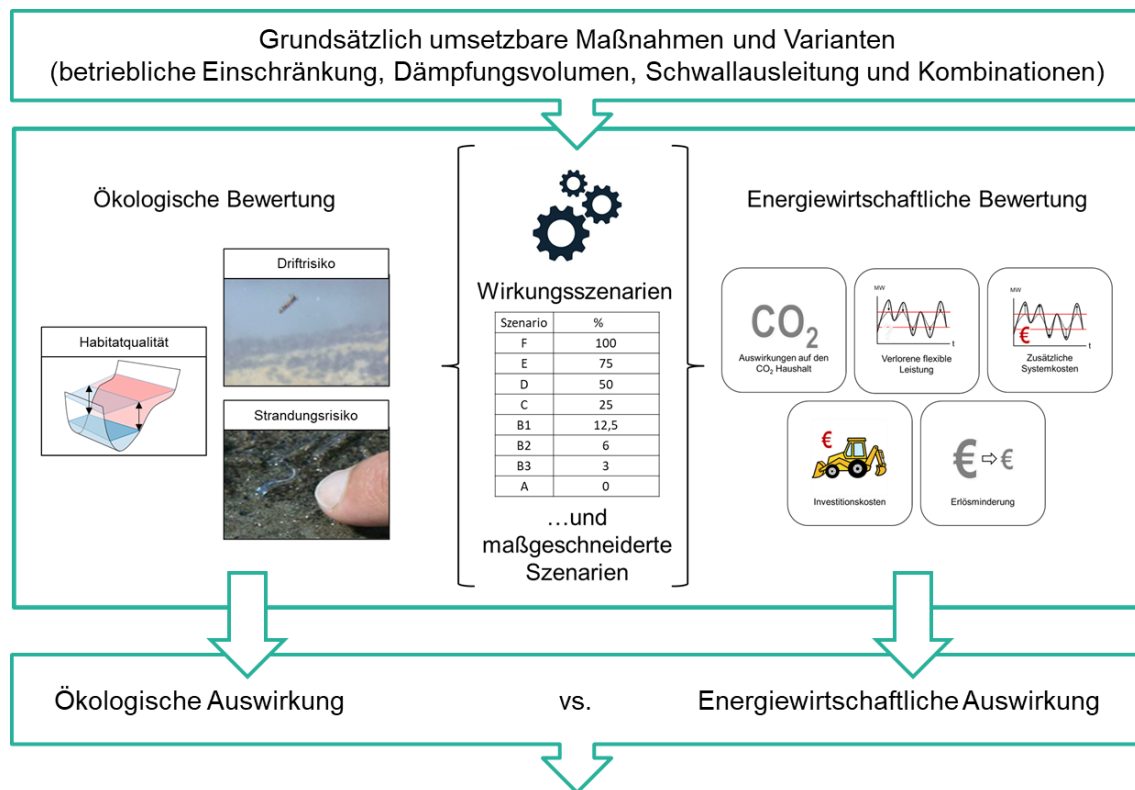
1 Einleitung und Zielsetzung

Die Möll ist ein linker Nebenfluss der Drau in Kärnten und weist eine Gesamtlänge von 83,5 Flusskilometern auf. Ihr Einzugsgebiet wird zur Erzeugung von Spitzenstrom genutzt, wobei Wasser aus der Möll und ihren Zubringern in Speicherseen abgeleitet wird. Das Speichervermögen ermöglicht ein zeitlich flexibles und rasches Anfahren bzw. Abstellen jener Kraftwerke, die mit dem Wasser aus den Speichern betrieben werden. Dadurch kann in Abhängigkeit des Strombedarfs gezielt Spitzenstrom erzeugt werden.

Die Spitzenstromerzeugung führt im Möll-Abschnitt zwischen der Wasserausleitung und der Triebwasserrückleitung zu einer künstlich verringerten Wasserführung (Restwasserstrecke), wodurch der Lebensraum für Gewässerorganismen eingeschränkt sein kann (Zeiringer et al, 2018). Unterhalb der Rückleitung, in der sogenannten Schwallstrecke, bewirkt der periodische Betrieb der schwallerzeugenden Kraftwerke künstliche Abflussschwankungen (Schwallwellen) (Greimel et al., 2016). Diese führen zu einer unnatürlich stark ausgeprägten kurzfristigen Abflussschwankung, die mit erheblichen negativen ökologischen Auswirkungen verbunden sein kann (Greimel et al., 2018; Leitner et al., in prep.; Zeiringer et al., in prep.). Obwohl in der Schwallstrecke keine klassische Restwassersituation vorliegt, kann der Basisabfluss in betriebsfreien Zeiten durch den Speicherrückhalt deutlich reduziert sein. Der Lebensraum wird dadurch – zusätzlich zur Schwallbelastung – in ähnlicher Weise wie in Restwasserstrecken eingeschränkt (Greimel et al., in prep.). Aufgrund dieser ökologischen Belastungen infolge der Spitzenstromerzeugung ist die Möll vom Stausee Margaritze (Flusskilometer 80,9) bis zur Mündung in die Drau als erheblich verändertes Gewässer eingestuft (BMLRT, 2021).

Die EU-Wasserrahmenrichtlinie verlangt für erheblich veränderte Gewässer die Erreichung eines „guten ökologischen Potentials“ (GÖP). Im Nationalen Gewässerbewirtschaftungsplan 2021 (BMLRT, 2021) ist festgelegt, dass Energieversorgungsunternehmen für alle schwallbelasteten Gewässer Machbarkeitsstudien erstellen sollen, deren Ergebnisse mit der wasserwirtschaftlichen Planung des jeweiligen Landes abgestimmt werden müssen. Ziel dieser Studien ist es, konkrete Maßnahmen zu analysieren, deren ökologische Wirkung sowie Bedeutung für die Energiewirtschaft zu bewerten und transparent darzulegen. Zudem sollen sie die notwendigen Informationen liefern, um Maßnahmen mit signifikant negativen Auswirkungen auf die Spitzenstromerzeugung nachvollziehbar ausschließen zu können (BMLUK, in prep.). Bei der Erstellung der Machbarkeitsstudien ist nach dem „Leitfaden zur Bewertung und Minderung der Auswirkungen von Schwallbelastungen“ (Teil A) vorzugehen (Greimel et al., in prep.).

Ziel der vorliegenden Studie ist die Erstellung einer Machbarkeitsstudie für die Schwalleinleitestellen der Kraftwerke Gößnitz und Außerfragant.



Wenn alle Maßnahmen umgesetzt sind, die eine mehr als geringfügige ökologische Wirkung erwarten lassen und die Stromerzeugung nicht signifikant einschränken:
-> Gutes Ökologisches Potential erreicht!

Abbildung 1: Erreichung des „guten ökologischen Potentials“ auf Basis der integrativen Bewertungsergebnisse einer Machbarkeitsstudie gemäß Leitfaden zur Bewertung und Minderung der Auswirkungen von Schwallbelastungen, Teil A (türkis).

Beim Abwägungs- und Entscheidungsprozess zur Festlegung des guten ökologischen Potentials erfolgt eine Nutzungsabwägung zwischen den öffentlichen Interessen an möglichst intakten Gewässerökosystemen und der Nutzung der Gewässer für die Spitzenstromerzeugung. Die zu erwartenden ökologischen Auswirkungen der Maßnahmen zur Verringerung von negativen schwall- und sunkbedingten ökologischen Auswirkungen werden den jeweiligen energiewirtschaftlichen Auswirkungen gegenübergestellt. Der Zielzustand des guten ökologischen Potentials ist dann erreicht, wenn alle Maßnahmen umgesetzt sind,

- die technisch möglich sind,
- keine signifikanten Auswirkungen auf die Nutzung haben,
- am ökologisch wirksamsten sind und einen mehr als geringfügigen ökologischen Nutzen aufweisen

(BMLFUW, 2017; BMLRT, 2020; BMLRT, 2021; Europäische Kommission, 2020; BMLUK, in prep.; Abbildung 1).

2 Bewertungsgrundlagen

Die Möll ist aufgrund der durch die Spitzenstromerzeugung verursachten hydrologischen Belastungen als erheblich verändertes Gewässer eingestuft (BMLRT, 2021; Kapitel 1). Die vorliegende Studie konzentriert sich auf die Bewertung und Minderung der hydrologischen Belastungen in der Schwallstrecke durch die Umsetzung von sogenannten direkten Maßnahmen. Darunter versteht man Maßnahmen, die gezielt darauf ausgerichtet sind, die unmittelbare hydrologische Situation zu entschärfen. Neben den in Kapitel 5.2.1 beschriebenen Maßnahmentypen – wie betriebliche Einschränkungen des schwallerzeugenden Speicherkraftwerks, Schwalldämpfung mittels Dämpfungsbecken oder die Ausleitung von Schwallwellen – zählt hierzu auch die Maßnahme der Erhöhung des Basisabflusses (Greimel et al., 2018). Im Folgenden werden die Grundlagen für die ökologische Bewertung dieser Maßnahmen zusammenfassend erläutert.

2.1 Bewertung von geringen Wasserführungen

Geringe Wasserführungen können sowohl in Restwasserstrecken aufgrund von Wasserausleitungen als auch in schwallbelasteten Gewässern durch niedrige Basisabflüsse während betriebsfreier Zeiten der schwallerzeugenden Kraftwerke verursacht werden. In beiden Fällen wird der zur Verfügung stehende Lebensraum auf den dauerhaft benetzten Bereich beschränkt. Die Definition ökologisch notwendiger Mindestabflüsse orientiert sich daher an Minimalwerten; mittlere Abflüsse sind in diesem Zusammenhang von untergeordneter Bedeutung (Kapitel 3.1 und 4).

Gemäß Qualitätszielverordnung Ökologie (QZV) soll ein ökologisch notwendiger Mindestabfluss jene Menge und Dynamik der Strömung und die sich daraus ergebende Verbindung zum Grundwasser sicherstellen, sodass die für den guten Zustand (**Indikator für nachhaltige Gewässernutzung**) festgelegten Werte für die biologischen Qualitätskomponenten mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit erreicht werden (BMLFUW, 2010).

Die Qualitätszielverordnung definiert

- die Gewährleistung der Durchgängigkeit anhand der Mindesttiefen und -fließgeschwindigkeiten in der Anlage G,
- eine durch hydrologische Kriterien definierte Mindestwassermenge (QRW_{min}) mit Bezug zu den Niederwasserkennzahlen $MJNQ_t$ (mittleres jährliches Tagesniederwasser) und NQ_t (geringstes Tagesniederwasser),
- einen zusätzlichen dynamischen Restwasseranteil im Jahresverlauf (RW_{dyn}) mit Bezug zum natürlichen Abflussregime und
- dass die Wasserbedeckung der Gewässersohle bei Sunk (bzw. bei Basisabfluss) mindestens 80 % der bei Schwall bedeckten Sohlfläche betragen soll,

um davon ausgehen zu können, dass im Gewässer diesbezüglich keine signifikante Belastung vorliegt. Eine darüberhinausgehende Erhöhung der Mindestwassermenge kann gemäß den geltenden rechtlichen Rahmenbedingungen nicht eingefordert werden.

Im Fall des untersuchten Gewässerabschnittes der Möll darf QRW_{min} das natürliche geringste Tagesniedrigwasser (vgl. Hydrographie Kärnten, 2024) nicht unterschreiten. Da der glaziale Einfluss infolge der Ableitung beim Margaritzen-Speicher nicht mehr wirksam ist, muss sich RW_{dyn} am operativen Leitbild eines nival geprägten Abflussregimes (z.B. gemäß Mader et al., 1996) orientieren.

Die Mindestfließgeschwindigkeiten und -wassertiefen dürfen in der Schwallstrecke zwischen dem Kraftwerk Gößnitz und dem Stau Rottau gemäß Anlage G 30 cm/s bzw. 30 cm nicht unterschreiten (Abbildung 4). Zur Überprüfung dieser Werte in der Schwallstrecke liegt ein hydrodynamisches Modell vor. Für die flussauf des Kraftwerks Gößnitz gelegene Restwasserstrecke muss eine entsprechende Analyse im Rahmen dieser Studie aufgrund unzureichender Datenbasis entfallen.

2.2 Bewertung von Schwallbelastungen

Die hydrologischen Grundlagen für die Bewertung der Schwallbelastung (Kapitel 3.2 und 5) basieren auf der methodischen Herangehensweise, die im Leitfaden – Teil B „Hydrologische Maßnahmenbewertung und Monitoring von kurzfristigen Abflussregimen“ beschrieben und im Folgenden zusammenfassend erläutert wird (Greimel & Zeiringer, in prep.).

2.2.1 Ereignisdefinition und -erfassung

Kurzfristige Abflussschwankungen sind Abflussänderungen, die innerhalb eines Zeitraumes von einigen Minuten oder Stunden bis hin zu wenigen Tagen auftreten. Diese Schwankungen können entweder natürlichen Ursprungs sein, oder durch anthropogene Aktivitäten verursacht werden. Die Auftrittshäufigkeit und Intensität der kurzfristigen Abflussschwankungen definiert in weiterer Folge das kurzfristige Abflussregime. Längerfristige Abflussschwankungen (jahreszeitlich oder saisonal) werden nicht berücksichtigt.

Die Beschreibung des kurzfristigen Abflussregimes erfordert einen standardisierten Ansatz zur Erfassung der hydrologischen Situation. Eine algorithmenbasierte Detektion und Quantifizierung der kurzfristigen Abflussschwankungen ermöglicht eine automatisierte Auswertung der Abflusszeitreihen. Dabei werden aufeinanderfolgende Zeitschritte mit übereinstimmendem Trend als ein Ereignis definiert. Abflussanstiegs- (positiver Trend; z.B. Schwallereignisse) und Abflussabstiegsereignisse (negativer Trend; z.B. Sunkereignisse) sind zu unterscheiden (Sauterleute & Charmasson, 2014; Greimel et al., 2016) (Abbildung 2).

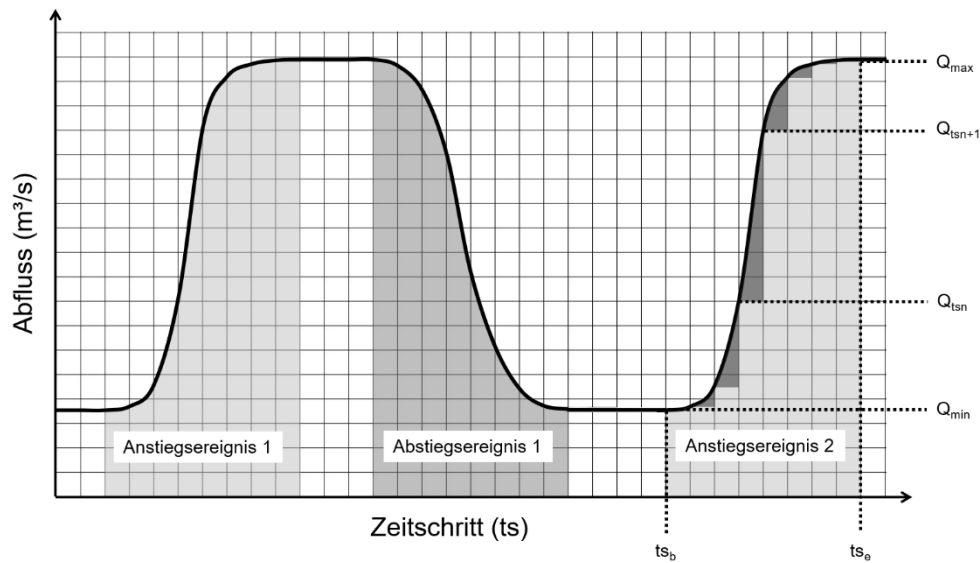


Abbildung 2: Schema-Skizze – Ereignisdefinition und maßgebliche Parameter zu Erfassung der Ereignisintensität (Greimel et al., 2016) ($Q_{\max}$: Maximalabfluss des Ereignisses; Q_{tsn} Abflusswert eines bestimmten Zeitschrittes während des Ereignisses; Q_{tsn+1} : Abflusswert des darauffolgenden Zeitschrittes während des Ereignisses; $Q_{\min}$: Minimalabfluss des Ereignisses; ts_b : Zeitschritt Ereignisbeginn; ts_e : Zeitschritt Ereignisende)

Die Intensität der Ereignisse kann durch mehrere Parameter quantifiziert werden (Tabelle 1). Für die Unterscheidung von kurzfristigen Abflussregimen sind die Intensitätsparameter maximale Abflussänderungsgeschwindigkeit, Amplitude sowie die jahreszeitliche Auftretshäufigkeit der Abflussschwankungen in Abhängigkeit ihrer Intensität hervorzuheben. Der Algorithmus für die Detektion und Quantifizierung von kurzfristigen Abflussschwankungen wird in Greimel et al. (2016) im Detail erläutert und ist als R-Paket (Open-Source Statistik- und Analyse-Software) verfügbar (Grün et al., 2021).

Tabelle 1: Ereignisbezogene Intensitäts- (Nr. 1-5) und Häufigkeitsparameter (Nr. 6): Definitionen und Einheiten (Greimel et al., 2016).

Nr.	Parameter	Acronym	Definition	
1	Maximale Abflussänderungsgeschwindigkeit	MAFR	$\max(\text{abs}((Q_{tsn+1}) - (Q_{tsn})))$	m^3/s^2
2	Mittlere Abflussänderungsgeschwindigkeit	MEFR	Amplitude/Dauer	m^3/s^2
3	Amplitude	AMP	$Q_{\max} - Q_{\min}$	m^3/s
4	Sunk-Schwall-Verhältnis	RATIO	$Q_{\max}/Q_{\min}$	
5	Dauer	DUR	$ts_e - ts_b$	s
6	Anzahl	CNT	Ereignis-Anzahl in einer bestimmten Periode	

(ts_b – Zeitschritt Eventbeginn, ts_e – Zeitschritt Eventende, $Q_{\max}$ – Maximalabfluss, $Q_{\min}$ – Minimalabfluss, Q_{tsn} – Abfluss eines bestimmten Zeitschrittes, Q_{tsn+1} – Abfluss des darauffolgenden Zeitschrittes, max – Maximum, abs – absolut, s – Sekunde (1 ts $\triangleq$ 900 Sekunden oder 15 Minuten))

Bei der Analyse der Zeitreihen ist zu beachten, dass die flächendeckend verfügbare Zeitreihenauflösung in Österreich 15 Minuten-Mittelwerte beträgt und Angaben mit Bezug zu kürzeren Zeiteinheiten wie beispielsweise (cm/min) oder ($\text{l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$) auf den 15-Minuten-Mittelwerten beruhen, indem durch 15 dividiert wird.

Bei der Auswertung der maximalen Abflussänderungsgeschwindigkeit ist besonders darauf zu achten, dass die wahre Abflussänderungsgeschwindigkeit von Ereignissen nicht akkurat wiedergegeben werden kann, wenn die Ereignisdauer kürzer ist als die zeitliche Auflösung der Abflusszeitreihen. In solchen Fällen wird die Abflussänderungsgeschwindigkeit unterschätzt. Dies ist insbesondere im Nahbereich von Schwallenleitungen von Bedeutung, da schwallerzeugende Kraftwerke oft innerhalb von wenigen Minuten gesteuert werden. Mit zunehmender Entfernung zur Schwallenleitestelle verbessert sich in der Regel die Genauigkeit der Erfassung maximaler Abflussänderungsgeschwindigkeiten¹, da die Ereignisse durch die fließende Retention im Gewässer gedämpft werden. Wenn die Ereignisse soweit gedämpft sind, dass ihre Dauer die zeitliche Auflösung der Abflusszeitreihen überschreitet, kann die wahre Abflussänderungsgeschwindigkeit auch mit den 15-Minuten-Mittelwerten erfasst werden² (Greimel et al., 2022).

2.2.2 Eulersche und Lagrangesche Perspektive

Bei der Analyse von kurzfristigen Abflussschwankungen und kurzfristigen Abflussregimen gibt es, ähnlich der Sedimentforschung, zwei grundsätzliche Ansätze (Greimel, 2022).

Bei der **Eulerschen Betrachtung** werden die an einem Pegelprofil aufgezeichneten Abflussschwankungen unabhängig von deren Quellen analysiert (Abbildung 3 – links). Diese Perspektive ist bei der Erfassung und Beschreibung des kurzfristigen Abflussregimes heranzuziehen (Kapitel 3.2).

Bei der **Lagrangeschen Betrachtung** werden die von einer bestimmten Quelle – beispielsweise einer Schwallenleitestelle – ausgehenden Abflussschwankungen über mehrere Pegelstellen flussab verfolgt, um deren Intensität im longitudinalen Gewässerverlauf bzw. im Längsschnitt eines betrachteten Gewässerabschnittes zu erfassen (Schwallrouting). Abflussschwankungen anderer Quellen (z.B. von anderen Schwallenleitestellen oder Abflussschwankungen natürlichen Ursprungs) werden von der Analyse möglichst ausgeschlossen (Abbildung 3 – rechts). Diese Perspektive ist im Sinne des Verursacherprinzips gemäß EU-Wasserrahmenrichtlinie für die Bewertung der von einzelnen Schwallenleitestellen ausgehenden Schwallbelastung sowie für die Evaluierung spezifischer schwalldämpfender Maßnahmen, wie der Errichtung eines Dämpfungsbeckens oder anderen direkten Maßnahmen, heranzuziehen und wird im Kapitel 5 behandelt.

¹Im Fall von Schwallereignissen kann es in bestimmten Gewässerabschnitten mit zunehmender Entfernung zur Schwallenleitestelle auch zu einer Beschleunigung der maximalen Schwallrate kommen. In solchen Fällen vergrößert sich die Differenz zwischen der wahren maximalen Schwallrate und dem Wert, der anhand der 15-Minuten-Mittelwerte erfasst wird (Greimel et al., 2022).

²Basierend auf 15-Minuten-Mittelwerten erhöht sich die Ereignisdauer in den ersten 5 bis 10 Kilometern flussab den Schwallenleitungen in etwa um das Drei- bis Siebenfache (Greimel et al., 2022). Daraus ergibt sich, dass auch die Differenz zwischen den mit 15-Minuten-Mittelwerten erfassten Werten und den wahren Abflussänderungsgeschwindigkeiten in diesen ersten Kilometern stark verringert wird. Die benötigte Gewässerstrecke, um anhand von 15-Minuten-Mittelwerten eine präzise Erfassung zu gewährleisten, kann durch den Vergleich mit einer Auflösung von Minutenwerten ermittelt werden.

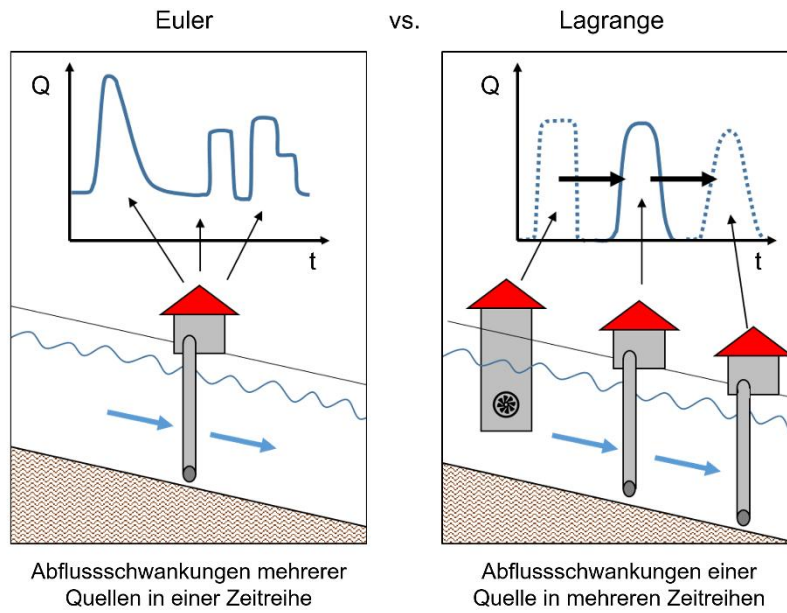


Abbildung 3: Eulersche und Lagrangesche Betrachtung von Abflussschwankungen (Greimel et al., 2022).

3 Überblick über den Istzustand der Möll

Die im Rahmen der vorliegenden Studie durchgeführten Bewertungen basieren auf den momentanen hydrologischen Verhältnissen in der Möll. Im Fokus stehen dabei einerseits die ökologischen Auswirkungen von Schwallbelastungen (Kapitel 3.2) und andererseits etwaige Auswirkungen von zu geringen Wasserführungen (Kapitel 3.1). Zur Einordnung wird nachfolgend der Istzustand im Gewässerabschnitt zwischen Winklarn (bei Pegel 212373) und dem Stau Rottau (bei KW Malta Hauptstufe) dargestellt. Dabei erfolgt eine Differenzierung zwischen dem Abschnitt oberhalb (Restwasserstrecke) und unterhalb (Schwallstrecke) der Schwalleinleitstelle KW Gößnitz (Abbildung 4).

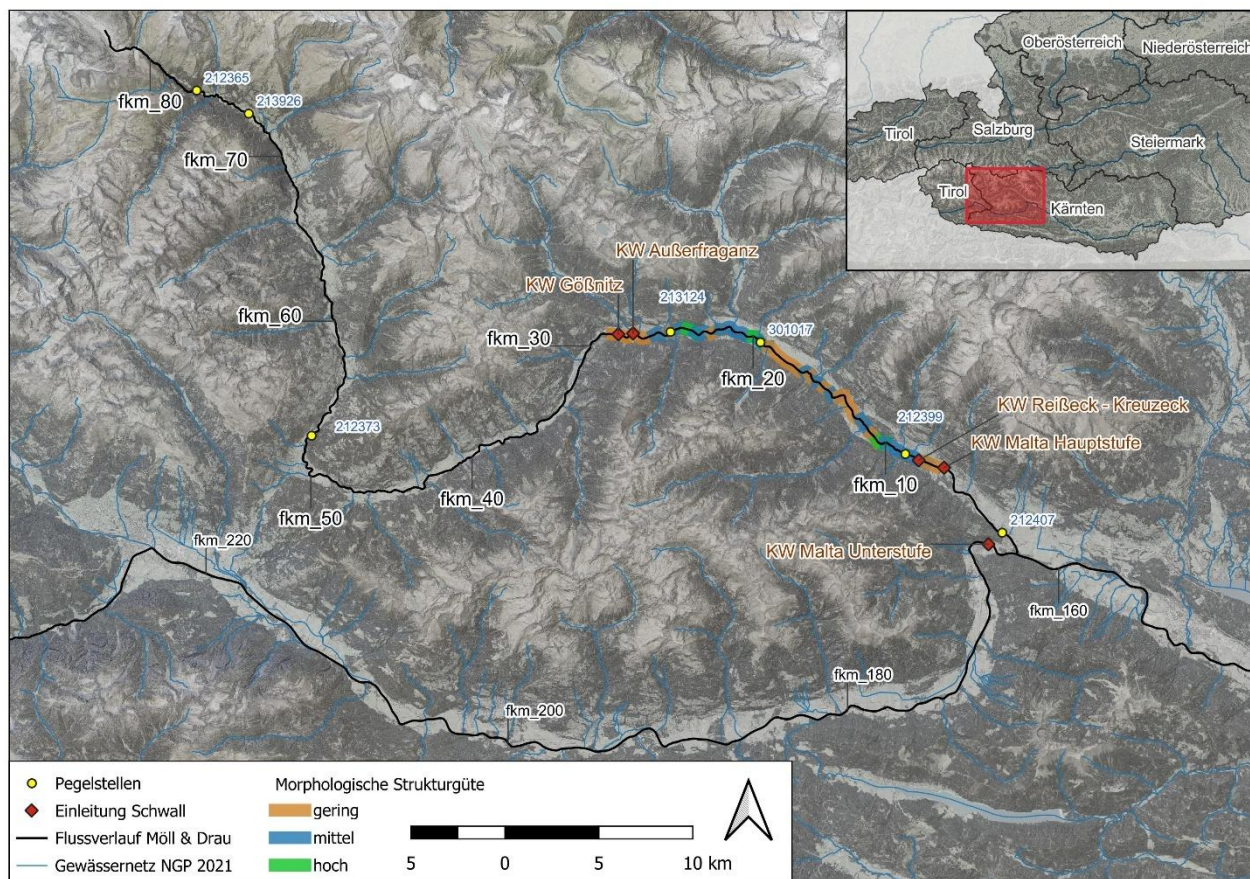


Abbildung 4: Übersicht über das Einzugsgebiet der Möll und den Untersuchungsraum der Maßnahmenbewertung zur Verminderung der Schwallbelastung (Kraftwerk Gößnitz bzw. Kraftwerk Außerfragant bis zur Stauwurzel Rottau) (fkm – Flusskilometer/orographisch).

3.1 Belastung durch geringe Wasserführungen

Aufbauend auf einer überblicksmäßigen Gegenüberstellung der minimalen Tagesabflusswerte (ausgedrückt als Abflusspende) mit einem weitgehend unbeeinflussten nival geprägten Abflussregime (Pegel Hopfgarten/Schwarzach,

Abbildung 5) werden im Folgenden die Verhältnisse in der Restwasserstrecke (Kapitel 3.1.1) und der Schwallstrecke (Kapitel 3.1.2) untersucht. Die Bewertung erfolgt auf Grundlage der Qualitätszielverordnung Ökologie (Kapitel 2.1).

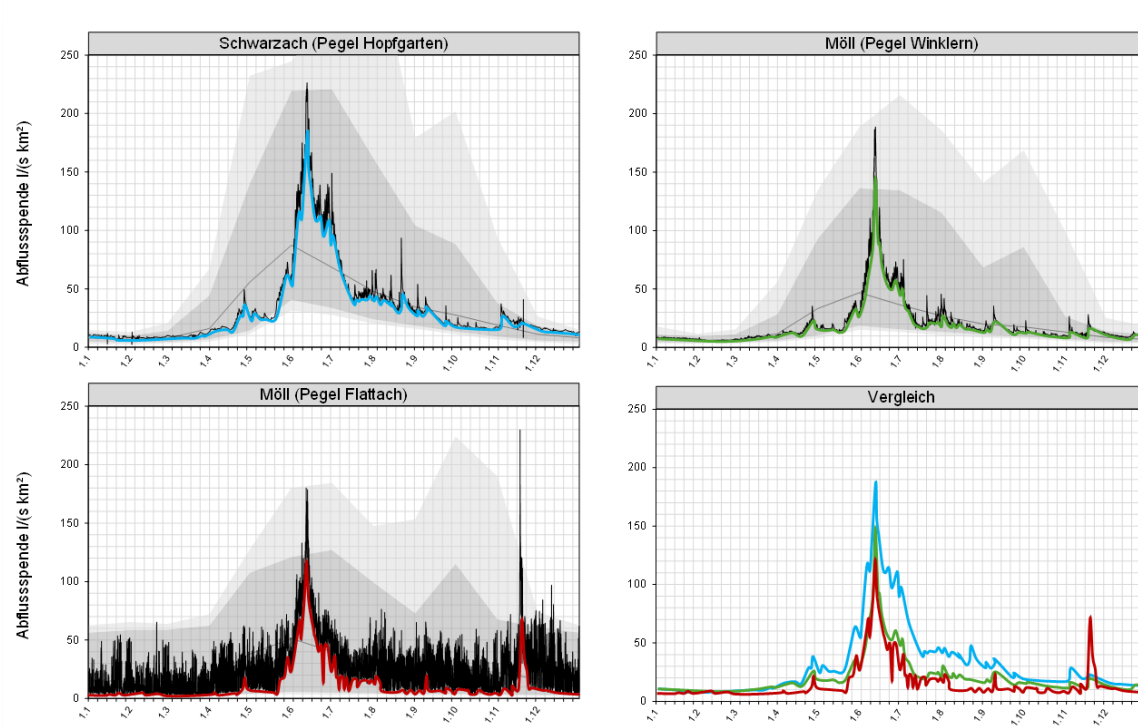


Abbildung 5: Vergleich (rechts unten) der minimalen Tagesabflusswerte des Jahres 2019 (mittlere jährliche Abflussbedingungen) als Abflusspende, für die Pegelstellen Hopfgarten/Schwarzach (links oben, blau), Winklern/Möll (rechts oben, grün) und Flattach/Möll (links unten).

Aus der Gegenüberstellung der minimalen Tagesabflusswerte (Abbildung 5 – rechts unten) lassen sich folgende grundlegende Aussagen ableiten:

- Bettbildende Wasserstände spielen eine zentrale Rolle, da sie durch ihre strukturbildende, umlagernde und habitatgestaltende Wirkung eine Voraussetzung für intakte Gewässerökosystemen sind. Ausgeprägte Hochwasserspitzen, die mit natürlichen, unbeeinflussten Verhältnissen vergleichbar sind, treten in der Möll sowohl am Pegel Winklern (Restwasserstrecke) als auch am Pegel Flattach (Schwallstrecke) auf.
- In nival geprägten Abflussregimen ist der Abfluss im Winter aufgrund der Speicherwirkung von Schnee und Eis im Allgemeinen gering. Trotz anthropogener Einflüsse liegen die minimalen Tagesabflusswerte der Möll im Winter noch ungefähr in der Größenordnung natürlicher Verhältnisse.
- Im Gegensatz dazu sind die Abflussverhältnisse in der Möll im Sommerhalbjahr aufgrund anthropogener Einflüsse deutlich reduziert.

3.1.1 Restwasser - Winklern

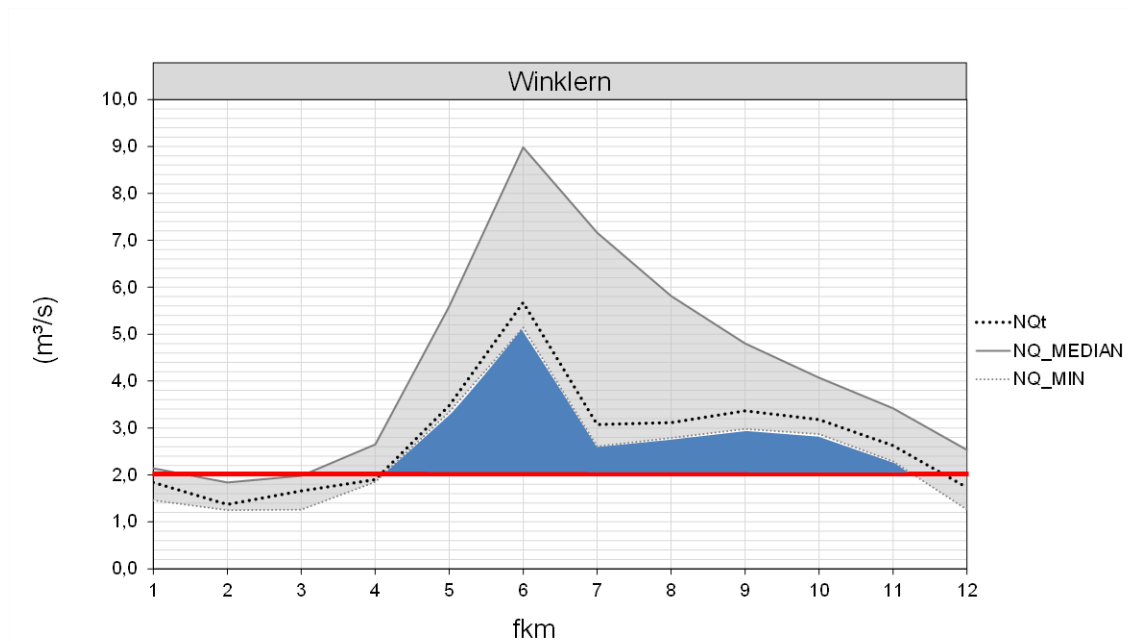


Abbildung 6: Pegel Winklern – Vergleich relevanter Niederwasserparameter (ganzjährig einzuhaltender Mindestabfluss gemäß QZV – rot (Hydrographie Kärnten, 2024); geringstes monatliches Tagesniederwasser – fett punktiert (NQ_t); geringster monatlicher Abflusswert – Minimum (punktiert) und Median (grau); erwartbarer minimaler dynamischer Anteil (blau – Mindestabfluss gemäß QZV bis NQ_{MIN}))

Interpretation

Am Pegel Winklern wird der gemäß Qualitätszielverordnung geforderte Mindestabfluss in den Monaten Dezember bis März im langjährigen Mittel jedes zweite Jahr unterschritten. Ansonsten wird der Mindestabfluss ganzjährig eingehalten. Zudem ist eine dynamische Mindestwasserführung erkennbar, die in ihrer saisonalen Ausprägung weitgehend dem natürlichen Abflussverhalten eines nival geprägten Abflussregimes entspricht (Abbildung 6).

Eine Überprüfung der Fließgeschwindigkeiten und -tiefen gemäß Anlage G muss im Rahmen der vorliegenden Studie aufgrund der fehlenden Datengrundlage entfallen.

3.1.2 Basisabfluss – Flattach

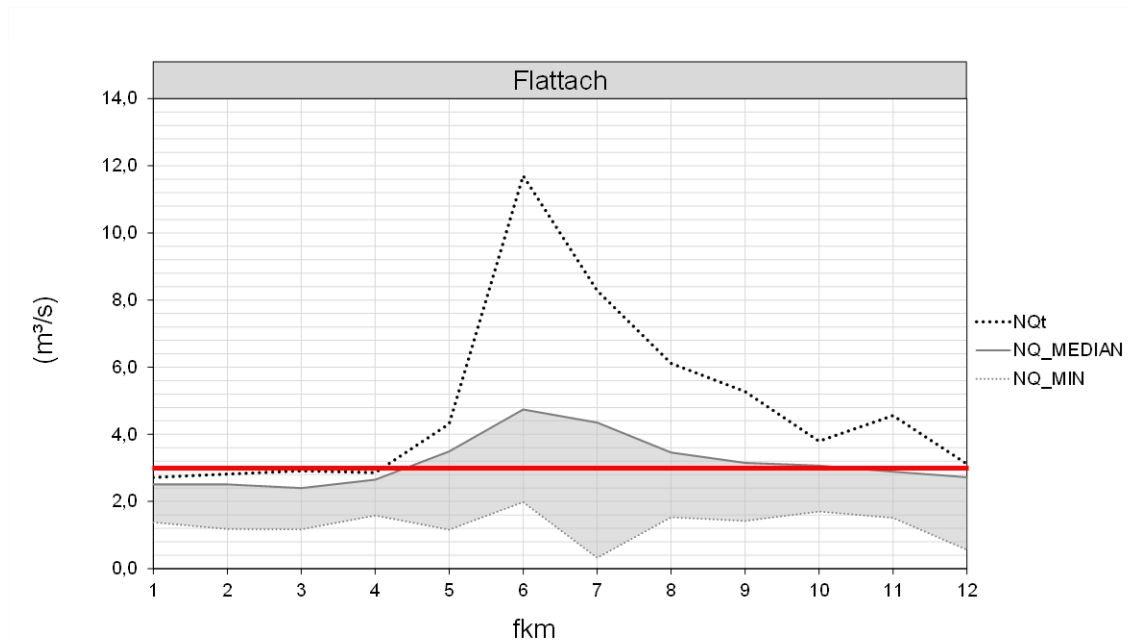


Abbildung 7: Pegel Flattach – Vergleich relevanter Niedwasserparameter (ganzjährig einzuhaltender Mindestabfluss gemäß QZV – rot (Hydrographie Kärnten, 2024); geringstes monatliches Tagesniedwasser – fett punktiert (NQt); geringster monatlicher Abflusswert – Minimum (punktiert) und Median (grau); erwartbarer minimaler dynamischer Anteil (blau – Mindestabfluss gemäß QZV bis NQ_MIN))

Interpretation

Am Pegel Flattach wird der gemäß Qualitätszielverordnung geforderte Mindestabfluss im Zeitraum September bis März im langjährigen Mittel etwa jedes zweite Jahr, von Mai bis September etwa jedes vierte bis fünfte Jahr zum Teil deutlich unterschritten. Zwar lässt sich bezogen auf den Median eine gewisse dynamische Mindestwasserführung erkennen, jedoch ist diese im Sinne einer dauerhaft eingehaltenen Mindestanforderung gemäß Qualitätszielverordnung nicht gegeben (Abbildung 7).

Auch die Überprüfung der Fließgeschwindigkeiten und Wassertiefen anhand des hydrodynamischen Modells zeigt, dass die in Anlage G geforderten Mindestwerte im Istzustand eindeutig nicht eingehalten werden. Bei einem Abfluss von 1 bis 3 m³/s am Pegel Flattach liegen die Wassertiefen in den pessimalen Furten bzw. Schnellen lediglich im Bereich von rund 10 bis 20 cm (Kapitel 10.1.1).

Die vergleichsweise große Differenz zwischen dem geringsten monatlichen Tagesniedwasser (NQt) und dem minimalen monatlichen Abflusswert (NQ_MIN) weist darauf hin, dass die niedrigen Basisabflüsse im Wesentlichen auf den temporären Wasserrückhalt im Stauraum Gößnitz zurückzuführen sind, der durch den Schwellbetrieb des Kraftwerks bedingt ist (Abbildung 7).

3.1.3 Schlussfolgerungen zur Belastung durch geringe Wasserführungen

Beim Pegel Winklern (**Restwasserstrecke**) werden die Kriterien der Qualitätszielverordnung Ökologie mit Ausnahme einer temporären Unterschreitung des Mindestabflusses während der Wintermonate eingehalten. Der gute Zustand der biologischen Qualitätskomponenten erscheint aus hydrologischer Sicht grundsätzlich erreichbar, sofern die im Winter zum Teil über die Bandbreite natürlicher Verhältnisse hinausgehende Begrenzung des Lebensraumes dies zulässt (Abbildung 6 – Dezember bis März). Auch die verfügbaren fischökologischen Monitoringdaten deuten darauf hin, dass die Restwasserbelastung im Abschnitt zwischen Winklern und der Stauwurzel Gößnitz gerade noch mit dem Erhalt des guten ökologischen Zustands vereinbar ist (Kapitel 3.3). Eine weitere Verschärfung der Restwasserbelastung würde zu einer deutlicheren Verfehlung der Kriterien der Qualitätszielverordnung Ökologie führen als dies im Istzustand der Fall ist. Dadurch wäre die Erreichung des guten ökologischen Zustandes gefährdet und im Vergleich zum Istzustand mit einer Verschlechterung zu rechnen. Statt die Restwasserbelastung zu verschärfen, ist der anthropogene Einfluss auf die Niederwasserverhältnisse künftig durch angemessene Restwasserabgaben im Oberliegereinzugsgebiet tendenziell zu reduzieren. Im Fall zukünftiger Dürreperioden – etwa infolge des Klimawandels – sollte im Sinne einer nachhaltigen Gewässernutzung sichergestellt sein, dass die Niederwassersituation nicht zusätzlich verschärft oder gar verursacht wird. Dies könnte durch den Nachweis erfolgen, dass in extremen Niederwassersituationen keine Wasserentnahmen erfolgen, um zu gewährleisten, dass die grundlegende Funktionsfähigkeit des Gewässerökosystems Möll nicht durch anthropogene Nutzungen gefährdet wird.

Im Gegensatz zur Restwasserstrecke werden in der **Schwallstrecke** zwischen dem Kraftwerk Gößnitz und dem Stau Rottau sehr geringe Fischbiomassen festgestellt (Kapitel 3.3). Dies verdeutlicht, dass die Belastung durch unzureichende Basisabflüsse und insbesondere durch die ausgeprägte Schwallbelastung aktuell zu einem stark beeinträchtigten Gewässerökosystem führt. Beim Pegel Flattach ist die Belastung durch geringe Basisabflüsse so ausgeprägt, dass der gute ökologische Zustand – selbst unter Außerachtlassung der bestehenden Schwallbelastung (Kapitel 3.2) – mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit allein aufgrund dieser Beeinträchtigung nicht erreicht werden könnte. Hier werden sämtliche Kriterien der Qualitätszielverordnung mitunter ganzjährig unterschritten (Kapitel 3.1.2). Dies ist im Wesentlichen auf den temporären Wasserrückhalt im Stauraum Gößnitz zurückzuführen, der durch den Schwallbetrieb des Kraftwerks bedingt ist und die Mindestabflüsse im Vergleich zur Restwasserstrecke flussauf deutlich verringert.

3.2 Schwallbelastung

Zur Beschreibung der kurzfristigen hydrologischen Verhältnisse in der Möll werden die Abflusszeitreihen der Pegelstellen Winklern (212373 – Restwasserstrecke), Flattach (213124) und Kolbnitz (212399) (beide Schwallstrecke) analysiert und vergleichend gegenübergestellt (Kapitel 3.2.4). Die Auswertung erfolgt gemäß der Eulerschen Perspektive (Kapitel 2.2.2).

3.2.1 Kurzfristiges Abflussregime - Winklern

Der Pegel befindet sich bei Flusskilometer 52,85. Die Bestimmung resultierender Wasserstandsschwankungen erfolgt gemäß Pegelschlüsselkurve.

Ereignisanzahl

Beim Pegel werden von September bis Mai in der Regel keine Abflussschwankungen erfasst, deren Abflussänderungsgeschwindigkeit $GW_{20(MAFR)}$ übersteigt. Von Juni bis September treten Ereignisse auf (Abbildung 8).

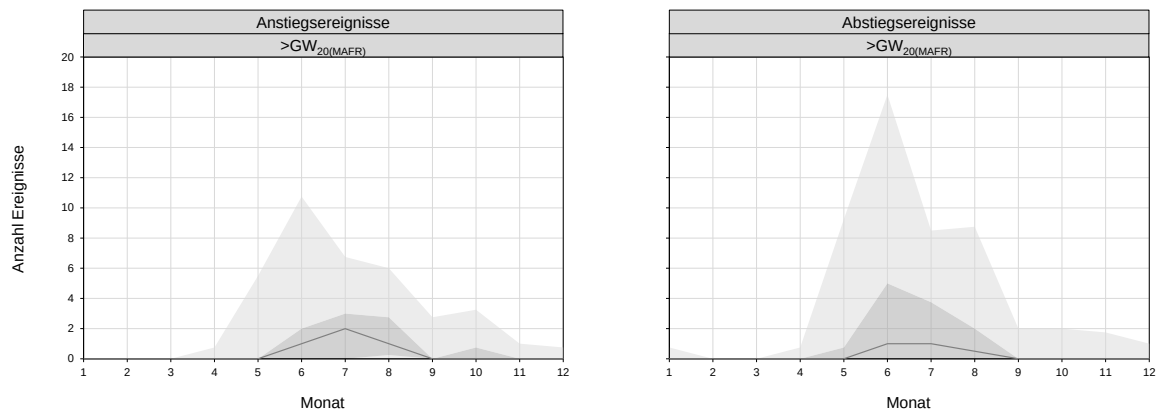


Abbildung 8: Pegel Winklern – Monatliche Anzahl von Abflussan- und Abstiegseignissen $>GW_{20(MAFR)}$ (Zeitreihe 1976-2024 – hellgrau: 5-95% Perzentil, dunkelgrau: 25-75% Perzentil, dunkelgraue Linie: Median)

Ereignisdauer

Die Dauer der Abflussschwankungen liegt bei Anstiegseignissen, bezogen auf den Median, in einem Bereich von 45 bis 150 min (Abbildung 9 – links), bei Abstiegseignissen von 45 bis 75 Minuten (Abbildung 9 – rechts).

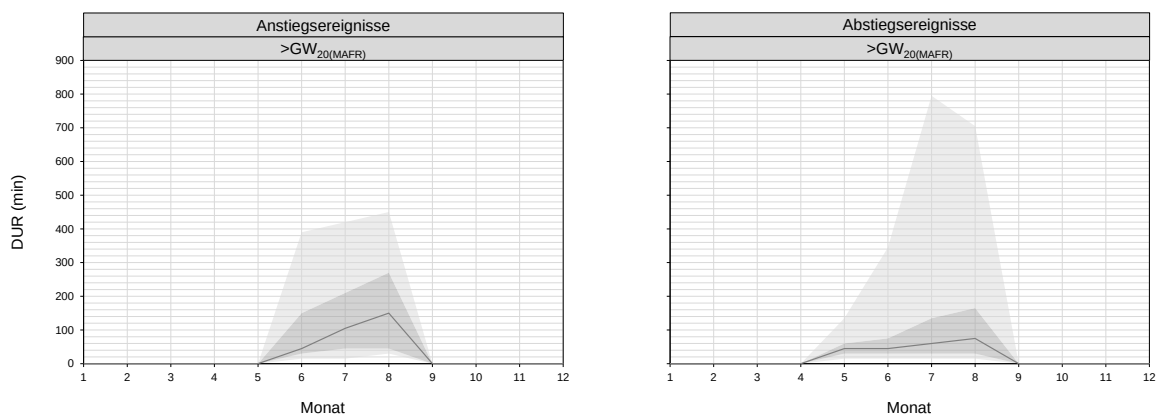


Abbildung 9: Pegel Winklern – Dauer von Abflussan- und Abstiegseignissen $>GW_{20(MAFR)}$ (Zeitreihe 1976-2024 – hellgrau: 5-95% Perzentil, dunkelgrau: 25-75% Perzentil, dunkelgraue Linie: Median)

Abflussänderungsgeschwindigkeit

Die Abflussänderungsgeschwindigkeit der Anstiegsereignisse liegt in einem Bereich von 0,14 bis 0,67 $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ (Median: 0,17 bis 0,23 $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, Abbildung 10 – oben links), bzw. in Relation zur Einzugsgebietsgröße zwischen 0,35 und 1,62 $\text{l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$ (Median: 0,42 bis 0,57 l/s km min , Abbildung 10 – Mitte links). Die Geschwindigkeit der daraus resultierenden Wasserstandsschwankungen liegt in einer Größenordnung zwischen 0,2 und 1,6 cm/min (Median: 0,3 bis 0,6 cm/min , Abbildung 10 – unten links).

Die Abflussänderungsgeschwindigkeit der Abstiegsereignisse liegt in einem Bereich von 0,08 bis 0,4 $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ (Median: 0,1 bis 0,12 $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, Abbildung 10 – oben rechts), bzw. 0,21 bis 0,98 $\text{l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$ (Median: 0,24 bis 0,29 $\text{l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$, Abbildung 10 – Mitte links). Die Geschwindigkeit der daraus resultierenden Wasserstandsschwankungen liegt in einer Größenordnung zwischen 0,1 und 0,9 cm/min (Median: 0,2 bis 0,3 cm/min , Abbildung 10 – unten links).

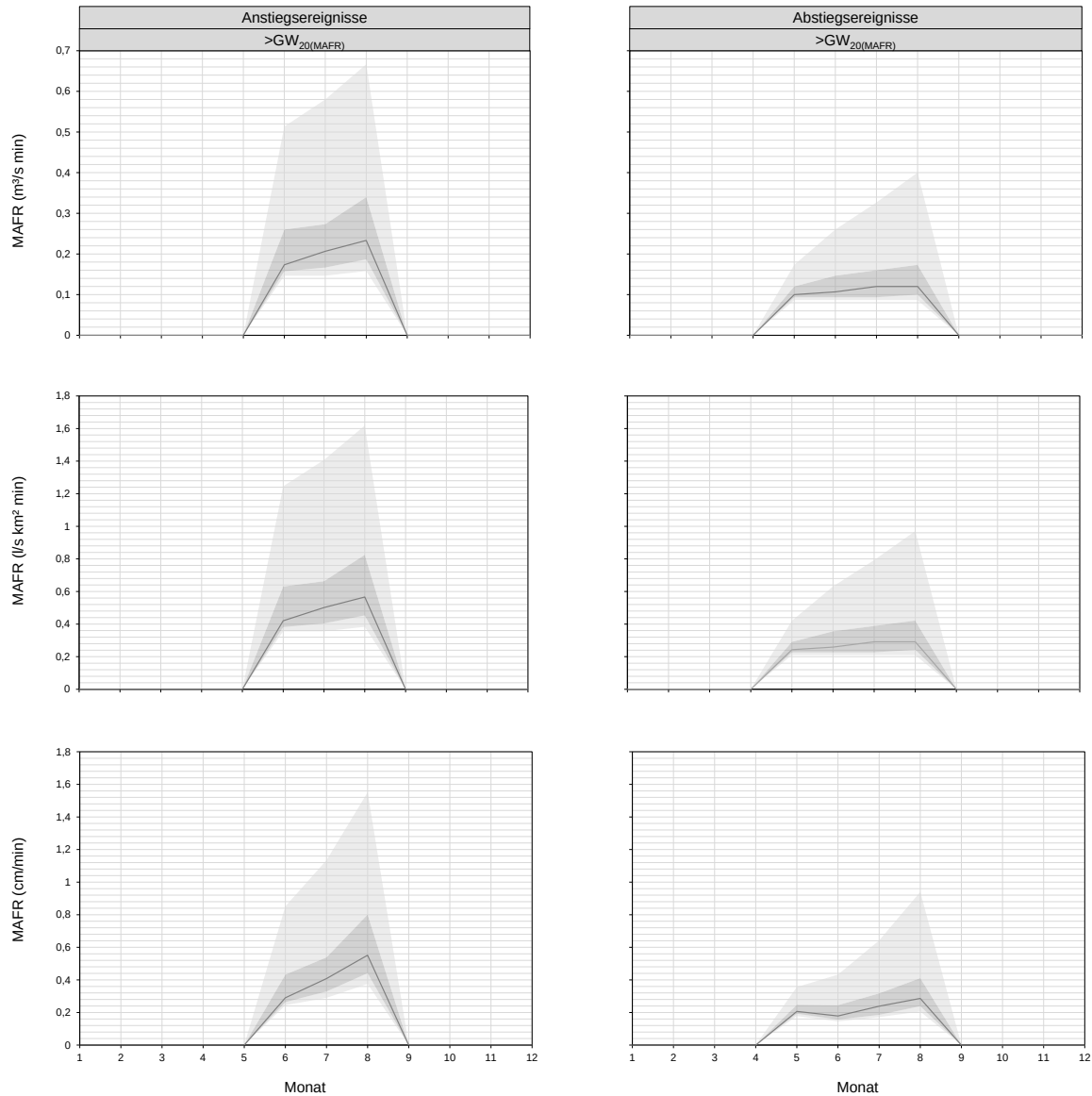


Abbildung 10: Pegel Winklern – Maximale Abflussänderungsgeschwindigkeit (MAFR) von Abflussan- und Abstiegseignissen $>GW_{20(MAFR)}$: absolut (oben), in Relation zur Einzugsgebietsgröße (Mitte) und näherungsweise Bestimmung der resultierenden Wasserstandsschwankungen (unten) (Zeitreihe 1976-2024 – hellgrau: 5-95% Perzentil, dunkelgrau: 25-75% Perzentil, dunkelgraue Linie: Median)

Amplitude

Die Amplitude der Anstiegsereignisse liegt in einem Bereich von 2,3 bis 49,4 m^3/s (Median: 6,9 bis 14,6 m^3/s , Abbildung 11 – oben links), bzw. in Relation zur Einzugsgebietsgröße zwischen 5,7 und 119,9 $\text{l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$ (Median: 16,74 bis 35,43 $\text{l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$, Abbildung 11 – Mitte links). Die daraus resultierenden Wasserstandsschwankungen liegen in einer Größenordnung zwischen 3 und 60 cm (Median: 10 bis 25 cm, Abbildung 11 – unten links).

Die Amplitude der Abstiegseignisse liegt in einem Bereich von 1,5 bis 36,9 m^3/s (Median: 2,9 bis 4,6 m^3/s , Abbildung 11 – oben rechts), bzw. 3,6 bis 89,4 $\text{l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$ (Median: 7,04 bis 11,19 $\text{l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$, Abbildung 11 – Mitte

rechts). Die daraus resultierenden Wasserstandsschwankungen liegen in einer Größenordnung von 2 bis 50 cm (Median: 5 bis 10 cm, Abbildung 11 – unten rechts).

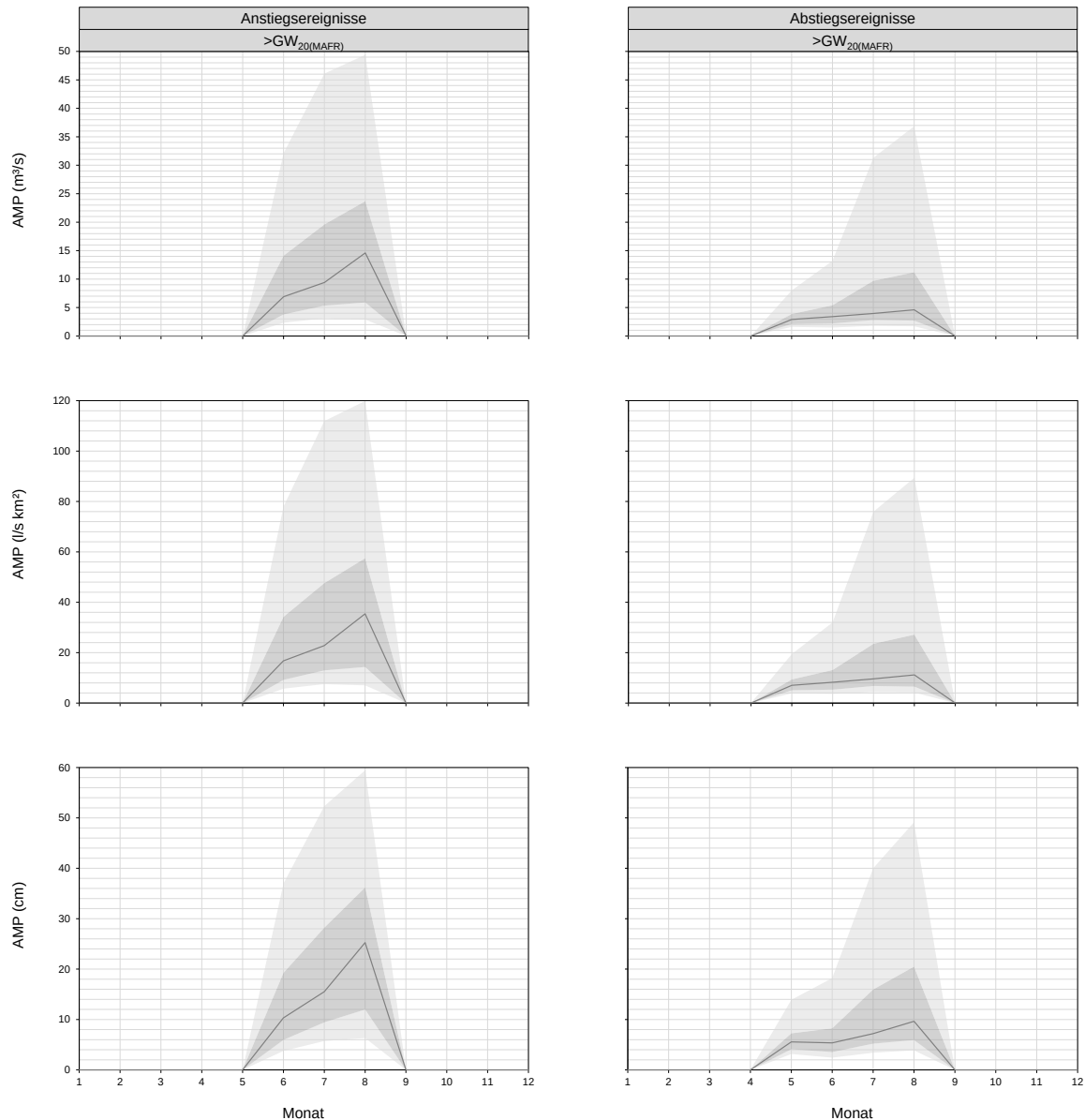


Abbildung 11: Pegel Winklern – Amplitude (AMP) von Abfluss- und Abstiegseignissen >GW_{20(MAFR)}: absolut (oben), in Relation zur Einzugsgebietsgröße (Mitte) und näherungsweise Bestimmung der resultierenden Wasserstandsschwankungen (unten) (Zeitreihe 1976-2024 – hellgrau: 5-95% Perzentil, dunkelgrau: 25-75% Perzentil, dunkelgraue Linie: Median)

Interpretation

Das kurzfristige Abflussregime der Möll wird beim Pegel Winklern von natürlichen Abflussschwankungen geprägt. Sowohl Auftrittshäufigkeit als auch Intensität der Abflussschwankungen zeigen einen für nival geprägten Abflussregime typischen Jahresverlauf.

3.2.2 Kurzfristiges Abflussregime - Flattach

Der Pegel befindet sich bei Flusskilometer 24,93. Die Bestimmung resultierender Wasserstandsschwankungen erfolgt gemäß Pegelschlüsselkurve.

Ereignisanzahl

Beim Pegel werden ganzjährig Abflussschwankungen erfasst, deren Abflussänderungsgeschwindigkeit $GW_{20(MAFR)}$ übersteigt. Das Maximum, bezogen auf den Median, ist mit 101 An- und 120 Abstiegsereignissen im August zu erwarten (Abbildung 12).

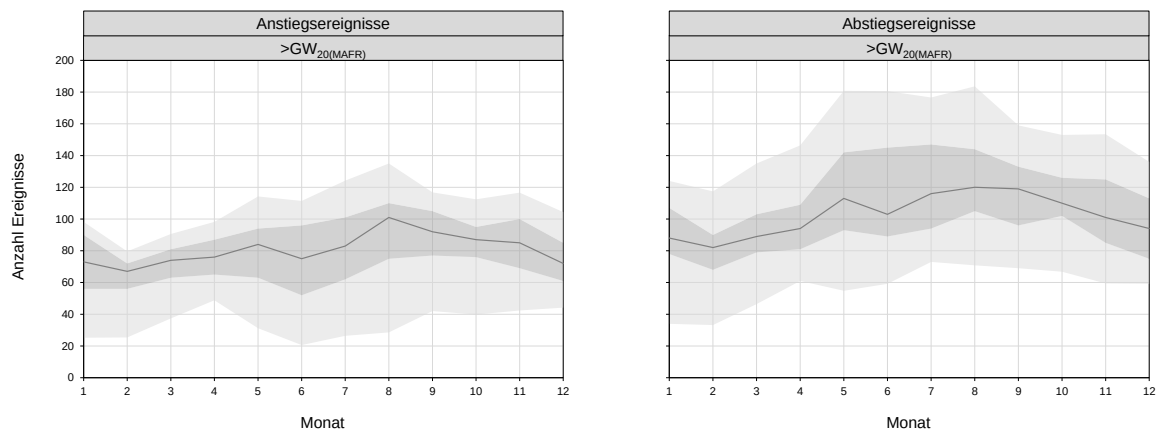


Abbildung 12: Pegel Flattach – Monatliche Anzahl von Abflussan- und Abstiegsereignissen $>GW_{20(MAFR)}$ (Zeitreihe 1976-2024 – hellgrau: 5-95% Perzentil, dunkelgrau: 25-75% Perzentil, dunkelgraue Linie: Median)

Ereignisdauer

Die Dauer der Abflussschwankungen liegt bei Anstiegsereignissen, bezogen auf den Median, in einem Bereich von 60 bis 75 min (Abbildung 13 – links), bei Abstiegsereignissen von 60 bis 105 Minuten (Abbildung 13 – rechts).

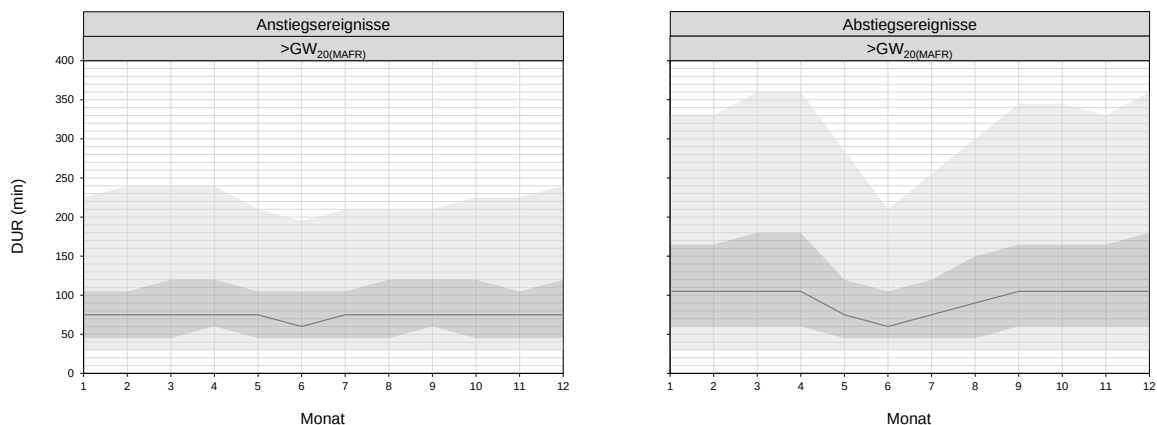


Abbildung 13: Pegel Flattach – Dauer von Abflussan- und Abstiegsereignissen $>GW_{20(MAFR)}$ (Zeitreihe 1976-2024 – hellgrau: 5-95% Perzentil, dunkelgrau: 25-75% Perzentil, dunkelgraue Linie: Median)

Abflussänderungsgeschwindigkeit

Die Abflussänderungsgeschwindigkeit der Anstiegsereignisse liegt in einem Bereich von 0,18 bis 0,84 $m^3 \cdot s^{-1} \cdot min^{-1}$ (Median: 0,31 bis 0,4 $m^3 \cdot s^{-1} \cdot min^{-1}$, Abbildung 14 – oben links), bzw. in Relation zur Einzugsgebietsgröße zwischen 0,26 und 1,19 $l \cdot s^{-1} \cdot km^{-2} \cdot min^{-1}$ (Median: 0,44 bis 0,57 l/s km min, Abbildung 14 – Mitte links). Die Geschwindigkeit der daraus resultierenden Wasserstandsschwankungen liegt in einer Größenordnung zwischen 0,3 und 2,6 cm/min (Median: 0,5 bis 1,1 cm/min, Abbildung 14 – unten links).

Die Abflussänderungsgeschwindigkeit der Abstiegsereignisse liegt in einem Bereich von 0,11 bis 0,58 $m^3 \cdot s^{-1} \cdot min^{-1}$ (Median: 0,21 bis 0,26 $m^3 \cdot s^{-1} \cdot min^{-1}$, Abbildung 14 – oben rechts), bzw. 0,15 bis 0,82 $l \cdot s^{-1} \cdot km^{-2} \cdot min^{-1}$ (Median: 0,29 bis 0,37 $l \cdot s^{-1} \cdot km^{-2} \cdot min^{-1}$, Abbildung 14 – Mitte links). Die Geschwindigkeit der daraus resultierenden Wasserstandsschwankungen liegt in einer Größenordnung zwischen 0,1 und 1,7 cm/min (Median: 0,4 bis 0,7 cm/min, Abbildung 14 – unten links).

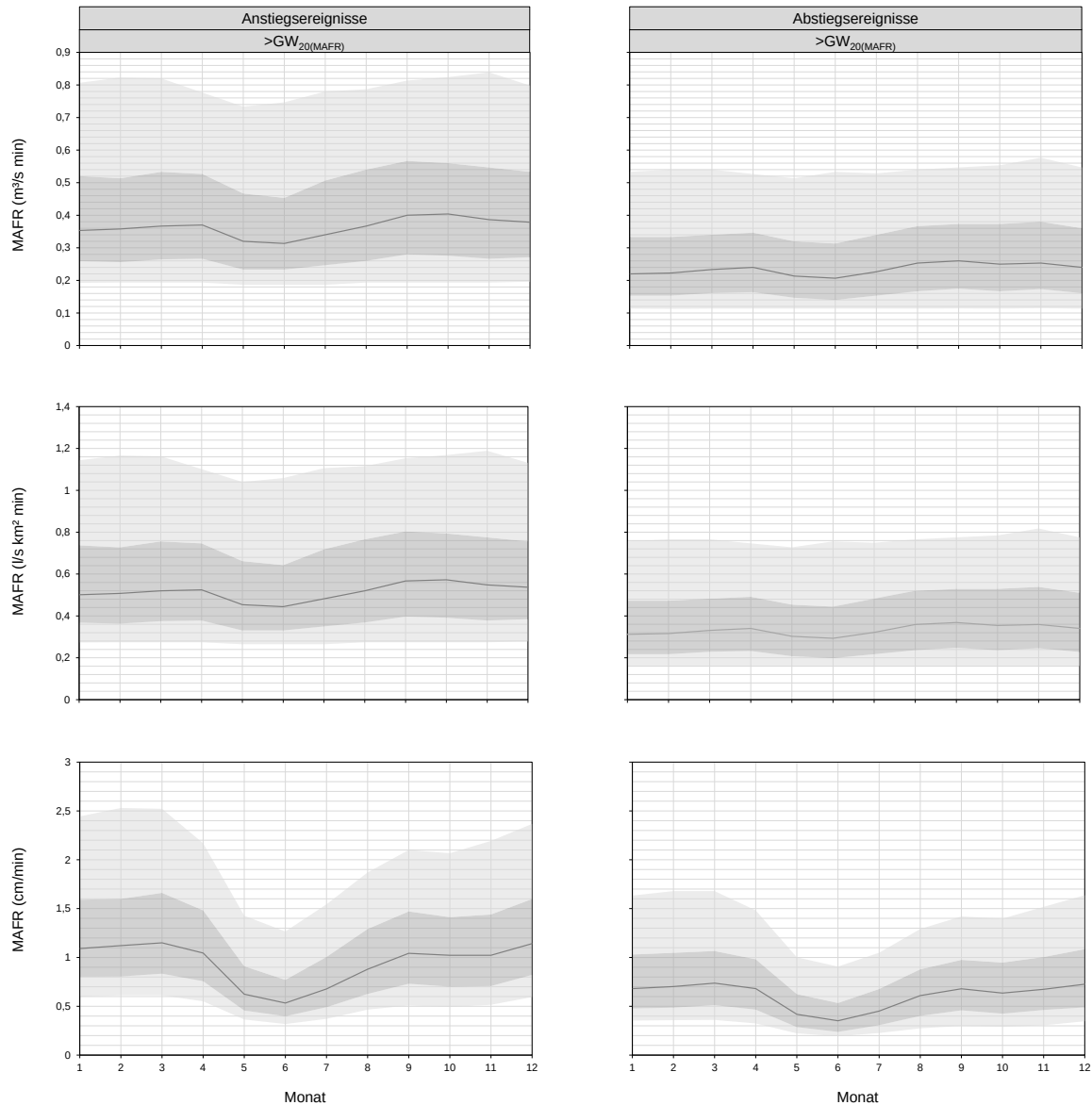


Abbildung 14: Pegel Flattach – Maximale Abflussänderungsgeschwindigkeit (MAFR) von Abflussan- und Abstiegsereignissen $>GW_{20(MAFR)}$: absolut (oben), in Relation zur Einzugsgebietsgröße (Mitte) und näherungsweise Bestimmung der resultierenden Wasserstandsschwankungen (unten) (Zeitreihe 1976-2024 – hellgrau: 5-95% Perzentil, dunkelgrau: 25-75% Perzentil, dunkelgraue Linie: Median)

Amplitude

Die Amplitude der Anstiegsereignisse liegt in einem Bereich von 4,7 bis 31,4 m^3/s (Median: 11,6 bis 15,4 m^3/s , Abbildung 15 – oben links), bzw. in Relation zur Einzugsgebietsgröße zwischen 6,6 und 44,5 $l \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$ (Median: 16,4 bis 21,9 $l \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$, Abbildung 15 – Mitte links). Die daraus resultierenden Wasserstandsschwankungen liegen in einer Größenordnung zwischen 7 und 58 cm (Median: 18 bis 32 cm, Abbildung 15 – unten links).

Die Amplitude der Abstiegsereignisse liegt in einem Bereich von 2,5 bis 27,8 m^3/s (Median: 7,6 bis 12,6 m^3/s , Abbildung 15 – oben rechts), bzw. 3,5 bis 39,5 $l \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$ (Median: 10,8 bis 17,9 $l \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$, Abbildung 15 – Mitte

rechts). Die daraus resultierenden Wasserstandsschwankungen liegen in einer Größenordnung von 4 bis 56 cm (Median: 12 bis 27 cm, Abbildung 15 – unten rechts).

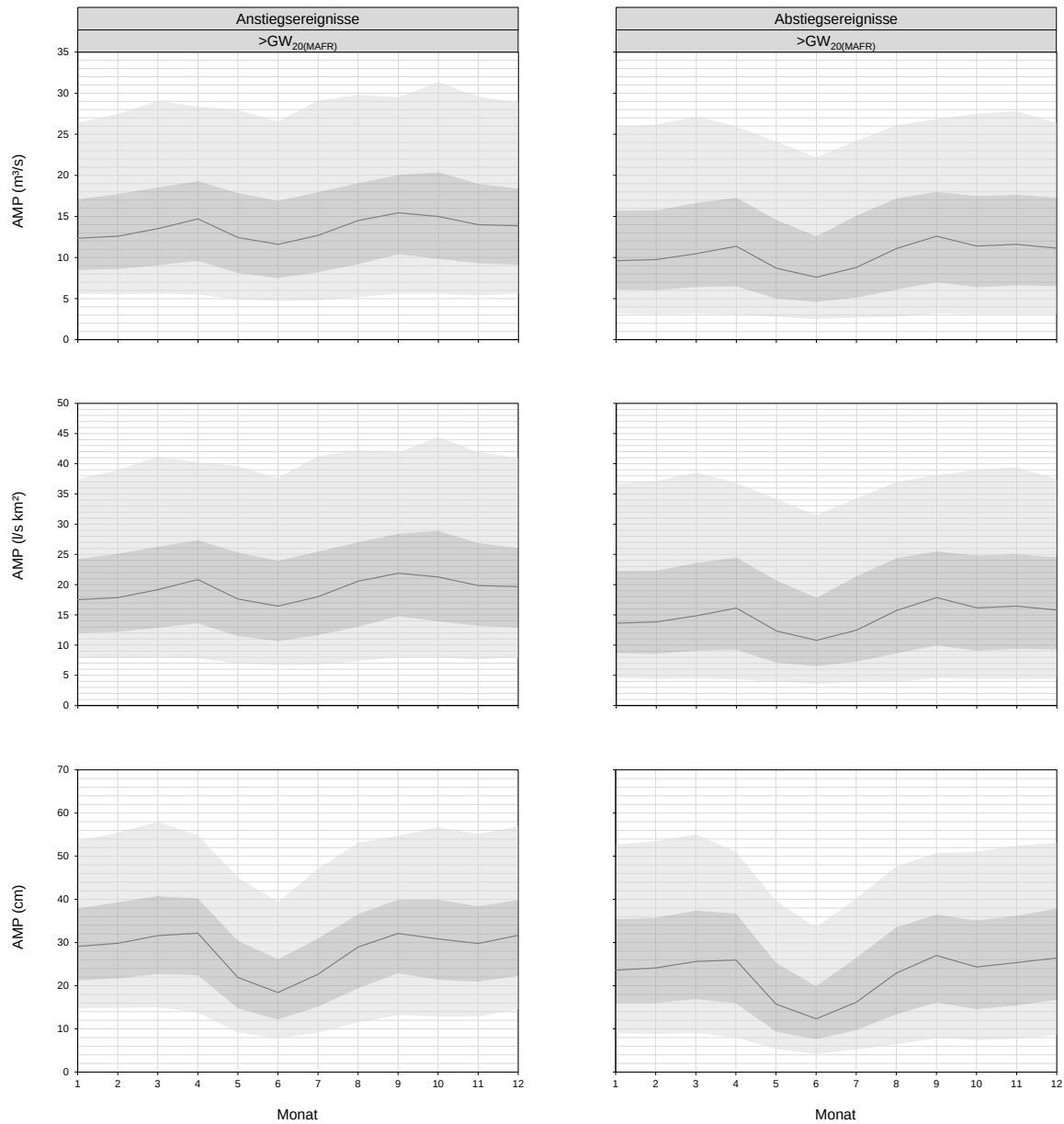


Abbildung 15: Pegel Flattach – Amplitude (AMP) von Abflussan- und Abstiegsereignissen $>GW_{20(MAFR)}$: absolut (oben), in Relation zur Einzugsgebietsgröße (Mitte) und näherungsweise Bestimmung der resultierenden Wasserstandsschwankungen (unten) (Zeitreihe 1976-2024 – hellgrau: 5-95% Perzentil, dunkelgrau: 25-75% Perzentil, dunkelgraue Linie: Median)

Interpretation

Beim Pegel Flattach treten kurzfristige Abflussschwankungen auch in Jahreszeiten auf, in denen in Winklern (Kapitel 3.2.1) keine Ereignisse dokumentiert werden. Die Auftrittshäufigkeit kurzfristiger Abflussschwankungen ist deutlich erhöht.

Die statistischen Lagemaße der Abflussänderungsgeschwindigkeit und der Amplitude zeigen keinen für nival geprägte, unbeeinflusste Abflussregime typischen Jahresgang. Natürliche Abflussschwankungen haben auf die dargestellten Lagemaße keinen wesentlichen Einfluss. Stattdessen spiegeln diese ganzjährig die Schwall- und Sunkraten anthropogen verursachter Abflussschwankungen wider.

3.2.3 Kurzfristiges Abflussregime - Kolbnitz

Der Pegel befindet sich bei Flusskilometer 8,7. Die Bestimmung resultierender Wasserstandsschwankungen erfolgt gemäß Pegelschlüsselkurve.

Ereignisanzahl

Beim Pegel werden ganzjährig Abflussschwankungen erfasst, deren Abflussänderungsgeschwindigkeit $GW_{20(MAFR)}$ übersteigt. Das Maximum, bezogen auf den Median, ist mit 73 An- und 86 Abstiegsereignissen im August zu erwarten (Abbildung 16).

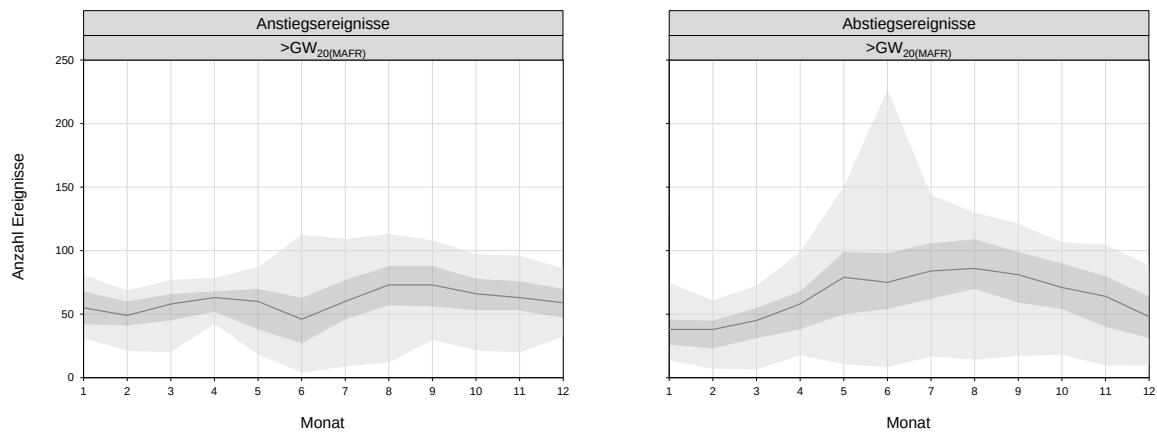


Abbildung 16: Pegel Kolbnitz – Monatliche Anzahl von Abflussan- und Abstiegsereignissen $>GW_{20(MAFR)}$ (Zeitreihe 1976-2024 – hellgrau: 5-95% Perzentil, dunkelgrau: 25-75% Perzentil, dunkelgraue Linie: Median)

Ereignisdauer

Die Dauer der Abflussschwankungen liegt bei Anstiegsereignissen, bezogen auf den Median, in einem Bereich von 75 bis 90 min (Abbildung 17 – links), bei Abstiegsereignissen von 75 bis 195 Minuten (Abbildung 17 – rechts).

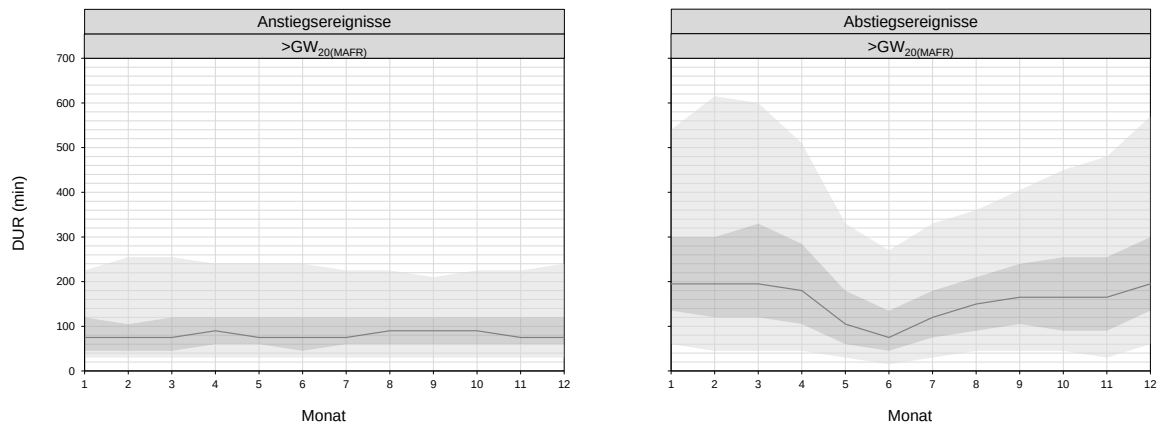


Abbildung 17: Pegel Kolbnitz – Dauer von Abflussan- und Abstiegseignissen $>GW_{20(MAFR)}$ (Zeitreihe 1976-2024 – hellgrau: 5-95% Perzentil, dunkelgrau: 25-75% Perzentil, dunkelgraue Linie: Median)

Abflussänderungsgeschwindigkeit

Die Abflussänderungsgeschwindigkeit der Anstiegseignisse liegt in einem Bereich von $0,22$ bis $1,04 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ (Median: $0,35$ bis $0,47 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, Abbildung 18 – oben links), bzw. in Relation zur Einzugsgebietsgröße zwischen $0,21$ und $1 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$ (Median: $0,34$ bis $0,45 \text{ l/s km min}$, Abbildung 18 – Mitte links). Die Geschwindigkeit der daraus resultierenden Wasserstandsschwankungen liegt in einer Größenordnung zwischen $0,2$ und $3,7 \text{ cm/min}$ (Median: $0,5$ bis $1,6 \text{ cm/min}$, Abbildung 18 – unten links).

Die Abflussänderungsgeschwindigkeit der Abstiegseignisse liegt in einem Bereich von $0,12$ bis $0,42 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ (Median: $0,17$ bis $0,2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, Abbildung 18 – oben rechts), bzw. $0,12$ bis $0,41 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$ (Median: $0,17$ bis $0,19 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$, Abbildung 18 – Mitte links). Die Geschwindigkeit der daraus resultierenden Wasserstandsschwankungen liegt in einer Größenordnung zwischen $0,1$ und $1,3 \text{ cm/min}$ (Median: $0,3$ bis $0,7 \text{ cm/min}$, Abbildung 18 – unten links).

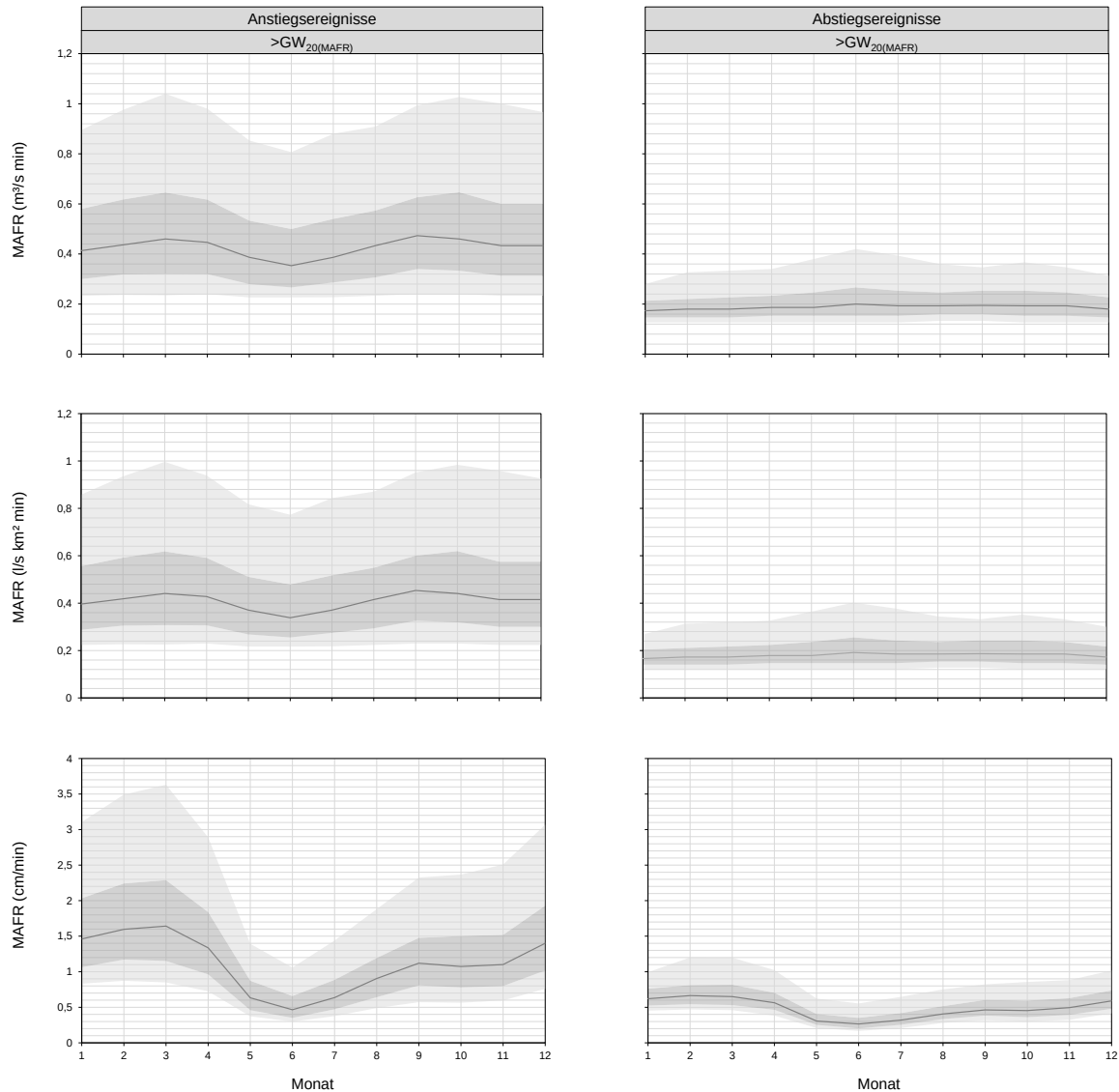


Abbildung 18: Pegel Kolbnitz – Maximale Abflussänderungsgeschwindigkeit (MAFR) von Abflussan- und Abstiegseignissen $>GW_{20(MAFR)}$: absolut (oben), in Relation zur Einzugsgebietsgröße (Mitte) und näherungsweise Bestimmung der resultierenden Wasserstandsschwankungen (unten) (Zeitreihe 1976-2024 – hellgrau: 5-95% Perzentil, dunkelgrau: 25-75% Perzentil, dunkelgraue Linie: Median)

Amplitude

Die Amplitude der Anstiegseignisse liegt in einem Bereich von 5 bis 32,1 m^3/s (Median: 13,2 bis 16,5 m^3/s , Abbildung 19 – oben links), bzw. in Relation zur Einzugsgebietsgröße zwischen 4,7 und 30,8 $l \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$ (Median: 12,6 bis 15,8 $l \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$, Abbildung 19 – Mitte links). Die daraus resultierenden Wasserstandsschwankungen liegen in einer Größenordnung zwischen 6 und 61 cm (Median: 16 bis 38 cm, Abbildung 19 – unten links).

Die Amplitude der Abstiegseignisse liegt in einem Bereich von 2,7 bis 29,9 m^3/s (Median: 8,6 bis 15,8 m^3/s , Abbildung 19 – oben rechts), bzw. 2,5 bis 28,7 $l \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$ (Median: 8,2 bis 15,1 $l \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$, Abbildung 19 – Mitte

rechts). Die daraus resultierenden Wasserstandsschwankungen liegen in einer Größenordnung von 3 bis 62 cm (Median: 11 bis 39 cm, Abbildung 19 – unten rechts).

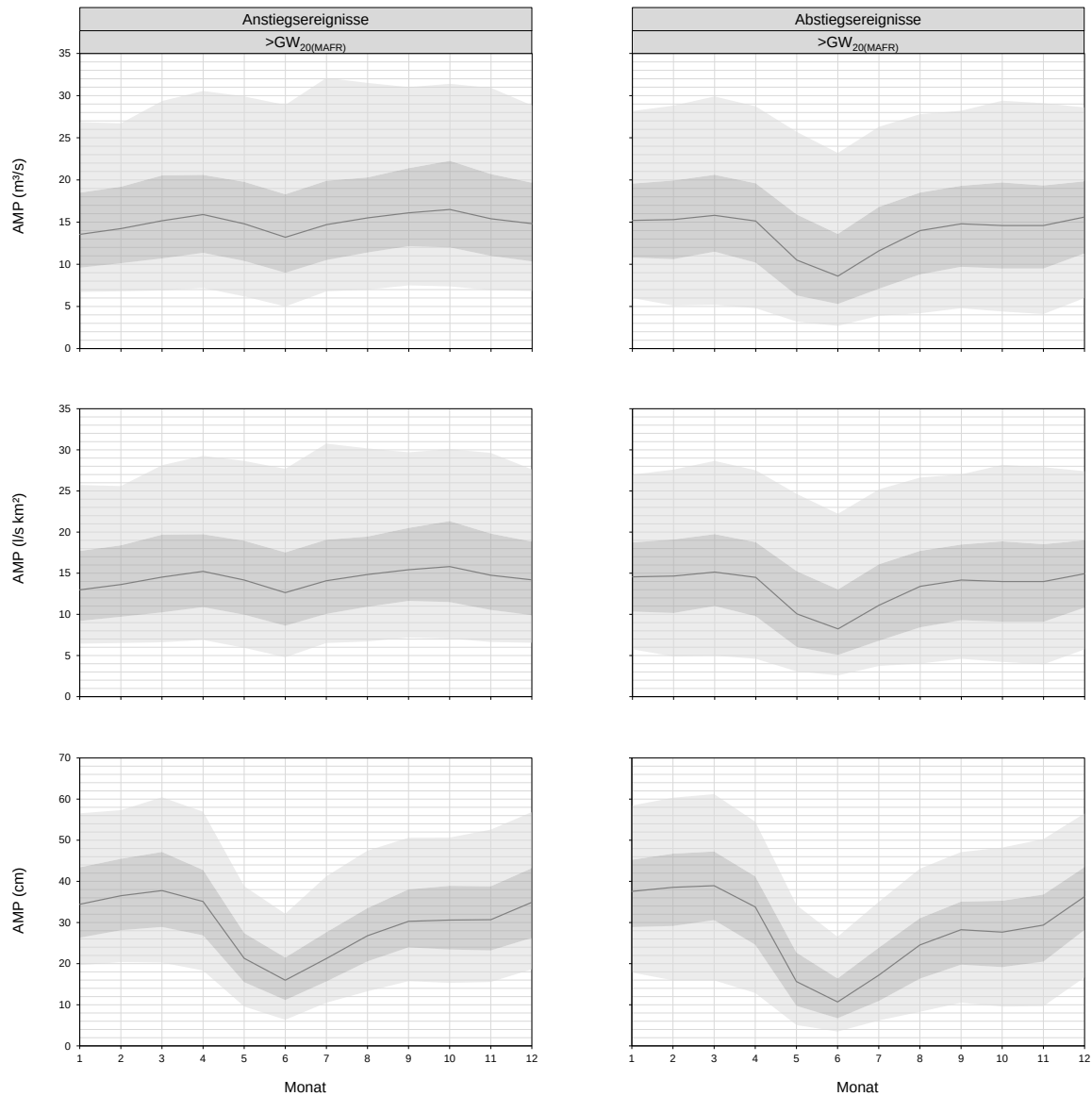


Abbildung 19: Pegel Kolbnitz – Amplitude (AMP) von Abflussan- und Abstiegseignissen $>GW_{20(MAFR)}$: absolut (oben), in Relation zur Einzugsgebietsgröße (Mitte) und näherungsweise Bestimmung der resultierenden Wasserstandsschwankungen (unten) (Zeitreihe 1976-2024 – hellgrau: 5-95% Perzentil, dunkelgrau: 25-75% Perzentil, dunkelgraue Linie: Median)

Interpretation

Auch beim Pegel Kolbnitz treten kurzfristige Abflussschwankungen in Jahreszeiten auf, in denen in Winklern (Kapitel 3.2.1) keine Ereignisse dokumentiert werden. Die Auftretshäufigkeit kurzfristiger Abflussschwankungen ist deutlich erhöht.

Übereinstimmend mit dem Pegel Flattach (Kapitel 3.2.2) zeigen die statistischen Lagemaße der Abflussänderungsgeschwindigkeit und der Amplitude keinen typischen Jahresgang für nival geprägte unbeeinflusste Abflussregime. Natürliche Abflussschwankungen haben auf die dargestellten Lagemaße keinen wesentlichen Einfluss. Stattdessen spiegeln diese ganzjährig die Schwall- und Sunkraten anthropogen verursachter Abflussschwankungen wider.

3.2.4 Schlussfolgerungen zur Schwallbelastung

Oberhalb der Stauhaltung Gößnitz wird das kurzfristige Abflussregime durch natürliche Abflussschwankungen bestimmt. Sowohl Auftrittshäufigkeit als auch Intensität der kurzfristigen Abflussschwankungen zeigen einen für nival geprägte Abflussregime typischen Jahresverlauf (Kapitel 3.2.1). Negative ökologische Auswirkungen infolge künstlicher Abflussschwankungen sind in diesem Abschnitt nicht zu erwarten.

Zwischen Außerfragant und Rottau wird das kurzfristige Abflussregime ganzjährig von den bei den Kraftwerken Gößnitz und Außerfragant (Abbildung 20) eingeleiteten Schwallwellen geprägt. Bezugnehmend auf Auftrittshäufigkeit, -zeitpunkt und Intensität der Schwallwellen (Kapitel 3.2.2 und 3.2.3) ist eine sehr starke Beeinträchtigung des Gewässerökosystems festzustellen (Kapitel 5.3.1). Ein adäquates natürliches Jungfischauftreten kann aktuell ausgeschlossen werden. Auch für Makrozoobenthos-Organismen bedeutet die hohe Schwallbelastung, dass spezifisch erforderliche Habitatbedingungen nicht vorhanden oder stark eingeschränkt sind.

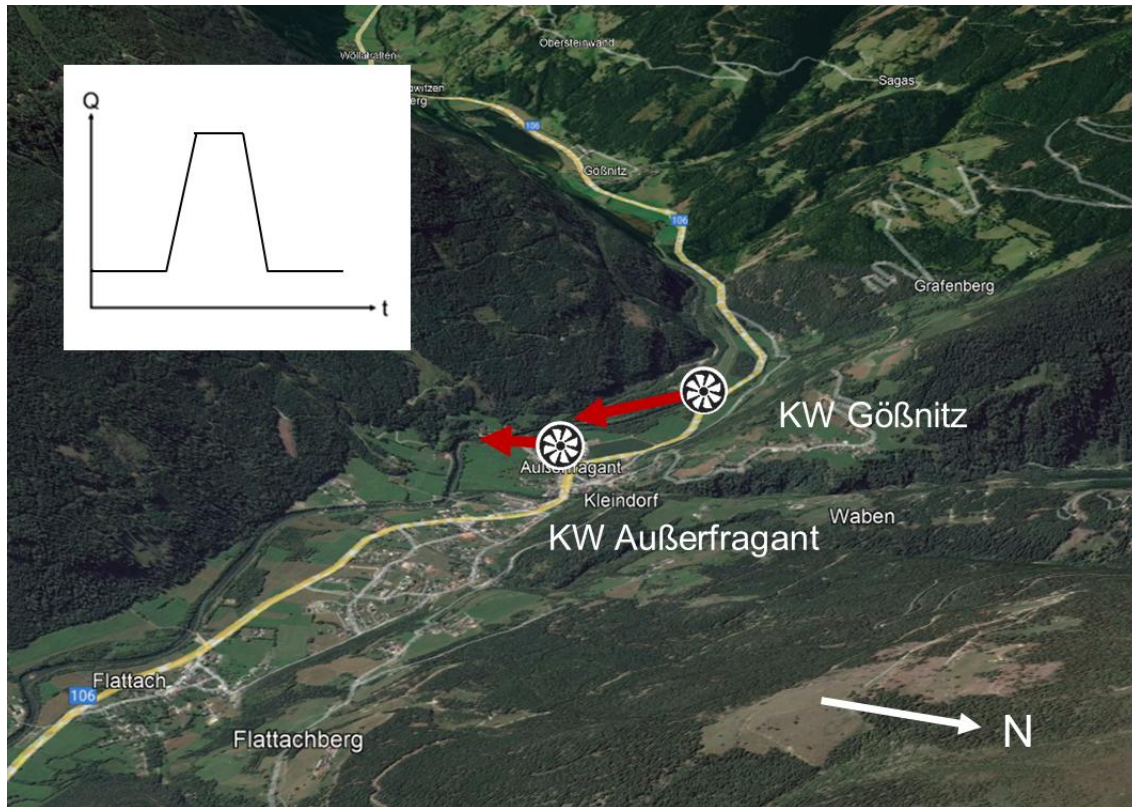


Abbildung 20: Istzustand (Diagrammskizze einer Schwallwelle, Durchfluss (Q) über die Zeit (t)) – Direkte Schwallleinleitung (rot) der Kraftwerke Gößnitz und Außerfragant (Hintergrund: Google Earth, 2025)

3.3 Fischökologie

Im Folgenden werden die mittleren Fischbiomassen der Restwasser- und der Schwallstrecke für die Jahre 2006 und 2018 – entsprechend der verfügbaren Datengrundlage (Abbildung 21) – gegenübergestellt.

Die (selbst im österreichweiten Vergleich) hohen Fischbiomassen von 175 bis 270 kg/ha (Abbildung 22, blau) deuten darauf hin, dass die Restwasserbelastung im Gewässerabschnitt zwischen Winklarn und der Stauwurzel Gößnitz (Kapitel 3.1.1) aus fischökologischer Sicht noch im tolerierbaren Bereich liegt.

Im Gegensatz dazu werden in der Schwallstrecke zwischen dem Kraftwerk Gößnitz und dem Stau Rottau sehr geringe Fischbiomassen festgestellt (Abbildung 22, orange). Dies verdeutlicht, dass die Belastung durch unzureichende Basisabflüsse (Kapitel 3.1.2) und insbesondere durch die ausgeprägte Schwallbelastung (Kapitel 3.2.2 und 3.2.3) in diesem Abschnitt der Möll zu einem sehr stark beeinträchtigten Gewässerökosystem führt.

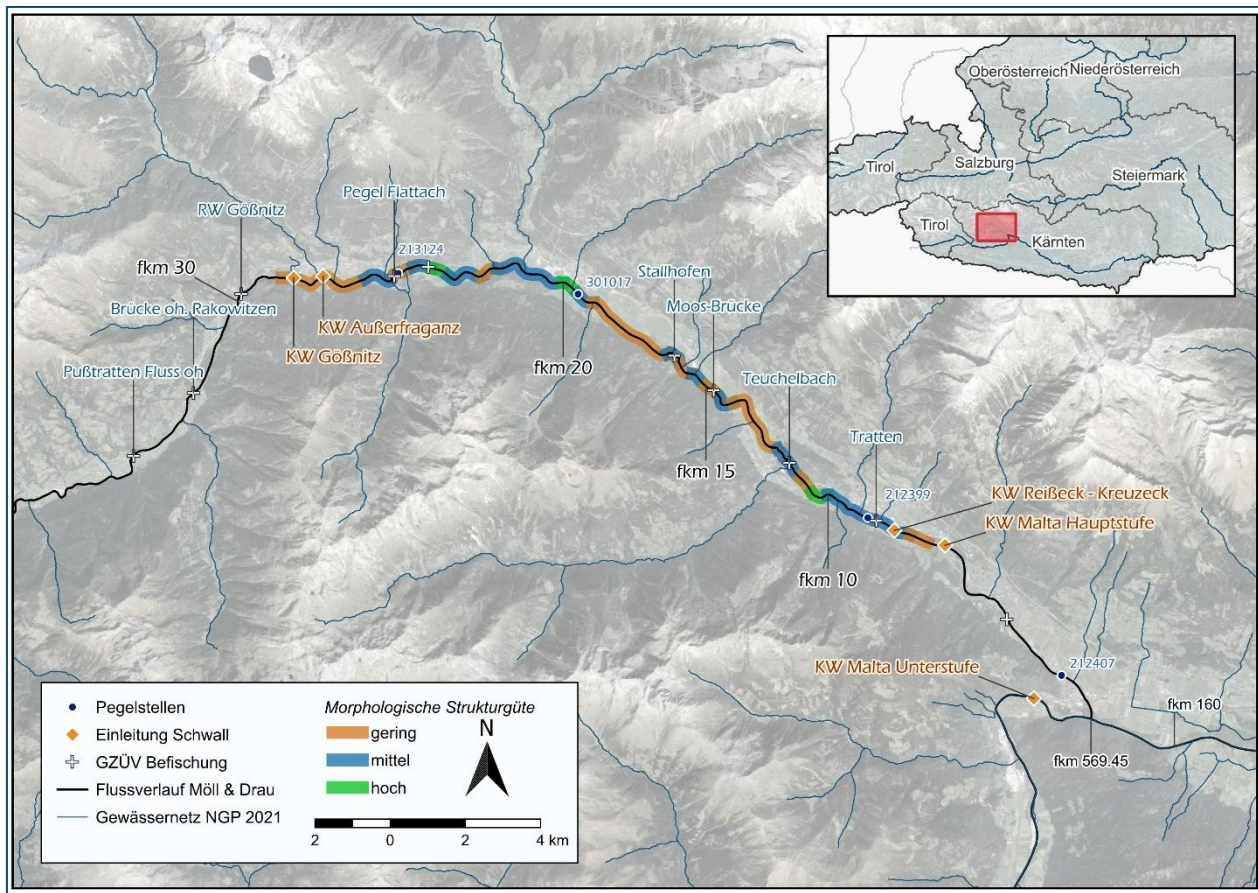


Abbildung 21: Überblick zu verfügbaren Befischungsdaten (Quelle: GZUEV/IHG-BOKU)

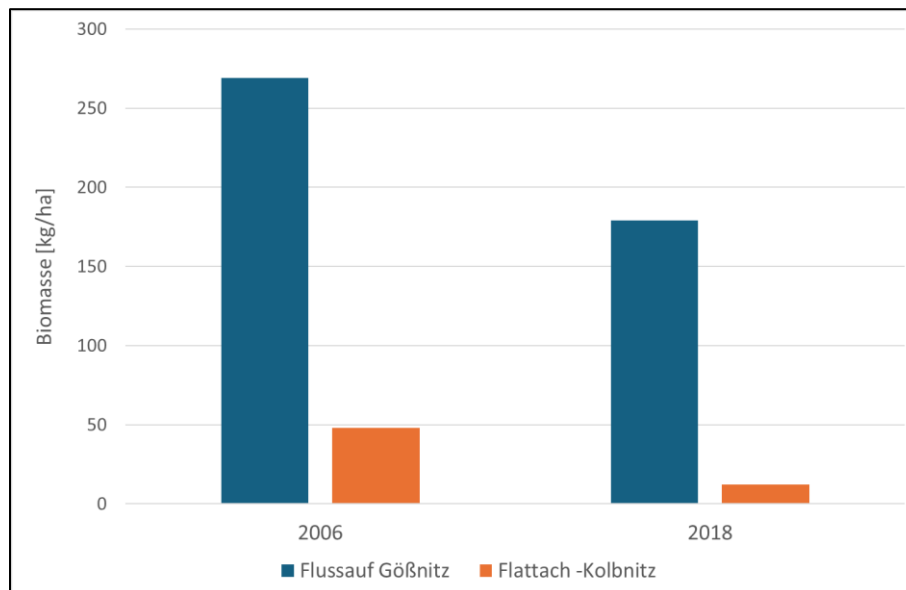


Abbildung 22: Mittelwert der Fischbiomasse an den Befischungsstellen (Abbildung 21) flussauf (Restwasserstrecke: blau) und flussab (Schwallstrecke: orange) der Schwallenleitungen (Quelle: GZUEV/IHG-BOKU)

4 Minderung der Belastung durch geringe Wasserführungen

Eine Minderung der bestehenden Belastung durch unzureichende Wasserführungen (Kapitel 3.1.2) kann durch eine ökologisch angepasste Dotation beim Kraftwerk Gößnitz erzielt werden³. Die folgenden Szenarien beziehen sich auf die Mindestabflüsse in der Schwallstrecke zwischen dem Kraftwerk Gößnitz und dem Stau Rottau (Abbildung 4) und werden im Hinblick auf die Einhaltung der Vorgaben der Qualitätszielverordnung Ökologie (QZV) (Kapitel 2.1) beim Pegel Flattach bewertet⁴.

4.1 Mindestabfluss-Szenario 1

Bis zu einem Zufluss zum Stau Gößnitz von 4 m³/s, wird das Kraftwerk Gößnitz als Laufkraftwerk betrieben (Zufluss = Abfluss). Bei geringeren Zuflüssen wäre ein Schwellbetrieb – und damit ein temporärer Wasserrückhalt im Stauraum Gößnitz – nicht zulässig.

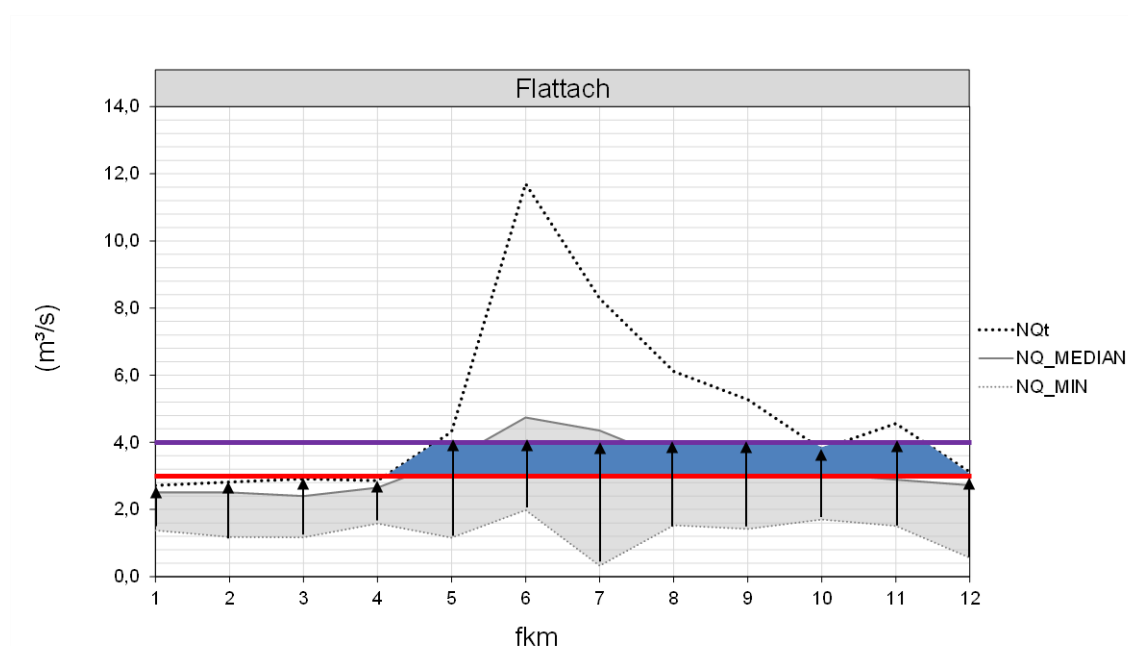


Abbildung 23: Pegel Flattach/Mindestabfluss-Szenario 1 – Vergleich relevanter Niederwasserparameter (ganzjährig einzuhaltender Mindestabfluss gemäß QZV – rot (Hydrographie Kärnten, 2024); geringstes monatliches Tagesniederwasser – fett punktiert (NQt); geringster monatlicher Abflusswert – Minimum (punktiert) und Median (grau); erwartbarer minimaler dynamischer Anteil (blau – Mindestabfluss gemäß QZV bis NQt)) und zu erwartende Veränderung des Mindestabflusses im Vergleich zum Istzustand (Pfeile)

³Die folgende Bewertung der unterschiedlichen Szenarien ist grundsätzlich auch auf die Restwasserstrecke zwischen der Wehranlage und dem Kraftwerk Gößnitz übertragbar. Um eine potenzielle Belastung durch unzureichende Wasserführung auch in diesem Abschnitt zu verringern, müssten die vorgeschlagenen Dotationsmengen an der Wehranlage Gößnitz abgegeben werden.

⁴Am Pegel Flattach ist NQ_MIN aufgrund des Schwellbetriebs von KW Gößnitz nicht geeignet, um die minimalen Zuflüsse zum Stau Gößnitz wiederzugeben. Deshalb wird der Bereich zwischen dem Mindestabfluss gemäß QZV und NQt herangezogen, um den zu erwartenden dynamischen Mindestabfluss darzustellen.

Interpretation

Im Mindestabfluss-Szenario 1 wird der gemäß Qualitätszielverordnung geforderte Mindestabfluss ganzjährig weitgehend eingehalten – mit Ausnahme möglicher seltener winterlicher Niederwasserphasen, in denen der Zufluss zum Speicher Gößnitz dafür knapp nicht ausreichend ist. Zwar kann durch temporäre Unterschreitungen des Zuflusses von $4 \text{ m}^3/\text{s}$ – insbesondere im Winter – eine geringfügig dynamische Mindestwasserführung erwartet werden, im Sinne einer dauerhaft eingehaltenen Mindestanforderung gemäß Qualitätszielverordnung ist diese jedoch nicht gegeben (Abbildung 23).

Die Überprüfung der Fließgeschwindigkeiten und Wassertiefen anhand des hydrodynamischen Modells zeigt, dass die in Anlage G geforderten Mindestwerte im Mindestabfluss-Szenario 1 voraussichtlich eingehalten werden. Bei einem Abfluss von $4 \text{ m}^3/\text{s}$ am Pegel Flattach liegen die Wassertiefen in den pessimalen Furten bzw. Schnellen in der Größenordnung von 30 cm (Kapitel 10.1.1). Aufgrund möglicher Modellunsicherheiten in flachen Furtbereichen wird empfohlen, die Einhaltung der in Anlage G der QZV definierten Mindestanforderungen durch in-situ-Messungen zu verifizieren.

4.2 Mindestabfluss Szenario 2

Bis zu einem Zufluss zum Stau Gößnitz von $4 \text{ m}^3/\text{s}$ (November bis März), $4,5 \text{ m}^3/\text{s}$ (April, Oktober), $6 \text{ m}^3/\text{s}$ (Mai), $7 \text{ m}^3/\text{s}$ (September) bzw. $8 \text{ m}^3/\text{s}$ (Juni bis August), wird Kraftwerk Gößnitz als Laufkraftwerk betrieben (Zufluss = Abfluss). Bei geringeren Zuflüssen wäre ein Schwellbetrieb – und damit ein temporärer Wasserrückhalt im Stauraum Gößnitz – nicht zulässig.

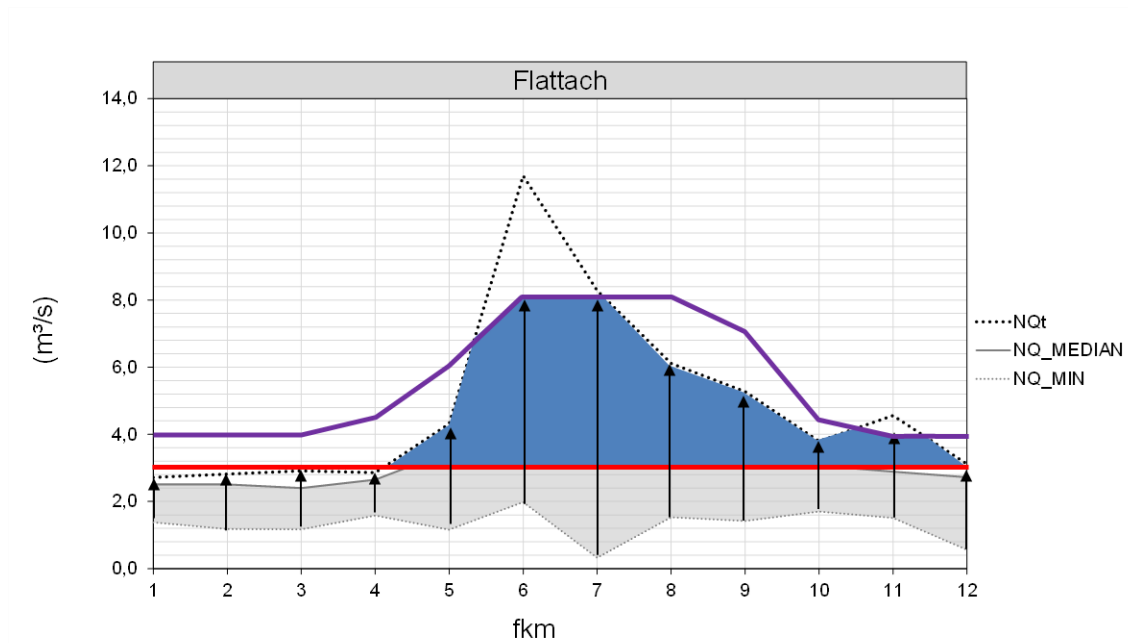


Abbildung 24: Pegel Flattach/Mindestabfluss-Szenario 2 – Vergleich relevanter Niederwasserparameter (ganzjährig einzuhaltender Mindestabfluss gemäß QZV – rot (Hydrographie Kärnten, 2024); geringstes monatliches Tagesniederwasser – fett punktiert (NQt); geringster monatlicher Abflusswert – Minimum (punktiert) und Median (grau); erwartbarer minimaler dynamischer Anteil (blau – Mindestabfluss gemäß QZV bis NQt)) und zu erwartende Veränderung des Mindestabflusses im Vergleich zum Istzustand (Pfeile)

Interpretation

Im Mindestabfluss-Szenario 2 wird der gemäß Qualitätszielverordnung geforderte Mindestabfluss ganzjährig weitgehend eingehalten – mit Ausnahme möglicher seltener winterlicher Niederwasserphasen, in denen der Zufluss zum Speicher Gößnitz dafür knapp nicht ausreichend ist. Zudem ist eine dynamische Mindestwasserführung erkennbar, die in ihrer saisonalen Ausprägung dem natürlichen Abflussverhalten eines nival geprägten Abflussregimes entspricht (Abbildung 24).

Die Überprüfung der Fließgeschwindigkeiten und -wassertiefen anhand des hydrodynamischen Modells zeigt, dass die in Anlage G geforderten Mindestwerte im Mindestabfluss-Szenario 2 voraussichtlich eingehalten werden. Bei einem Abfluss von 4 m³/s am Pegel Flattach liegen die Wassertiefen in den pessimalen Furten bzw. Schnellen in der Größenordnung von 30 cm (Kapitel 10.1.1). Zusätzlich werden potenzielle Unsicherheiten in einzelnen seichten Bereichen durch die saisonale Dynamisierung des Restwasserabflusses kompensiert. Diese gewährleistet in besonders kritischen Abschnitten langgezogener Furten erhöhte Mindestwassertiefen, was die fischökologische Durchgängigkeit weiter verbessert.

4.3 Mindestabfluss Szenario 3

Kraftwerk Gößnitz wird ganzjährig als Laufkraftwerk betrieben (Zufluss = Abfluss). Ein Schwellbetrieb – und damit ein temporärer Wasserrückhalt im Stauraum Gößnitz – wäre generell nicht zulässig.

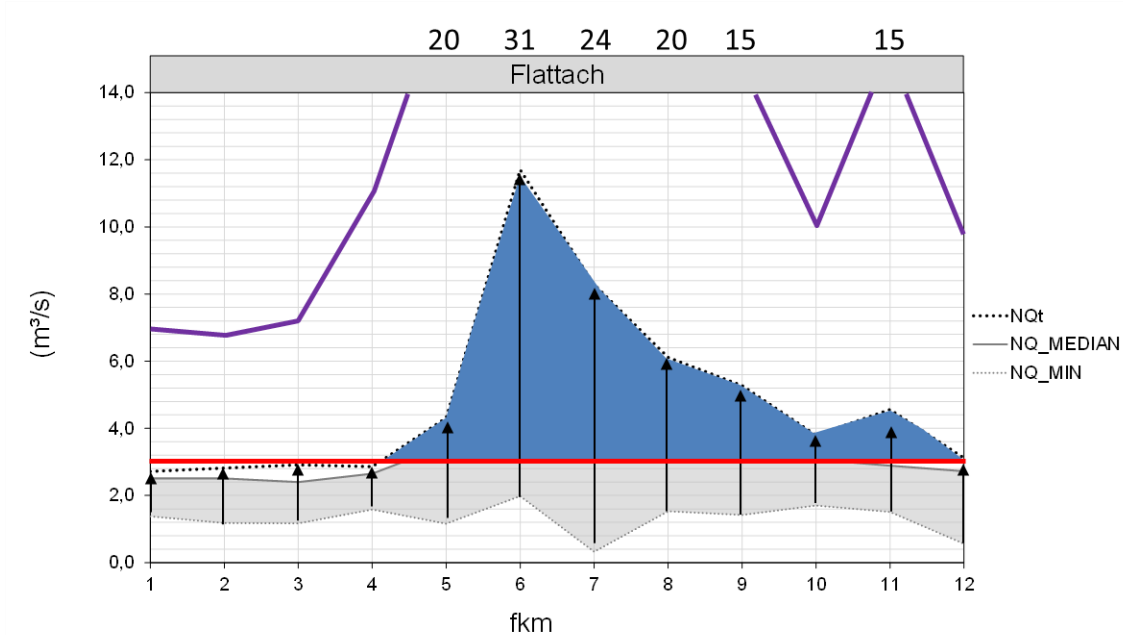


Abbildung 25: Pegel Flattach/Mindestabfluss-Szenario 3 – Vergleich relevanter Niederwasserparameter (ganzjährig einzuhaltender Mindestabfluss gemäß QZV – rot (Hydrographie Kärnten, 2024); geringstes monatliches Tagesniederwasser – fett punktiert (NQt); geringster monatlicher Abflusswert – Minimum (punktiert) und Median (grau); erwartbarer minimaler dynamischer Anteil (blau – Mindestabfluss gemäß QZV bis NQt)) und zu erwartende Veränderung des Mindestabflusses im Vergleich zum Istzustand (Pfeile); (violett – NQt zuzüglich mittlerer Durchfluss KW Gößnitz)

Interpretation

Mit Ausnahme des Monats Juli entsprechen die Mindestabflüsse – bedingt durch den limitierenden Zufluss zum Speicher Gößnitz – jenen von Szenario 2 (Kapitel 4.2). Auch im Mindestabfluss-Szenario 3 wird der gemäß Qualitätszielverordnung geforderte Mindestabfluss daher ganzjährig weitgehend eingehalten – mit Ausnahme möglicher seltener winterlicher Niederwasserphasen, in denen der Zufluss zum Speicher Gößnitz dafür knapp nicht ausreichend ist. Zudem ist eine stärker ausgeprägte dynamische Mindestwasserführung erkennbar, die in ihrer saisonalen Ausprägung dem natürlichen Abflussverhalten eines nival geprägten Abflussregimes entspricht (Abbildung 25).

Aufgrund der weitgehend übereinstimmenden Mindestabflüsse zeigt die Überprüfung der Fließgeschwindigkeiten und -wassertiefen anhand des hydrodynamischen Modells auch hier, dass die in Anlage G geforderten Mindestwerte im Mindestabfluss-Szenario 3 voraussichtlich eingehalten werden. Bei einem Abfluss von $4 \text{ m}^3/\text{s}$ am Pegel Flattach liegen die Wassertiefen in den pessimalen Furten bzw. Schnellen in der Größenordnung von 30 cm. Bei durchschnittlichen

Abflüssen, die deutlich über 4 m³/s liegen, werden die in Anlage G der Qualitätszielverordnung (QZV) festgelegten Mindestanforderungen verlässlich eingehalten (Kapitel 10.1.1).

Die zusätzliche Abflussdynamisierung im Vergleich zu Szenario 2 (Kapitel 4.2) folgt im zeitlichen Verlauf im Wesentlichen der natürlichen Abflusscharakteristik und trägt damit wesentlich zur Förderung ökologisch relevanter Prozesse bei – wie etwa Sohlumlagerung, Laichwanderungen und der jahreszeitlich differenzierten Habitatnutzung durch verschiedene Altersstadien der Fischfauna. Insbesondere der Lebensraum für die rheophilen Adultfische wird durch die erhöhte durchschnittliche Wasserführung weiter aufgewertet, wodurch die ökologische Funktionsfähigkeit des Gewässerabschnitts nachhaltig gestärkt wird.

4.3.1 Schlussfolgerung - Ökologisch notwendiger Mindestabfluss

Ökologisch notwendige Mindestabflüsse orientieren sich an Minimalwerten, um einen dauerhaft verfügbaren Mindestlebensraum für aquatische Organismen sicherzustellen. Mittlere Abflüsse spielen dabei grundsätzlich eine untergeordnete Rolle.

Die Vorgaben der Qualitätszielverordnung Ökologie (Kapitel 2.1) werden im Mindestabfluss-Szenario 1 mangels Dynamik nicht erfüllt. Der gute ökologische Zustand kann daher bei diesem Szenario wahrscheinlich nicht erreicht werden.

Szenario 2 und 3 entsprechen hingegen voraussichtlich einem ökologisch notwendigen Mindestabfluss gemäß Qualitätszielverordnung sodass zu erwarten ist, dass die für den guten Zustand festgelegten Werte für die biologischen Qualitätskomponenten mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit erreicht werden.

Obwohl im Mindestabfluss-Szenario 3 im Vergleich zu Szenario 2 im Mittel deutlich höhere Restwasserabflüsse vorliegen (violette Linie, Abbildung 24 vs. Abbildung 25), die zu einer Stärkung der ökologischen Funktionsfähigkeit des Gewässerabschnitts beitragen, kann aufgrund des begrenzten Zuflusses in den Stauraum Gößnitz – mit Ausnahme des Monats Juni – kein durchgehend höherer Mindestabfluss gewährleistet werden. Zudem fehlt für eine Erhöhung der Mindestrestwassermenge über das zur Erreichung des guten ökologischen Zustands erforderliche Maß hinaus – das voraussichtlich bereits mit Szenario 2 erfüllt wird – die rechtliche Grundlage (Kapitel 2.1).

5 Minderung der Schwallbelastung

Im Rahmen der Machbarkeitsstudie sind grundsätzlich alle technisch umsetzbaren Maßnahmen zu bewerten, die zur Verringerung der Schwallbelastung durch die Kraftwerke Gößnitz und Außerfragant beitragen können (BMLUK, in prep.; BMLFUW, 2017; BMLRT, 2021; Europäische Kommission, 2020). Berücksichtigt werden dabei ausschließlich Maßnahmen, deren Umsetzung auf Grundlage der geltenden rechtlichen Rahmenbedingungen umgesetzt werden könnte (Kapitel 5.2.1).

Ausgehend von einer standardisierten Abgrenzung des Untersuchungsraumes (Kapitel 5.1) und einer Bewertung der morphologischen Strukturgüte (Kapitel 5.1.2) liegt der Fokus auf der ökologischen Bewertung der kraftwerksspezifischen Schwallbelastung im Istzustand sowie der Auswirkungen direkter Maßnahmen zu deren Reduktion (Kapitel 5.3). Die energiewirtschaftliche Maßnahmenbewertung (Kapitel 5.4) wurde von e3 consult durchgeführt (Neubarth, 2025).

5.1 Untersuchungsraum

Um Maßnahmen und Maßnahmenkombinationen zur Minderung von schwall- und sunkbedingten ökologischen Auswirkungen – einer einheitlichen Methode folgend – bewerten zu können, ist es erforderlich, den eine bestimmte Schwalleinleitestelle betreffenden Untersuchungsraum standardisiert abzugrenzen.

Die ökologische Bewertung (Kapitel 5.3) berücksichtigt Kombinationswirkungen von direkten (die hydrologische Situation beeinflussende) und indirekten (morphologisch/sedimentologische und technische Maßnahmen) Maßnahmen. Neben der Beschreibung der hydrologischen Verhältnisse (Kapitel 5.2) ist somit auch eine überblicksmäßige strukturelle Bewertung des untersuchten Gewässerabschnittes erforderlich (Kapitel 5.1.2).

5.1.1 Abgrenzung des Untersuchungsraumes

Die Abgrenzung des Untersuchungsraumes erfolgt gemäß den in Abbildung 26 zusammengefassten Kriterien. Sobald flussab der Schwalleinleitestelle eines der drei Kriterien erfüllt ist, markiert dies das Ende des Untersuchungsraumes.

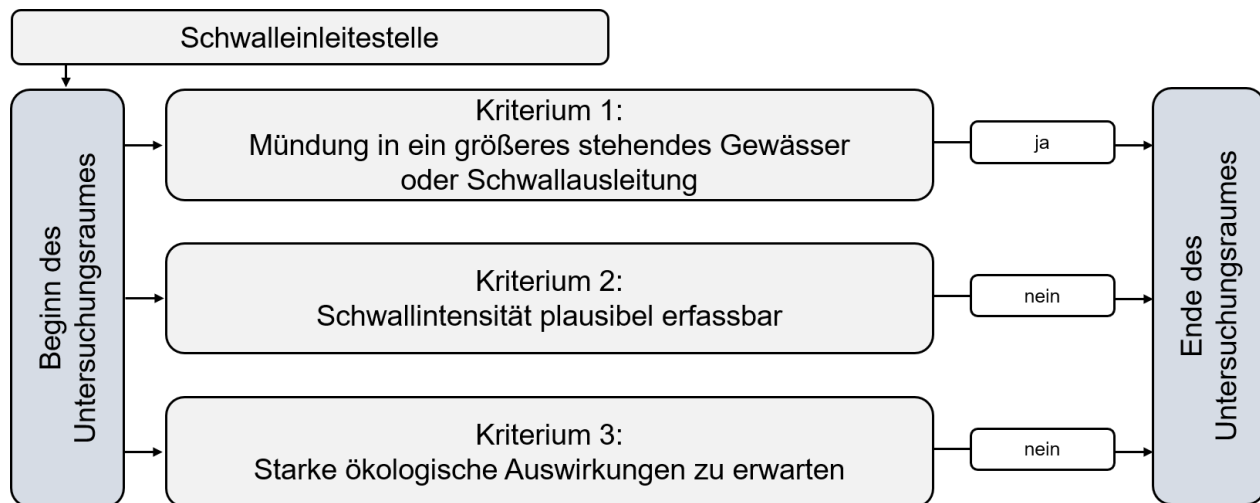


Abbildung 26: Kriterien zur Abgrenzung des Untersuchungsraumes.

Die Schwallwellen der Kraftwerke Gößnitz und Außerfragant werden beim Wehr Rottau (fkm 5,7) aus der Möll ausgeleitet. Zudem steht mit dem Stauvolumen bewirtschaftbares Speichervolumen im Hauptschluss zur Verfügung. Gemäß Kriterium 1 liegt das Ende des Untersuchungsgebietes dementsprechend bei der Stauwurzel des Rottau-Stausees (fkm 7,2).

Die Schwallwellen der beiden Kraftwerke sind bis zur Stauwurzel des Rottau-Stausees bzw. bis zur Pegelstelle Kolbnitz plausibel verfolgbar (Abbildung 84, Abbildung 85, Abbildung 90, Abbildung 91), womit auch Kriterium 2 den Untersuchungsraum bei fkm 7,2 begrenzt.

Die abschließende Prüfung erfolgt gemäß Kriterium 3. Die maximale Abstiegs geschwindigkeit der Schwallwellen von Szenario F liegt bei mittleren Abflussverhältnissen bei beiden Kraftwerken bei der Stauwurzel des Rottau-Stausees über 0,4 cm/min (Abbildung 97, Abbildung 168). Durch die Kraftwerke Gößnitz und Außerfragant sind somit a priori bis zur Stauwurzel des Rottau-Stausees starke ökologische Auswirkungen zu erwarten.

Der Untersuchungsraum beschränkt sich somit von den jeweiligen Schwalleinleitstellen der Kraftwerke Gößnitz (fkm 28,1) bzw. Außerfragant (fkm 27,2) bis zur Stauwurzel des Rottau-Stausees (fkm 7,21). Abbildung 4 zeigt eine Überblickskarte des Untersuchungsraums und in Tabelle 2 werden räumliche Bezugspunkte aufgelistet.

Tabelle 2: Räumliche Bezugspunkte im Untersuchungsraum (vgl. Kapitel 10.8 und 10.10).

Ort	fkm
Schwalleinleitestelle Kraftwerk Gößnitz	28,0
Schwalleinleitestelle Kraftwerk Außerfragant	27,0
Außerfragant	27,0
Söbriach	23,0
Mündung Mallnitzbach	21,0
Obervellach	19,0
Moserhof Penk	15,0
Mündung Teuchlbach	11,5
Stauwurzel Rottau	7,0

(fkm – Flusskilometer/orographisch und gerundet)

5.1.2 Morphologische Strukturgüte

Um das Ziel einer gesamtheitlichen strukturellen Bewertung zu erreichen, wird die Bewertung der Güte der morphologischen Strukturen in Abhängigkeit zu deren Wirksamkeit über das gesamte Abflussspektrum vorgenommen (Tabelle 3, Abbildung 4). Die Klassifizierung erfolgt in vier Kategorien (Hauer & Holzapfel, 2024):

- **Anthropogen überprägt (M0):** Abschnitte in denen der Raumbedarf des Fließgewässers längs und quer der Fließachse (begradigt sowie im Querschnitt eingeeengt) durch Siedlungsgebiet oder intensiver anthropogener Nutzung stark eingeschränkt ist und zum gegenwärtigen Zeitpunkt eine Änderung der Raumnutzung nicht möglich erscheint.
- **Strukturiert NW – geringe Strukturgüte (M1):** Die hydraulische Wirksamkeit von morphologischen Strukturen im Sinne des potentiellen Habitat-Angebots für verschiedenste Nutzungsansprüche (Bereiche mit hoher und niedriger Fließgeschwindigkeit und Tiefe) zeigt sich nur im niedrigen Abflussbereich (NW). Darüber hinaus (im Sinne des Abflusses) ist der Abschnitt von geringen Varianzen bzgl. Fließgeschwindigkeit und Tiefe geprägt.
- **Strukturiert MW – mittlere Strukturgüte (M2):** Die hydraulische Wirksamkeit von morphologischen Strukturen geht über den Mittelwasserbereich (MW) hinaus und reicht in etwa bis HQ1. Lediglich bei Hochwasserabflüssen mit mittlerer und geringer Auftrittswahrscheinlichkeit sinkt die Varianz an Fließgeschwindigkeit und Tiefe wieder.
- **Strukturiert HW – hohe Strukturgüte (M3):** Bei sämtlichen im Jahr vorkommenden Abflüssen (Ausnahme Extremereignisse) weist der Abschnitt eine hohe Varianz hinsichtlich Fließgeschwindigkeiten und Tiefen auf. Unterschiedliche Nutzungsansprüche der Biota können in allen Abflussbereichen aus Sicht der morphologischen Diversität für alle funktionalen Habitate erfüllt werden.

Tabelle 3: Einstufung der morphologischen Strukturgüte von fkm 28,5 bis 7.

fkf_von	fkf_bis	Morph_Strukturgüte
28,5	26,0	1
26,0	25,0	2
25,0	24,5	1
24,5	24,0	2
24,0	23,5	3
23,5	22,5	2
22,5	22,0	1
22,0	20,0	2
20,0	19,5	3
19,5	19,0	2
19,0	16,5	1
16,5	16,0	2
16,0	15,5	1
15,5	15,0	2
15,0	14,5	1
14,5	14,0	2
14,0	12,0	1
12,0	11,0	2
11,0	10,5	1
10,5	10,0	3
10,0	7,5	2
7,5	7,0	1

(fkf – Flusskilometer/orographisch)

5.2 Schwallrouting

Beim Schwallrouting (**Lagrangesche Perspektive, Kapitel 2.2.2**) werden die von einer bestimmten Quelle (z.B. einer Schwallenleitetstelle) ausgehenden Abflussschwankungen flussabwärts verfolgt. Ziel ist es, deren Intensität im longitudinalen Gewässerverlauf (Schwallretention/Wellenverformung) bzw. im Längsschnitt eines Gewässerabschnittes zu erfassen. Im Rahmen der vorliegenden Studie erfolgt das Schwallrouting durch die in Greimel et al. (2022) beschriebene hydrologisch/empirischen Methode. Wie bei der Eulerschen Perspektive werden Abflussanstiegs- und Abflussabstiegsereignisse (Kapitel 2.2.1) dabei grundsätzlich separat betrachtet.

Das Schwallrouting zielt darauf ab, eine Grundlage für die Bewertung der zu erwartenden ökologischen Auswirkungen einzelner Schwallenleitetstellen sowie von direkten Maßnahmen zu schaffen. Hierfür sollen

- die gesamte Bandbreite der Schwallintensität (standardisierte Wirkungsszenarien, Kapitel 5.2.1.1) und
- spezifische Maßnahmen (Kapitel 5.2.4)

untersucht werden (Greimel et al., in prep.).

Die Ereignisdetektion und -quantifizierung der für das Schwallrouting relevanten Abflusszeitreihen (Tabelle 4) stellt die hydrologische Datengrundlage für die ökologische Bewertung dar, wobei im Rahmen des Schwallroutings der Zeitreihenausschnitt von 24.09.2014 bis 15.01.2016 analysiert wird⁵.

Tabelle 4: Für das Schwallrouting herangezogene Abflusszeitreihen.

ID	Gewässer	Bezeichnung	verfügbare Zeitreihe	EZG (km ²)	MQ (m ³ /s)	MQ_WB (m ³ /s)	Q ₉₅ _WB (m ³ /s)
901020	Möll	KW Außerfragant	01.01.2012 - 31.12.2024*	NA	7,1	NA	NA
901019	Möll	KW Gößnitz	01.01.2012 - 31.12.2024*	NA	10,3	NA	NA
213124	Möll	Pegel Flattach	01.01.1976 - 31.12.2024	705	18,3	22,4	3,9
301017	Möll	Sonde Obervellach	24.09.2014 - 15.01.2016	890	19,6	28,2	5,2
212399	Möll	Pegel Kolbnitz	01.01.1976 - 31.12.2024	1044	25,8	32,1	6,6
212407	Möll	Pegel Möllbrücke	01.01.1976 - 01.10.2020	1096	8,2	33,4	7,0

(ID – ID der Abflusszeitreihe, fkm – Flusskilometer, EZG – Einzugsgebietsgröße; MQ – arithmetisches Mittel der Abflusszeitreihe; MQ_WB – Mittlerer Abfluss gemäß Wasserbilanzmodell (BMLFUW, 2007); *Datenlücke: 2017-2023)

5.2.1 Maßnahmentypen und Wirkungsszenarien

Im Rahmen der Maßnahmenbewertung sind die Auswirkungen folgender Maßnahmentypen zu bewerten:

- Betriebliche Einschränkung des schwallerzeugenden Speicherkraftwerks,
- Schwalldämpfung durch stehende Retention durch die Errichtung von Schwalldämpfungsbecken oder die optimierte Bewirtschaftung bestehender Retentionsräume (z. B. zur Schwalldämpfung nutzbares Volumen in Laufstauen oder Hochwasserrückhaltebecken),
- Ausleitung von Schwallwellen, z. B. durch ein Schwallausleitungskraftwerk.

Bei der ökologischen Maßnahmenbewertung ist von einer unterschiedlichen hydrologischen Wirkung der Maßnahmentypen auszugehen:

Durch **betriebliche Einschränkungen** kann (ungeachtet der in der Regel negativen energiewirtschaftlichen Auswirkungen) grundsätzlich jede gewünschte hydrologische Wirkung erzielt werden (Abbildung 27 – a bis e)⁶.

Da das Volumen von **Dämpfungsbecken** in der Regel ganzjährig verfügbar ist und gleichermaßen sowohl auf Schwall- als auch auf Sunkereignisse wirkt, ist bei dieser Maßnahme von einer permanenten Verminderung der Schwall- und Sunkrate auszugehen (Abbildung 27 – d).

Schwallausleitungskraftwerke sind grundsätzlich geeignet, sowohl die maximale Schwallamplitude als auch die Schwall- und Sunkrate permanent zu verringern und daher im Rahmen der Maßnahmenbewertung dementsprechend zu bewerten (Abbildung 27 – e).

⁵Der genannte Zeitreihenausschnitt wird durch die verfügbare Zeitreihe der temporär betriebenen Pegelstelle Obervellach definiert.

⁶Im Zuge der energiewirtschaftlichen Analyse erfolgt außerdem eine Bewertung, ob und in welchen Ausmaß Batteriespeicher zur Reduktion energiewirtschaftlicher Auswirkungen beitragen können (Neubarth, 2025).

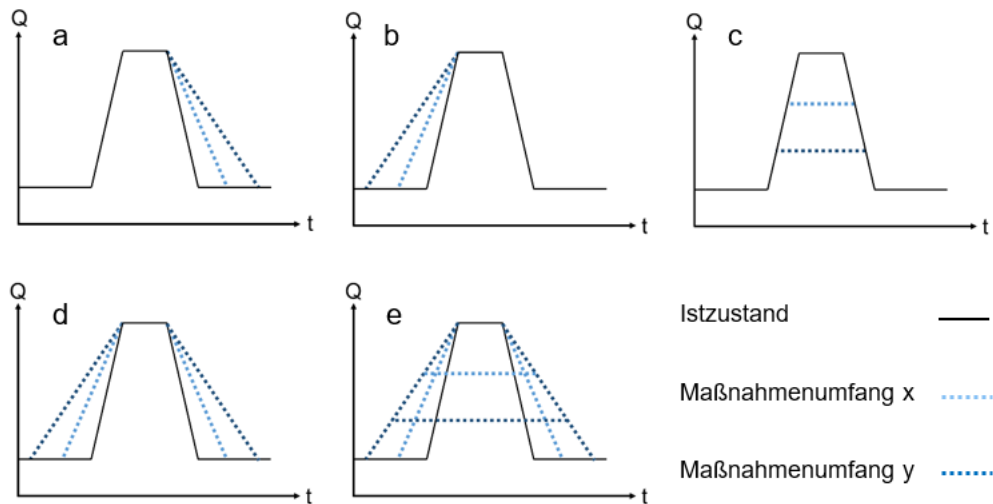


Abbildung 27: Schema-Skizze – Hydrologische Wirkungsszenarien von direkten Maßnahmen zur Verminderung der Schwallbelastung (Abfluss – Q; Zeit – t) bei unterschiedlichem Szenarienumfang (hellblaue Linie vs. dunkelblaue Linie)

5.2.1.1 Standardisierte Wirkungsszenarien

Der Maßnahmenumfang wird durch hydrologische Wirkungsszenarien bestimmt, die die Bandbreite möglicher Schwall- und Dämpfungsszenarien abdecken sollen und bei charakteristischen Basisabflüssen zu untersuchen sind.

Die Wirkungsszenarien werden durch die maximale Schwallintensität im Regelbetrieb definiert (Szenario F). Diese ist anhand der Durchflusszeitreihe des schwallerzeugenden Kraftwerks bzw. des ins Gewässer eingeleiteten Triebwassers zu ermitteln. Um die Vergleichbarkeit konsistenter Schwall- und Sunkszenarien zu gewährleisten, ist Szenario F auf Basis unterschiedlichen Zeitreihenaufösungen festzulegen. Für die energiewirtschaftliche Bewertung und für die Anwendung von hydrodynamischen Modellen sind Minutenwerte heranzuziehen. Das empirisch/hydrologische Routingverfahren basiert hingegen auf 15-Minuten-Mittelwerten⁷.

⁷Bei der Auswertung der maximalen Abflussänderungsgeschwindigkeit auf Basis von 15-Minuten-Mittelwerten ist zu berücksichtigen, dass die wahre Abflussänderungsgeschwindigkeit von Ereignissen nicht akkurat wiedergegeben werden kann, wenn die Ereignisdauer kürzer ist als die zeitliche Auflösung der Abflusszeitreihen. In solchen Fällen wird die Abflussänderungsgeschwindigkeit systematisch signifikant unterschätzt (Tabelle 5, Tabelle 9: Differenz 15-Minuten und 1-Minuten-Werte). Dies ist insbesondere im Nahbereich von Schwalleinleitungen von Bedeutung, da schwallerzeugende Kraftwerke, wie auch die Kraftwerke Gößnitz und Außerfragant, innerhalb von wenigen Minuten gesteuert werden (Kapitel 10.1.2). Mit zunehmender Entfernung zur Schwalleinleitestelle verbessert sich die Genauigkeit der Erfassung maximaler Abflussänderungsgeschwindigkeiten, da die Schwall- und Sunkereignisse durch die fließende Retention im Gewässer gedämpft werden. Wenn die Ereignisse so weit gedämpft sind, dass ihre Dauer die zeitliche Auflösung der Abflusszeitreihen überschreitet, kann die wahre Abflussänderungsgeschwindigkeit auch mit den 15-Minuten-Mittelwerten wiedergegeben werden (Greimel et al., 2022). Im Einzugsgebiet der Möll ist beim Pegel Flattach (3-4 km flussab der Schwalleinleitungen) noch von einer signifikanten Unterschätzung der maximalen Schwallrate (MAFR - Abbildung 88, Abbildung 94) und im Fall von KW Außerfragant auch der maximalen Sunkrate (MAFR - Abbildung 95) auszugehen. Im Gegensatz dazu kann die Sunkrate von KW Gößnitz aufgrund der umfassenderen Retentionswirkung an dieser Stelle bereits besser erfasst werden (MAFR - Abbildung 93). Spätestens bei der Sonde Obervellach (8-9 km flussab der Schwalleinleitungen) ist zu erwarten, dass die Effekte der Zeitreihenauflösung vernachlässigbar sind.

Die Grundlagen zur Definition der Wirkungsszenarien für die Kraftwerke Gößnitz (Kapitel 5.2.1.2) und Außerfragant (Kapitel 5.2.1.3) werden in Kapitel 10.2 zusammengefasst.

Insgesamt sind acht standardisierte Wirkungsszenarien zu untersuchen:

- Szenario F: Maximalintensität im Regelbetrieb (100%)
- Szenario E: Intensität bei 75% von Szenario F
- Szenario D: Intensität bei 50% von Szenario F
- Szenario C: Intensität bei 25% von Szenario F
- Szenario B1: Intensität bei 12,5% von Szenario F
- Szenario B2: Intensität bei 6% von Szenario F
- Szenario B3: Intensität bei 3% von Szenario F
- Szenario A: Intensität bei 0% (Totalausleitung der Schwallwellen)

Die standardisierten Wirkungsszenarien bilden die Grundlage für die Definition standardisierter Maßnahmen (Kapitel 5.3.4) und können hinsichtlich ihrer ökologischen Wirkung in Bezug auf unterschiedliche Basisabflüsse bzw. Abflussbereiche (geringer, mittlerer und erhöhter Abflussbereich) interpretiert werden. Sie dienen außerdem als Vergleichsmaßstab für die Bewertung der ökologischen Wirksamkeit spezifischer Maßnahmen (Kapitel 5.2.4) und ermöglichen – unter anderem als zentrale Grundlage für die ökologische Szenarienbewertung (Kapitel 5.3) – die Darstellung der Häufigkeit von Ereignissen, die ein bestimmtes Szenario überschreiten (Kapitel 5.2.1.2 und 5.2.1.3).

5.2.1.2 KW Gößnitz, standardisierte Wirkungsszenarien

Szenario F entspricht hinsichtlich der Schwallamplitude dem Ausbaudurchfluss des Kraftwerks von 27 m³/s. Die maximalen Schwall- und Sunkraten im Regelbetrieb sind in Tabelle 5 in Abhängigkeit der zugrundeliegenden Zeitreihenauflösung dargestellt.

Tabelle 5: Definition der hydrologischen Wirkungsszenarien F bis B3 mit Bezug zur Schwall- und Sunkrate für die Schwalleinleitestelle Kraftwerk Gößnitz.

Wirkungsszenario	Schwall- und Sunkrate	
	15-Minuten-Werte (m ³ /s)/15min	1-Minuten-Werte (m ³ /s)/min
F	20,0	7,70
E	15,0	5,78
D	10,0	3,85
C	5,0	1,93
B1	2,5	0,96
B2	1,2	0,46
B3	0,6	0,23

(vgl. Kapitel 5.2.1 und 10.1.2))

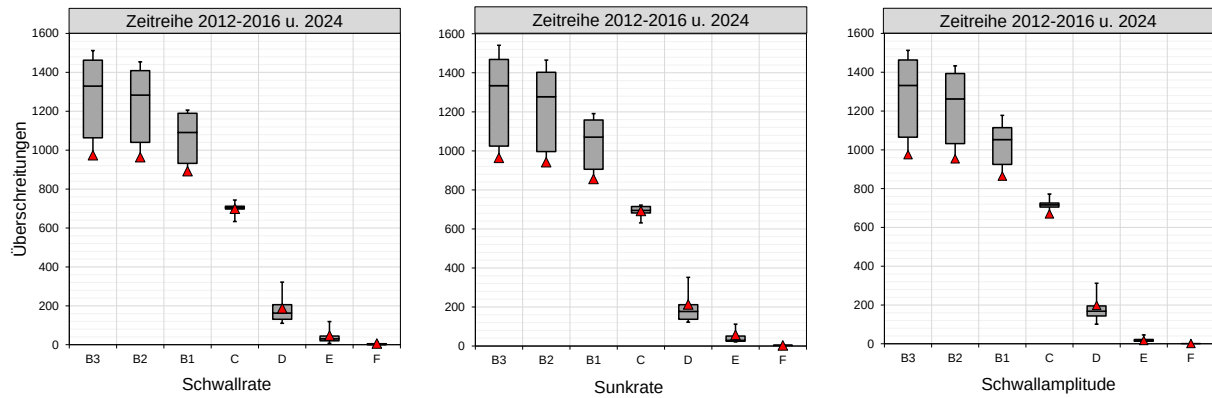


Abbildung 28: Jährliche Anzahl von Überschreitungen der Szenarien B3 bis F (basierend auf 15-Minuten-Werten gemäß Tabelle 5) mit Bezug zur Schwallrate (links), Sunkrate (Mitte) und Schwallamplitude (rechts) der beim Kraftwerk Gößnitz dokumentieren Ereignisse (Boxplots – gesamt verfügbare Zeitreihe, rote Dreiecke – 2024).

Tabelle 6: Jährliche Anzahl von Überschreitungen der Szenarien B3 bis F (basierend auf 15-Minuten-Werten gemäß Tabelle 5) mit Bezug zur Schwallrate der beim Kraftwerk Gößnitz dokumentieren Ereignisse (Zeitreihe 2012 bis 2016 und 2024).

	Wirkungsszenario						
	B3	B2	B1	C	D	E	F
MIN	974	964	892	633	110	7	0
5%PCT	983	972	893	649	115	10	0
25%PCT	1064	1040	932	698	131	20	1
50%PCT	1330	1284	1092	705	163	31	2
75%PCT	1463	1409	1190	712	206	45	5
95%PCT	1502	1445	1206	736	295	101	12
MAX	1512	1454	1206	744	322	119	14

Tabelle 7: Jährliche Anzahl von Überschreitungen der Szenarien B3 bis F (basierend auf 15-Minuten-Werten gemäß Tabelle 5) mit Bezug zur Sunkrate der beim Kraftwerk Gößnitz dokumentieren Ereignisse (Zeitreihe 2012 bis 2016 und 2024).

	Wirkungsszenario						
	B3	B2	B1	C	D	E	F
MIN	957	938	856	631	122	21	3
5%PCT	959	939	860	643	125	22	3
25%PCT	1024	996	906	682	137	25	3
50%PCT	1334	1278	1071	695	178	30	3
75%PCT	1468	1403	1158	715	212	51	4
95%PCT	1523	1450	1185	722	317	98	6
MAX	1541	1465	1191	722	352	112	6

Tabelle 8: Jährliche Anzahl von Überschreitungen der Szenarien B3 bis F (basierend auf 15-Minuten-Werten gemäß Tabelle 5) mit Bezug zur Amplitude der beim Kraftwerk Gößnitz dokumentierten Ereignisse (Zeitreihe 2012 bis 2016 und 2024).

	Wirkungsszenario						
	B3	B2	B1	C	D	E	F
MIN	975	954	865	670	101	12	0
5%PCT	984	963	873	678	111	12	0
25%PCT	1065	1032	925	705	143	13	0
50%PCT	1332	1263	1053	717	168	16	0
75%PCT	1463	1393	1115	726	195	22	1
95%PCT	1503	1426	1164	761	284	41	2
MAX	1513	1433	1178	772	312	46	2

5.2.1.3 KW Außerfragant, standardisierte Wirkungsszenarien

Szenario F entspricht hinsichtlich der Schwallamplitude dem Ausbaudurchfluss des Kraftwerks von 23 m³/s. Die maximalen Schwall- und Sunkraten im Regelbetrieb sind in Tabelle 6 in Abhängigkeit der zugrundeliegenden Zeitreihenauflösung dargestellt.

Tabelle 9: Definition der hydrologischen Wirkungsszenarien F bis B3 für die Schwalleinleitestelle Kraftwerk Außerfragant.

Wirkungsszenario	Schwall- und Sunkrate	
	15-Minuten-Werte (m ³ /s)/15min	1-Minuten-Werte (m ³ /s)/min
F	20,0	7,70
E	15,0	5,78
D	10,0	3,85
C	5,0	1,93
B1	2,5	0,96
B2	1,2	0,46
B3	0,6	0,23

(vgl. Kapitel 5.2.1 und 10.1.2)

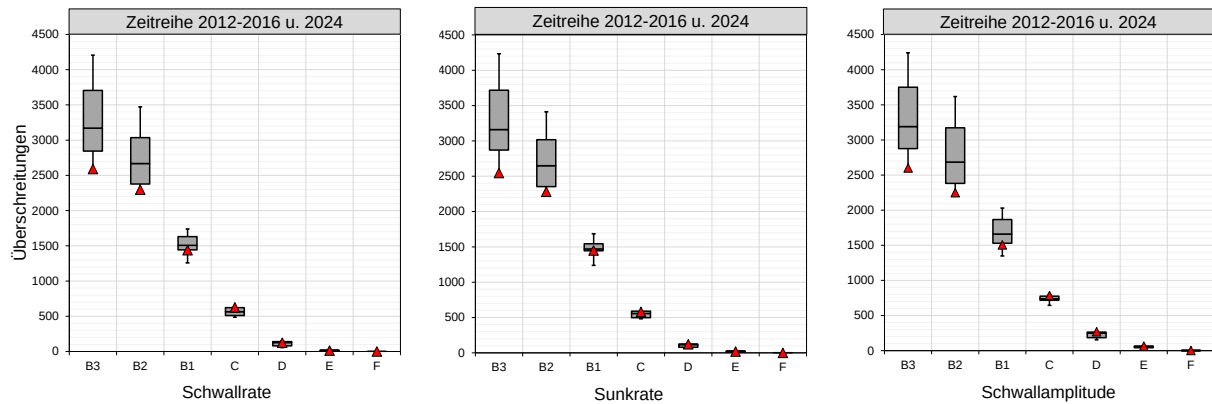


Abbildung 29: Jährliche Anzahl von Überschreitungen der Szenarien B3 bis F (basierend auf 15-Minuten-Werten gemäß Tabelle 9) mit Bezug zur Schwallrate (links), Sunkrate (Mitte) und Schwallamplitude (rechts) der beim Kraftwerk Außerfragant dokumentieren Ereignisse (Boxplots – gesamt verfügbare Zeitreihe, rote Dreiecke – 2024).

Tabelle 10: Jährliche Anzahl von Überschreitungen der Szenarien B3 bis F (basierend auf 15-Minuten-Werten gemäß Tabelle 9) mit Bezug zur Schwallrate der beim Kraftwerk Außerfragant dokumentieren Ereignisse (Zeitreihe 2012 bis 2016 und 2024).

	Wirkungsszenario						
	B3	B2	B1	C	D	E	F
MIN	2590	2284	1258	488	56	5	0
5%PCT	2630	2287	1303	494	58	6	0
25%PCT	2845	2377	1443	512	80	10	0
50%PCT	3171	2668	1508	565	128	14	1
75%PCT	3706	3035	1630	624	141	19	1
95%PCT	4123	3388	1718	626	150	30	1
MAX	4207	3471	1739	626	151	33	1

Tabelle 11: Jährliche Anzahl von Überschreitungen der Szenarien B3 bis F (basierend auf 15-Minuten-Werten gemäß Tabelle 9) mit Bezug zur Sunkrate der beim Kraftwerk Außerfragant dokumentieren Ereignisse (Zeitreihe 2012 bis 2016 und 2024).

	Wirkungsszenario						
	B3	B2	B1	C	D	E	F
MIN	2545	2276	1238	482	66	9	0
5%PCT	2608	2277	1289	483	66	9	0
25%PCT	2871	2354	1445	497	78	12	0
50%PCT	3161	2650	1471	558	117	20	1
75%PCT	3718	3017	1545	590	124	25	1
95%PCT	4145	3338	1655	594	135	28	3
MAX	4233	3412	1686	594	139	28	3

Tabelle 12: Jährliche Anzahl von Überschreitungen der Szenarien B3 bis F (basierend auf 15-Minuten-Werten gemäß Tabelle 9) mit Bezug zur Amplitude der beim Kraftwerk Außerfragant dokumentieren Ereignisse (Zeitreihe 2012 bis 2016 und 2024).

	Wirkungsszenario						
	B3	B2	B1	C	D	E	F
MIN	2602	2249	1348	644	154	31	0
5%PCT	2648	2261	1388	661	157	33	0
25%PCT	2876	2381	1529	719	185	41	0
50%PCT	3192	2685	1660	739	248	58	2
75%PCT	3751	3173	1866	775	265	64	2
95%PCT	4163	3544	2001	794	270	71	2
MAX	4242	3619	2030	796	270	73	2

5.2.2 Abflussbezogenes Routing

Die Intensität Schwallwellen wird an ihrer Quelle durch die standardisierten Wirkungsszenarien definiert (Kapitel 5.2.1). Durch das Schwallrouting wird die Veränderung dieser Ursprungsintensität entlang des Gewässerverlaufes erfasst. Das im Rahmen der vorliegenden Studie angewandte empirisch/hydrologische Routingverfahren basiert auf Abflusszeitreihen mit einer Auflösung von 15-Minuten-Mittelwerten.

Neben der Durchflusszeitreihe der zu analysierenden Quelle (z.B. der Kraftwerksdurchfluss des schwallerzeugenden Kraftwerks oder eine im Vorfluter im Nahbereich flussab der Schwalleinleitestelle dokumentierte Abflusszeitreihe) sind mindestens zwei weitere Abflusszeitreihen aus dem flussab gelegenen Einflussbereich notwendig. Diese Anforderung ergibt sich daraus, dass die Schwallretention, insbesondere in Bezug auf die Schwall- und Sunkrate, in der Regel nichtlinearen Trends folgt. Generell gilt jedoch: Je mehr Abflusszeitreihen zur Verfügung stehen, je besser diese im Einflussbereich einer Quelle verteilt sind und je umfangreicher die Zeitreihen sind, desto präziser lässt sich die Wellenverformung bzw. Schwallretention beschreiben. Der minimal verfügbare Zeitreihenumfang sollte ein Jahr betragen, um grundsätzlich das gesamte Abflussspektrum vom Niederwasser bis zu erhöhten Abflüssen abdecken zu können (Greimel et al., 2022).

Das abflussbezogene Routing wird in Greimel et al. (2022) detailliert erläutert. Die verwendeten Algorithmen sind im Paket „HydroRoute“ (Grün et al., 2022) in der Open-Source-Software R (eine flexible Programmiersprache für statistische Datenanalyse und Grafikerstellung) kostenlos verfügbar. Ein Benutzerhandbuch mit Anwendungsbeispielen ist dem R-Paket beigelegt.

Die Anwendung für die Schwalleinleitestellen KW Gößnitz (Kapitel 10.3) und KW Außerfragant (Kapitel 10.4) befindet sich im Anhang. Die von dort ausgehenden Schwallwellen sind bis zur Pegelstelle Kolbnitz plausibel nachverfolgbar (Kapitel 5.1). Dies zeigt sich dadurch, dass zwischen dem Pegelpaar S4-S5 nur noch sehr wenige assoziierte Ereignisse identifiziert werden können

5.2.2.1 Abflussbezogene Retentionskurven

Durch HydroRoute wird die Wellenverformung zwischen benachbarten Pegelstellen (bezugnehmend auf die einzelnen Intensitätsparameter – Kapitel 2.2.1) durch einfache lineare Regressionsmodelle beschrieben (KW Gößnitz: Tabelle 20 und Tabelle 21; KW Außerfragant: Tabelle 24 und Tabelle 25). Diese Modelle werden in Abhängigkeit der Ursprungsintensität bzw. des hydrologischen Wirkungsszenarios (KW Gößnitz: Tabelle 5; KW Außerfragant: Tabelle 9) kombiniert. Dabei dient das Modellergebnis des ersten Pegelpaares als Eingangsgröße für das Modell des zweiten Pegelpaares und so weiter. Basierend auf den so berechneten Intensitätswerten bei den Pegelstellen werden für die Sunk- und Schwallrate (Retentionskurven dQ/dt) sowie für die Amplitude (Retentionskurven dQ) anhand der Methode der kleinsten Quadrate nichtlineare Modelle angepasst, die die abflussbezogenen Retentionskurven darstellen (KW Gößnitz: Kapitel 10.5, Abbildung 30 bis Abbildung 32; KW Außerfragant: Kapitel 10.6;).

Die abflussbezogenen Retentionskurven bilden die Grundlage für das wasserstandsbezogene Routing (Kapitel 5.2.3).

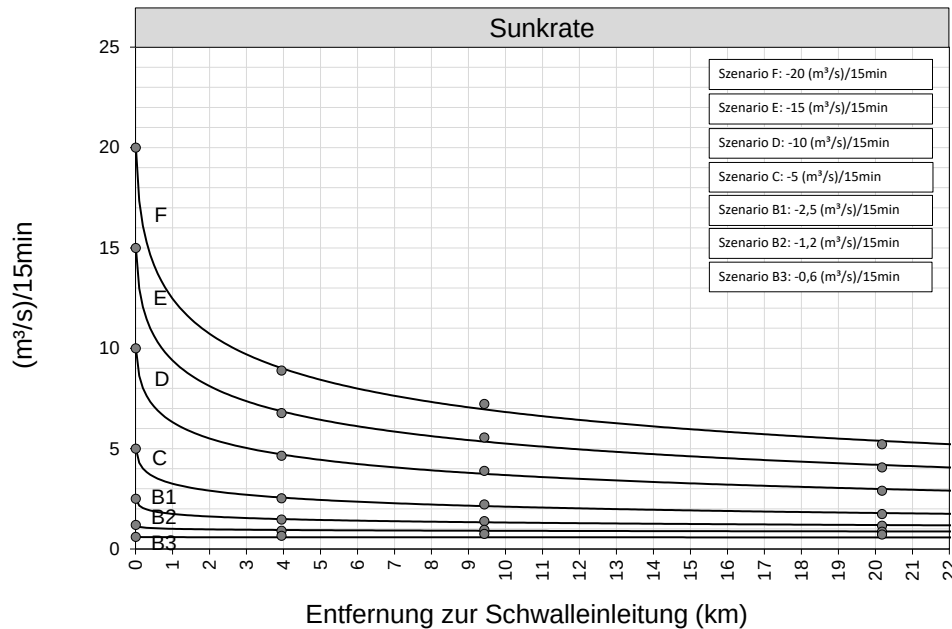


Abbildung 30: KW Gößnitz – Retentionskurven dQ/dt für Sunkereignisse (Punkte – Werte bei den Pegelstellen gemäß Tabelle 4 ab KW Gößnitz)

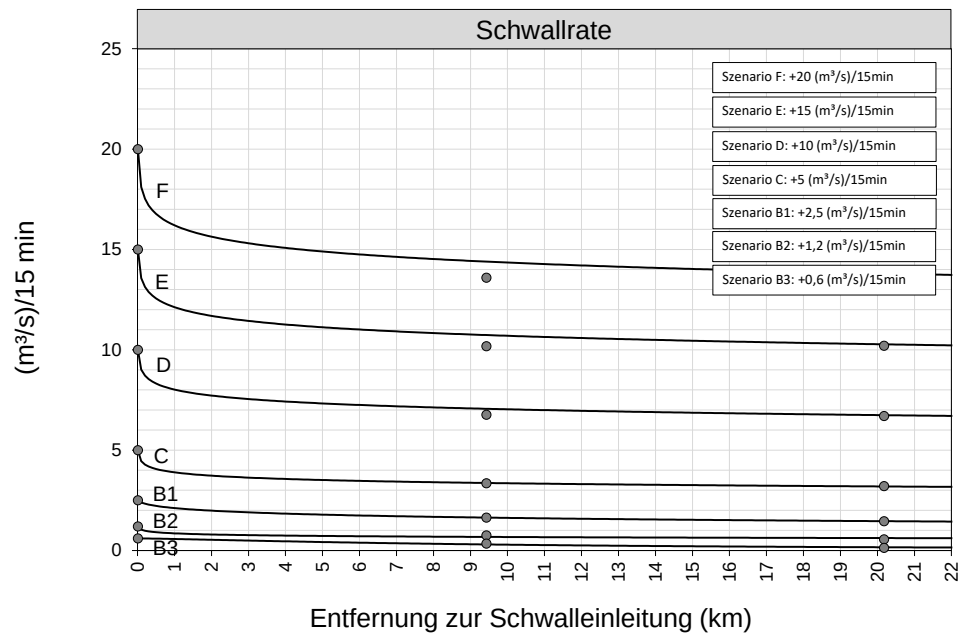


Abbildung 31: KW Gößnitz – Retentionskurven dQ/dt für Schwallereignisse (Punkte – Werte bei den Pegelstellen gemäß Tabelle 4 ab KW Gößnitz)

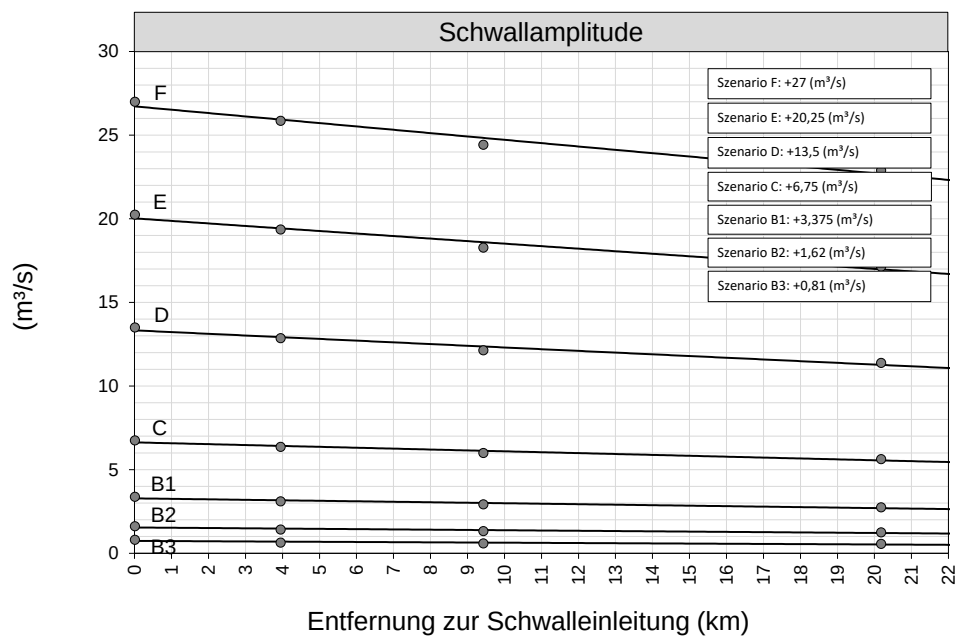


Abbildung 32: KW Gößnitz – Retentionskurven dQ für Schwallereignisse (Punkte – Werte bei den Pegelstellen gemäß Tabelle 4 ab KW Gößnitz)

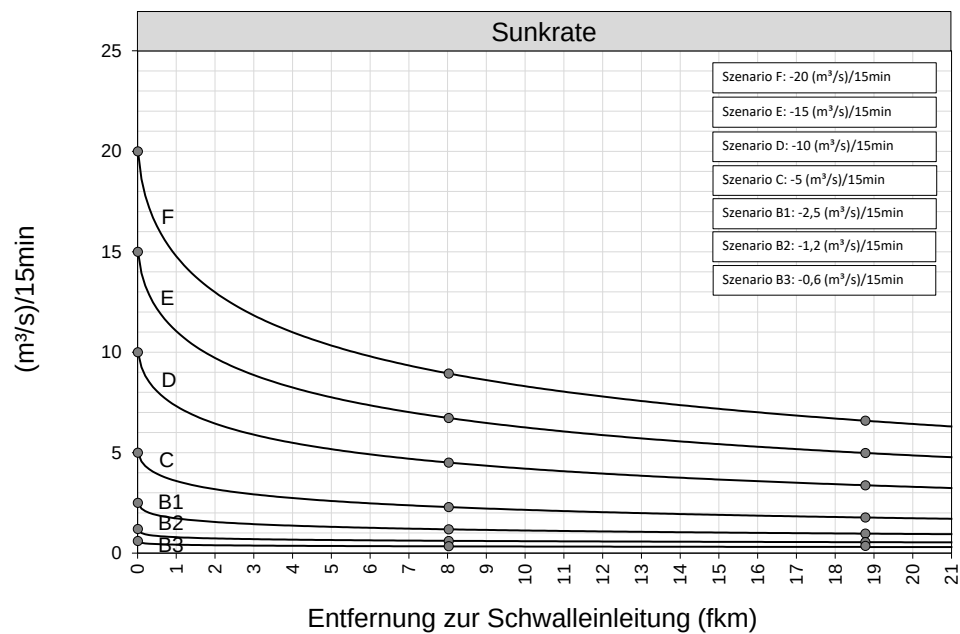


Abbildung 33: KW Außerfragant – Retentionskurven dQ/dt für Sunkereignisse (Punkte – Werte bei den Pegelstellen gemäß Tabelle 4 ab KW Außerfragant)

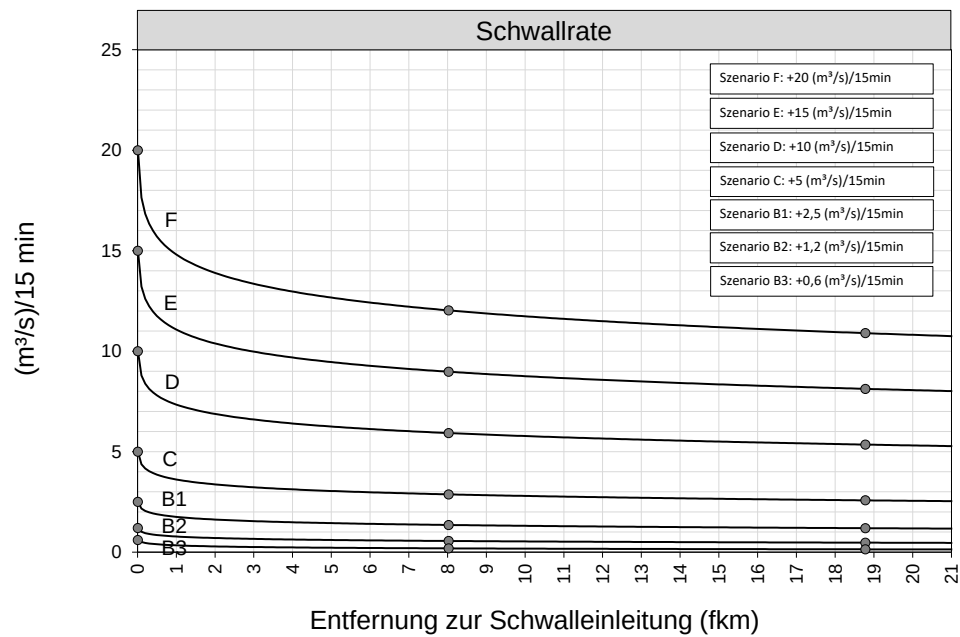


Abbildung 34: KW Außerfragant – Retentionskurven dQ/dt für Schwallereignisse (Punkte – Werte bei den Pegelstellen gemäß Tabelle 4 ab KW Außerfragant)

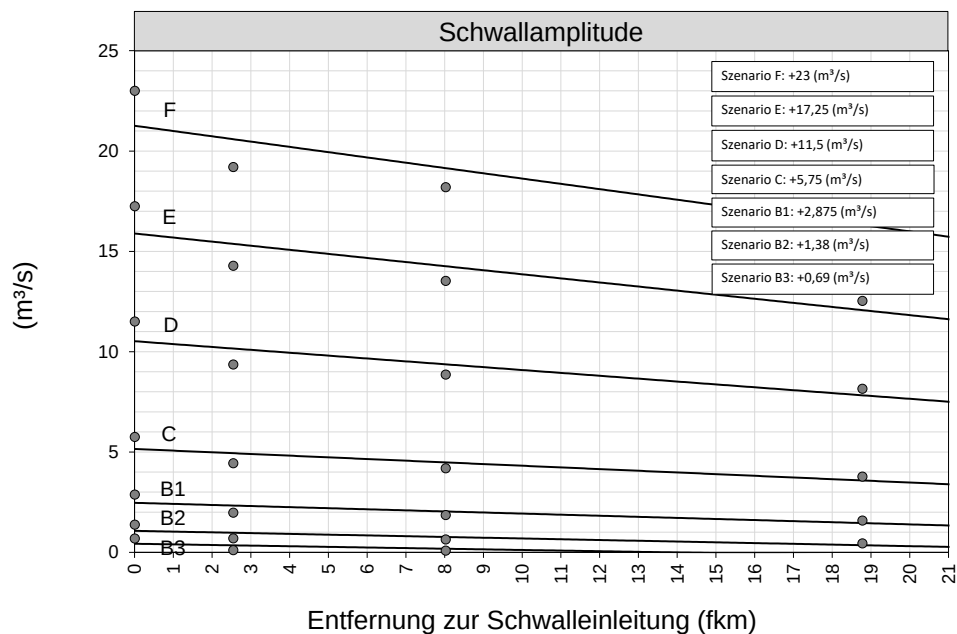


Abbildung 35: KW Außerfragant – Retentionskurven dQ für Schwallereignisse (Punkte – Werte bei den Pegelstellen gemäß Tabelle 4 ab KW Außerfragant)

5.2.3 Wasserstandsbezogenes Routing

Für die ökologische Interpretation ist die wasserstandsbezogene Intensität der Schwallwellen relevant. Daher muss die Größenordnung der aus den Abflussschwankungen (Kapitel 5.2.2) resultierenden Wasserstandsschwankungen bestimmt werden (wasserstandsbezogene Retentionskurven). Die resultierenden Wasserstandsschwankungen sind von den morphologisch/hydraulischen Verhältnissen eines Gewässerabschnittes (Flussgeometrie, Gefällsverhältnisse, Rauigkeitsverhältnisse) und von den jeweiligen Abflussverhältnissen (z.B. niedriger, mittlerer und erhöhter Abflussbereich) abhängig. Die wasserstandsbezogenen Retentionskurven können durch die Anwendung von Regressionsmodellen näherungsweise bestimmt werden.

5.2.3.1 Regressionsmodelle zur Abschätzung von Wasserstandsänderungen

Zur näherungsweisen Bestimmung der resultierenden Wasserstandsschwankungen wurden für Gewässer, die hinsichtlich Seehöhe und Abflussspende vergleichbar sind (Abbildung 36), Regressionsmodelle erstellt (4-parametrische logistische Funktion, Formel 1). Der Untersuchungsraum befindet sich im Cluster 4.

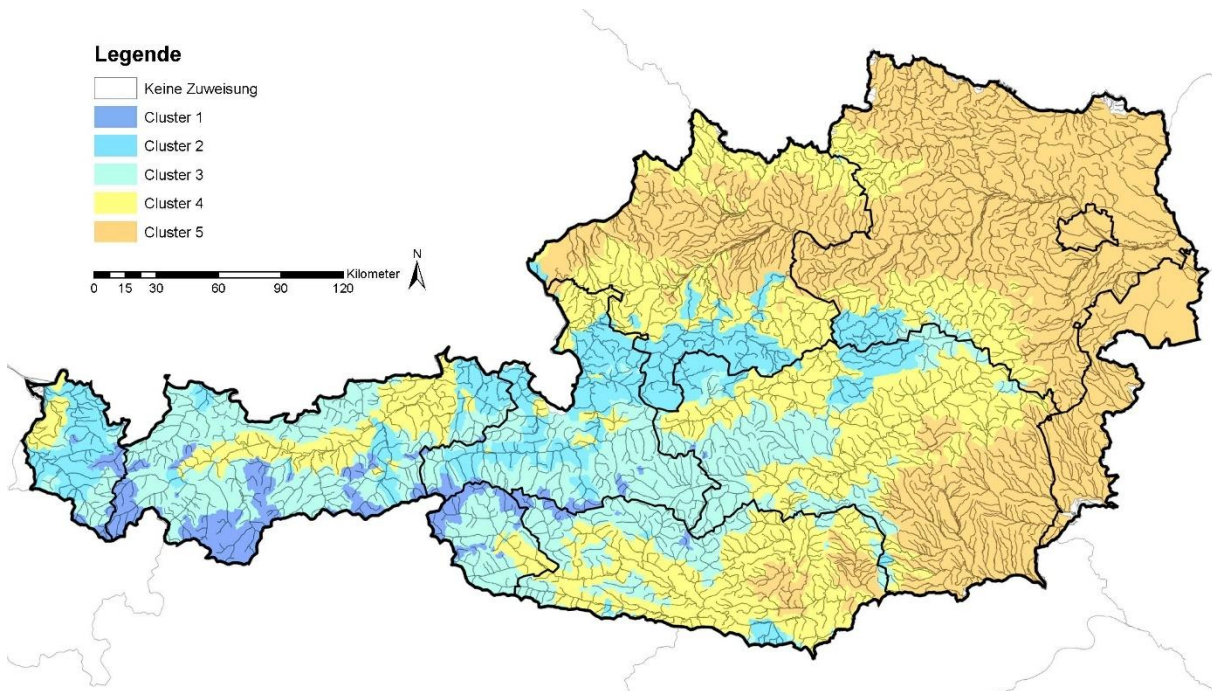


Abbildung 36: Gruppenzugehörigkeit (Cluster-Variablen: Seehöhe, Abflusspende) einzelner Bilanzierungsgebiete gemäß Wasserbilanzmodell des digitalen hydrologischen Atlas Österreichs (BMLFUW, 2007) (Cluster 1 – Hochgebirgsbäche der Zentralalpen; Cluster 2 – Gebirgsflüsse des Alpennordrandes; Cluster 3 – Gebirgsflüsse der Zentralalpen; Cluster 4 – Flüsse und Bäche der großen Alpentäler, des höher gelegenen Alpenvorlandes und des Granit- und Gneishochlandes; Cluster 5 – Flüsse und Bäche des tiefer gelegenen Alpenvorlandes sowie Flachlandflüsse und -bäche) (Greimel et al., 2017b)

$$y = D + \frac{(A - D)}{1 + \left(\frac{x}{C}\right)^B} + \varepsilon \quad \text{Formel 1}$$

Die Regressionsmodelle ermöglichen es, für spezifische Gewässerprofile und/oder Gewässerabschnitte anhand der Einzugsgebietsgröße⁸ die bei einer Abflussänderung von 1 m³/s zu erwartende „mittlere spezifische Wasserstandsdifferenz“ (dW_{spez}) für unterschiedliche Abflussbereiche zu schätzen:

- Niedriger Abflussbereich: $Q_{95} - 3 \times Q_{95}$
- Mittlerer Abflussbereich: $3 \times Q_{95} - 2 \times MQ$
- Erhöhter Abflussbereich: $2 \times MQ - 5 \times MQ$

Die Schätzergebnisse werden präzisiert, indem die Variation der Gewässerbreite durch einen Breitenfaktor berücksichtigt wird. Diese wurde bei einer Vielzahl an Gewässerprofilen entlang des Untersuchungsraumes auf Basis des österreichweit verfügbaren Laserscans automatisiert erhoben (Abbildung 37 bis Abbildung 39).

⁸In vorliegender Studie erfolgte die Anwendung der Regressionsmodelle mit Bezug zur Einzugsgebietsgröße einzelner Teileinzugsgebiete des digitalen hydrologischen Atlas Österreichs (BMLFUW, 2007).



Abbildung 37: Beispielhafter Gewässerausschnitt der Möll im Bereich der Pegelstelle Flattach mit anhand von GIS-Analysen bestimmten Gewässerbreiten (rot, grüner Punkt: Pegelstelle 213124, Flattach)



Abbildung 38: Beispielhafter Gewässerausschnitt der Möll im Bereich der Sonde Obervellach mit anhand von GIS-Analysen bestimmten Gewässerbreiten (rot, grüner Punkt: Sonde 301017, Obervellach)

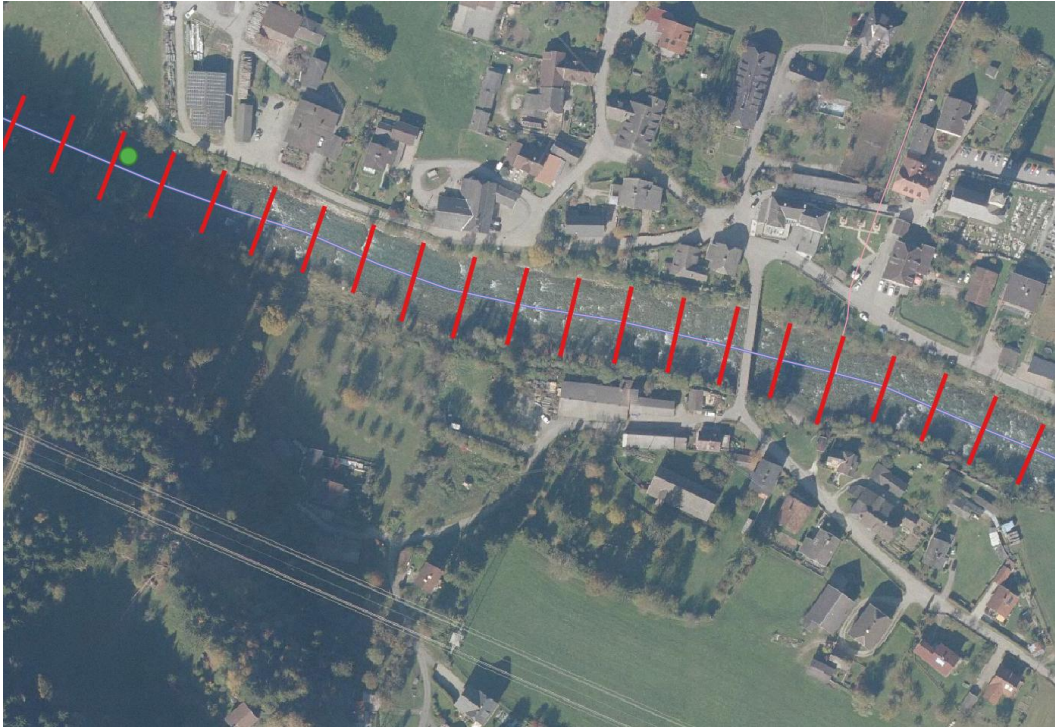


Abbildung 39: Beispielhafter Gewässerausschnitt der Möll im Bereich des Pegels Kolbnitz mit anhand von GIS-Analysen bestimmten Gewässerbreiten (rot, grüner Punkt: Pegel 212399, Kolbnitz)

Die Schätzwerte wurden anschließend anhand der verfügbaren Pegelschlüssel in repräsentativen, frei fließenden Gewässerabschnitten kalibriert (Tabelle 4: 213124, 301017, 212399). Bei der Kalibrierung werden die Ergebnisse der Regressionsmodelle mit den tatsächlichen dW_{spez} -Werten bei den Pegelprofilen verglichen und deren mittleres Verhältnis berechnet. Die Regressionsmodelle werden kalibriert, indem die Modellergebnisse mit dem berechneten Verhältnis multipliziert werden. Dadurch werden die Modellergebnisse so angepasst, dass der mittlere Modellfehler bei den repräsentativen Pegelprofilen (bezogen auf die einzelnen Abflussbereiche) null beträgt (Abbildung 40)

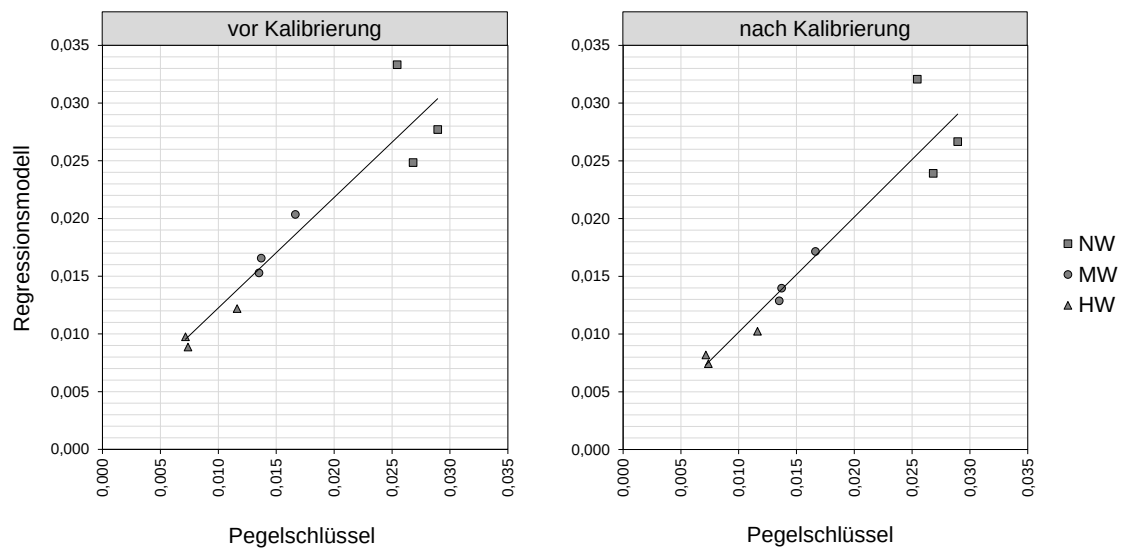


Abbildung 40: Ergebnisse der Regressionsmodelle zur Abschätzung der mittleren spezifischen Wasserstands Differenz (dW_{spez}) im niedrigen (Quadrate), mittleren (Punkte) und hohen (Dreiecke) Abflussbereich im Vergleich zu den Werten bei Pegelschlüsseln in frei fließenden Gewässerstrecken (Tabelle 4: 213124, 301017, 212399) vor (links) und nach (rechts) der Kalibrierung.

Der Kalibrierungsvorgang wurde für Gewässerprofile im gesamten Untersuchungsraum durchgeführt. Dadurch soll gewährleistet werden, dass die Größenordnung der dW_{spez} -Werte für den betrachteten Gewässerabschnitt plausibel eingestuft wird (Abbildung 41).

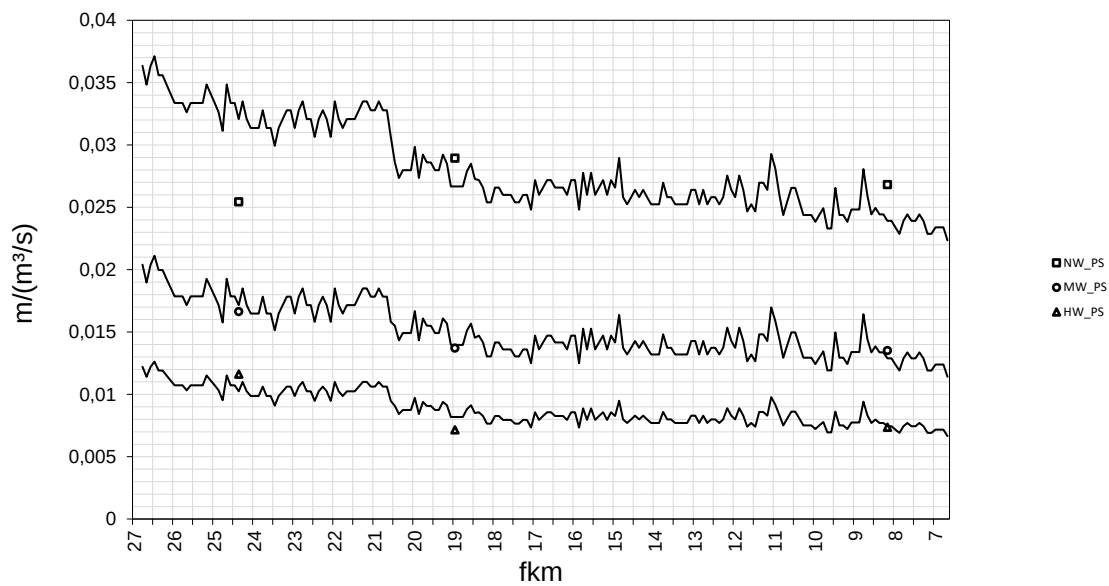


Abbildung 41: Längenschnitt der kalibrierten dW_{spez} -Werte im niedrigen (obere Kurve), mittleren (mittlere Kurve) und erhöhten (untere Kurve) Abflussbereich (Punkte – Werte bei Pegelstellen gemäß Tabelle 4, fkm – Flusskilometer/orographisch)

5.2.3.2 Wasserstandsänderungen im gesamten Abflussspektrum

Auf Basis der kalibrierten dW_{spez} -Werte im niedrigen, mittleren und erhöhten Abflussbereich (Kapitel 5.2.3.1) wurde für alle Gewässerprofile für welche die Gewässerbreite bestimmt wurde, eine dW_{spez} -Funktion über das gesamte Abflussspektrum angepasst. Die dW_{spez} -Werte der einzelnen Abflussbereiche dienen dabei als Stützpunkte. Aus den Abbildung 42 ist ersichtlich, dass die angepassten dW_{spez} -Funktionen mit den Pegelinformationen gut übereinstimmen und somit plausibel sind.

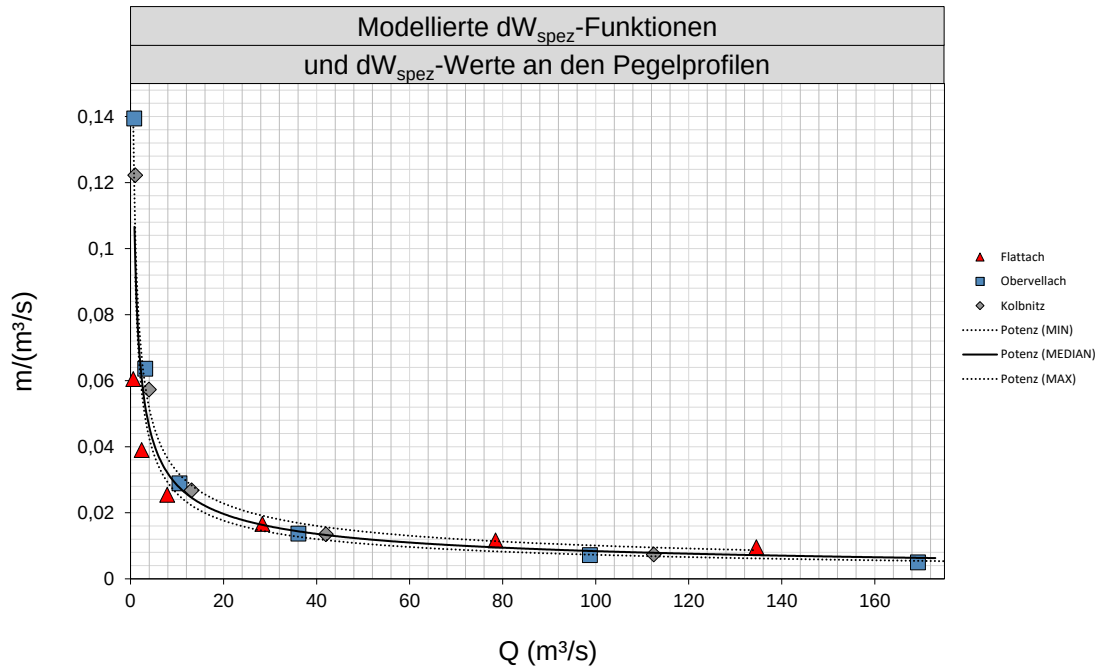


Abbildung 42: Spannwerte der angepassten dW_{spez} -Funktionen (MIN – Minimum, Median und MAX – Maximum) und dW_{spez} -Werte ($\triangleq$ der mittleren vertikalen Wasserstandsdifferenz bei einer Abflussänderung von $1 \text{ m}^3/\text{s}$) bei den Pegelstellen gemäß Tabelle 4 für den niedrigen, mittleren und erhöhten Abflussbereich (ergänzt durch zwei zusätzliche Stützpunkte im sehr niedrigen und einem im stark erhöhten Abflussbereich).

Die aus den Abflussschwankungen resultierenden Wasserstandsänderungen können berechnet werden, indem die Funktionswerte, entsprechend der Intensität der Abflussschwankungen, aufsummiert werden. Hierfür muss jedoch der Basisabfluss bzw. der Funktionswert ermittelt werden, bei dem die Abflussschwankungen beginnen (Anstiegsereignisse) oder enden (Abstiegsereignisse). Zusammenfassend ermöglichen die dW_{spez} -Funktionen, die abflussbezogenen Retentionskurven (Kapitel 5.2.2.1) in Abhängigkeit des Basisabflusses (Kapitel 5.2.3.3) in wasserstandsbezogene Retentionskurven umzurechnen.

5.2.3.3 Charakteristische Basisabflüsse

Abhängig vom Basisabfluss resultieren aus den Abflussschwankungen Wasserstandsschwankungen mit sehr unterschiedlichem Ausmaß (dW_{spez} -Funktionen, Kapitel 5.2.3.2). Um die Schwallwellen im Untersuchungsraum realitätsnah beschreiben zu können, sind daher charakteristische Basisabflüsse im Längenschnitt des Untersuchungsraumes festzulegen.

Die Definition eines charakteristischen niedrigen, mittleren und hohen Basisabflusses erfolgt mit Bezug zum langjährigen (bezogen auf die gesamte verfügbare Zeitreihe) Mittelwert des geringsten monatlichen Tagesmittels der Pegelstellen Flattach und Kolbnitz (Abbildung 43).

In der Zeit von Dezember bis April ist im Untersuchungsraum mit geringen Basisabflüssen zu rechnen. Von Mai bis Juli treten üblicherweise die höchsten Werte des Jahres auf. Mit mittleren Basisabflüssen ist von August bis November zu rechnen (Abbildung 43). Umgelegt auf einzelne Quartale ergibt sich anhand einer relativen Betrachtung näherungsweise folgendes Bild:

- Quartal 1: niedriger Basisabfluss
- Quartal 2: hoher Basisabfluss (Fokus auf Mai – „Larvenfenster“)
- Quartal 3: mittlerer Basisabfluss
- Quartal 4: mittlerer Basisabfluss

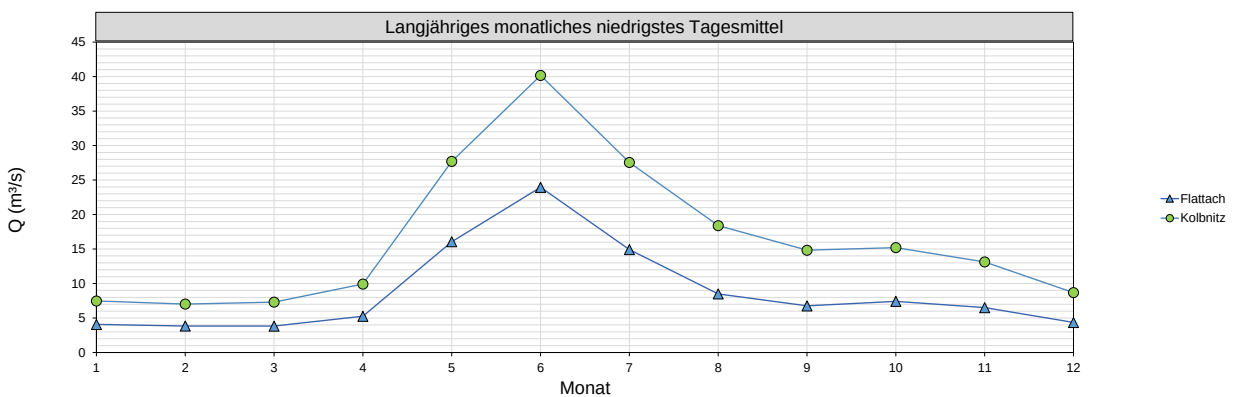


Abbildung 43: Langjähriger Mittelwert des geringsten monatlichen Tagesmittels bei den Pegelstellen Flattach und Kolbnitz.

Um die longitudinale Entwicklung des Basisabflusses im Untersuchungsraum zu beschreiben, zeigt Abbildung 44 den hydrologischen Längenschnitt des Monats Februar (charakteristisch niedriger Basisabfluss), des Monats September (charakteristisch mittlerer Basisabfluss) und des Monats Mai (charakteristisch hoher Basisabfluss)⁹. Die in Abbildung 44 dargestellten Basisabflüsse werden der Berechnung der wasserstandsbezogenen Routingergebnisse zugrunde gelegt. Somit können ausgehend von den abflussbezogenen Retentionskurven (Kapitel 5.2.2.1) anhand der dW_{spez} -Funktionen (Kapitel 5.2.3.2) in Abhängigkeit des Basisabflusses (Abbildung 44) die wasserstandsbezogenen Retentionskurven (Kapitel 5.2.3.4, 5.2.3.5 und 5.2.3.6) berechnet werden.

⁹Die dargestellten Kurven beziehen sich ausschließlich auf die Werte bei den Pegelstellen und werden zwischen den Pegelstellen – einem pragmatischen Ansatz folgend – anhand der Einzugsgebietsgröße interpoliert. Potentiell zwischen den Pegelstellen vorhandene Ausleitungen, Rückleitungen oder Interaktionen mit dem Grundwasser werden nicht berücksichtigt.

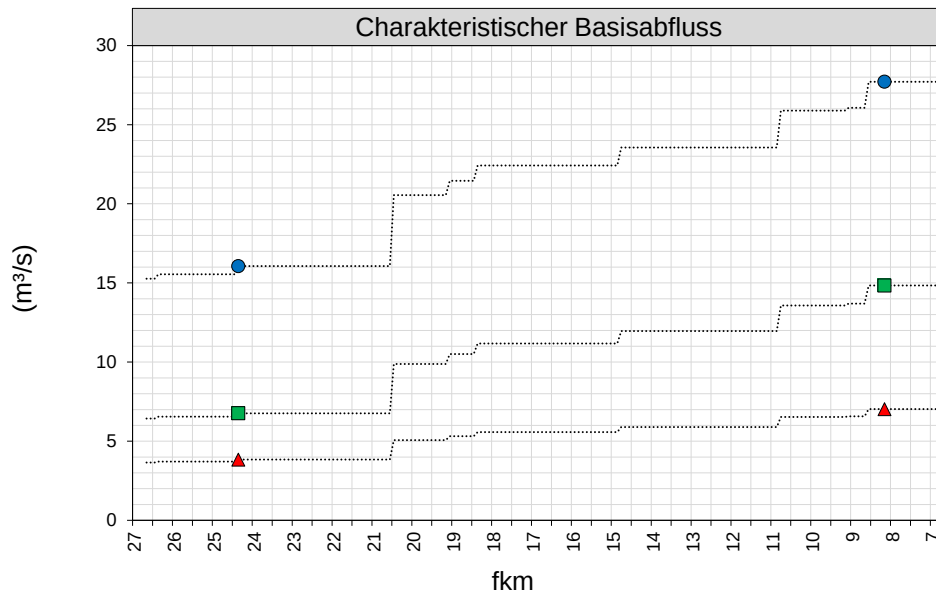


Abbildung 44: Hydrologischer Längenschnitt des langjährigen charakteristisch niedrigen (rote Dreiecke, untere Kurve), mittleren (grüne Quadrate, mittlere Kurve) und hohen (blaue Punkte, obere Kurve) Basisabflusses im Untersuchungsraum (Punkte – Werte bei den Pegelstellen Flattach und Kolbnitz, Linien – Interpolation anhand der Einzugsgebietsgröße, fkm – Flusskilometer/orographisch).

5.2.3.4 Sunkrate

Im folgenden Abschnitt werden die wasserstandsbezogenen Retentionskurven der Sunkrate für die hydrologischen Wirkungsszenarien gemäß Kapitel 5.2.1.1 in Abhängigkeit des Basisabflusses (Kapitel 5.2.3.3) dargestellt. Die Retentionskurven der Sunkrate¹⁰ sind in weiterer Folge die Grundlage für die Einstufung des schwallbedingten Strandrungsrisikos (Kapitel 5.3.1.1)

¹⁰Im Anhang sind zusätzliche Diagrammdarstellungen angefügt, die zum Zweck einer einfacheren Interpretation lediglich die Retentionskurve eines Szenarios zeigen. Außerdem ist in diesen Diagrammen die X-Achse zur einfacheren Verschneidung mit weiteren Schwallenleitestellen orographisch kilometriert und die Y-Achse mit Bezug zum Maximalwert des jeweils dargestellten Szenarios skaliert (KW Gößnitz: Kapitel 10.7, KW Außerfragant: Kapitel 10.9).

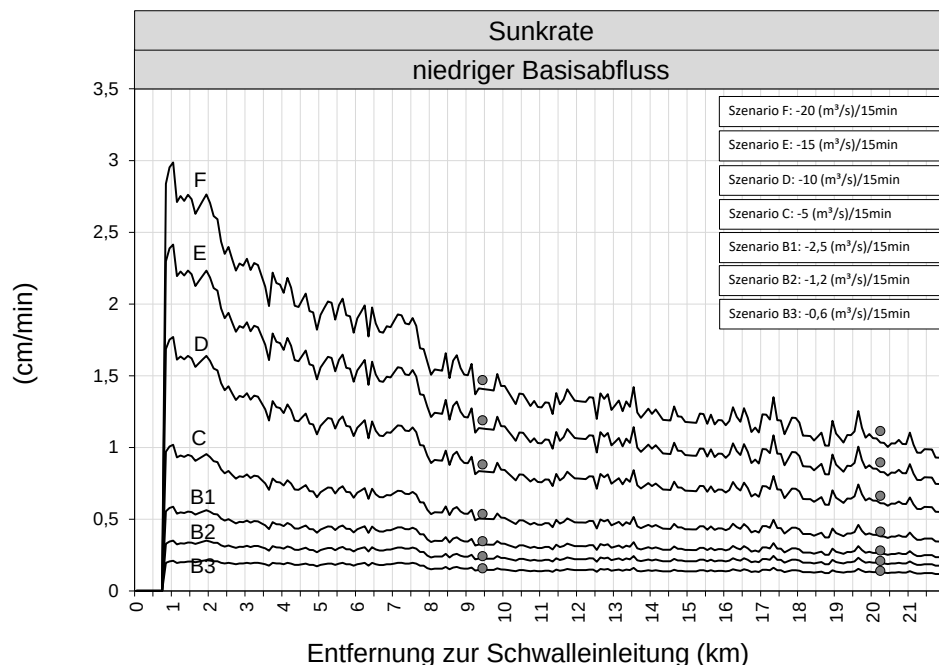


Abbildung 45: KW Gößnitz – Retentionskurven dW/dt für Sunkereignisse gemäß Tabelle 5 bei niedrigem Basisabfluss (Linien – Wirkungsszenarien, punktiert – nicht auf gemessenen Werten basierend), Punkte – Werte bei Pegelstellen Obervellach und Kolbnitz)

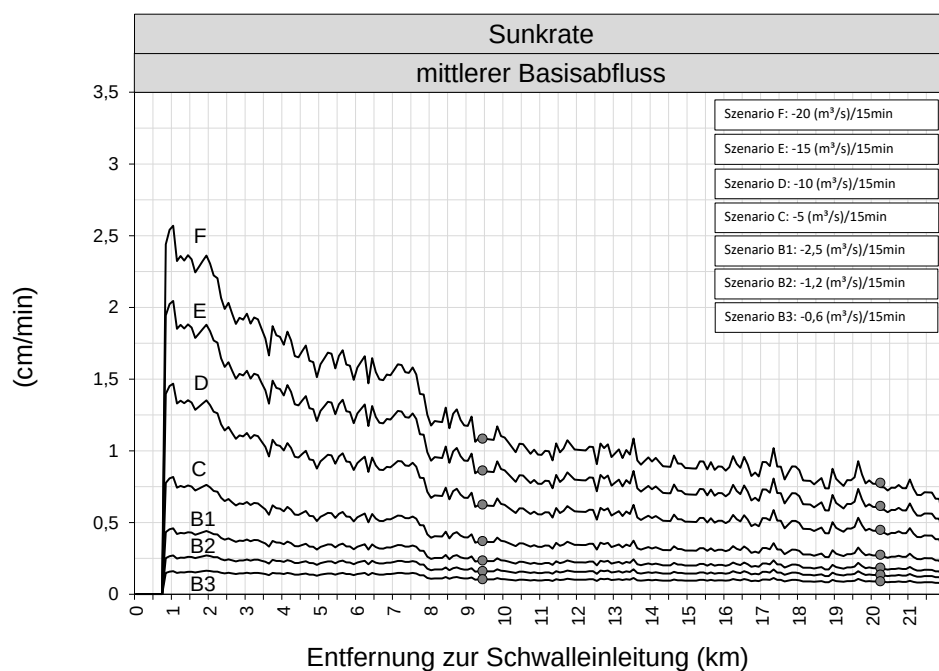


Abbildung 46: KW Gößnitz – Retentionskurven dW/dt für Sunkereignisse bei mittlerem Basisabfluss (Linien – Wirkungsszenarien, punktiert – nicht auf gemessenen Werten basierend); Punkte – Werte bei Pegelstellen Obervellach und Kolbnitz)

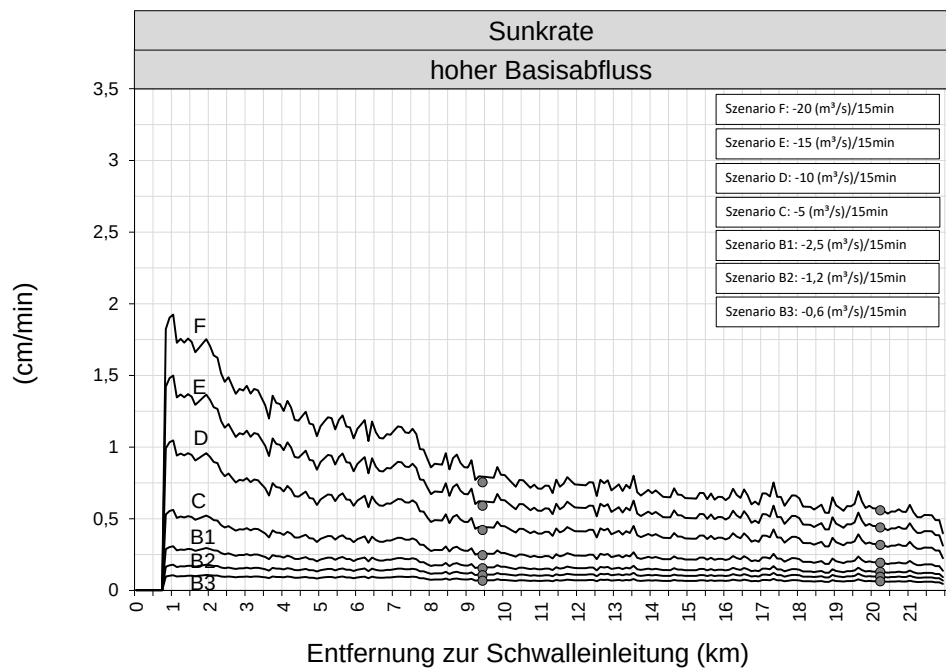


Abbildung 47: KW Gößnitz – Retentionskurven dW/dt für Sunkereignisse bei hohem Basisabfluss (Linien – Wirkungsszenarien, punktiert – nicht auf gemessenen Werten basierend); Punkte – Werte bei Pegelstellen Obervellach und Kolbnitz)

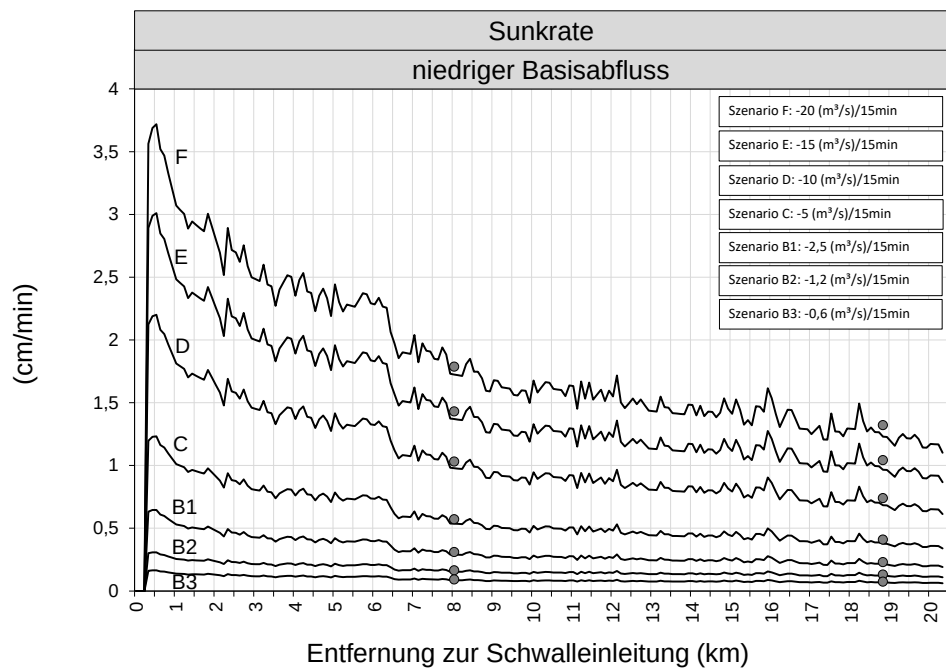


Abbildung 48: KW Außerfragant – Retentionskurven dW/dt für Sunkereignisse gemäß Tabelle 5 bei niedrigem Basisabfluss (Linien – Wirkungsszenarien, punktiert – nicht auf gemessenen Werten basierend), Punkte – Werte bei Pegelstellen Obervellach und Kolbnitz)

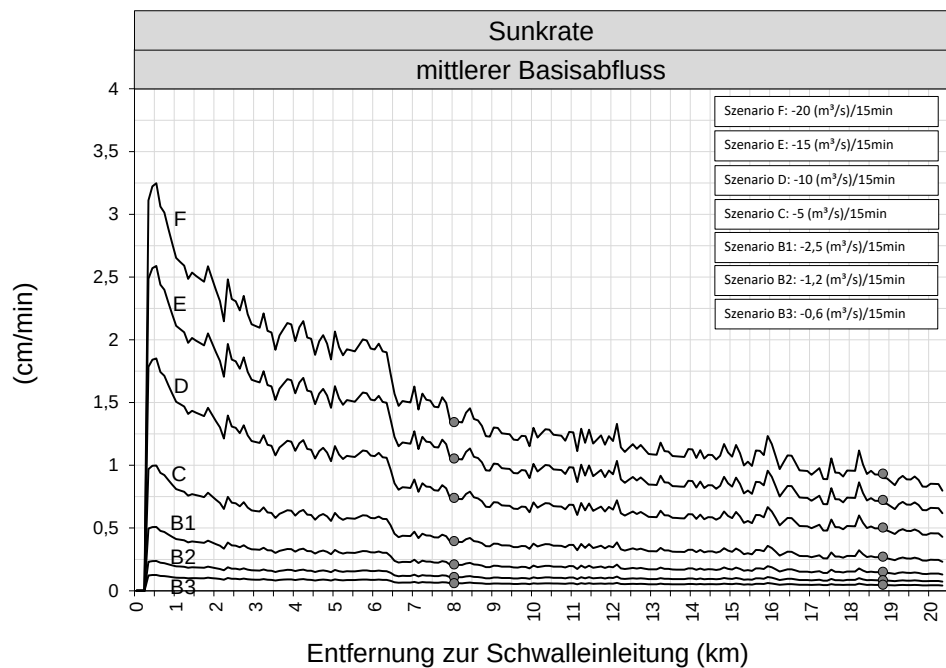


Abbildung 49: KW Außerfragant – Retentionskurven dW/dt für Sunkereignisse bei mittlerem Basisabfluss (Linien – Wirkungsszenarien, punktiert – nicht auf gemessenen Werten basierend); Punkte – Werte bei Pegelstellen Obervellach und Kolbnitz)

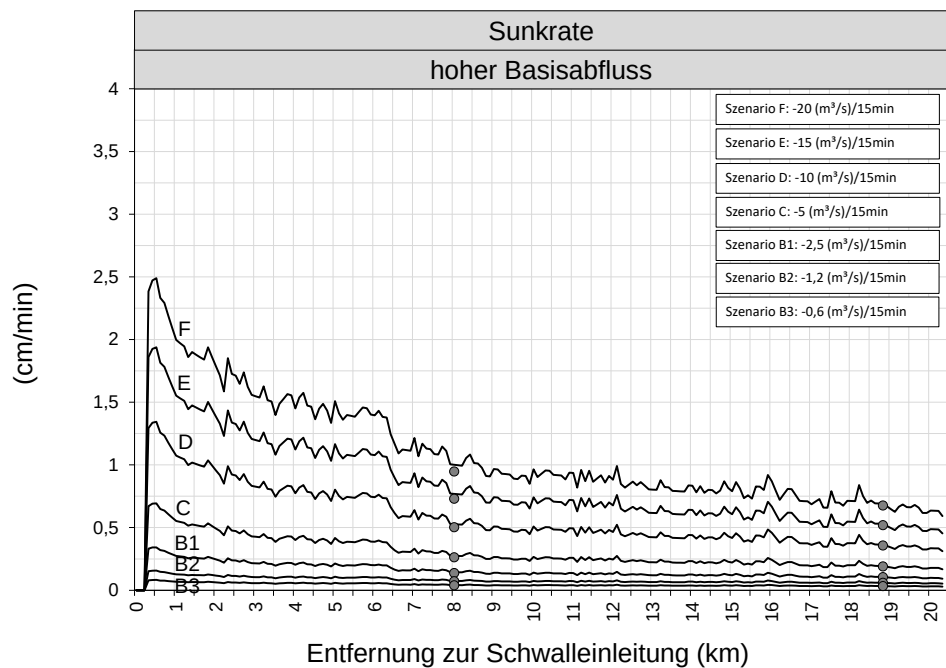


Abbildung 50: KW Außerfragant – Retentionskurven dW/dt für Sunkereignisse bei hohem Basisabfluss (Linien – Wirkungsszenarien, punktiert – nicht auf gemessenen Werten basierend); Punkte – Werte bei Pegelstellen Obervellach und Kolbnitz)

5.2.3.5 Schwallrate

Im folgenden Abschnitt werden die wasserstandsbezogenen Retentionskurven der Schwallrate für die hydrologischen Wirkungsszenarien gemäß Kapitel 5.2.1.1 in Abhängigkeit des Basisabflusses dargestellt. Die Retentionskurven der Schwallrate¹¹ sind in weiterer Folge die Grundlage für die Einstufung des schwallbedingten Driftrisikos (Kapitel 5.3.1.2)

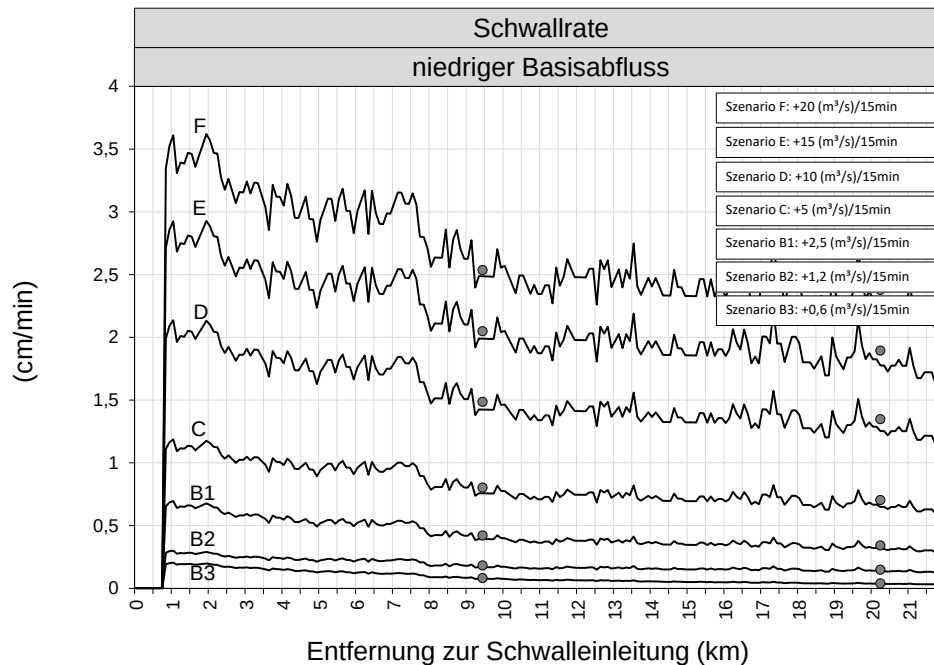


Abbildung 51: KW Gößnitz – Retentionskurven dW/dt für Schwallereignisse gemäß Tabelle 5 bei niedrigem Basisabfluss (Linien – Wirkungsszenarien, punktiert – nicht auf gemessenen Werten basierend), Punkte – Werte bei Pegelstellen Obervellach und Kolbnitz)

¹¹Im Anhang sind zusätzliche Diagrammdarstellungen angefügt, die zum Zweck einer einfacheren Interpretation lediglich die Retentionskurve eines Szenarios zeigen. Außerdem ist in diesen Diagrammen die X-Achse zur einfacheren Verschneidung mit weiteren Schwallereinleitestellen orographisch kilometriert und die Y-Achse mit Bezug zum Maximalwert des jeweils dargestellten Szenarios skaliert (KW Gößnitz: Kapitel 10.7, KW Außerfragant: Kapitel 10.9)

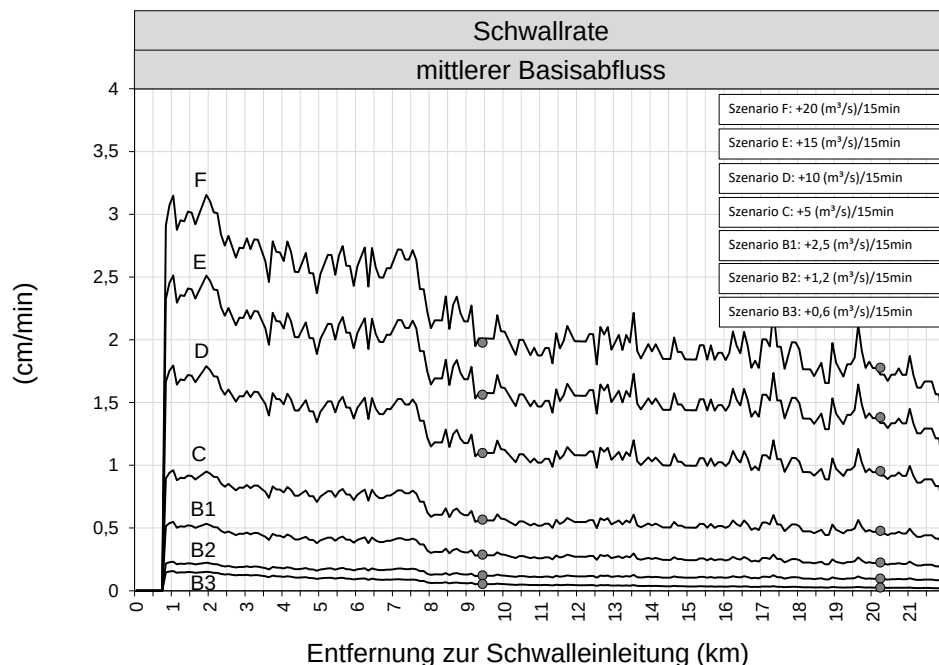


Abbildung 52: KW Gößnitz – Retentionskurven dW/dt für Schwallereignisse bei mittlerem Basisabfluss (Linien – Wirkungsszenarien, punktiert – nicht auf gemessenen Werten basierend); Punkte – Werte bei Pegelstellen Obervellach und Kolbnitz)

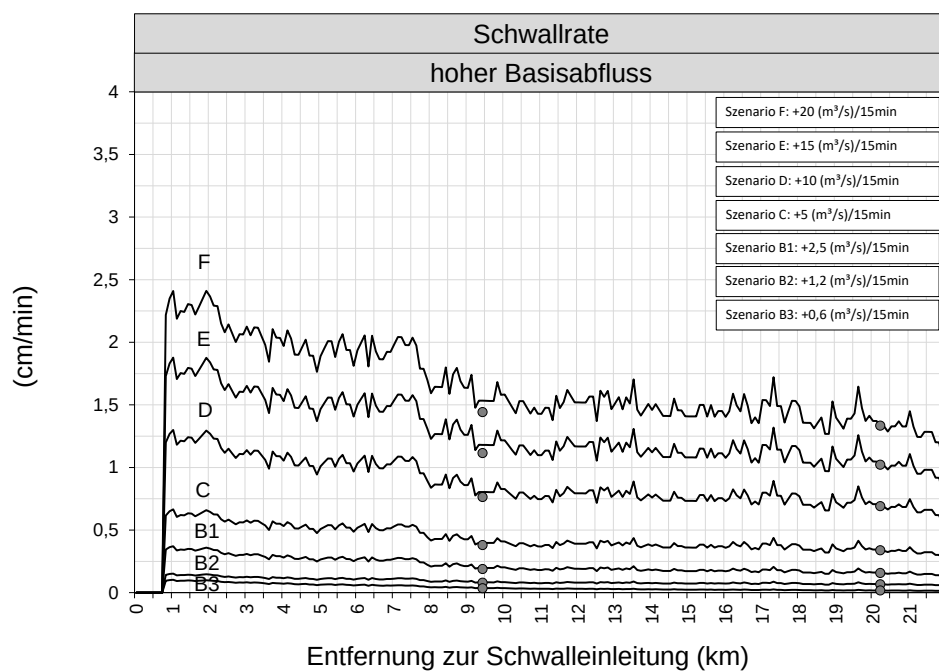


Abbildung 53: KW Gößnitz – Retentionskurven dW/dt für Schwallereignisse bei hohem Basisabfluss (Linien – Wirkungsszenarien, punktiert – nicht auf gemessenen Werten basierend); Punkte – Werte bei Pegelstellen Obervellach und Kolbnitz)

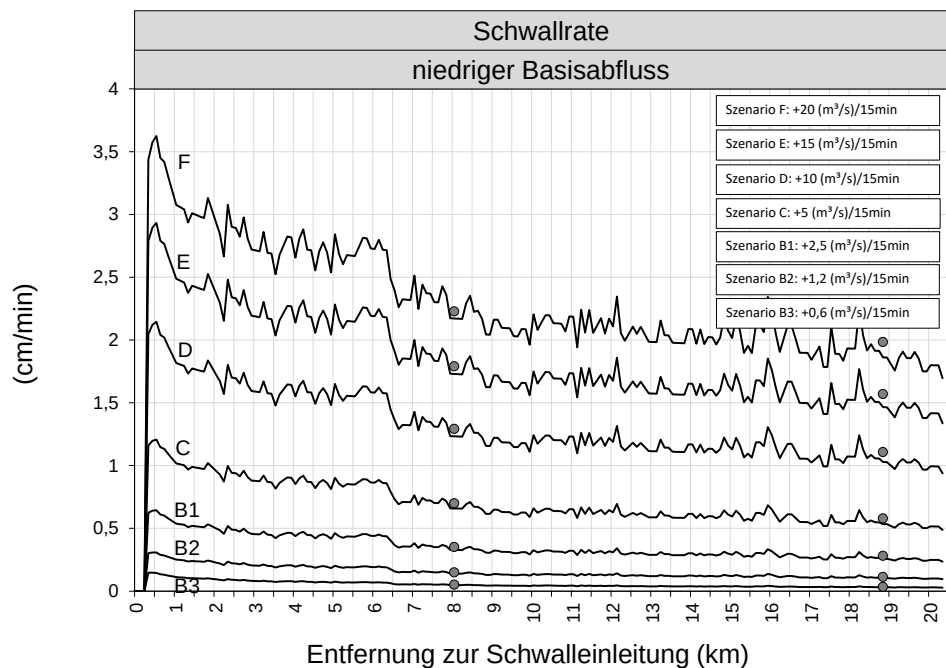


Abbildung 54: KW Außerfragant – Retentionskurven dW/dt für Schwallereignisse gemäß Tabelle 5 bei niedrigem Basisabfluss (Linien – Wirkungsszenarien, punktiert – nicht auf gemessenen Werten basierend), Punkte – Werte bei Pegelstellen Obervellach und Kolbnitz)

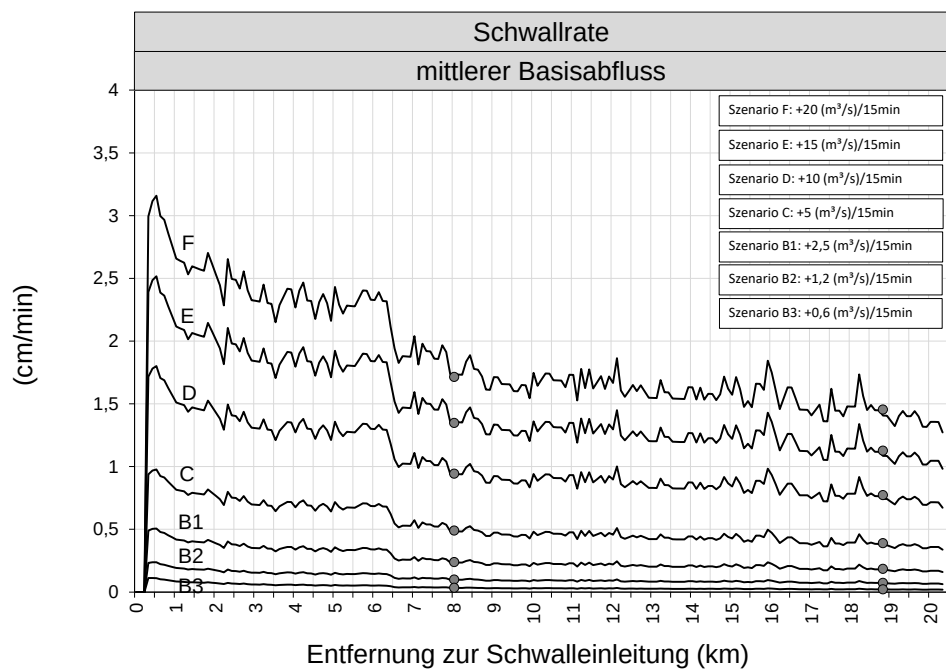


Abbildung 55: KW Außerfragant – Retentionskurven dW/dt für Schwallereignisse bei mittlerem Basisabfluss (Linien – Wirkungsszenarien, punktiert – nicht auf gemessenen Werten basierend); Punkte – Werte bei Pegelstellen Obervellach und Kolbnitz)

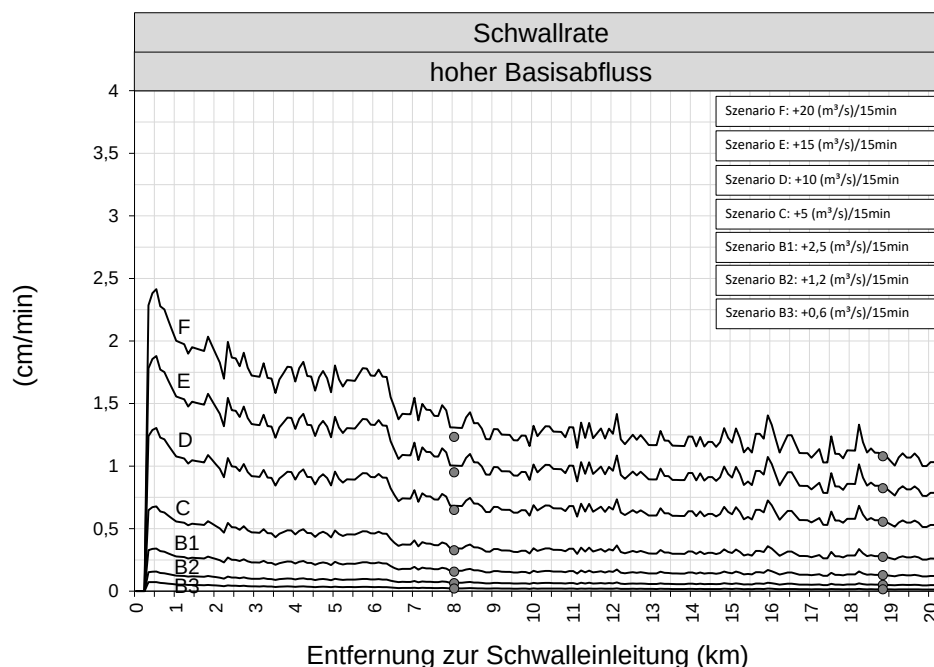


Abbildung 56: KW Außerfragant – Retentionskurven dW/dt für Schwallereignisse bei hohem Basisabfluss (Linien – Wirkungsszenarien, punktiert – nicht auf gemessenen Werten basierend); Punkte – Werte bei Pegelstellen Obervellach und Kolbnitz)

5.2.3.6 Amplitude

Im folgenden Abschnitt werden die wasserstandsbezogenen Retentionskurven der Schwallamplitude für die hydrologischen Wirkungsszenarien gemäß Kapitel 5.2.1.1 in Abhängigkeit des Basisabflusses dargestellt¹². Die Retentionskurven der Amplitude stellen eine Zusatzinformation zur Interpretation des schwallbedingten Einflusses auf die Habitatverfügbarkeit und –qualität dar (Kapitel 5.3.1.3). Im Kapitel 10.1.2 wird zusätzlich die resultierenden horizontalen Wasserspiegel-Verschiebung behandelt.

¹²Im Anhang sind zusätzliche Diagrammdarstellungen angefügt, die zum Zweck einer einfacheren Interpretation lediglich die Retentionskurve eines Szenarios zeigen. Außerdem ist in diesen Diagrammen die X-Achse zur einfacheren Verschneidung mit weiteren Schwallereinleitestellen orographisch kilometriert und die Y-Achse mit Bezug zum Maximalwert des jeweils dargestellten Szenarios skaliert (KW Gößnitz: Kapitel 10.7, KW Außerfragant: Kapitel 10.9).

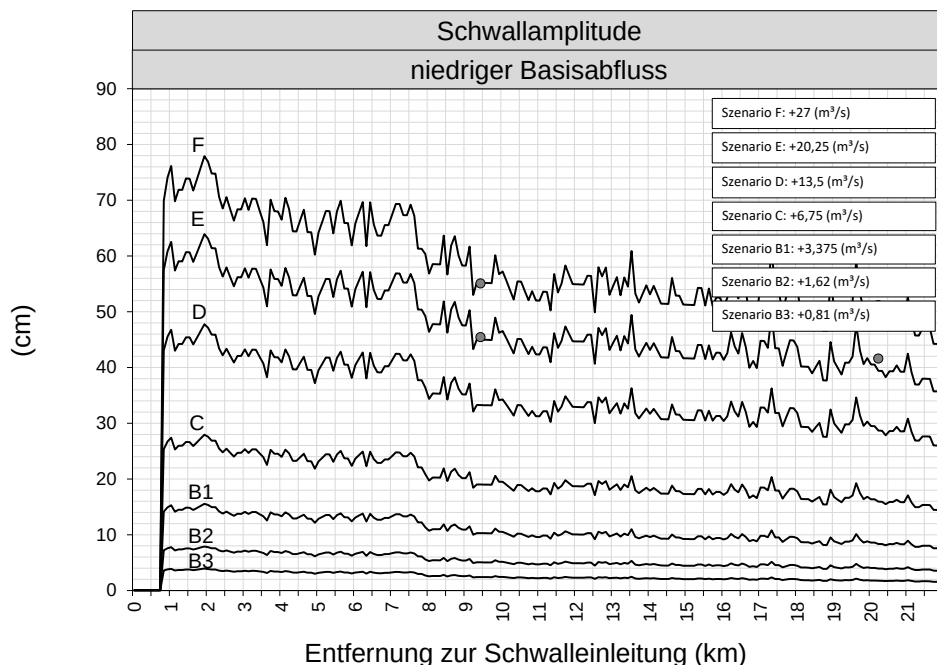


Abbildung 57: KW Gößnitz – Retentionskurven dW für Schwallereignisse gemäß Tabelle 5 bei niedrigem Basisabfluss (Linien – Wirkungsszenarien, punktiert – nicht auf gemessenen Werten basierend), Punkte – Werte bei Pegelstellen Obervellach und Kolbnitz)

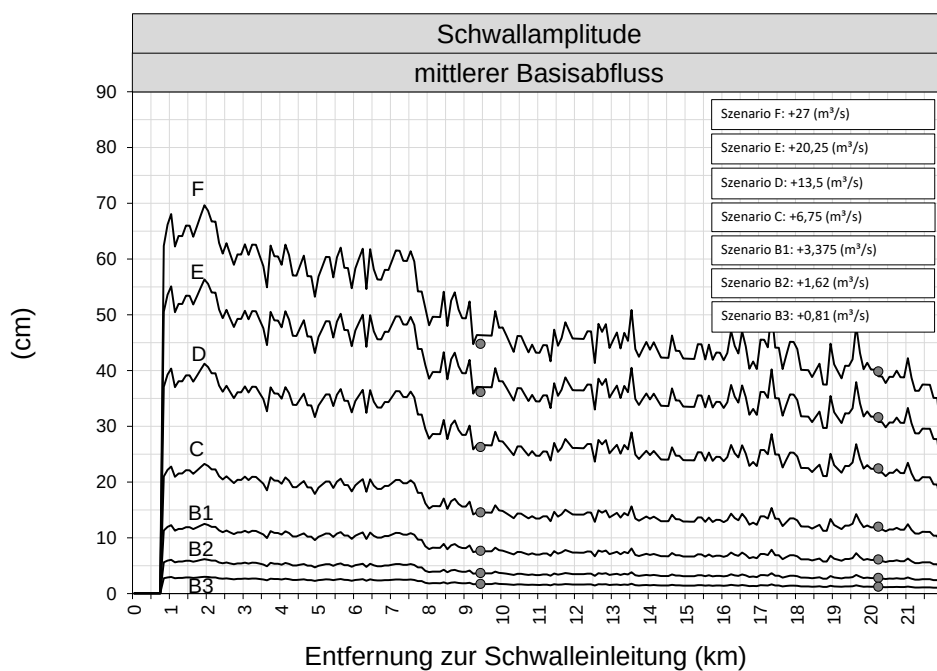


Abbildung 58: KW Gößnitz – Retentionskurven dW für Schwallereignisse bei mittlerem Basisabfluss (Linien – Wirkungsszenarien, punktiert – nicht auf gemessenen Werten basierend); Punkte – Werte bei Pegelstellen Obervellach und Kolbnitz)

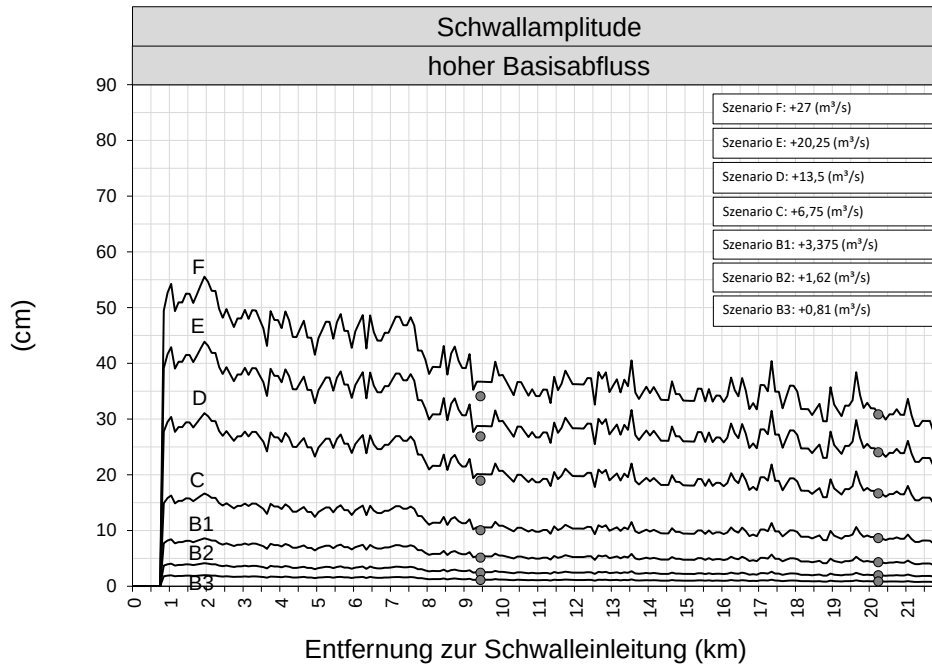


Abbildung 59: KW Gößnitz – Retentionskurven dW für Schwallereignisse bei hohem Basisabfluss (Linien – Wirkungsszenarien, punktiert – nicht auf gemessenen Werten basierend); Punkte – Werte bei Pegelstellen Obervellach und Kolbnitz)

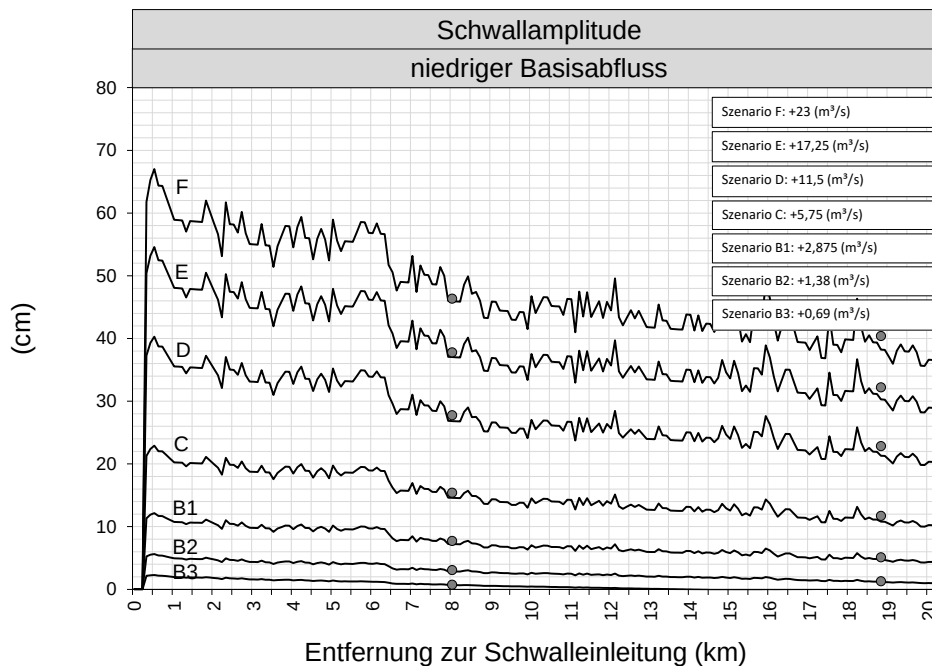


Abbildung 60: KW Außerfragant – Retentionskurven dW für Schwallereignisse gemäß Tabelle 5 bei niedrigem Basisabfluss (Linien – Wirkungsszenarien, punktiert – nicht auf gemessenen Werten basierend), Punkte – Werte bei Pegelstellen Obervellach und Kolbnitz)

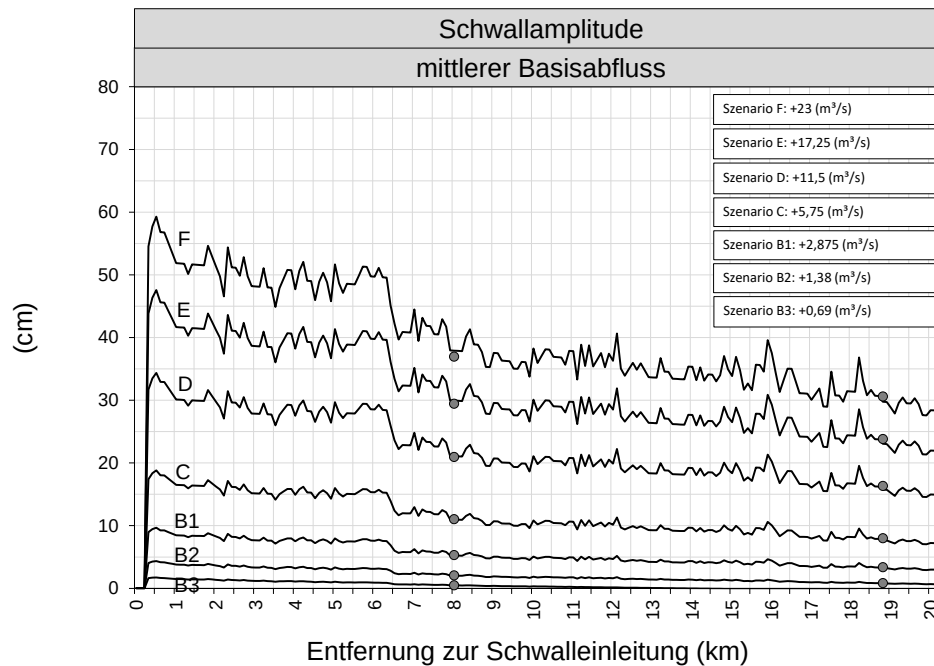


Abbildung 61: KW Außerfragant – Retentionskurven dW für Schwallereignisse bei mittlerem Basisabfluss (Linien – Wirkungsszenarien, punktiert – nicht auf gemessenen Werten basierend); Punkte – Werte bei Pegelstellen Obervellach und Kolbnitz)

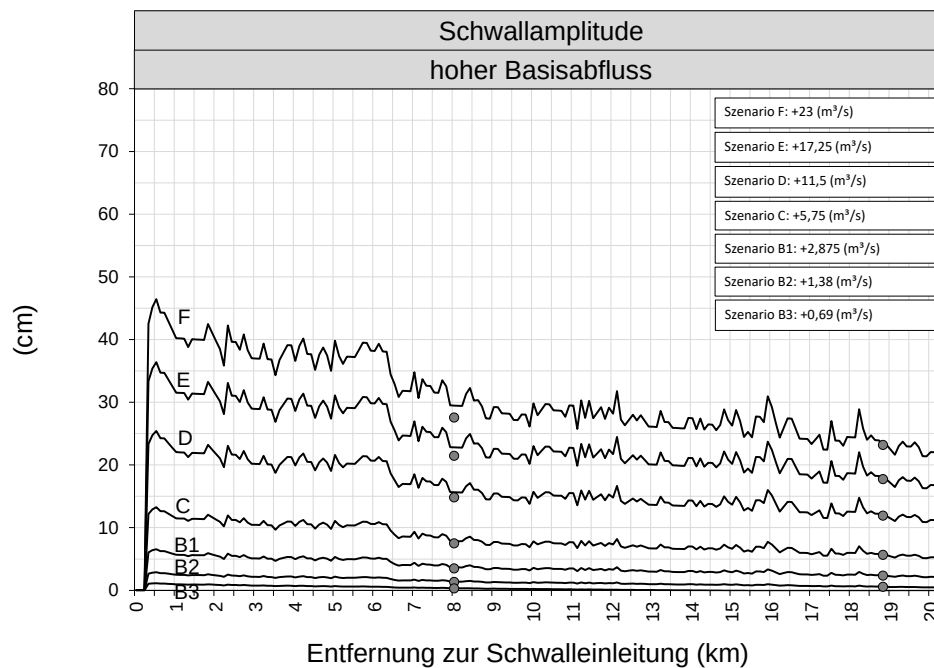


Abbildung 62: KW Außerfragant – Retentionskurven dW für Schwallereignisse bei hohem Basisabfluss (Linien – Wirkungsszenarien, punktiert – nicht auf gemessenen Werten basierend); Punkte – Werte bei Pegelstellen Obervellach und Kolbnitz)

5.2.4 Spezifische Maßnahmen

Ausgehend vom Istzustand einer ungedämpften Schwalleinleitung (Abbildung 20) sollen im Rahmen der Machbarkeitsstudie spezifische Maßnahmen und Maßnahmenkombinationen bewertet werden, deren Ziel es ist, die von den Kraftwerken Gößnitz und Außerfragant ausgehende Schwallbelastung zu verringern.

Grundlage der Bewertung sind unter anderem Maßnahmenvorschläge, die bei den Auftraggebern der vorliegenden Studie eingebracht wurden. Davon werden jene Maßnahmen und Maßnahmenkombinationen untersucht, die auf Basis der geltenden rechtlichen Rahmenbedingungen grundsätzlich umgesetzt werden könnten (Kapitel 5.2.1). Maßnahmen ohne derzeitige rechtliche Grundlage – wie etwa die Substitution der Kraftwerke Außerfragant und/oder Gößnitz durch an anderen Standorten neu zu errichtende Kraftwerke – können im Rahmen der vorliegenden Machbarkeitsstudie nicht berücksichtigt werden, da eine dementsprechende Bewertung gemäß Leitfaden nicht vorgesehen ist (BMLUK, in prep.).

Die vorliegenden Maßnahmenvorschläge wurden anschließend hinsichtlich ihrer grundsätzlichen technischen Realisierbarkeit geprüft. Die ökologische Wirkung der Maßnahmen wird in Abhängigkeit ihres Umfanges durch die Zuordnung zu den passenden standardisierten Wirkungsszenarien beschrieben (Kapitel 5.2.1.1).

5.2.4.1 Maßnahme 1 – Betriebliche Einschränkung

Der Maßnahmentyp *betriebliche Einschränkung* (Kapitel 5.2.1, Abbildung 63) wird für beide Kraftwerke in vollem Umfang untersucht – also vom Istzustand (entspricht Szenario F) bis hin zu einem Betrieb als Laufkraftwerk (entspricht Szenario A). Im Rahmen der energiewirtschaftlichen Analyse erfolgt zudem eine Bewertung in welchem Ausmaß der Einsatz von Batteriespeichern zur Minderung energiewirtschaftlicher Auswirkungen beitragen kann (Neubarth, 2025).

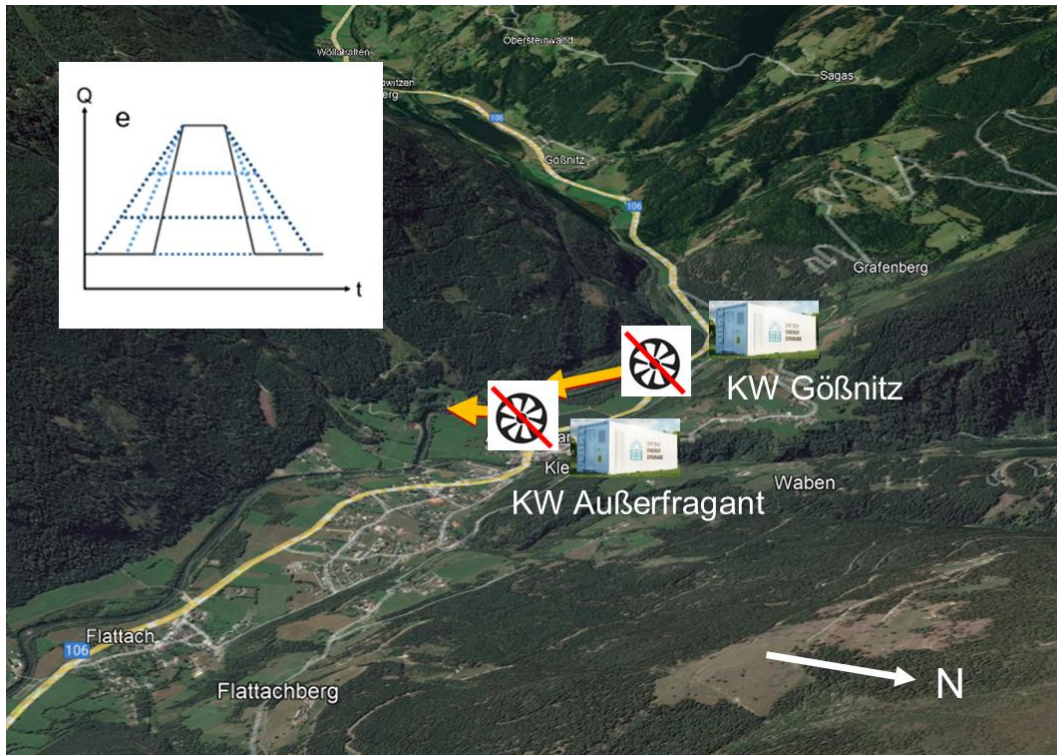


Abbildung 63: Schwalldämpfung (orange) durch betriebliche Einschränkung (Diagrammskizze einer gedämpften Schwallwelle bis zum Betrieb als Laufkraftwerk (Szenario A), Durchfluss (Q) über die Zeit (t)) der Kraftwerke Gößnitz und Außerfragant (Hintergrund: Google Earth, 2025)

5.2.4.2 Maßnahme 2 – Dämpfungsbecken

Der Maßnahmentyp *Dämpfungsbecken* (Kapitel 5.2.1, Abbildung 64) wird für beide Kraftwerke im jeweils maximal technisch realisierbaren Umfang untersucht. Die Ergebnisse der technischen Variantenprüfung deuten darauf hin, dass das oberirdisch realisierbare Dämpfungsvolumen bei beiden Kraftwerken eine Dämpfung der Schwall- und Sunkrate auf das Niveau von zumindest Szenario B3 ermöglichen kann. Auch die Realisierung entsprechender unterirdischer Dämpfungsspeicher erscheint aus technischer Sicht grundsätzlich machbar.

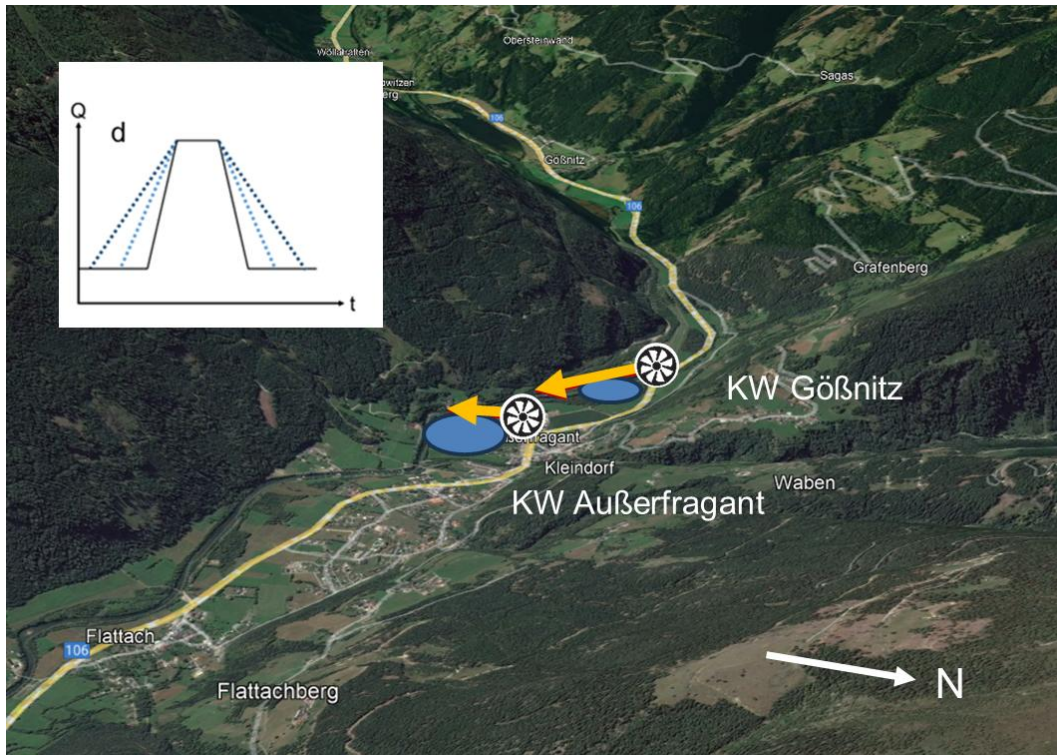


Abbildung 64: Schwalldämpfung (orange) durch Dämpfungsbecken (blau) (Diagrammskizze einer gedämpften Schwallwelle, Durchfluss (Q) über die Zeit (t)) bei den Kraftwerken Gößnitz und Außerfragant (Hintergrund: Google Earth, 2025)

5.2.4.3 Maßnahme 3 – Schwallausleitung

Der Maßnahmentyp *Schwallausleitung* (Kapitel 5.2.1, Abbildung 65) wird in Form einer Totalausleitung (Szenario A) berücksichtigt. Dabei werden die folgenden aus technischer Sicht grundsätzlich realisierbaren Varianten von Schwallausleitungskraftwerken untersucht:

- Ausleitung des Kraftwerks Außerfragant – Stollen- oder Druckrohrvariante
- Ausleitung des Kraftwerks Gößnitz – Stollen- oder Druckrohrvariante
- Ausleitung beider Kraftwerke – Stollen- (Kraftwerk Kolbnitz) oder Druckrohrvariante

Um sicherzustellen, dass bei einer Schwallausleitung weder vom Kraftwerk Gößnitz noch vom Kraftwerk Außerfragant Schwallwellen in die Möll eingeleitet werden (Szenario A), muss der Ausbaudurchfluss des Schwallausleitungskraftwerks so dimensioniert sein, dass die Schwallmengen beider Kraftwerke vollständig aufgenommen werden können. Ist dies nicht gewährleistet, sind ergänzende Maßnahmen erforderlich, um Szenario A zu erreichen.

Beim geplanten Kraftwerk Kolbnitz kann die Erreichung von Szenario A im Fall eines gleichzeitigen Volllastbetriebs der Kraftwerke Gößnitz und Außerfragant nur dann gewährleistet werden, wenn zusätzliches Speichervolumen zur Verfügung steht. Dieses kann – wie von der KELAG beim Kraftwerk Kolbnitz vorgesehen – im Triebwasserstollen geschaffen werden.

Bei Druckrohrvarianten steht im Triebwasserweg kein bewirtschaftbares Speichervolumen zur Verfügung, da für einen stabilen Betrieb eine durchgehende Vollfüllung der Leitung technisch erforderlich ist. Alternativ könnte das vorhandene Speichervolumen im Stauraum Gößnitz genutzt werden, was jedoch eine temporäre Einschränkung des Betriebs des Kraftwerks Gößnitz erforderlich machen würde. Eine weitere Möglichkeit stellt die Kombination mit einem Dämpfungsbecken dar (Kapitel 5.2.4.2).

Zusammenfassend wird im Rahmen der vorliegenden Studie sowohl für die Stollen- als auch für die Druckrohrvariante eine technisch grundsätzlich realisierbare Lösung mit übereinstimmender ökologischer Wirkung entsprechend Szenario A angenommen, wobei die Einbindung zusätzlichen Dämpfungsvolumens als Voraussetzung gilt.

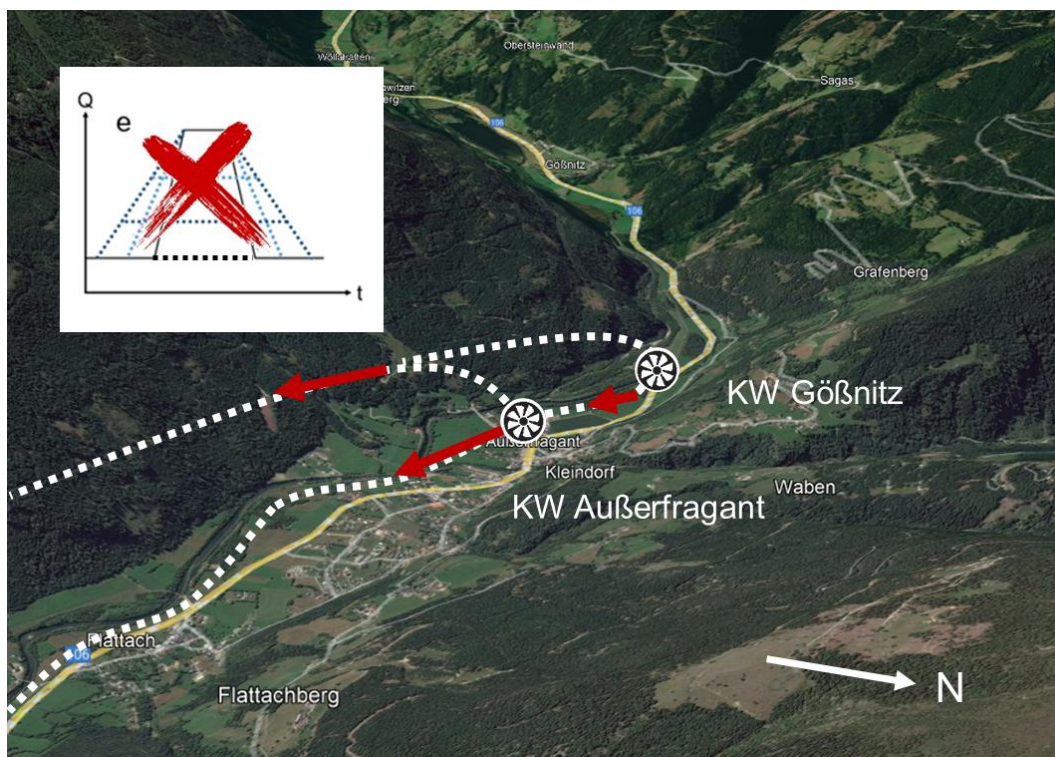


Abbildung 65: Schwallausleitung (rot) durch unterschiedliche Varianten von Schwallausleitungskraftwerken (punktiert) (Diagrammskizze Szenario A, Durchfluss (Q) über die Zeit (t)) bei den Kraftwerken Gößnitz und Außerfragant (Hintergrund: Google Earth, 2025)

5.2.4.4 Maßnahme 4 – (Kombination)

Maßnahme 4 setzt sich aus der Kombination folgender aus technischer Sicht grundsätzlich realisierbaren Maßnahmentypen zusammen (Abbildung 66):

- Kraftwerk Gößnitz – Betrieb als Laufkraftwerk (Szenario A, Kapitel 5.2.4.1)
- Ausleitung des Kraftwerks Außerfragant – Stollen- oder Druckrohrvariante (Szenario A, Kapitel 5.2.4.3)

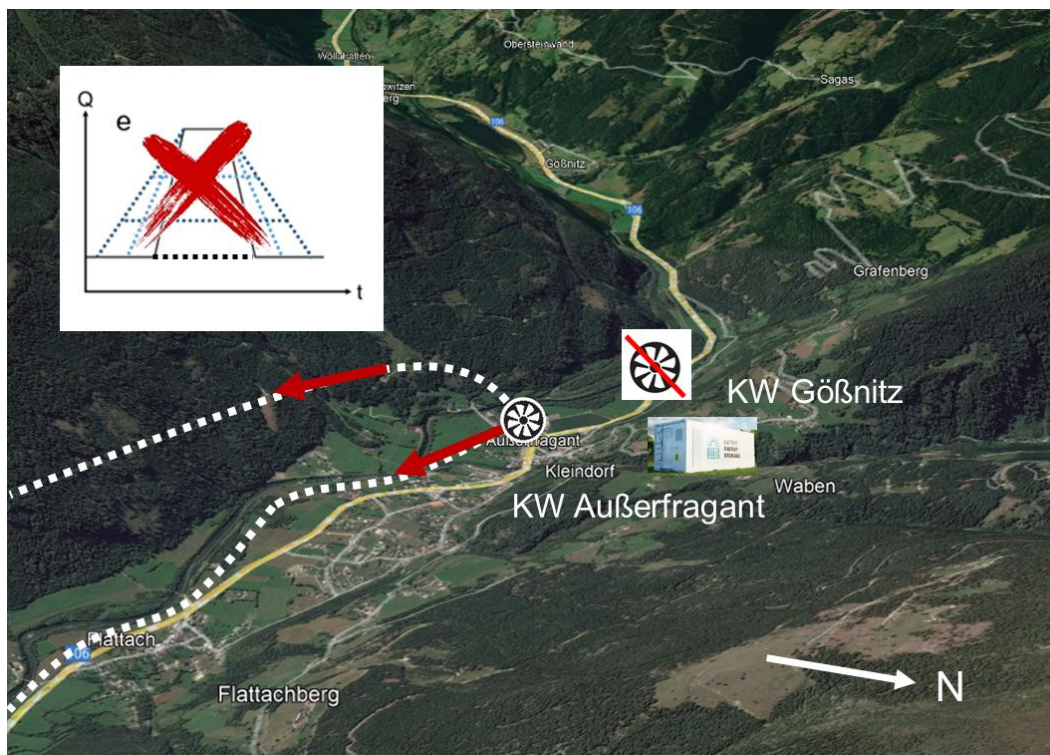


Abbildung 66: Schwalldämpfung durch betriebliche Einschränkung des Kraftwerks Gößnitz (wie Laufkraftwerk) und einer Schwallausleitung durch unterschiedliche Varianten von Schwallausleitungskraftwerken (punktiert) beim Kraftwerk Außerfragant (Diagrammskizze Szenario A, Durchfluss (Q) über die Zeit (t)) (Hintergrund: Google Earth, 2025)

5.2.4.5 Maßnahme 5 – (Kombination)

Maßnahme 5 setzt sich aus der Kombination folgender aus technischer Sicht grundsätzlich realisierbaren Maßnahmentypen zusammen (Abbildung 67):

- Kraftwerk Gößnitz – Betrieb als Laufkraftwerk (Szenario A, Kapitel 5.2.4.1)
- Ausleitung des Kraftwerks Außerfragant in Form eines Pumpbetriebes zum Speicher Gößnitz, einschließlich einer maximal möglichen Erweiterung des Stauvolumens Gößnitz, mit dem Ziel, ein möglichst großes Volumen zur Schwalldämpfung bereitzustellen (erreichbare Schwalldämpfung über Szenario B3 hinausgehend; KELAG, 2025).

Diese Maßnahme entspricht der Errichtung eines Dämpfungsbeckens flussauf der Schwalleinleitung. Im Unterschied zu „klassischen“ Dämpfungsbecken (Kapitel 5.2.4.2) ist hierbei jedoch aus energiewirtschaftlicher Sicht eine gewisse Einschränkung der Spitzenstromerzeugung zu berücksichtigen, da der Betrieb des Pumpwerks gleichzeitig Energieeinsatz erfordert.

Aus ökologischer Sicht ist festzuhalten, dass die Schwallwellen des Kraftwerks Außerfragant durch das Volumen im Stauraum Gößnitz zwar gedämpft werden können. Im Falle von längeren Schwallabflüssen (ca. >130 Minuten, Volllastbetrieb KW Außerfragant) müssen die Schwallwellen bei Erreichen des maximalen Füllstandes aber über die Wehranlage Gößnitz in die Möll abgegeben werden. Dadurch würden (gedämpfte) Schwallwellen in einen

Gewässerabschnitt verlagert werden, der im derzeitigen Zustand von keiner Schwallbelastung betroffen ist (Ausleitungsstrecke KW Gößnitz). Eine vergleichbare Schwalldämpfung durch klassische Dämpfungsbecken ist daher vorzuziehen.

Maßnahme 5 führt im Vergleich zu Maßnahme 2 (Kapitel 5.2.4.2) bei vergleichbarer Dämpfungswirkung zu einer Ausdehnung der Schwallstrecke. Maßnahme 5 wird daher im Rahmen der vorliegenden Studie nicht weiter berücksichtigt.

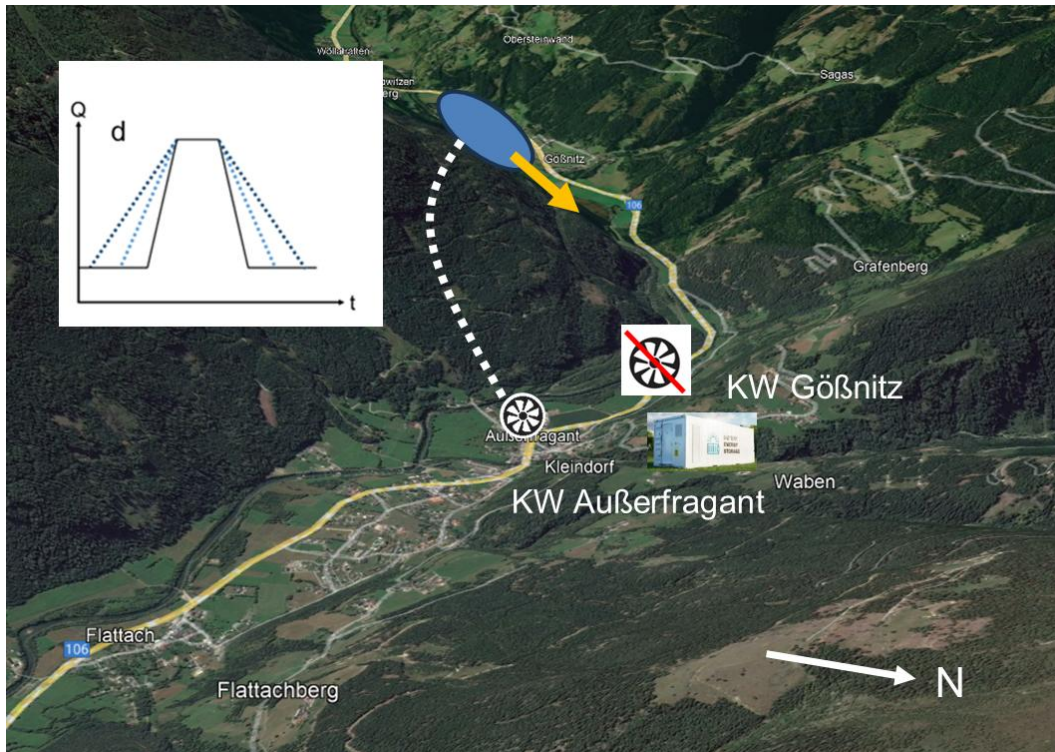


Abbildung 67: Schwalldämpfung durch betriebliche Einschränkung des Kraftwerks Gößnitz (wie Laufkraftwerk) und einer Schwallausleitung beim Kraftwerk Außerfragant durch ein Pumpbetrieb in den Stauraum Gößnitz (punktiert) (Diagrammskizze einer gedämpften Schwallwelle (orange), Durchfluss (Q) über die Zeit (t)) (Hintergrund: Google Earth, 2025)

5.2.4.6 Maßnahme 6 – (Kombination)

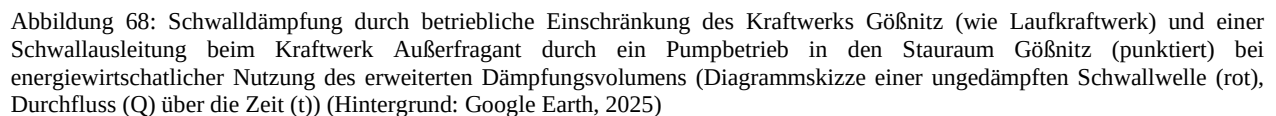
Maßnahme 6 entspricht einer Erweiterung von Maßnahme 5 (Abbildung 68) indem

- ein zusätzliches Pumpspeicherkraftwerk Gößnitz (PSKW Gößnitz) errichtet wird.

Dabei ist zu beachten, dass das zusätzliche Speichervolumen im erweiterten Stauraum Gößnitz entweder a) zur Schwalldämpfung (Kapitel 5.2.4.5, Abbildung 67) oder b) zur energiewirtschaftlichen Optimierung des Pumpbetriebes herangezogen werden kann (Abbildung 68).

Im ersten Fall ergibt sich aufgrund der Gleichzeitigkeit von Turbinenbetrieb (KW Außerfragant) und Pumpbetrieb (PSKW Gößnitz) ein sogenannter „hydraulischer Kurzschluss“. Die ökologische Wirkung wäre übereinstimmend mit

Maßnahme 6 führt bestenfalls zur gleichen ökologischen Wirkung wie Maßnahme 5, welche mit Verweis auf Maßnahme 2 (Kapitel 5.2.4.2) bereits ausgeschlossen wurde. Auch Maßnahme 6 wird im Rahmen der vorliegenden Studie daher nicht weiter berücksichtigt.



Für die Beurteilung von Fließgewässern gemäß EU-Wasserrahmenrichtlinie sind vier Qualitätselemente relevant: (1) Fische, (2) Makrozoobenthos, (3) Phytobenthos und (4) Makrophyten. Die indikative Aussagekraft der einzelnen Qualitätselemente ist bei der Beurteilung einer bestimmten Belastungssituation zu berücksichtigen, indem lediglich die Qualitätselemente mit hoher Aussagekraft zur Bewertung heranzuziehen sind. Aktuell sind Auswirkungen von

Schwallbelastungen vor allem für Makrozoobenthos und Fische wissenschaftlich gut dokumentiert (Zeiringer et al., in prep.; Leitner et al., in prep.). Daher basiert die ökologische Bewertung auf diesen beiden Qualitätselementen.

Obwohl die schwall- und sunkbedingten ökologischen Beeinträchtigungen von verschiedenen Faktoren (z.B. Organismen- und stadienspezifisches Strandrungs- und Driftrisiko, spezifische Auswirkungen auf Habitatverfügbarkeit und -qualität) mit zum Teil sehr komplexen Wechselwirkungen und einer generellen jahreszeitlichen Variabilität abhängig sind, basiert die Bewertung auf Kriterien mit Bezug zu einzelnen Intensitätsparametern. Diese sind zum Teil räumlich (Schwallrouting/Retentionskurven) und zeitlich (quartalsspezifisch) diskretisiert zu analysieren (Greimel & Zeiringer, in prep.). Anschließend erfolgt die Auswertung durch den Vergleich mit ökologisch verträglichen Intensitätsschwellen (Kapitel 5.3.2). Insgesamt sind drei Bewertungskriterien zu berücksichtigen:

- Bewertungskriterium 1: Minderung der Sunkrate / Verringerung des Strandrungsrisikos für Gewässerorganismen
- Bewertungskriterium 2: Minderung der Schwallrate / Verringerung des Driftrisikos für Gewässerorganismen
- Bewertungskriterium 3: Minderung der Schwallamplitude / Verringerung der allgemeinen schwallbedingten Auswirkungen auf Habitatverfügbarkeit und -qualität

Im Folgenden werden die derzeit bekannten Intensitätsschwellen in Bezug auf die einzelnen Bewertungskriterien zusammengefasst (Leitner et al., in prep.; Zeiringer et al., in prep.). Diese Schwellenwerte dienen im Rahmen der vorliegenden Bewertungsmethode der räumlich und zeitlich differenzierten Einstufung einer Bandbreite an zu erwartenden ökologischen Folgewirkungen von Maßnahmen zur Minderung schwall- und sunkbedingter Auswirkungen. Eine Bewertung auf Basis einzelner Intensitätsschwellen ohne räumliche und zeitliche Differenzierung ist nicht zielführend.

5.3.1 Bewertungskriterien

5.3.1.1 Bewertungskriterium 1 – Minderung der Sunkrate

Aufgrund der hohen Mortalität werden Strandrungsphänomene von Fischlarven und frühen Juvenilstadien aus fischökologischer Sicht als Hauptbelastung angesehen. Neben der Sunkrate spielen Fischart, Altersstadium, Tageszeit, Gewässermorphologie, Substratcharakteristik und Wassertemperatur eine relevante Rolle. Für die Fischarten Äsche und Bachforelle sind spezifische Intensitätsschwellen bekannt. Für Fischlarven, die in Gewässern des Alpenraumes hauptsächlich im Frühjahr bzw. im Quartal 2 vorkommen (Larvenfenster), besteht bei Sunkraten größer 0,1 cm/min (Forelle) und größer 0,2 cm/min (Äsche) ein signifikantes Strandrungsrisiko. Für juvenile Stadien, die vor allem im Sommer bzw. im Quartal 3 vorkommen, besteht ein Strandrungsrisiko bei Sunkraten größer 0,4 cm/min.

Auch beim Makrozoobenthos kann es durch Strandung zum Ersticken der Tiere kommen. In schwallbelasteten Fließgewässern sind insbesondere die verstärkte Drift und die starke Wechselwirkung von Drift und Strandung problematisch. Für die Bewertung des Strandrungsrisikos für Benthosorganismen liegen nur wenige Studien vor.

Obwohl derzeit keine evidenzbasierte Intensitätsschwellen verfügbar sind, zeigen vorhandene Studien einen positiven Zusammenhang zwischen Strandrungsrisiko und Sunkrate. Daher ist im Rahmen der ökologischen Bewertung in Anlehnung an das Strandrungsrisiko für Fische anzunehmen, dass für Benthosorganismen bei Sunkraten $< 0,2$ cm/min ein geringes, bei Sunkraten $< 0,5$ cm/min ein mittleres und bei Sunkraten $> 0,5$ cm/min ein hohes Strandrungsrisiko besteht.

5.3.1.2 Bewertungskriterium 2 – Minderung der Schwallrate

Durch die Erhöhung der Fließgeschwindigkeit, während der Schwallereignisse besteht für Organismen das Risiko, vermehrt flussabwärts verdriftet zu werden. Aus fischökologischer Sicht bedeutet dies im betroffenen Gewässerabschnitt einen lokalen Verlust von Fischlarven und frühen Juvenilstadien. Studien haben gezeigt, dass Schwallereignisse bei frühen Lebensstadien von Bachforellen und Äschen, selbst bei geringer Schwallrate, erhöhte Driftraten auslösen können. Diese schwallinduzierte Drift nimmt mit fortschreitendem Alter juveniler Individuen ab. Experimente an der HyTEC-Versuchsanlage/Lunz konnten jedoch keine spezifischen Intensitätsschwellen für den Zusammenhang zwischen Driftrisiko und Schwallrate nachweisen.

Bezüglich Makrozoobenthos weisen experimentelle Studien darauf hin, dass das Driftrisiko nachts und bei hohen Temperaturen erhöht sein könnte. Allerdings konnten bisher keine spezifischen Saisonen mit besonders hoher Organismenvulnerabilität identifiziert werden und es besteht Forschungsbedarf. Aus den vorliegenden Studien ist jedoch ableitbar, dass eine Reduzierung der Schwallrate die Drift mindern kann. Im Rahmen der ökologischen Bewertung ist bei Schwallraten von $< 0,5$ cm/min von einem geringen, bei < 1 cm/min von einem mittleren und bei > 1 cm/min von einem hohen Driftrisiko für Makrozoobenthos auszugehen.

5.3.1.3 Bewertungskriterium 3 – Minderung der Amplitude

Bei der Bewertung der Auswirkungen von Schwall- und Sunkereignissen auf die Habitatverfügbarkeit und -qualität bestehen im Vergleich zu den Bewertungskriterien Strandrungs- und Driftrisiko die größten Wissenslücken und Unsicherheiten. Es ist jedoch unbestritten, dass die Habitatverfügbarkeit und -qualität durch die stark veränderlichen hydromorphologischen und hydraulischen Bedingungen – insbesondere in der Wasserwechselzone, aber auch im ständig benetzten Bereich – beeinflusst werden. Es ist davon auszugehen, dass der Umfang der Beeinflussung von

- der Amplitude der eingeleiteten Schwallwellen,
- den hydromorphologisch/hydraulischen Verhältnissen im betrachteten Gewässerabschnitt (aktuelle Abflussbedingungen, Gewässermorphologie) und
- vom ökologischen Toleranzbereich der Gewässerorganismen (Euryökie/Stenökie)

abhängig ist. Im Gegensatz zum Drift- oder Strandrungsrisiko konnten bis dato keine Intensitätsschwellen abgeleitet werden, die erlauben würden, die Größenordnung der zu erwartenden schwall- und sunkbedingten Auswirkungen auf die Habitatverfügbarkeit und -qualität einzustufen.

Bewertungskriterium 3 wird daher pragmatisch ohne räumliche und zeitliche Differenzierung auf die prozentuale Verringerung der maximalen Schwallamplitude im Vergleich zu Szenario F (Kapitel 5.2.1.1) bezogen. Einer Begrenzung der maximalen Schwallamplitude, die ohne signifikante Beeinträchtigung der Nutzung insbesondere durch die Ausleitung von Schwallwellen zu erreichen ist (Kapitel 5.2.1), ist pauschal eine mehr als geringfügige ökologische Wirkung zu unterstellen. Die schwall- und sunkbedingte Beeinflussung der Habitatverfügbarkeit und -qualität soll jedoch durch die Erstellung von detaillierten Habitatmodellen für ausgewählte repräsentative Abschnitte – spätestens im Zuge der Detailplanung indirekter Maßnahmen – näher untersucht werden (Hauer & Holzapfel, in prep.).

5.3.2 Hydrologische Intensitätsbereiche und Gewichtung

Bezüglich Bewertungskriterium 3 (Auswirkungen auf Habitatverfügbarkeit und –qualität) erfolgt keine räumlich-zeitliche diskretisierte Bewertung. Die Retentionskurven der Amplitude (Kapitel 5.2.3.6) stellen somit Zusatzinformationen für die ökologische Interpretation dar. Im Gegensatz dazu sind Bewertungskriterium 1 (Strandungsrisiko) und 2 (Driftrisiko) jahreszeitlich und im longitudinalen Gewässerverlauf zu interpretieren. Die Retentionskurven der Sunk- (Kapitel 5.2.3.4) und Schwallrate (Kapitel 5.2.3.5) sind somit bewertungsrelevant und wurden im Hinblick auf folgende hydrologisch/hydraulische Intensitätsbereiche ausgewertet (Greimel et al., 2021):

- Intensitätsbereich 1: $< 1 \text{ cm/min}$ (bzw. $< 15 \text{ cm/15 min}$)
- Intensitätsbereich 2: $< 0,5 \text{ cm/min}$ (bzw. $< 7,5 \text{ cm/15 min}$)
- Intensitätsbereich 3: $< 0,25 \text{ cm/min}$ (bzw. $< 3,75 \text{ cm/15 min}$)
- Intensitätsbereich 4: $< 0,1 \text{ cm/min}$ (bzw. $< 1,5 \text{ cm/15 min}$)

Der szenarienspezifische Anteil der untersuchten Gewässerstrecke, welcher gemäß den Retentionskurven die jeweiligen Intensitätsbereiche erreicht, wird in Abhängigkeit der charakteristischen Basisabflüsse ausgewertet und tabellarisch zusammengefasst (KW Gößnitz: Tabelle 32 und Tabelle 33; KW Außerfragant: Tabelle 34 und Tabelle 35). Die quartalsspezifische Zuweisung der charakteristischen Basisabflüsse (Kapitel 5.2.3.3) ermöglicht anschließend die Herstellung des jahreszeitlichen Bezuges.

Aufgrund der zeitlich und funktional variablen Organismenvulnerabilität werden die Bewertungskriterien und Intensitätsbereiche entsprechend ihrer Relevanz gewichtet (Tabelle 13).

Tabelle 13: Jahreszeitliche Gewichtung der Bewertungskriterien und Intensitätsbereiche (100 % $\pm$ 10 Punkten).

Bewertungskriterium	Quartal	Gewichtung										Gesamt	%
		Fischökologie				Benthosökologie							
		Intensitätsbereiche											
		1	2	3	4	1	2	3	4				
1 – Minderung der Sunkrate	1						0,2	0,2			0,4	60	
	2			1,1	1,1		0,2	0,2			2,6		
	3		2,2				0,2	0,2			2,6		
	4						0,2	0,2			0,4		
2 – Minderung der Schwallrate	1					0,35	0,35				0,7	28	
	2					0,35	0,35				0,7		
	3					0,35	0,35				0,7		
	4					0,35	0,35				0,7		
3 – Minderung der Amplitude	1	0,15				0,15				0,3		12	
	2	0,15				0,15				0,3			
	3	0,15				0,15				0,3			
	4	0,15				0,15				0,3			
Summe		5				5				10		100	

Bewertungskriterium 1 und 2 bezogen auf die anteilige Gewässerstrecke in den einzelnen Intensitätsbereichen (Intensitätsbereich 1: <1 cm/min, Intensitätsbereich 2: <0,5 cm/min, Intensitätsbereich 3: <0,25 cm/min, Intensitätsbereich 4: <0,1 cm/min); Bewertungskriterium 3: Fisch- und benthosökologische Gewichtung bezogen auf die prozentuale Verringerung der maximalen Schwallamplitude im Verhältnis zu Szenario F.

5.3.3 Szenarienbewertung

Bei der Begrenzung der Schwallintensität auf ein bestimmtes Szenario wird vorausgesetzt, dass die Maximalintensität der Schwallwellen bei der Schwalleinleitestelle auf die Intensität des jeweiligen Szenarios begrenzt wird. Auf Basis der wasserstandsbezogenen Retentionskurven bzw. des Anteiles der untersuchten Gewässerstrecke, welcher die Intensitätsbereiche erreicht (Kapitel 5.3.2), erfolgt die ökologische Interpretation der einzelnen Szenarien. Dabei sind die Überschreitungshäufigkeit, die szenarienspezifische Intensität, die von anderen Schwalleinleitungen im Untersuchungsraum ausgehende Schwallbelastung sowie das Habitatpotential des Gewässers zu berücksichtigen. Auf Basis dieser Informationen wird die zu erwartende ökologische Wirkung bei Einhaltung des jeweiligen Szenarios in einem Fazit zusammengefasst.

Berücksichtigung der Überschreitungshäufigkeit einzelner Wirkungsszenarien

Ein Wirkungsszenario ist grundsätzlich nicht bewertungsrelevant, wenn es bei der Schwalleinleitestelle gemäß den vorliegenden Abflusszeitreihen nicht überschritten wird.

Berücksichtigung der szenarienspezifischen Intensität

Die ökologische Wirksamkeit eines Wirkungsszenarios wird in Gewässerabschnitten, in welchen die Intensität die relevanten hydrologischen Intensitätsbereiche (Tabelle 13) überschreitet, als geringfügig eingestuft. Von mehr als geringfügigen ökologischen Auswirkungen ist auszugehen, wenn in einem Gewässerabschnitt von ca. 1-2 Kilometern Länge einer oder mehrere ökologisch relevante hydrologische Intensitätsbereiche erreicht werden.

Berücksichtigung von weiteren Schwallenleitestellen

Wenn im Untersuchungsraum mehrere Schwallenleitestellen vorhanden sind, ist zu berücksichtigen, dass sich negative ökologische Auswirkungen überlagern können. Dies betrifft Wirkungsszenarien, deren mehr als geringfügige ökologische Wirkung überwiegend in Gewässerabschnitten zu erwarten ist, die im Einflussbereich weiterer Schwallenleitungen liegen.

Berücksichtigung des Habitatpotentials

Wenn in Gewässerabschnitten, in welchen aus hydrologischer Sicht mehr als geringfügige ökologische Wirkungen zu erwarten sind, lediglich ein geringes Habitatangebot besteht (morphologische Strukturgüte: anthropogen überprägt oder gering, Kapitel 5.1.2), wird davon ausgegangen, dass eine Maßnahmenkombination mit indirekten Maßnahmen vorteilhaft, oder sogar die Voraussetzung für eine tatsächliche Verbesserung der ökologischen Verhältnisse ist.

Aus der Verschneidung des szenarienspezifischen Strandrungs- und Driftrisikos mit der morphologischen Strukturgüte sind die Randbedingungen für die Planung indirekter Maßnahmen ableitbar. Die zu erwartenden Auswirkungen von indirekten Maßnahmen sind im Rahmen von Detailstudien abzuklären (Hauer & Holzapfel, 2024).

Die Interpretation der einzelnen Wirkungsszenarien befindet sich im Kapitel 10.8.

5.3.4 Maßnahmenbewertung

Auf Basis der standardisierten Wirkungsszenarien (Kapitel 5.2.1.1) können Maßnahmen definiert werden, indem sowohl die Wirkungsperiode (ganzjährig oder bestimmte Quartale) als auch der Bezug zu den Bewertungskriterien (einem oder mehreren) variiert werden (Tabelle 14, Abbildung 69). Diese standardisierten Maßnahmen stellen in weiterer Folge die Vergleichsgrundlage für die Bewertung spezifischer Maßnahmen dar (Kapitel 5.2.4). Die Ergebnisse der ökologischen Maßnahmenbewertung werden im Kapitel 5.3.4.2 zusammengefasst.

5.3.4.1 Verbesserungspotential von Maßnahmen

Die jeweils zu erwartende Maßnahmenwirkung wird rechnerisch quantifiziert, indem die im Rahmen des SuREmMa+ Forschungsprojektes entwickelten Formeln angewendet werden. Die Ergebnisse liegen in einen Wertebereich von 0 (keine Verbesserung) bis 10 (keine Schwallbelastung/morphologischen Defizite mehr vorhanden).

Beim Verbesserungspotential ist zwischen dem hydrologischen und dem hydromorphologischen Verbesserungspotential einer Maßnahme zu unterscheiden (Tabelle 14, Abbildung 69). Das hydrologische Verbesserungspotential bezieht sich ausschließlich auf die hydrologische Wirkung, ohne morphologische Defizite zu berücksichtigen. Beim hydromorphologischen Verbesserungspotential hingegen werden bestehende morphologische Defizite in die Bewertung einbezogen, wodurch das Wirkungspotential von indirekten Maßnahmen aufgezeigt werden kann.

Die Maßnahmenbewertung anhand der Formelsätze ermöglicht zusammenfassend:

- die integrative Berücksichtigung der spezifischen Organismenvulnerabilität (Tabelle 13),
- den relativen Vergleich unterschiedlicher Maßnahmen, die eine bestimmte Schwallenleitestelle betreffen, sowie deren Reihung nach dem jeweils zu erwartenden Verbesserungspotential,
- die Darstellung der Maßnahmenwirkung mit und ohne Berücksichtigung morphologischer Defizite, um in weiterer Folge das Potential einer Kombination aus direkten und indirekten Maßnahmen zu veranschaulichen,
- die Einstufung der Wirkung spezifischer Maßnahmen im Vergleich zu den standardisierten Maßnahmen.

Die Ergebnisse der Maßnahmenbewertung werden in den Kapiteln 5.3.4.2 (Kraftwerk Gößnitz) und 5.3.4.3 (Kraftwerk Außerfragant) dargestellt. Zudem wird in Tabelle 14 und Tabelle 15 die zu erwartende ökologische Wirkung anhand der szenarienspezifischen Einstufungen (Kapitel 10.8 und 10.10) markiert, wobei Maßnahmen unterschieden werden,

- die a priori keine bzw. eine geringfügige ökologische Wirkung erwarten lassen (nicht hervorgehoben).
- deren ökologische Wirkung als mehr als geringfügige einzustufen ist, einer weiteren Maßnahmenoptimierung im Rahmen der Einreichplanung aber sehr hohe Relevanz zu unterstellen ist (hellgrau).
- die a priori eine mehr als geringfügige Wirkung erwarten lassen (dunkelgrau).

5.3.4.2 Bewertungsergebnisse – Schwallenleitestelle Kraftwerk Gößnitz

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der ökologischen Bewertung zum Kraftwerk Gößnitz zusammengefasst (Tabelle 14 und Abbildung 69).

Durch die im Kapitel 5.2.4 beschriebenen Maßnahmen sind betreffend Kraftwerk Gößnitz folgende Wirkungsszenarien erreichbar. Eine detaillierte ökokologische Interpretation zu den genannten Szenarien befindet sich im Kapitel 10.8:

- **Maßnahme 1** – betriebliche Einschränkung: Szenario A (Betrieb wie Laufkraftwerk – Tabelle 14, Nr. 1 bzw. Abbildung 69 – blau), Szenario B3 (Dämpfung der Schwall- und Sunkrate eingeleiteter Schwallwellen) (Tabelle 14 – Nr. 1 bzw. Abbildung 69 – orange)
- **Maßnahme 2** – Dämpfungsbecken: Szenario B3 (Dämpfung der Schwall- und Sunkrate eingeleiteter Schwallwellen, erforderliches Dämpfungsvolumen ca. 95-100.000 m³) (Tabelle 14 – Nr.4; Abbildung 69 – orange)
- **Maßnahme 3** – Schwallausleitung: Szenario A (keine Einleitung anthropogener Abflussschwankungen mehr – Tabelle 14, Nr. 1 bzw. Abbildung 69 – blau)
- **Maßnahme 4:** betriebliche Einschränkung: Szenario A (Betrieb wie Laufkraftwerk– Tabelle 14, Nr. 1 bzw. Abbildung 69 – blau)

Die durch Maßnahme 1 bis 4 erreichbare ökologische Wirkung ist jeweils **mehr als geringfügig** (Tabelle 14 – dunkelgrau).

Durch eine Schwalldämpfung (Abbildung 27 – d) auf Szenario B3 wäre das von Kraftwerk Gößnitz ausgehende Strandungs- und Driftrisiko für Gewässerorganismen im gesamten Untersuchungsraum als gering einzustufen. Ein schwall- und sunkbedingter Einfluss auf Habitatverfügbarkeit und -qualität bliebe jedoch weiterhin bestehen.

Eine Schwalldämpfung in Kombination mit einer Verringerung der Amplitude (Abbildung 27 – d) auf Szenario A (Totalausleitung) würde sowohl das Drift- und Strandungsrisiko als auch den schwall- und sunkbedingten Einfluss auf Habitatverfügbarkeit und -qualität im gesamten Untersuchungsraum vollständig eliminieren. **Maßnahmen zur Realisierung von Szenario A sind daher am ökologisch wirksamsten.**

Tabelle 14: Schwallenleitestelle Kraftwerk Gößnitz – Ökologisches Verbesserungspotential der untersuchten Maßnahmen (geordnet nach dem hydrologischen Verbesserungspotential) in Abhängigkeit einzelner Wirkungsszenarien (Kapitel 5.2.1).

Nr.	Bewertungs-Kriterium	Wirkungsperiode	Wirkungsszenario	Hydrologisches Verbesserungspotential (VP _{Sz})				Verbesserungspotential - Maßnahme/Maßnahmenkombination		
				Quartal 1	Quartal 2	Quartal 3	Quartal 4	Hydrologisch (VP _M)	Hydromorphologisch	
									exkl. indirekter Maßnahmen (VP _{M-HM})	inkl. indirekter Maßnahmen (VP _{M-HM} *)
1	1, 2 und 3	ganzjährig	Szenario A	1,40	3,59	3,60	1,40	9,99	4,06	5,90
2	1, 2 und 3	ganzjährig	Szenario B3	1,39	3,58	3,59	1,39	9,95	4,03	5,87
3	1, 2 und 3	ganzjährig	Szenario B2	1,31	2,68	3,56	1,31	8,87	3,68	5,30
4	1 und 2	ganzjährig	Szenario B3	1,10	3,29	3,30	1,10	8,79	2,86	4,70
5	1, 2 und 3	ganzjährig	Szenario B1	1,03	2,33	3,47	1,03	7,87	3,33	4,76
6	1 und 2	ganzjährig	Szenario B2	1,03	2,40	3,28	1,03	7,74	2,55	4,17
7	1 und 2	ganzjährig	Szenario B1	0,77	2,07	3,21	0,77	6,82	2,28	3,71
8	1	ganzjährig	Szenario B3	0,40	2,59	2,60	0,40	5,99	1,95	3,21
9	1, 2 und 3	ganzjährig	Szenario C	0,65	1,71	2,34	0,65	5,34	2,35	3,29
10	1	Quartal 2 und 3	Szenario B3	0,00	2,59	2,60	0,00	5,19	1,69	2,78
11	1	ganzjährig	Szenario B2	0,33	1,70	2,58	0,33	4,94	1,64	2,67
12	1 und 2	ganzjährig	Szenario C	0,42	1,48	2,12	0,42	4,44	1,45	2,39
13	1	Quartal 2 und 3	Szenario B2	0,00	1,70	2,58	0,00	4,28	1,42	2,32
14	1	ganzjährig	Szenario B1	0,19	1,37	2,53	0,19	4,27	1,44	2,33
15	1	Quartal 2 und 3	Szenario B1	0,00	1,37	2,53	0,00	3,90	1,30	2,12
16	1	ganzjährig	Szenario C	0,12	0,90	1,63	0,12	2,77	0,88	1,46
17	1	Quartal 2 und 3	Szenario C	0,00	0,90	1,63	0,00	2,53	0,80	1,34
18	1, 2 und 3	ganzjährig	Szenario D	0,15	0,51	1,18	0,15	1,99	1,07	1,36
19	1 und 2	ganzjährig	Szenario D	0,00	0,36	1,03	0,00	1,39	0,47	0,76
20	1	ganzjährig	Szenario D	0,00	0,13	0,89	0,00	1,02	0,34	0,56
21	1	Quartal 2 und 3	Szenario D	0,00	0,13	0,89	0,00	1,02	0,34	0,56
22	1, 2 und 3	ganzjährig	Szenario E	0,08	0,16	0,08	0,08	0,38	0,33	0,35
23	1 und 2	ganzjährig	Szenario E	0,00	0,08	0,00	0,00	0,08	0,03	0,05
24	1	ganzjährig	Szenario E	0,00	0,07	0,00	0,00	0,07	0,02	0,04
25	1	Quartal 2 und 3	Szenario E	0,00	0,07	0,00	0,00	0,07	0,02	0,04
	Istzustand		Szenario F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

(Bewertungskriterium 1 – Minderung des Strandrungsrisikos, Bewertungskriterium 2 – Minderung des Driftrisikos, Bewertungskriterium 3 – Minderung der schwallbedingten Auswirkungen auf Habitatverfügbarkeit und -qualität, VP_M – hydrologisches Verbesserungspotential, VP_{M-HM} – hydromorphologisches Verbesserungspotential exkl. indirekter Maßnahmen, VP_{M-HM}* – hydromorphologisches Verbesserungspotential inkl. indirekter Maßnahmen, dunkelgrau – Maßnahmen mit mehr als geringfügigen ökologische Auswirkungen ohne zu berücksichtigende Voraussetzungen, hellgrau – Maßnahmen mit mehr als geringfügigen ökologische Auswirkungen bei weiterer Maßnahmenoptimierung, nicht eingefärbt – Maßnahmen mit geringfügiger ökologischer Wirkung))

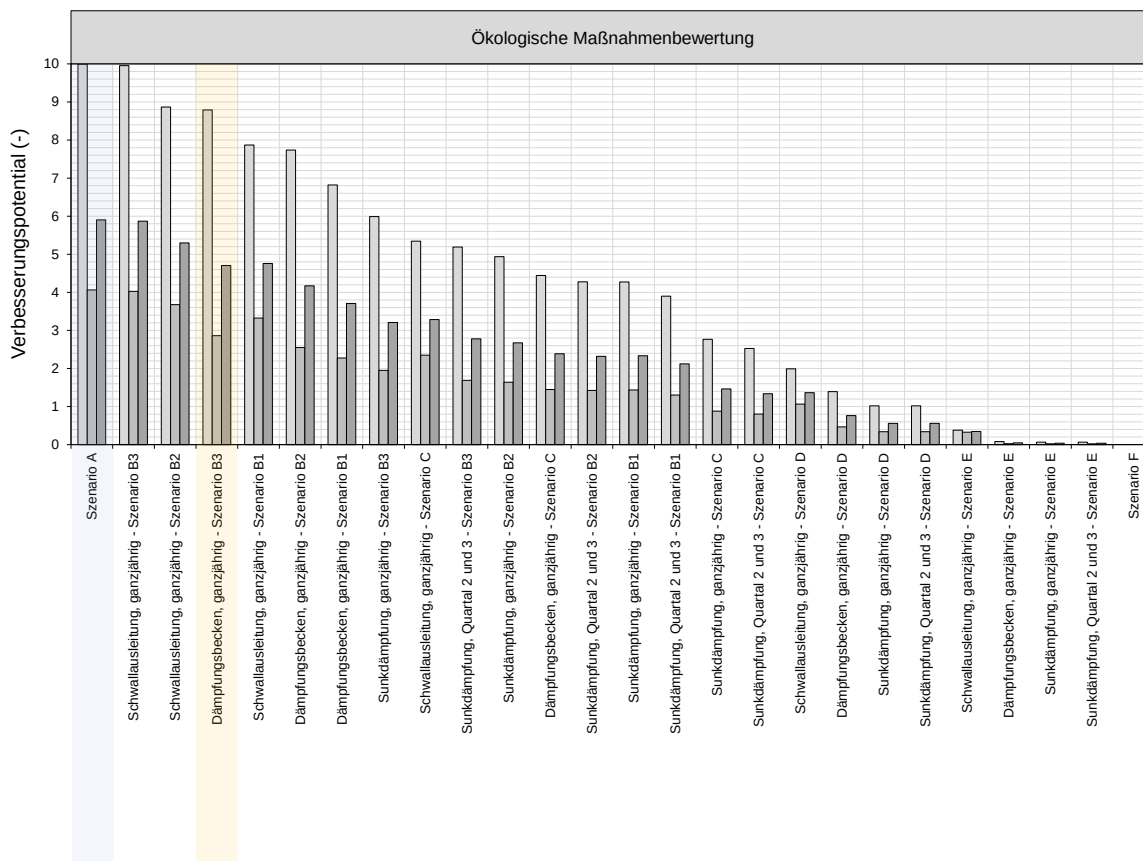


Abbildung 69: Schwallenleitestelle Kraftwerk Gößnitz – Ökologisches Verbesserungspotential (hellgrau – hydrologisch, grau – hydromorphologisch exkl. indirekter Maßnahmen, dunkelgrau – hydromorphologisch inkl. indirekter Maßnahmen) der untersuchten Maßnahmen geordnet nach dem hydrologischen Verbesserungspotential (blau – durch die Maßnahmentypen Schwallausleitung und betriebliche Einschränkung erreichbar; orange – durch die Maßnahmentypen Dämpfungsbecken und betriebliche Einschränkung erreichbar)

5.3.4.3 Bewertungsergebnisse – Schwallenleitestelle Kraftwerk Außerfragant

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der ökologischen Bewertung zum Kraftwerk Außerfragant zusammengefasst (Tabelle 15 und Abbildung 70).

Durch die im Kapitel 5.2.4 beschriebenen Maßnahmen sind betreffend Kraftwerk Außerfragant folgende Wirkungsszenarien erreichbar. Eine detaillierte ökologische Interpretation zu den genannten Szenarien befindet sich im Kapitel 10.8:

- **Maßnahme 1** – betriebliche Einschränkung: Szenario A (Betrieb wie Laufkraftwerk – Tabelle 15, Nr. 1 bzw. Abbildung 70 – blau), Szenario B3 (Dämpfung der Schwall- und Sunkrate eingeleiteter Schwallwellen) (Tabelle 15 – Nr. 1 bzw. Abbildung 70 – orange)
- **Maßnahme 2** – Dämpfungsbecken: Szenario B3 (Dämpfung der Schwall- und Sunkrate eingeleiteter Schwallwellen, erforderliches Dämpfungsvolumen ca. 65-70.000 m³) (Tabelle 15 – Nr.4; Abbildung 70 – orange)

- **Maßnahme 3** – Schwallausleitung: Szenario A (keine Einleitung anthropogener Abflussschwankungen mehr – Tabelle 15, Nr. 1 bzw. Abbildung 70 – blau)
- **Maßnahme 4:** Schwallausleitung: Szenario A (keine Einleitung anthropogener Abflussschwankungen mehr – Tabelle 15, Nr. 1 bzw. Abbildung 70 – blau)

Die durch Maßnahme 1 bis 4 erreichbare ökologische Wirkung ist jeweils **mehr als geringfügig** (Tabelle 15 – dunkelgrau).

Durch eine Schwalldämpfung (Abbildung 27 – d) auf Szenario B3 wäre das von Kraftwerk Außerfragant ausgehende Strandungs- und Driftrisiko für Gewässerorganismen im gesamten Untersuchungsraum als gering einzustufen. Ein schwall- und sunkbedingter Einfluss auf Habitatverfügbarkeit und -qualität bliebe jedoch weiterhin bestehen.

Eine Schwalldämpfung in Kombination mit einer Verringerung der Amplitude (Abbildung 27 – d) auf Szenario A (Totalausleitung) würde sowohl das Drift- und Strandungsrisiko als auch den schwall- und sunkbedingten Einfluss auf Habitatverfügbarkeit und -qualität im gesamten Untersuchungsraum vollständig eliminieren. **Maßnahmen zur Realisierung von Szenario A sind daher am ökologisch wirksamsten.**

Tabelle 15: Schwallenleitestelle Kraftwerk Außerfragant – Ökologisches Verbesserungspotential der untersuchten Maßnahmen (geordnet nach dem hydrologischen Verbesserungspotential) in Abhängigkeit einzelner Wirkungsszenarien (Kapitel 5.2.1).

Nr.	Bewertungs-Kriterium	Wirkungsperiode	Wirkungsszenario	Hydrologisches Verbesserungspotential (VP _{SZ})				Verbesserungspotential - Maßnahme/Maßnahmenkombination		
				Quartal 1	Quartal 2	Quartal 3	Quartal 4	Hydrologisch (VP _M)	Hydromorphologisch	
									exkl. indirekter Maßnahmen (VP _{M-HM})	inkl. indirekter Maßnahmen (VP _{M-HM} *)
1	1, 2 und 3	ganzjährig	Szenario A	1,40	3,60	3,60	1,40	10,00	4,25	6,10
2	1, 2 und 3	ganzjährig	Szenario B3	1,39	3,59	3,59	1,39	9,96	4,21	6,06
3	1, 2 und 3	ganzjährig	Szenario B2	1,37	3,22	3,58	1,37	9,55	4,03	5,80
4	1 und 2	ganzjährig	Szenario B3	1,10	3,30	3,30	1,10	8,80	3,05	4,90
5	1 und 2	ganzjährig	Szenario B2	1,09	2,94	3,30	1,09	8,42	2,90	4,67
6	1, 2 und 3	ganzjährig	Szenario B1	1,22	2,42	3,50	1,22	8,35	3,60	5,13
7	1 und 2	ganzjährig	Szenario B1	0,95	2,16	3,24	0,95	7,30	2,55	4,08
8	1	ganzjährig	Szenario B3	0,40	2,60	2,60	0,40	6,00	2,08	3,34
9	1	ganzjährig	Szenario B2	0,39	2,24	2,60	0,39	5,62	1,93	3,11
10	1, 2 und 3	ganzjährig	Szenario C	0,67	1,79	2,42	0,67	5,54	2,42	3,39
11	1	Quartal 2 und 3	Szenario B3	0,00	2,60	2,60	0,00	5,20	1,80	2,89
12	1	Quartal 2 und 3	Szenario B2	0,00	2,24	2,60	0,00	4,84	1,66	2,67
13	1 und 2	ganzjährig	Szenario C	0,44	1,57	2,19	0,44	4,64	1,52	2,49
14	1	ganzjährig	Szenario B1	0,27	1,46	2,54	0,27	4,53	1,58	2,53
15	1	Quartal 2 und 3	Szenario B1	0,00	1,46	2,54	0,00	3,99	1,39	2,23
16	1	ganzjährig	Szenario C	0,11	0,90	1,63	0,11	2,75	0,87	1,44
17	1	Quartal 2 und 3	Szenario C	0,00	0,90	1,63	0,00	2,53	0,80	1,33
18	1, 2 und 3	ganzjährig	Szenario D	0,15	0,58	0,75	0,15	1,62	1,00	1,21
19	1 und 2	ganzjährig	Szenario D	0,00	0,43	0,60	0,00	1,02	0,40	0,61
20	1, 2 und 3	ganzjährig	Szenario E	0,08	0,30	0,08	0,08	0,52	0,36	0,41
21	1	ganzjährig	Szenario D	0,00	0,11	0,36	0,00	0,47	0,22	0,31
22	1	Quartal 2 und 3	Szenario D	0,00	0,11	0,36	0,00	0,47	0,22	0,31
23	1 und 2	ganzjährig	Szenario E	0,00	0,22	0,00	0,00	0,22	0,06	0,11
24	1	ganzjährig	Szenario E	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01
25	1	Quartal 2 und 3	Szenario E	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01
	Istzustand		Szenario F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

(Bewertungskriterium 1 – Minderung des Strandrungsrisikos, Bewertungskriterium 2 – Minderung des Driftrisikos, Bewertungskriterium 3 – Minderung der schwallbedingten Auswirkungen auf Habitatverfügbarkeit und -qualität, VP_M – hydrologisches Verbesserungspotential, VP_{M-HM} – hydromorphologisches Verbesserungspotential exkl. indirekter Maßnahmen, VP_{M-HM}* – hydromorphologisches Verbesserungspotential inkl. indirekter Maßnahmen, dunkelgrau – Maßnahmen mit mehr als geringfügigen ökologische Auswirkungen ohne zu berücksichtigende Voraussetzungen, hellgrau – Maßnahmen mit mehr als geringfügigen ökologische Auswirkungen bei weiterer Maßnahmenoptimierung, nicht eingefärbt – Maßnahmen mit geringfügiger ökologischer Wirkung))

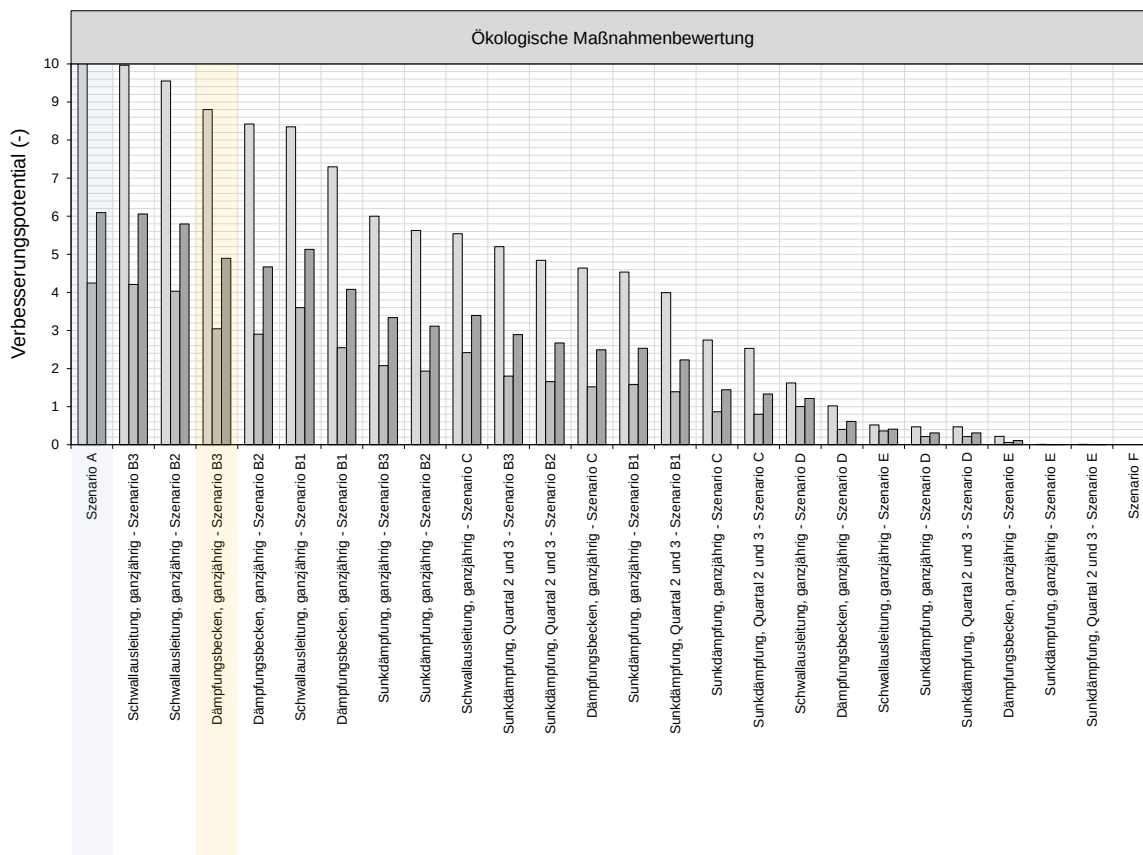


Abbildung 70: Schwallenleitestelle Kraftwerk Außerfragant – Ökologisches Verbesserungspotential (hellgrau – hydrologisch, grau – hydromorphologisch exkl. indirekter Maßnahmen, dunkelgrau – hydromorphologisch inkl. indirekter Maßnahmen) der untersuchten Maßnahmen geordnet nach dem hydrologischen Verbesserungspotential (orange – durch die Maßnahmentypen betriebliche Einschränkung, Dämpfungsbecken und Schwallausleitung realisierbare Verbesserung)

5.3.5 Schlussfolgerungen der ökologischen Bewertung

Im betrachteten Teileinzugsgebiet der Möll sind mit den Kraftwerken Gößnitz und Außerfragant zwei Schwallenleitestellen vorhanden (Abbildung 20), die das Gewässerökosystem zwischen Außerfragant und Rottau sehr stark beeinträchtigen. Ein adäquates natürliches Jungfischauftreten kann in diesem Abschnitt der Möll aktuell ausgeschlossen werden. Auch für Makrozoobenthos-Organismen bedeutet die hohe Schwallbelastung, dass spezifisch erforderliche Habitatbedingungen nicht vorhanden oder stark eingeschränkt sind (Kapitel 3.2).

Die von den beiden Kraftwerken ausgehende Schwallbelastung ist hinsichtlich Intensität der Schwallwellen grundsätzlich vergleichbar (Kapitel 10.8 und 10.10). Die Anzahl der eingeleiteten Schwallwellen ist beim Kraftwerk Außerfragant jedoch höher als beim Kraftwerk Gößnitz (Kapitel 5.2.1.2 und 5.2.1.3). Die Belastung durch jedes Kraftwerk für sich allein ist aber so hoch, dass der Wegfall eines der beiden Kraftwerke voraussichtlich keine signifikante ökologische Verbesserung bewirken würde. Daher ist eine abgestimmte und übereinstimmende Wirkung der Maßnahmen beider Kraftwerke erforderlich, damit deren ökologische Wirkung voll zur Geltung kommt.

Die ökologische Wirkung von Maßnahmen, die ausschließlich die Schwallbelastung eines der beiden Kraftwerke reduzieren, sind als geringfügig einzustufen. Eine Schwalldämpfung auf Szenario B3 ist dann erfolgversprechend, wenn die Intensität der Schwallwellen beider Kraftwerke auf dieses Niveau reduziert wird (**mehr als geringfügige ökologische Wirkung**). Gleiches gilt für Szenario A (**mehr als geringfügige Wirkung und am ökologisch wirksamsten**).

5.4 Energiewirtschaftliche Bewertung

Mit der energiewirtschaftlichen Bewertung sollen für potentiell umsetzbare Maßnahmen und Maßnahmenkombinationen, die jeweils zu erwartenden volkswirtschaftlichen und systemrelevanten Effekte einer Verminderung negativer ökologischer schwall- und sunkbedingter Auswirkungen bewertet werden. Systemrelevante Effekte umfassen die Auswirkungen auf die Versorgungssicherheit, insbesondere in Bezug auf entfallende flexible Leistung und verminderte flexible Erzeugungsmengen. Als volkswirtschaftliche Effekte sind die Auswirkungen auf CO₂-Emissionen sowie die zusätzlichen Kosten oder Einsparungen im Versorgungssystem zu quantifizieren. Darüber hinaus werden die betriebswirtschaftlichen Folgen von Schwall- und Sunkdämpfungsmaßnahmen analysiert, die jedoch bei der Definition des guten ökologischen Potentials nicht berücksichtigt werden (BMLUK, in prep.).

In Abhängigkeit des für die einzelnen Wirkungsszenarien erforderlichen Maßnahmenumfangs (Kapitel 5.2.1.1) soll die energiewirtschaftliche Bewertung für folgende Maßnahmentypen erfolgen (Kapitel 5.2.1):

- Betriebliche Einschränkung durch Anpassung der Betriebsweise eines Speicherkraftwerks bzw. einer Kraftwerksgruppe (d. h. geänderte Betriebsweise eines Speicherkraftwerks bzw. einer gesamten Kraftwerksgruppe bestehend aus Speicherkraftwerken und ggf. Pumpspeicherkraftwerken)
- Schwalldämpfung durch stehende Retention (z. B. Dämpfungsbecken)
- Ausleitung von Schwallwellen (z. B. Schwallausleitungskraftwerk)

Die Maßnahmentypen sind zunächst getrennt voneinander zu untersuchen, um die jeweils unterschiedlichen energiewirtschaftlichen Auswirkungen aufzeigen zu können. In einem zweiten Schritt kann die Bewertungsmethode jedoch auch auf Kombinationen mehrerer Maßnahmentypen angewendet werden, um gezielt auf die spezifischen Randbedingungen im Untersuchungsraum einzugehen (Kapitel 5.2.4). Bei der Bewertung von Kombinationen unterschiedlicher Maßnahmentypen sind die energiewirtschaftlichen Effekte als Summe der Effekte der relevanten Einzelmaßnahmen zu betrachten.

Zu berücksichtigen ist dabei, dass betriebliche Einschränkungen aufgrund der potentiell negativen energiewirtschaftlichen Effekte selbst bei Maßnahmen mit geringem Maßnahmenumfang sehr negative volkswirtschaftliche bzw. systemrelevante Effekte haben können. Die Möglichkeit Dämpfungsvolumen zu schaffen, sowie Schwallausleitungskraftwerken zu errichten, hängt von standortspezifischen Voraussetzungen ab (Greimel et al., 2017a).

Die energiewirtschaftliche Bewertung der Maßnahmen und Maßnahmenkombinationen (Kapitel 5.2.4) wurde gemäß der in Teil D (Neubarth, in prep.) beschriebenen methodischen Vorgehensweise durchgeführt (Neubarth, 2025). Zusätzlich zu den energiewirtschaftlichen Auswirkungen gemäß Neubarth (in prep.) wurde exemplarisch die zur Kompensation der verlorenen flexiblen Leistung/Erzeugung erforderliche Batteriefäche berechnet. Die Ergebnisse werden in Kapitel 10.11 zusammengefasst.

5.4.1 Schlussfolgerungen der energiewirtschaftlichen Bewertung

Im Folgenden werden die Schlussfolgerungen der energiewirtschaftlichen Bewertung zusammengefasst (Neubarth, 2025):

Betriebliche Einschränkungen (Kapitel 5.2.4.1) können bis einschließlich Szenario A (Betrieb als Laufkraftwerk) umgesetzt werden, können jedoch in Abhängigkeit vom Umfang der Einschränkungen zu erheblichen systemrelevanten und volkswirtschaftlichen Auswirkungen führen. Dies gilt insbesondere für Szenario A und damit mit einer Schwallausleitung vergleichbaren ökologischen Wirkung.

Dämpfungsbecken (Kapitel 5.2.4.2) haben zwar keine systemrelevanten und volkswirtschaftlichen Auswirkungen, die umsetzbaren Volumina sind standortbedingt jedoch begrenzt. Auf Grund der begrenzten Bodenverfügbarkeit steht der Flächenverbrauch für Dämpfungsbecken in Konkurrenz zur bisherigen Flächennutzung im Talboden (insbes. Landwirtschaft, Tourismus, Erholungsfunktion).

Dämpfungsbecken in Kombination mit Pumpwerken (Kapitel 5.2.4.5) zeigen durch den Energieaufwand zum Pumpen demgegenüber negative systemrelevante und volkswirtschaftliche Auswirkungen.

Schwallausleitungskraftwerke (Kapitel 5.2.4.3) haben positive systemrelevanten und volkswirtschaftlichen Auswirkungen, wobei das Kraftwerk Kolbnitz mit Stollen gegenüber den weiteren betrachteten Varianten am vorteilhaftesten ist.

Fazit: Aus energiewirtschaftlicher Sicht ist an der Möll das geplante Kraftwerk Kolbnitz die zu präferierende Maßnahme zur Verminderung schwall- und sunkbedingter ökologischer Auswirkungen.

5.5 Schlussfolgerungen zur Minderung der Schwallbelastung

Eine abgestimmte und übereinstimmende Wirkung der Maßnahmen betreffend Kraftwerk Gößnitz und Außerfragant ist erforderlich damit deren ökologische Wirkung voll zur Geltung kommen kann. Folgende Maßnahmen und Maßnahmenkombinationen (Kapitel 5.2.4) lassen eine mehr als geringfügige Wirkung erwarten, sind insgesamt am ökologisch wirksamsten (Kapitel 5.3.5) und somit **aus ökologischer Sicht zur Erreichung des guten ökologischen Potentials geeignet**:

- **Maßnahme 1** – betriebliche Einschränkung von Kraftwerk Gößnitz und Außerfragant auf Szenario A (Betrieb als Laufkraftwerk)
- **Maßnahme 3** – Schwallausleitung des Kraftwerks Gößnitz und Außerfragant auf Szenario A (Totalausleitung) in der Stollen- (Kraftwerk Kolbnitz) oder Druckrohrvariante
- **Maßnahme 4** – betriebliche Einschränkung des Kraftwerks Gößnitz auf Szenario A (Betrieb als Laufkraftwerk) und Schwallausleitung des Kraftwerks Außerfragant auf Szenario A (Totalausleitung) in der Stollen- oder Druckrohrvariante

Der durch die genannten Maßnahmen und Maßnahmenkombinationen erreichbaren ökologischen Verbesserung stehen in Abhängigkeit der jeweiligen Varianten **folgende energiewirtschaftlicher Auswirkungen** gegenüber (Kapitel 10.11):

- **Maßnahme 1**
 - Verlorene flexible Leistung: 328 MW
 - Verlorene flexible Erzeugung: 636 GWh/a
 - Zusätzlicher CO₂ Ausstoß: 135.500 tCO_{2eq}/a
 - Zusätzliche Systemkosten: 24,6 Mio.€₂₀₂₅/a
 - Zur Kompensation der verlorenen flexiblen Leistung/Erzeugung erforderliche Batteriefläche: 16,4 bis 32,7 ha
- **Maßnahme 3 in der Stollenvariante** (Kraftwerk Kolbnitz)
 - Zusätzliche flexible Leistung: 23,1 MW
 - Zusätzliche flexible Erzeugung: 95,0 GWh/a
 - Vermeidbarer CO₂ Ausstoß: 39.800 tCO_{2eq}/a
 - Eingesparte Systemkosten: 10,3 Mio.€₂₀₂₅/a
- **Maßnahme 3 in der Druckrohrvariante**
 - Zusätzliche flexible Leistung: 22,4 MW
 - Zusätzliche flexible Erzeugung: 92,2 GWh/a
 - Vermeidbarer CO₂ Ausstoß: 38.600 tCO_{2eq}/a
 - Eingesparte Systemkosten: 10 Mio.€₂₀₂₅/a
- **Maßnahme 4 in der Stollenvariante**
 - Zusätzliche flexible Leistung: 6,5 MW

- Zusätzliche flexible Erzeugung: 21 GWh/a
- Vermeidbarer CO₂ Ausstoß: 15.500 tCO₂eq./a
- Eingesparte Systemkosten: 4,7 Mio.€2025/a
- Zur Kompensation der verlorenen flexiblen Leistung/Erzeugung von KW Gößnitz erforderliche Batteriefläche: 0,4 bis 0,7 ha
- **Maßnahme 4** in der **Druckrohrvariante**¹³
 - Zusätzliche flexible Leistung: 6,3 MW
 - Zusätzliche flexible Erzeugung: 20,4 GWh/a
 - Vermeidbarer CO₂ Ausstoß: 15.000 tCO₂eq./a
 - Eingesparte Systemkosten: 4,6 Mio.€2025/a
 - Zur Kompensation der verlorenen flexiblen Leistung/Erzeugung von KW Gößnitz erforderliche Batteriefläche: 0,4 bis 0,7 ha

¹³Abgeleitet aus Maßnahme 4 in der Stollenvariante.

6 Schlussfolgerungen

Die im Rahmen der vorliegenden Studie durchgeführten Bewertungen basieren auf den momentanen hydrologischen Verhältnissen in der Möll. Im Fokus stehen dabei einerseits die ökologischen Auswirkungen der Schwallbelastung und andererseits die Auswirkungen von zu geringen Wasserführungen.

Belastung durch zu geringe Wasserführungen

Beim Pegel Winklarn (Restwasserstrecke) erscheint der gute Zustand der biologischen Qualitätskomponenten grundsätzlich erreichbar, sofern die im Winter zum Teil über die Bandbreite natürlicher Verhältnisse hinausgehende Begrenzung des Lebensraumes dies zulässt. Auch die verfügbaren fischökologischen Monitoringdaten deuten darauf hin, dass die Restwasserbelastung im Abschnitt zwischen Winklarn und der Stauwurzel Gößnitz gerade noch mit dem Erhalt des guten ökologischen Zustands vereinbar ist. Eine Verschärfung der Restwasserbelastung würde die Erreichung des guten ökologischen Zustands gefährden. Eine Zustands-Verschlechterung ist gemäß EU-Wasserrahmenrichtlinie nicht zulässig. Im Fall zukünftiger Dürreperioden – etwa infolge des Klimawandels – sollte im Sinne einer nachhaltigen Gewässernutzung sichergestellt sein, dass extreme Niederwassersituationen nicht zusätzlich verschärft oder gar verursacht werden.

Beim Pegel Flattach (Schwallstrecke) ist die Belastung durch geringe Basisabflüsse hingegen so ausgeprägt, dass der gute ökologische Zustand – selbst unter Außerachtlassung der Schwallbelastung – mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit nicht erreicht werden könnte. Dies ist im Wesentlichen auf den temporären Wasserrückhalt im Stauraum Gößnitz zurückzuführen, der durch den Schwellbetrieb des Kraftwerks bedingt ist und die Mindestabflüsse im Vergleich zur Restwasserstrecke deutlich verringert. Zur Belastungsminderung wurden drei Mindestabfluss-Szenarien im Hinblick auf die Erfüllung der Vorgaben der Qualitätszielverordnung Ökologie untersucht. Diese werden im Mindestabfluss-Szenario 1 mangels Dynamik nicht erfüllt. Mindestabfluss-Szenario 2 und 3 erfüllen hingegen voraussichtlich die Kriterien der Qualitätszielverordnung sodass davon ausgegangen werden kann, dass die für den guten Zustand festgelegten Werte für die biologischen Qualitätskomponenten mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit erreicht werden. Etwaige zukünftige Verschärfung der Restwasserbelastung im Oberliegereinzugsgebiet würden sich auch in der Schwallstrecke negativ auswirken.

Schwallbelastung

Zwischen Außerfragant und Rottau wird das kurzfristige Abflussregime ganzjährig von den bei den Kraftwerken Gößnitz und Außerfragant eingeleiteten Schwallwellen geprägt, wodurch eine sehr starke Beeinträchtigung des Gewässerökosystems vorhanden ist. Ein adäquates natürliches Jungfischauftreten kann in diesem Abschnitt der Möll aktuell ausgeschlossen werden. Auch für Makrozoobenthos-Organismen bedeutet die hohe Schwallbelastung, dass spezifisch erforderliche Habitatbedingungen nicht vorhanden oder stark eingeschränkt sind.

Durch die vorliegende Machbarkeitsstudie bzw. der ökologischen und energiewirtschaftlichen Bewertung der möglichen schwalldämpfenden Maßnahmen wurde die Entscheidungsgrundlage für die Festlegung der für die Erreichung des guten ökologischen Potentials erforderlichen Maßnahmen zur Verminderung der Schwallbelastung

geschaffen. **Eine komplett schwall- und sunkbefreite Möll – und damit die Erreichung des guten ökologischen Zustandes – ist möglich, ohne die bestehende Gewässernutzung einzuschränken.**

Aus energiewirtschaftlicher Sicht ist das geplante Kraftwerk Kolbnitz aufgrund der maximalen Ausweitung der Spitzenstromproduktion die zu präferierende Maßnahme. Es stehen jedoch weitere Maßnahmenoptionen zur Verfügung, die bei vergleichbarer ökologischer Wirkung aus energiewirtschaftlicher Sicht zwar erhebliche Nachteile gegenüber dem geplanten Kraftwerk Kolbnitz aufweisen, in Summe aber zu keiner Einschränkung der bestehenden Gewässernutzung führen oder diese kompensieren können und somit zur Erreichung des guten ökologischen Potentials grundsätzlich ebenfalls geeignet wären. Dies betrifft einerseits die Schwallausleitung der Kraftwerke Außerfragant und Gößnitz in der Druckrohrvariante. Andererseits wäre auch ein Betrieb des Kraftwerks Gößnitz als Laufkraftwerk in Kombination mit einem Batteriespeicher denkbar, während das Kraftwerk Außerfragant in der Stollen- oder Druckrohrvariante ausgeleitet werden könnte.

Erreichung des guten ökologischen Potentials

Die Entscheidung über die für die Erreichung des guten ökologischen Potentials zu verfolgenden Maßnahmen obliegt der zuständigen Behörde. Dabei sind neben den in dieser Studie behandelten Maßnahmen auch etwaige weitere bestehende Belastungen, wie z.B. Wanderhindernisse, zu berücksichtigen. Ebenso müssen vorhandene oder in Ausarbeitung befindliche Planungen, beispielsweise Gewässerentwicklungs- und Risikomanagementkonzepte, einbezogen werden. Eine enge Abstimmung mit der wasserwirtschaftlichen Planung ist daher für die Erreichung des guten ökologischen Potentials unerlässlich.

7 Literatur

- BMLFUW (2007): Hydrologischer Atlas Österreichs. 1. Lieferung 2003. 2. Lieferung 2005. 3. Lieferung 2007. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- BMLFUW (2010): Qualitätszielverordnung Ökologie Oberflächengewässer – QZV Ökologie OG, Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich. Wien.
- BMLFUW (2017): Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan 2015, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- BMLRT (2020): Leitfaden zur Ableitung und Bewertung des ökologischen Potentials bei erheblich veränderten Wasserkörpern, Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus, Wien.
- BMLRT (2021): Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan 2021, Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus, Wien.
- BMLUK (in prep.): Einleitung – Leitfaden zur Bewertung und Minderung der Auswirkungen von Schwallbelastungen, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft, Wien.
- Europäische Kommission (2020): Leitfaden Nr. 37: Schritte zur Bestimmung und Bewertung des ökologischen Potenzials zur Verbesserung der Vergleichbarkeit von erheblich veränderten Wasserkörpern. 2020.12.16: <https://circabc.europa.eu/ui/group/9ab5926d-bed4-4322-9aa7-9964bbe8312d/library/91eea713-1225-49b1-821d-db1de3aa0deb/details>.
- Google Earth. (2025): Mölltal im Bereich von Gößnitz und Flattach, Blickrichtung SWW, Satellitenbild, Google. <https://earth.google.com/>.
- Greimel, F. & B. Zeiringer (in prep.): Teil B – Monitoring von kurzfristigen Abflussregimen und Schwallrouting, Leitfaden zur Bewertung und Minderung der Auswirkungen von Schwallbelastungen, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft, Wien.
- Greimel, F. (2022): Characterization of sub-daily flow fluctuations as a basis for sustainable hydropowering management, Dissertation, University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna.
- Greimel, F., B. Zeiringer, N. Höller, B. Grün, R. Godina, & S. Schmutz (2016): A method to detect and characterize sub-daily flow fluctuations: Sub-Daily Flow Fluctuations – Austria. *Hydrological Processes* 30: 2063-2078.
- Greimel, F., Grün, B., Hayes, D., Höller, N., Haider, J., Zeiringer, B., Holzapfel, P., Hauer, C. & Schmutz, S. (2022): “PeakTrace: Routing of Hydropowering Waves Using Multiple Hydrographs – A Novel Approach.” *River Research and Applications*. DOI: 10.1002/rra.3978.
- Greimel, F., L. Schülting, W. Graf, E. Bondar-Kunze, S. Auer, B. Zeiringer, & C. Hauer (2018): Hydropowering Impacts and Mitigation In Schmutz, S., & J. Sendzimir (eds), *Riverine Ecosystem Management*. Springer International Publishing, Cham: 91-110, http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-73250-3_5.
- Greimel, F., Neubarth J., Fuhrmann, M., Führer, S., Habersack H., Haslauer, M., Hauer, C., Holzapfel, P., Auer, S., Pfleger, M., Schmutz, S. & Zeiringer, B. (2017a): SuREmMa, Sustainable River Management - Energiewirtschaftliche und umweltrelevante Bewertung möglicher schwalldämpfender Maßnahmen. Forschungsbericht, Wien, 93 Seiten.
- Greimel, F., Neubarth, J., Fuhrmann, M., Zoltan, L., Zeiringer, B., Schülting, L., Führer, S., Auer, S., Leitner, P., Dossi, F., Holzapfel, P., Pfleger, M., Leobner, I., Sumper, R., Pazmandy, J., Graf, W., Hauer, C. & Schmutz, S. (2021): SuREmMa+: Entwicklung einer Methode zur ökologischen und energiewirtschaftlichen Bewertung von Maßnahmen zur Minderung von negativen schwall- und sunkbedingten ökologischen Auswirkungen. Forschungsbericht, BMLRT, Wien, 158 Seiten.
- Greimel, F., Neubarth, J., Zeiringer, B., Leitner, P., Holzapfel, P., Graf, W., Hauer, C., Schmutz, S. & Ofenböck, G. (in prep.): Teil A – Maßnahmenfindung und -bewertung, Leitfaden zur Bewertung und Minderung der

Auswirkungen von Schwallbelastungen, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft, Wien.

Greimel, F., Zeiringer, B., Höller, N., Grün, B. & S. Schmutz (2017b): Technischer Bericht A – Kurzfristige Abflussschwankungen in Österreich. Ergänzung zu Endbericht: Suremma, Sustainable River Management - Energiewirtschaftliche und umweltrelevante Bewertung möglicher schwalldämpfender Maßnahmen. Forschungsbericht, Wien, Innsbruck, 15 Seiten.

Grün, B., Haider, J., & Greimel, F. (2021): HydroPeak – Detect and Characterize Sub-Daily Flow Fluctuations. Available at: <https://cran.r-project.org/package=hydropeak>.

Grün, B., Haider, J., & Greimel, F. (2022): HydroRoute – Trace Longitudinal Hydropeaking Waves. Available at: <https://cran.r-project.org/package=hydroroute>.

Hauer, C. & Holzapfel, P. (in prep.): Teil C – Morphologisch/hydraulische Maßnahmen-Bewertung, Leitfaden zur Bewertung und Minderung der Auswirkungen von Schwallbelastungen, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft, Wien.

Hydrographie Kärnten (2024): Bewertung der Abflussverhältnisse von Drau, Möll, Malta und Lieser infolge der Kraftwerksausleitungen, Abteilung 12 – Wasserwirtschaft/Hydrographie, Amt der Kärntner Landesregierung, Klagenfurt.

Leitner, P., Auhser, A., Schülting, L., Dossi, F., Hartmann, A., Greimel, F. & W. Graf (in prep.): Teil E – Bewertung des benthosökologischen Zustandes in schwallbeeinflussten Gewässern, Leitfaden zur Bewertung und Minderung der Auswirkungen von Schwallbelastungen, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft, Wien.

Mader H., Steidl T. & R. Wimmer (1996): Abflussregime Österreichischer Fließgewässer. Beitrag zu einer bundesweiten Fließgewässertypologie. Umweltbundesamt, Wien.

Neubarth, J. (2025): Energiewirtschaftlichen Bewertung von Maßnahmen zur Minderung der Auswirkungen von Schwallbelastungen an der Möll, Innsbruck.

Neubarth, J. (in prep.): Teil D – Energiewirtschaftliche Maßnahmen-Bewertung, Leitfaden zur Bewertung und Minderung der Auswirkungen von Schwallbelastungen, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft, Wien.

Zeiringer B., Seliger C., Greimel F. & Schmutz S. (2018): River hydrology, flow alteration and environmental flow. In Schmutz S. & Sendzimir J. (Eds.) Riverine Ecosystem Management. Springer Verlag.

Zeiringer, B., Merl, K., Auer, S., Führer, S., Greimel, F. & S. Schmutz (in prep.): Teil F – Methodik zur Durchführung des fischökologischen Prä- und Post-Monitorings in schwallbeeinflussten Gewässern, Leitfaden zur Bewertung und Minderung der Auswirkungen von Schwallbelastungen, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft, Wien.

8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Erreichung des „guten ökologischen Potentials“ auf Basis der integrativen Bewertungsergebnisse einer Machbarkeitsstudie gemäß Leitfaden zur Bewertung und Minderung der Auswirkungen von Schwallbelastungen, Teil A (türkis).	9
Abbildung 2: Schema-Skizze – Ereignisdefinition und maßgebliche Parameter zu Erfassung der Ereignisintensität (Greimel et al., 2016) ($Q_{\max}$: Maximalabfluss des Ereignisses; Q_{tsn} Abflusswert eines bestimmten Zeitschrittes während des Ereignisses; Q_{tsn+1} : Abflusswert des darauffolgenden Zeitschrittes während des Ereignisses; $Q_{\min}$: Minimalabfluss des Ereignisses; t_{sb} : Zeitschritt Ereignisbeginn; t_{se} : Zeitschritt Ereignisende)	12
Abbildung 3: Eulersche und Lagrangesche Betrachtung von Abflussschwankungen (Greimel et al., 2022).	14
Abbildung 4: Übersicht über das Einzugsgebiet der Möll und den Untersuchungsraum der Maßnahmenbewertung zur Verminderung der Schwallbelastung (Kraftwerk Gößnitz bzw. Kraftwerk Außerfragant bis zur Stauwurzel Rottau) (fkm – Flusskilometer/orographisch).	15
Abbildung 5: Vergleich (rechts unten) der minimalen Tagesabflusswerte des Jahres 2019 (mittlere jährliche Abflussbedingungen) als Abflussspende, für die Pegelstellen Hopfgarten/Schwarzach (links oben, blau), Winklern/Möll (rechts oben, grün) und Flattach/Möll (links unten).	16
Abbildung 6: Pegel Winklern – Vergleich relevanter Niederwasserparameter (ganzjährig einzuhaltender Mindestabfluss gemäß QZV – rot (Hydrographie Kärnten, 2024); geringstes monatliches Tagesniederwasser – fett punktiert (NQ _t); geringster monatlicher Abflusswert – Minimum (punktiert) und Median (grau); erwartbarer minimaler dynamischer Anteil (blau – Mindestabfluss gemäß QZV bis NQ_MIN))	17
Abbildung 7: Pegel Flattach – Vergleich relevanter Niederwasserparameter (ganzjährig einzuhaltender Mindestabfluss gemäß QZV – rot (Hydrographie Kärnten, 2024); geringstes monatliches Tagesniederwasser – fett punktiert (NQ _t); geringster monatlicher Abflusswert – Minimum (punktiert) und Median (grau); erwartbarer minimaler dynamischer Anteil (blau – Mindestabfluss gemäß QZV bis NQ_MIN))	18
Abbildung 8: Pegel Winklern – Monatliche Anzahl von Abflussan- und Abstiegseignissen $>GW_{20(MAFR)}$ (Zeitreihe 1976-2024 – hellgrau: 5-95% Perzentil, dunkelgrau: 25-75% Perzentil, dunkelgraue Linie: Median)	20
Abbildung 9: Pegel Winklern – Dauer von Abflussan- und Abstiegseignissen $>GW_{20(MAFR)}$ (Zeitreihe 1976-2024 – hellgrau: 5-95% Perzentil, dunkelgrau: 25-75% Perzentil, dunkelgraue Linie: Median)	20
Abbildung 10: Pegel Winklern – Maximale Abflussänderungsgeschwindigkeit (MAFR) von Abflussan- und Abstiegseignissen $>GW_{20(MAFR)}$: absolut (oben), in Relation zur Einzugsgebietsgröße (Mitte) und näherungsweise Bestimmung der resultierenden Wasserstandsschwankungen (unten) (Zeitreihe 1976-2024 – hellgrau: 5-95% Perzentil, dunkelgrau: 25-75% Perzentil, dunkelgraue Linie: Median)	22
Abbildung 11: Pegel Winklern – Amplitude (AMP) von Abflussan- und Abstiegseignissen $>GW_{20(MAFR)}$: absolut (oben), in Relation zur Einzugsgebietsgröße (Mitte) und näherungsweise Bestimmung der resultierenden Wasserstandsschwankungen (unten) (Zeitreihe 1976-2024 – hellgrau: 5-95% Perzentil, dunkelgrau: 25-75% Perzentil, dunkelgraue Linie: Median)	23
Abbildung 12: Pegel Flattach – Monatliche Anzahl von Abflussan- und Abstiegseignissen $>GW_{20(MAFR)}$ (Zeitreihe 1976-2024 – hellgrau: 5-95% Perzentil, dunkelgrau: 25-75% Perzentil, dunkelgraue Linie: Median)	24
Abbildung 13: Pegel Flattach – Dauer von Abflussan- und Abstiegseignissen $>GW_{20(MAFR)}$ (Zeitreihe 1976-2024 – hellgrau: 5-95% Perzentil, dunkelgrau: 25-75% Perzentil, dunkelgraue Linie: Median)	25
Abbildung 14: Pegel Flattach – Maximale Abflussänderungsgeschwindigkeit (MAFR) von Abflussan- und Abstiegseignissen $>GW_{20(MAFR)}$: absolut (oben), in Relation zur Einzugsgebietsgröße (Mitte) und näherungsweise Bestimmung der resultierenden Wasserstandsschwankungen (unten) (Zeitreihe 1976-2024 – hellgrau: 5-95% Perzentil, dunkelgrau: 25-75% Perzentil, dunkelgraue Linie: Median)	26

Abbildung 15: Pegel Flattach – Amplitude (AMP) von Abflussan- und Abstiegseignissen $>GW_{20(MAFR)}$: absolut (oben), in Relation zur Einzugsgebietsgröße (Mitte) und näherungsweise Bestimmung der resultierenden Wasserstandsschwankungen (unten) (Zeitreihe 1976-2024 – hellgrau: 5-95% Perzentil, dunkelgrau: 25-75% Perzentil, dunkelgraue Linie: Median)	27
Abbildung 16: Pegel Kolbnitz – Monatliche Anzahl von Abflussan- und Abstiegseignissen $>GW_{20(MAFR)}$ (Zeitreihe 1976-2024 – hellgrau: 5-95% Perzentil, dunkelgrau: 25-75% Perzentil, dunkelgraue Linie: Median)	28
Abbildung 17: Pegel Kolbnitz – Dauer von Abflussan- und Abstiegseignissen $>GW_{20(MAFR)}$ (Zeitreihe 1976-2024 – hellgrau: 5-95% Perzentil, dunkelgrau: 25-75% Perzentil, dunkelgraue Linie: Median)	29
Abbildung 18: Pegel Kolbnitz – Maximale Abflussänderungsgeschwindigkeit (MAFR) von Abflussan- und Abstiegseignissen $>GW_{20(MAFR)}$: absolut (oben), in Relation zur Einzugsgebietsgröße (Mitte) und näherungsweise Bestimmung der resultierenden Wasserstandsschwankungen (unten) (Zeitreihe 1976-2024 – hellgrau: 5-95% Perzentil, dunkelgrau: 25-75% Perzentil, dunkelgraue Linie: Median)	30
Abbildung 19: Pegel Kolbnitz – Amplitude (AMP) von Abflussan- und Abstiegseignissen $>GW_{20(MAFR)}$: absolut (oben), in Relation zur Einzugsgebietsgröße (Mitte) und näherungsweise Bestimmung der resultierenden Wasserstandsschwankungen (unten) (Zeitreihe 1976-2024 – hellgrau: 5-95% Perzentil, dunkelgrau: 25-75% Perzentil, dunkelgraue Linie: Median)	31
Abbildung 20: Istzustand (Diagrammskizze einer Schwallwelle, Durchfluss (Q) über die Zeit (t)) – Direkte Schwallenleitung (rot) der Kraftwerke Gößnitz und Außerfragant (Hintergrund: Google Earth, 2025).....	33
Abbildung 21: Überblick zu verfügbaren Befischungsdaten (Quelle: GZUEV/IHG-BOKU).....	34
Abbildung 22: Mittelwert der Fischbiomasse an den Befischungsstellen (Abbildung 21) flussauf (Restwasserstrecke: blau) und flussab (Schwallstrecke: orange) der Schwallenleitungen (Quelle: GZUEV/IHG-BOKU)	34
Abbildung 23: Pegel Flattach/Mindestabfluss-Szenario 1 – Vergleich relevanter Niederwasserparameter (ganzjährig einzuhaltender Mindestabfluss gemäß QZV – rot (Hydrographie Kärnten, 2024); geringstes monatliches Tagesniederwasser – fett punktiert (NQ _t); geringster monatlicher Abflusswert – Minimum (punktiert) und Median (grau); erwartbarer minimaler dynamischer Anteil (blau – Mindestabfluss gemäß QZV bis NQ _t)) und zu erwartende Veränderung des Mindestabflusses im Vergleich zum Istzustand (Pfeile).....	35
Abbildung 24: Pegel Flattach/Mindestabfluss-Szenario 2 – Vergleich relevanter Niederwasserparameter (ganzjährig einzuhaltender Mindestabfluss gemäß QZV – rot (Hydrographie Kärnten, 2024); geringstes monatliches Tagesniederwasser – fett punktiert (NQ _t); geringster monatlicher Abflusswert – Minimum (punktiert) und Median (grau); erwartbarer minimaler dynamischer Anteil (blau – Mindestabfluss gemäß QZV bis NQ _t)) und zu erwartende Veränderung des Mindestabflusses im Vergleich zum Istzustand (Pfeile).....	37
Abbildung 25: Pegel Flattach/Mindestabfluss-Szenario 3 – Vergleich relevanter Niederwasserparameter (ganzjährig einzuhaltender Mindestabfluss gemäß QZV – rot (Hydrographie Kärnten, 2024); geringstes monatliches Tagesniederwasser – fett punktiert (NQ _t); geringster monatlicher Abflusswert – Minimum (punktiert) und Median (grau); erwartbarer minimaler dynamischer Anteil (blau – Mindestabfluss gemäß QZV bis NQ _t)) und zu erwartende Veränderung des Mindestabflusses im Vergleich zum Istzustand (Pfeile); (violett – NQ _t zuzüglich mittlerer Durchfluss KW Gößnitz)	38
Abbildung 26: Kriterien zur Abgrenzung des Untersuchungsraumes.....	41
Abbildung 27: Schema-Skizze – Hydrologische Wirkungsszenarien von direkten Maßnahmen zur Verminderung der Schwallbelastung (Abfluss – Q; Zeit – t) bei unterschiedlichem Szenarienumfang (hellblaue Linie vs. dunkelblaue Linie)	45
Abbildung 28: Jährliche Anzahl von Überschreitungen der Szenarien B3 bis F (basierend auf 15-Minuten-Werten gemäß Tabelle 5) mit Bezug zur Schwallrate (links), Sunkrate (Mitte) und Schwallamplitude (rechts) der beim Kraftwerk Gößnitz dokumentierten Ereignisse (Boxplots – gesamt verfügbare Zeitreihe, rote Dreiecke – 2024).	47

Abbildung 29: Jährliche Anzahl von Überschreitungen der Szenarien B3 bis F (basierend auf 15-Minuten-Werten gemäß Tabelle 9) mit Bezug zur Schwallrate (links), Sunkrate (Mitte) und Schwallamplitude (rechts) der beim Kraftwerk Außerfragant dokumentieren Ereignisse (Boxplots – gesamt verfügbare Zeitreihe, rote Dreiecke – 2024).....	49
Abbildung 30: KW Gößnitz – Retentionskurven dQ/dt für Sunkereignisse (Punkte – Werte bei den Pegelstellen gemäß Tabelle 4 ab KW Gößnitz)	51
Abbildung 31: KW Gößnitz – Retentionskurven dQ/dt für Schwallereignisse (Punkte – Werte bei den Pegelstellen gemäß Tabelle 4 ab KW Gößnitz).....	52
Abbildung 32: KW Gößnitz – Retentionskurven dQ für Schwallereignisse (Punkte – Werte bei den Pegelstellen gemäß Tabelle 4 ab KW Gößnitz)	52
Abbildung 33: KW Außerfragant – Retentionskurven dQ/dt für Sunkereignisse (Punkte – Werte bei den Pegelstellen gemäß Tabelle 4 ab KW Außerfragant).....	53
Abbildung 34: KW Außerfragant – Retentionskurven dQ/dt für Schwallereignisse (Punkte – Werte bei den Pegelstellen gemäß Tabelle 4 ab KW Außerfragant)	53
Abbildung 35: KW Außerfragant – Retentionskurven dQ für Schwallereignisse (Punkte – Werte bei den Pegelstellen gemäß Tabelle 4 ab KW Außerfragant)	54
Abbildung 36: Gruppenzugehörigkeit (Cluster-Variablen: Seehöhe, Abflusspende) einzelner Bilanzierungsgebiete gemäß Wasserbilanzmodell des digitalen hydrologischen Atlas Österreichs (BMLFUW, 2007) (Cluster 1 – Hochgebirgsbäche der Zentralalpen; Cluster 2 – Gebirgsflüsse des Alpennordrandes; Cluster 3 – Gebirgsflüsse der Zentralalpen; Cluster 4 – Flüsse und Bäche der großen Alpentäler, des höher gelegenen Alpenvorlandes und des Granit- und Gneishochlandes; Cluster 5 – Flüsse und Bäche des tiefer gelegenen Alpenvorlandes sowie Flachlandflüsse und -bäche) (Greimel et al., 2017b).....	55
Abbildung 37: Beispielhafter Gewässerausschnitt der Möll im Bereich der Pegelstelle Flattach mit anhand von GIS-Analysen bestimmten Gewässerbreiten (rot, grüner Punkt: Pegelstelle 213124, Flattach)	56
Abbildung 38: Beispielhafter Gewässerausschnitt der Möll im Bereich der Sonde Obervellach mit anhand von GIS-Analysen bestimmten Gewässerbreiten (rot, grüner Punkt: Sonde 301017, Obervellach)	56
Abbildung 39: Beispielhafter Gewässerausschnitt der Möll im Bereich des Pegels Kolbnitz mit anhand von GIS-Analysen bestimmten Gewässerbreiten (rot, grüner Punkt: Pegel 212399, Kolbnitz).....	57
Abbildung 40: Ergebnisse der Regressionsmodelle zur Abschätzung der mittleren spezifischen Wasserstands Differenz (dW_{spez}) im niedrigen (Quadrate), mittleren (Punkte) und hohen (Dreiecke) Abflussbereich im Vergleich zu den Werten bei Pegelschlüsseln in frei fließenden Gewässerstrecken (Tabelle 4: 213124, 301017, 212399) vor (links) und nach (rechts) der Kalibrierung.	58
Abbildung 41: Längenschnitt der kalibrierten dW_{spez} -Werte im niedrigen (obere Kurve), mittleren (mittlere Kurve) und erhöhten (untere Kurve) Abflussbereich (Punkte – Werte bei Pegelstellen gemäß Tabelle 4, fkm – Flusskilometer/orographisch).....	59
Abbildung 42: Spannweite der angepassten dW_{spez} -Funktionen (MIN – Minimum, Median und MAX – Maximum) und dW_{spez} -Werte ($\triangle$ der mittleren vertikalen Wasserstands Differenz bei einer Abflussänderung von $1 \text{ m}^3/\text{s}$) bei den Pegelstellen gemäß Tabelle 4 für den niedrigen, mittleren und erhöhten Abflussbereich (ergänzt durch zwei zusätzliche Stützpunkte im sehr niedrigen und einem im stark erhöhten Abflussbereich).	60
Abbildung 43: Langjähriger Mittelwert des geringsten monatlichen Tagesmittels bei den Pegelstellen Flattach und Kolbnitz.....	61
Abbildung 44: Hydrologischer Längenschnitt des langjährigen charakteristisch niedrigen (rote Dreiecke, untere Kurve), mittleren (grüne Quadrate, mittlere Kurve) und hohen (blaue Punkte, obere Kurve) Basisabflusses im Untersuchungsraum (Punkte – Werte bei den Pegelstellen Flattach und Kolbnitz, Linien – Interpolation anhand der Einzugsgebietsgröße, fkm – Flusskilometer/orographisch).	62
Abbildung 45: KW Gößnitz – Retentionskurven dW/dt für Sunkereignisse gemäß Tabelle 5 bei niedrigem Basisabfluss (Linien – Wirkungsszenarien, punktiert – nicht auf gemessenen Werten basierend), Punkte – Werte bei Pegelstellen Obervellach und Kolbnitz)	63
Abbildung 46: KW Gößnitz – Retentionskurven dW/dt für Sunkereignisse bei mittlerem Basisabfluss (Linien – Wirkungsszenarien, punktiert – nicht auf gemessenen Werten basierend); Punkte – Werte bei Pegelstellen Obervellach und Kolbnitz).....	63
Abbildung 47: KW Gößnitz – Retentionskurven dW/dt für Sunkereignisse bei hohem Basisabfluss (Linien – Wirkungsszenarien, punktiert – nicht auf gemessenen Werten basierend); Punkte – Werte bei Pegelstellen Obervellach und Kolbnitz).....	64

Abbildung 48: KW Außerfragant – Retentionskurven dW/dt für Sunkereignisse gemäß Tabelle 5 bei niedrigem Basisabfluss (Linien – Wirkungsszenarien, punktiert – nicht auf gemessenen Werten basierend), Punkte – Werte bei Pegelstellen Obervellach und Kolbnitz)	64
Abbildung 49: KW Außerfragant – Retentionskurven dW/dt für Sunkereignisse bei mittlerem Basisabfluss (Linien – Wirkungsszenarien, punktiert – nicht auf gemessenen Werten basierend); Punkte – Werte bei Pegelstellen Obervellach und Kolbnitz)	65
Abbildung 50: KW Außerfragant – Retentionskurven dW/dt für Sunkereignisse bei hohem Basisabfluss (Linien – Wirkungsszenarien, punktiert – nicht auf gemessenen Werten basierend); Punkte – Werte bei Pegelstellen Obervellach und Kolbnitz)	65
Abbildung 51: KW Gößnitz – Retentionskurven dW/dt für Schwallereignisse gemäß Tabelle 5 bei niedrigem Basisabfluss (Linien – Wirkungsszenarien, punktiert – nicht auf gemessenen Werten basierend), Punkte – Werte bei Pegelstellen Obervellach und Kolbnitz)	66
Abbildung 52: KW Gößnitz – Retentionskurven dW/dt für Schwallereignisse bei mittlerem Basisabfluss (Linien – Wirkungsszenarien, punktiert – nicht auf gemessenen Werten basierend); Punkte – Werte bei Pegelstellen Obervellach und Kolbnitz)	67
Abbildung 53: KW Gößnitz – Retentionskurven dW/dt für Schwallereignisse bei hohem Basisabfluss (Linien – Wirkungsszenarien, punktiert – nicht auf gemessenen Werten basierend); Punkte – Werte bei Pegelstellen Obervellach und Kolbnitz)	67
Abbildung 54: KW Außerfragant – Retentionskurven dW/dt für Schwallereignisse gemäß Tabelle 5 bei niedrigem Basisabfluss (Linien – Wirkungsszenarien, punktiert – nicht auf gemessenen Werten basierend), Punkte – Werte bei Pegelstellen Obervellach und Kolbnitz)	68
Abbildung 55: KW Außerfragant – Retentionskurven dW/dt für Schwallereignisse bei mittlerem Basisabfluss (Linien – Wirkungsszenarien, punktiert – nicht auf gemessenen Werten basierend); Punkte – Werte bei Pegelstellen Obervellach und Kolbnitz)	68
Abbildung 56: KW Außerfragant – Retentionskurven dW/dt für Schwallereignisse bei hohem Basisabfluss (Linien – Wirkungsszenarien, punktiert – nicht auf gemessenen Werten basierend); Punkte – Werte bei Pegelstellen Obervellach und Kolbnitz)	69
Abbildung 57: KW Gößnitz – Retentionskurven dW für Schwallereignisse gemäß Tabelle 5 bei niedrigem Basisabfluss (Linien – Wirkungsszenarien, punktiert – nicht auf gemessenen Werten basierend), Punkte – Werte bei Pegelstellen Obervellach und Kolbnitz)	70
Abbildung 58: KW Gößnitz – Retentionskurven dW für Schwallereignisse bei mittlerem Basisabfluss (Linien – Wirkungsszenarien, punktiert – nicht auf gemessenen Werten basierend); Punkte – Werte bei Pegelstellen Obervellach und Kolbnitz)	70
Abbildung 59: KW Gößnitz – Retentionskurven dW für Schwallereignisse bei hohem Basisabfluss (Linien – Wirkungsszenarien, punktiert – nicht auf gemessenen Werten basierend); Punkte – Werte bei Pegelstellen Obervellach und Kolbnitz)	71
Abbildung 60: KW Außerfragant – Retentionskurven dW für Schwallereignisse gemäß Tabelle 5 bei niedrigem Basisabfluss (Linien – Wirkungsszenarien, punktiert – nicht auf gemessenen Werten basierend), Punkte – Werte bei Pegelstellen Obervellach und Kolbnitz)	71
Abbildung 61: KW Außerfragant – Retentionskurven dW für Schwallereignisse bei mittlerem Basisabfluss (Linien – Wirkungsszenarien, punktiert – nicht auf gemessenen Werten basierend); Punkte – Werte bei Pegelstellen Obervellach und Kolbnitz)	72
Abbildung 62: KW Außerfragant – Retentionskurven dW für Schwallereignisse bei hohem Basisabfluss (Linien – Wirkungsszenarien, punktiert – nicht auf gemessenen Werten basierend); Punkte – Werte bei Pegelstellen Obervellach und Kolbnitz)	72
Abbildung 63: Schwalldämpfung (orange) durch betriebliche Einschränkung (Diagrammskizze einer gedämpften Schwallwelle bis zum Betrieb als Laufkraftwerk (Szenario A), Durchfluss (Q) über die Zeit (t)) der Kraftwerke Gößnitz und Außerfragant (Hintergrund: Google Earth, 2025)	74
Abbildung 64: Schwalldämpfung (orange) durch Dämpfungsbecken (blau) (Diagrammskizze einer gedämpften Schwallwelle, Durchfluss (Q) über die Zeit (t)) bei den Kraftwerken Gößnitz und Außerfragant (Hintergrund: Google Earth, 2025)	75
Abbildung 65: Schwallausleitung (rot) durch unterschiedliche Varianten von Schwallausleitungskraftwerken (punktiert) (Diagrammskizze Szenario A, Durchfluss (Q) über die Zeit (t)) bei den Kraftwerken Gößnitz und Außerfragant (Hintergrund: Google Earth, 2025)	76

Abbildung 66: Schwalldämpfung durch betriebliche Einschränkung des Kraftwerks Gößnitz (wie Laufkraftwerk) und einer Schwallausleitung durch unterschiedliche Varianten von Schwallausleitungskraftwerken (punktiert) beim Kraftwerk Außerfragant (Diagrammskizze Szenario A, Durchfluss (Q) über die Zeit (t)) (Hintergrund: Google Earth, 2025).....	77
Abbildung 67: Schwalldämpfung durch betriebliche Einschränkung des Kraftwerks Gößnitz (wie Laufkraftwerk) und einer Schwallausleitung beim Kraftwerk Außerfragant durch ein Pumpbetrieb in den Stauraum Gößnitz (punktiert) (Diagrammskizze einer gedämpften Schwallwelle (orange), Durchfluss (Q) über die Zeit (t)) (Hintergrund: Google Earth, 2025).....	78
Abbildung 68: Schwalldämpfung durch betriebliche Einschränkung des Kraftwerks Gößnitz (wie Laufkraftwerk) und einer Schwallausleitung beim Kraftwerk Außerfragant durch ein Pumpbetrieb in den Stauraum Gößnitz (punktiert) bei energiewirtschaftlicher Nutzung des erweiterten Dämpfungsvolumens (Diagrammskizze einer ungedämpften Schwallwelle (rot), Durchfluss (Q) über die Zeit (t)) (Hintergrund: Google Earth, 2025)	79
Abbildung 69: Schwalleinleitestelle Kraftwerk Gößnitz – Ökologisches Verbesserungspotential (hellgrau – hydrologisch, grau – hydromorphologisch exkl. indirekter Maßnahmen, dunkelgrau – hydromorphologisch inkl. indirekter Maßnahmen) der untersuchten Maßnahmen geordnet nach dem hydrologischen Verbesserungspotential (blau – durch die Maßnahmentypen Schwallausleitung und betriebliche Einschränkung erreichbar; orange – durch die Maßnahmentypen Dämpfungsbecken und betriebliche Einschränkung erreichbar)	88
Abbildung 70: Schwalleinleitestelle Kraftwerk Außerfragant – Ökologisches Verbesserungspotential (hellgrau – hydrologisch, grau – hydromorphologisch exkl. indirekter Maßnahmen, dunkelgrau – hydromorphologisch inkl. indirekter Maßnahmen) der untersuchten Maßnahmen geordnet nach dem hydrologischen Verbesserungspotential (orange – durch die Maßnahmentypen betriebliche Einschränkung, Dämpfungsbecken und Schwallausleitung realisierbare Verbesserung) ..	91
Abbildung 71: Wassertiefenverteilung in einem pessimalen Furtbereich der Möll bei Flattach bei Flusskilometer 26,17 für unterschiedliche Abflüsse (die Darstellung zeigt die Wassertiefen farblich abgestuft: Tiefen unter 20 cm in Rot, unter 25 cm in Orange, unter 30 cm in Gelb sowie Tiefen ab 30 cm in abgestuften Blautönen).	118
Abbildung 72: Wassertiefenverteilung in einem pessimalen Furtbereich der Möll bei Flattach bei Flusskilometer 25,50 für unterschiedliche Abflüsse (die Darstellung zeigt die Wassertiefen farblich abgestuft: Tiefen unter 20 cm in Rot, unter 25 cm in Orange, unter 30 cm in Gelb sowie Tiefen ab 30 cm in abgestuften Blautönen).	118
Abbildung 73: Wassertiefenverteilung in einem pessimalen Furtbereich der Möll bei Flattach bei Flusskilometer 25,30 für unterschiedliche Abflüsse (die Darstellung zeigt die Wassertiefen farblich abgestuft: Tiefen unter 20 cm in Rot, unter 25 cm in Orange, unter 30 cm in Gelb sowie Tiefen ab 30 cm in abgestuften Blautönen).	119
Abbildung 74: Wassertiefenverteilung in einem pessimalen Furtbereich der Möll flussab Flattach bei Flusskilometer 24,52 für unterschiedliche Abflüsse (die Darstellung zeigt die Wassertiefen farblich abgestuft: Tiefen unter 20 cm in Rot, unter 25 cm in Orange, unter 30 cm in Gelb sowie Tiefen ab 30 cm in abgestuften Blautönen).	119
Abbildung 75: Wassertiefenverteilung in einem pessimalen Furtbereich der Möll flussab Flattach bei Flusskilometer 24,04 für unterschiedliche Abflüsse (die Darstellung zeigt die Wassertiefen farblich abgestuft: Tiefen unter 20 cm in Rot, unter 25 cm in Orange, unter 30 cm in Gelb sowie Tiefen ab 30 cm in abgestuften Blautönen).	120
Abbildung 76: Wassertiefenverteilung in einem pessimalen Furtbereich der Möll auf Höhe Semslach bei Flusskilometer 21,94 für unterschiedliche Abflüsse (die Darstellung zeigt die Wassertiefen farblich abgestuft: Tiefen unter 20 cm in Rot, unter 25 cm in Orange, unter 30 cm in Gelb sowie Tiefen ab 30 cm in abgestuften Blautönen).	120
Abbildung 77: Wassertiefenverteilung in einem pessimalen Furtbereich der Möll flussab Obervellach bei Flusskilometer 18,61 für unterschiedliche Abflüsse (die Darstellung zeigt die Wassertiefen farblich abgestuft: Tiefen unter 20 cm in Rot, unter 25 cm in Orange, unter 30 cm in Gelb sowie Tiefen ab 30 cm in abgestuften Blautönen).	121

Abbildung 78: Wassertiefenverteilung in einem pessimalen Furtbereich der Möll bei Penk bei Flusskilometer 13,34 für unterschiedliche Abflüsse (die Darstellung zeigt die Wassertiefen farblich abgestuft: Tiefen unter 20 cm in Rot, unter 25 cm in Orange, unter 30 cm in Gelb sowie Tiefen ab 30 cm in abgestuften Blautönen).....	121
Abbildung 79: Wassertiefenverteilung in einem pessimalen Furtbereich der Möll flussauf Oberkolbnitz bei Flusskilometer 9,74 für unterschiedliche Abflüsse (die Darstellung zeigt die Wassertiefen farblich abgestuft: Tiefen unter 20 cm in Rot, unter 25 cm in Orange, unter 30 cm in Gelb sowie Tiefen ab 30 cm in abgestuften Blautönen).	122
Abbildung 80: Breitendifferenz bzw. trockenfallendes Habitat im Längsverlauf der Untersuchungsstrecke von Schwall 1 (25m ³ /s, in schwarz) und Schwall 2 (50 m ³ /s, in rot) auf den geringen Basisabfluss.	124
Abbildung 81: Breitendifferenz bzw. trockenfallendes Habitat im Längsverlauf der Untersuchungsstrecke von Schwall 1 (25m ³ /s, in schwarz) und Schwall 2 (50 m ³ /s, in rot) auf den mittleren Basisabfluss.	124
Abbildung 82: Breitendifferenz bzw. trockenfallendes Habitat im Längsverlauf der Untersuchungsstrecke von Schwall 1 (25m ³ /s, in schwarz) und Schwall 2 (50 m ³ /s, in rot) auf den hohen Basisabfluss.	125
Abbildung 83: Maximale tägliche Durchflussänderung in m ³ /s pro Minute (Anstieg: türkis, Rückgang: rot, gestrichelt: 95. Perzentil) basierend auf der Durchflussganglinie in Minutenauflösung für die Kraftwerke Außerfragant (oben) und Gößnitz (unten) im Zeitraum Jänner bis März 2015 (links) und 2024 (rechts).	126
Abbildung 84: KW Gößnitz – Thresholdplot/increase events (S1-S2 – Zusammenhang klar ersichtlich, aber hohe Streuung im Zusammenhang mit unzureichender Zeitreihenauflösung; S4-S5 – kein eindeutiger Zusammenhang feststellbar).....	129
Abbildung 85: KW Gößnitz – Thresholdplot/decrease events (S1-S2 – Zusammenhang klar ersichtlich, aber hohe Streuung im Zusammenhang mit unzureichender Zeitreihenauflösung; S4-S5 – kein eindeutiger Zusammenhang feststellbar).....	129
Abbildung 86: KW Gößnitz – Scatterplot/increase events (S4-S5 – Anzahl assoziierter Ereignisse zu gering).....	130
Abbildung 87: KW Gößnitz – Scatterplot/decrease events (S4-S5 – Anzahl assoziierter Ereignisse zu gering)	131
Abbildung 88: KW Gößnitz – Predictionplot/increase events (MAFR bei Pegel Flattach (km 3,95) aufgrund zu geringer Zeitreihenauflösung unplausibel)	132
Abbildung 89: KW Gößnitz – Predictionplot/decrease events	132
Abbildung 90: KW Außerfragant – Thresholdplot/increase events (S1-S2 – Zusammenhang klar ersichtlich, aber hohe Streuung im Zusammenhang mit unzureichender Zeitreihenauflösung; S4-S5 – kein eindeutiger Zusammenhang feststellbar).....	135
Abbildung 91: KW Außerfragant – Thresholdplot/decrease events (S1-S2 – Zusammenhang klar ersichtlich, aber hohe Streuung im Zusammenhang mit unzureichender Zeitreihenauflösung; S4-S5 – kein eindeutiger Zusammenhang feststellbar).....	135
Abbildung 92 KW Außerfragant – Scatterplot/increase events (S4-S5 – Anzahl assoziierter Ereignisse zu gering).....	136
Abbildung 93 KW Außerfragant – Scatterplot/decrease events (S4-S5 – Anzahl assoziierter Ereignisse zu gering)	137
Abbildung 94 KW Außerfragant – Predictionplot/increase events (MAFR bei Pegel Flattach (km 2,55) aufgrund zu geringer Zeitreihenauflösung unplausibel)	138
Abbildung 95 KW Außerfragant – Predictionplot/decrease events (MAFR bei Pegel Flattach (km 2,55) aufgrund zu geringer Zeitreihenauflösung unplausibel).....	138
Abbildung 96: KW Gößnitz – Retentionskurve dW/dt für Sunkereignisse/Szenario F (Linie) bei niedrigem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	142
Abbildung 97: KW Gößnitz – Retentionskurve dW/dt für Sunkereignisse/Szenario F (Linie) bei mittlerem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	143
Abbildung 98: KW Gößnitz – Retentionskurve dW/dt für Sunkereignisse/Szenario F (Linie) bei hohem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	143

Abbildung 117: KW Gößnitz – Retentionskurve dW/dt für Schwallereignisse/Szenario D (Linie) bei niedrigem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	153
Abbildung 118: KW Gößnitz – Retentionskurve dW/dt für Schwallereignisse/Szenario D (Linie) bei mittlerem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	154
Abbildung 119: KW Gößnitz – Retentionskurve dW/dt für Schwallereignisse/Szenario D (Linie) bei hohem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	154
Abbildung 120: KW Gößnitz – Retentionskurve dW für Schwallereignisse/Szenario D (Linie) bei niedrigem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	155
Abbildung 121: KW Gößnitz – Retentionskurve dW für Schwallereignisse/Szenario D (Linie) bei mittlerem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	155
Abbildung 122: KW Gößnitz – Retentionskurve dW für Schwallereignisse/Szenario D (Linie) bei hohem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	156
Abbildung 123: KW Gößnitz – Retentionskurve dW/dt für Sunkereignisse/Szenario C (Linie) bei niedrigem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	157
Abbildung 124: KW Gößnitz – Retentionskurve dW/dt für Sunkereignisse/Szenario C (Linie) bei mittlerem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	157
Abbildung 125: KW Gößnitz – Retentionskurve dW/dt für Sunkereignisse/Szenario C (Linie) bei hohem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	158
Abbildung 126: KW Gößnitz – Retentionskurve dW/dt für Schwallereignisse/Szenario C (Linie) bei niedrigem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	158
Abbildung 127: KW Gößnitz – Retentionskurve dW/dt für Schwallereignisse/Szenario C (Linie) bei mittlerem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	159
Abbildung 128: KW Gößnitz – Retentionskurve dW/dt für Schwallereignisse/Szenario C (Linie) bei hohem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	159
Abbildung 129: KW Gößnitz – Retentionskurve dW für Schwallereignisse/Szenario C (Linie) bei niedrigem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	160
Abbildung 130: KW Gößnitz – Retentionskurve dW für Schwallereignisse/Szenario C (Linie) bei mittlerem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	160
Abbildung 131: KW Gößnitz – Retentionskurve dW für Schwallereignisse/Szenario C (Linie) bei hohem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	161
Abbildung 132: KW Gößnitz – Retentionskurve dW/dt für Sunkereignisse/Szenario B1 (Linie) bei niedrigem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	162
Abbildung 133: KW Gößnitz – Retentionskurve dW/dt für Sunkereignisse/Szenario B1 (Linie) bei mittlerem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	162
Abbildung 134: KW Gößnitz – Retentionskurve dW/dt für Sunkereignisse/Szenario B1 (Linie) bei hohem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	163

Abbildung 153: KW Gößnitz – Retentionskurve dW/dt für Schwallereignisse/Szenario B3 (Linie) bei niedrigem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	173
Abbildung 154: KW Gößnitz – Retentionskurve dW/dt für Schwallereignisse/Szenario B3 (Linie) bei mittlerem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	174
Abbildung 155: KW Gößnitz – Retentionskurve dW/dt für Schwallereignisse/Szenario B3 (Linie) bei hohem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	174
Abbildung 156: KW Gößnitz – Retentionskurve dW für Schwallereignisse/Szenario B3 (Linie) bei niedrigem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	175
Abbildung 157: KW Gößnitz – Retentionskurve dW für Schwallereignisse/Szenario B3 (Linie) bei mittlerem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	175
Abbildung 158: KW Gößnitz – Retentionskurve dW für Schwallereignisse/Szenario B3 (Linie) bei hohem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	176
Abbildung 159: KW Gößnitz – Überblick zur Situation bei Szenario F (QB_{gering} – niedriger Basisabfluss (Quartal 1), QB_{mittel} – mittlerer Basisabfluss (Quartal 3 und 4); QB_{hoch} – hoher Basisabfluss (Quartal 2), fkm – Flusskilometer/orographisch)	181
Abbildung 160: KW Gößnitz – Überblick zur Situation bei Szenario E (QB_{gering} – niedriger Basisabfluss (Quartal 1), QB_{mittel} – mittlerer Basisabfluss (Quartal 3 und 4); QB_{hoch} – hoher Basisabfluss (Quartal 2), fkm – Flusskilometer/orographisch)	183
Abbildung 161: KW Gößnitz – Überblick zur Situation bei Szenario D (QB_{gering} – niedriger Basisabfluss (Quartal 1), QB_{mittel} – mittlerer Basisabfluss (Quartal 3 und 4); QB_{hoch} – hoher Basisabfluss (Quartal 2), fkm – Flusskilometer/orographisch)	185
Abbildung 162: KW Gößnitz – Überblick zur Situation bei Szenario C (QB_{gering} – niedriger Basisabfluss (Quartal 1), QB_{mittel} – mittlerer Basisabfluss (Quartal 3 und 4); QB_{hoch} – hoher Basisabfluss (Quartal 2), fkm – Flusskilometer/orographisch)	187
Abbildung 163: KW Gößnitz – Überblick zur Situation bei Szenario B1 (QB_{gering} – niedriger Basisabfluss (Quartal 1), QB_{mittel} – mittlerer Basisabfluss (Quartal 3 und 4); QB_{hoch} – hoher Basisabfluss (Quartal 2), fkm – Flusskilometer/orographisch)	189
Abbildung 164: KW Gößnitz – Überblick zur Situation bei Szenario B2 (QB_{gering} – niedriger Basisabfluss (Quartal 1), QB_{mittel} – mittlerer Basisabfluss (Quartal 3 und 4); QB_{hoch} – hoher Basisabfluss (Quartal 2), fkm – Flusskilometer/orographisch)	191
Abbildung 165: KW Gößnitz – Überblick zur Situation bei Szenario B3 (QB_{gering} – niedriger Basisabfluss (Quartal 1), QB_{mittel} – mittlerer Basisabfluss (Quartal 3 und 4); QB_{hoch} – hoher Basisabfluss (Quartal 2), fkm – Flusskilometer/orographisch)	193
Abbildung 166: KW Gößnitz – Überblick zur Situation bei Szenario A (QB_{gering} – niedriger Basisabfluss (Quartal 1), QB_{mittel} – mittlerer Basisabfluss (Quartal 3 und 4); QB_{hoch} – hoher Basisabfluss (Quartal 2), fkm – Flusskilometer/orographisch)	194
Abbildung 167: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Sunkereignisse/Szenario F (Linie) bei niedrigem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	195
Abbildung 168: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Sunkereignisse/Szenario F (Linie) bei mittlerem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	196
Abbildung 169: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Sunkereignisse/Szenario F (Linie) bei hohem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	196
Abbildung 170: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Schwallereignisse/Szenario F (Linie) bei niedrigem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	197

Abbildung 171: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Schwallereignisse/Szenario F (Linie) bei mittlerem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	197
Abbildung 172: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Schwallereignisse/Szenario F (Linie) bei hohem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	198
Abbildung 173: KW Außerfragant – Retentionskurve dW für Schwallereignisse/Szenario F (Linie) bei niedrigem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	198
Abbildung 174: KW Außerfragant – Retentionskurve dW für Schwallereignisse/Szenario F (Linie) bei mittlerem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	199
Abbildung 175: KW Außerfragant – Retentionskurve dW für Schwallereignisse/Szenario F (Linie) bei hohem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	199
Abbildung 176: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Sunkereignisse/Szenario E (Linie) bei niedrigem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	200
Abbildung 177: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Sunkereignisse/Szenario E (Linie) bei mittlerem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	200
Abbildung 178: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Sunkereignisse/Szenario E (Linie) bei hohem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	201
Abbildung 179: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Schwallereignisse/Szenario E (Linie) bei niedrigem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	201
Abbildung 180: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Schwallereignisse/Szenario E (Linie) bei mittlerem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	202
Abbildung 181: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Schwallereignisse/Szenario E (Linie) bei hohem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	202
Abbildung 182: KW Außerfragant – Retentionskurve dW für Schwallereignisse/Szenario E (Linie) bei niedrigem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	203
Abbildung 183: KW Außerfragant – Retentionskurve dW für Schwallereignisse/Szenario E (Linie) bei mittlerem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	203
Abbildung 184: KW Außerfragant – Retentionskurve dW für Schwallereignisse/Szenario E (Linie) bei hohem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	204
Abbildung 185: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Sunkereignisse/Szenario D (Linie) bei niedrigem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	205
Abbildung 186: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Sunkereignisse/Szenario D (Linie) bei mittlerem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	205
Abbildung 187: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Sunkereignisse/Szenario D (Linie) bei hohem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	206
Abbildung 188: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Schwallereignisse/Szenario D (Linie) bei niedrigem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	206

Abbildung 189: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Schwallereignisse/Szenario D (Linie) bei mittlerem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	207
Abbildung 190: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Schwallereignisse/Szenario D (Linie) bei hohem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	207
Abbildung 191: KW Außerfragant – Retentionskurve dW für Schwallereignisse/Szenario D (Linie) bei niedrigem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	208
Abbildung 192: KW Außerfragant – Retentionskurve dW für Schwallereignisse/Szenario D (Linie) bei mittlerem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	208
Abbildung 193: KW Außerfragant – Retentionskurve dW für Schwallereignisse/Szenario D (Linie) bei hohem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	209
Abbildung 194: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Sunkereignisse/Szenario C (Linie) bei niedrigem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	210
Abbildung 195: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Sunkereignisse/Szenario C (Linie) bei mittlerem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	210
Abbildung 196: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Sunkereignisse/Szenario C (Linie) bei hohem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	211
Abbildung 197: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Schwallereignisse/Szenario C (Linie) bei niedrigem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	211
Abbildung 198: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Schwallereignisse/Szenario C (Linie) bei mittlerem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	212
Abbildung 199: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Schwallereignisse/Szenario C (Linie) bei hohem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	212
Abbildung 200: KW Außerfragant – Retentionskurve dW für Schwallereignisse/Szenario C (Linie) bei niedrigem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	213
Abbildung 201: KW Außerfragant – Retentionskurve dW für Schwallereignisse/Szenario C (Linie) bei mittlerem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	213
Abbildung 202: KW Außerfragant – Retentionskurve dW für Schwallereignisse/Szenario C (Linie) bei hohem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	214
Abbildung 203: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Sunkereignisse/Szenario B1 (Linie) bei niedrigem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	215
Abbildung 204: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Sunkereignisse/Szenario B1 (Linie) bei mittlerem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	215
Abbildung 205: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Sunkereignisse/Szenario B1 (Linie) bei hohem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	216
Abbildung 206: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Schwallereignisse/Szenario B1 (Linie) bei niedrigem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	216

Abbildung 225: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Schwallereignisse/Szenario B3 (Linie) bei mittlerem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	227
Abbildung 226: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Schwallereignisse/Szenario B3 (Linie) bei hohem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	227
Abbildung 227: KW Außerfragant – Retentionskurve dW für Schwallereignisse/Szenario B3 (Linie) bei niedrigem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	228
Abbildung 228: KW Außerfragant – Retentionskurve dW für Schwallereignisse/Szenario B3 (Linie) bei mittlerem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	228
Abbildung 229: KW Außerfragant – Retentionskurve dW für Schwallereignisse/Szenario B3 (Linie) bei hohem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).	229
Abbildung 230: KW Außerfragant – Überblick zur Situation bei Szenario F (QB_{gering} – niedriger Basisabfluss (Quartal 1), QB_{mittel} – mittlerer Basisabfluss (Quartal 3 und 4); QB_{hoch} – hoher Basisabfluss (Quartal 2), fkm – Flusskilometer/orographisch).....	234
Abbildung 231: KW Außerfragant – Überblick zur Situation bei Szenario E (QB_{gering} – niedriger Basisabfluss (Quartal 1), QB_{mittel} – mittlerer Basisabfluss (Quartal 3 und 4); QB_{hoch} – hoher Basisabfluss (Quartal 2), fkm – Flusskilometer/orographisch).....	236
Abbildung 232: KW Außerfragant – Überblick zur Situation bei Szenario D (QB_{gering} – niedriger Basisabfluss (Quartal 1), QB_{mittel} – mittlerer Basisabfluss (Quartal 3 und 4); QB_{hoch} – hoher Basisabfluss (Quartal 2), fkm – Flusskilometer/orographisch).....	238
Abbildung 233: KW Außerfragant – Überblick zur Situation bei Szenario C (QB_{gering} – niedriger Basisabfluss (Quartal 1), QB_{mittel} – mittlerer Basisabfluss (Quartal 3 und 4); QB_{hoch} – hoher Basisabfluss (Quartal 2), fkm – Flusskilometer/orographisch).....	240
Abbildung 234: KW Außerfragant – Überblick zur Situation bei Szenario B1 (QB_{gering} – niedriger Basisabfluss (Quartal 1), QB_{mittel} – mittlerer Basisabfluss (Quartal 3 und 4); QB_{hoch} – hoher Basisabfluss (Quartal 2), fkm – Flusskilometer/orographisch).....	242
Abbildung 235: KW Außerfragant – Überblick zur Situation bei Szenario B2 (QB_{gering} – niedriger Basisabfluss (Quartal 1), QB_{mittel} – mittlerer Basisabfluss (Quartal 3 und 4); QB_{hoch} – hoher Basisabfluss (Quartal 2), fkm – Flusskilometer/orographisch).....	244
Abbildung 236: KW Außerfragant – Überblick zur Situation bei Szenario B3 (QB_{gering} – niedriger Basisabfluss (Quartal 1), QB_{mittel} – mittlerer Basisabfluss (Quartal 3 und 4); QB_{hoch} – hoher Basisabfluss (Quartal 2), fkm – Flusskilometer/orographisch).....	246
Abbildung 237: KW Außerfragant – Überblick zur Situation bei Szenario A (QB_{gering} – niedriger Basisabfluss (Quartal 1), QB_{mittel} – mittlerer Basisabfluss (Quartal 3 und 4); QB_{hoch} – hoher Basisabfluss (Quartal 2), fkm – Flusskilometer/orographisch).....	247

9 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ereignisbezogene Intensitäts- (Nr. 1-5) und Häufigkeitsparameter (Nr. 6): Definitionen und Einheiten (Greimel et al., 2016).	12
Tabelle 2: Räumliche Bezugspunkte im Untersuchungsraum (vgl. Kapitel 10.8 und 10.10).	42
Tabelle 3: Einstufung der morphologischen Strukturgüte von fkm 28,5 bis 7.	43
Tabelle 4: Für das Schwallrouting herangezogene Abflusszeitreihen.	44
Tabelle 5: Definition der hydrologischen Wirkungsszenarien F bis B3 mit Bezug zur Schwall- und Sunkrate für die Schwalleinleitestelle Kraftwerk Gößnitz.	46
Tabelle 6: Jährliche Anzahl von Überschreitungen der Szenarien B3 bis F (basierend auf 15-Minuten-Werten gemäß Tabelle 5) mit Bezug zur Schwallrate der beim Kraftwerk Gößnitz dokumentieren Ereignisse (Zeitreihe 2012 bis 2016 und 2024).	47
Tabelle 7: Jährliche Anzahl von Überschreitungen der Szenarien B3 bis F (basierend auf 15-Minuten-Werten gemäß Tabelle 5) mit Bezug zur Sunkrate der beim Kraftwerk Gößnitz dokumentieren Ereignisse (Zeitreihe 2012 bis 2016 und 2024).	47
Tabelle 8: Jährliche Anzahl von Überschreitungen der Szenarien B3 bis F (basierend auf 15-Minuten-Werten gemäß Tabelle 5) mit Bezug zur Amplitude der beim Kraftwerk Gößnitz dokumentieren Ereignisse (Zeitreihe 2012 bis 2016 und 2024).	48
Tabelle 9: Definition der hydrologischen Wirkungsszenarien F bis B3 für die Schwalleinleitestelle Kraftwerk Außerfragant.	48
Tabelle 10: Jährliche Anzahl von Überschreitungen der Szenarien B3 bis F (basierend auf 15-Minuten-Werten gemäß Tabelle 9) mit Bezug zur Schwallrate der beim Kraftwerk Außerfragant dokumentieren Ereignisse (Zeitreihe 2012 bis 2016 und 2024).	49
Tabelle 11: Jährliche Anzahl von Überschreitungen der Szenarien B3 bis F (basierend auf 15-Minuten-Werten gemäß Tabelle 9) mit Bezug zur Sunkrate der beim Kraftwerk Außerfragant dokumentieren Ereignisse (Zeitreihe 2012 bis 2016 und 2024).	49
Tabelle 12: Jährliche Anzahl von Überschreitungen der Szenarien B3 bis F (basierend auf 15-Minuten-Werten gemäß Tabelle 9) mit Bezug zur Amplitude der beim Kraftwerk Außerfragant dokumentieren Ereignisse (Zeitreihe 2012 bis 2016 und 2024).	50
Tabelle 13: Jahreszeitliche Gewichtung der Bewertungskriterien und Intensitätsbereiche (100 % $\pm$ 10 Punkten).....	83
Tabelle 14: Schwalleinleitestelle Kraftwerk Gößnitz – Ökologisches Verbesserungspotential der untersuchten Maßnahmen (geordnet nach dem hydrologischen Verbesserungspotential) in Abhängigkeit einzelner Wirkungsszenarien (Kapitel 5.2.1).	87
Tabelle 15: Schwalleinleitestelle Kraftwerk Außerfragant – Ökologisches Verbesserungspotential der untersuchten Maßnahmen (geordnet nach dem hydrologischen Verbesserungspotential) in Abhängigkeit einzelner Wirkungsszenarien (Kapitel 5.2.1).	90
Tabelle 16: Anteil des trockenfallenden Habitats (relativ) bezogen auf die Benetzung bei Schwall 1 und 2 (25 und 50 m ³ /s), für die jeweiligen Basisabflüsse (gering, mittel, hoch), geteilt in zwei Streckenasbschnitten (oben, unten).....	123
Tabelle 17: Breitendifferenz (absolut) bei Schwall 1 und 2 (25 und 50 m ³ /s) abzüglich der jeweiligen Basisabflüsse (gering, mittel, hoch), geteilt in zwei Streckenasbschnitten (oben, unten).	124
Tabelle 18: KW Gößnitz – Relation	128
Tabelle 19: KW Gößnitz – Initial value Routing.....	128
Tabelle 20: KW Gößnitz – Models/increase events (flussab Pegel Kolbnitz (S4-S5) – Anzahl assoziierter Ereignisse zu gering).....	133
Tabelle 21: KW Gößnitz – Models/decrease events (flussab Pegel Kolbnitz (S4-S5) – Anzahl assoziierter Ereignisse zu gering).....	133
Tabelle 22: KW Außerfragant – Relation	134
Tabelle 23: KW Außerfragant – Initial value Routing.....	134
Tabelle 24 KW Außerfragant – Models/increase events (flussab Pegel Kolbnitz (S4-S5) – Anzahl assoziierter Ereignisse zu gering).....	139

Tabelle 25: KW Außerfragant – Models/decrease events (flussab Pegel Kolbnitz (S4-S5) – Anzahl assoziierter Ereignisse zu gering).....	139
Tabelle 26: KW Gößnitz – Koeffizienten der Retentionskurven der Sunkrate (Formel 1, Abbildung 30).....	140
Tabelle 27: KW Gößnitz – Koeffizienten der Retentionskurven der Schwallrate (Formel 1, Abbildung 31)	140
Tabelle 28: KW Gößnitz – Koeffizienten der Retentionskurven der Amplitude von Schwallereignissen (linear, Abbildung 32).....	140
Tabelle 29: KW Außerfragant – Koeffizienten der Retentionskurven der Sunkrate (Formel 1, Abbildung 30)	141
Tabelle 30: KW Außerfragant – Koeffizienten der Retentionskurven der Schwallrate (Formel 1, Abbildung 31).....	141
Tabelle 31: KW Außerfragant – Koeffizienten der Retentionskurven der Amplitude von Schwallereignissen (linear, Abbildung 32)	141
Tabelle 32: KW Gößnitz – Zusammengefasste Routingergebnisse für Sunkereignisse gemäß Kapitel 5.2.1.1.	177
Tabelle 33: KW Gößnitz – Zusammengefasste Routingergebnisse für Schwallereignisse gemäß Kapitel 5.2.1.1.	179
Tabelle 34: KW Außerfragant – Zusammengefasste Routingergebnisse für Sunkereignisse gemäß Kapitel 5.2.1.1.....	230
Tabelle 35: KW Außerfragant – Zusammengefasste Routingergebnisse für Schwallereignisse gemäß Kapitel 5.2.1.1.	232
Tabelle 36: Zusammengefasste Ergebnisse der energiewirtschaftlichen Maßnahmenbewertung (Neubarth, 2025)	249

10 Anhang

10.1 Auswertung des hydrodynamischen Modelles

10.1.1 Restwasser

Zur Überprüfung der Fließgeschwindigkeiten und Wassertiefen bei unterschiedlichen Abflussszenarien im Hinblick auf die in der Anlage G zur Qualitätszielverordnung (QZV) definierten Mindestanforderungen wurden hydrodynamisch-numerische Modelle eingesetzt (Modellerstellung durch REVITAL). Diese ermöglichten einerseits eine räumlich explizite Analyse der Restwasserverhältnisse sowie andererseits eine vergleichende Gegenüberstellung charakteristischer Basisabflüsse mit typischen Schwallabflüssen.

Die hydrologischen Randbedingungen – einschließlich der Restwassermengen, Basisabflüsse, Schwallregime sowie der zu berücksichtigenden Zuflüsse aus relevanten Zubringergewässern – wurden auf Grundlage verfügbarer Daten hergeleitet und, soweit relevant, aus dem Hydrographie Kärnten (2024) Gutachten übernommen.

Die Modellregion erstreckt sich vom Kraftwerk (KW) Gössnitz bis zum Speichersee Rottau. Innerhalb dieses Abschnitts variieren die Zulaufbedingungen am Mündungspunkt des Unterwasserkanals des KW Gössnitz in Abhängigkeit von unterschiedlichen Dotationsszenarien. Zusätzlich wurde der Abfluss aus dem Zwischeneinzugsgebiet (Zw.EZG) an den jeweiligen Zubringermündungen mit zwei hydrologischen Kennwerten – dem mittleren Niederwasserabfluss (MJNQ_t) und dem mittleren Abfluss (MQ) – berücksichtigt.

Folgende stationäre Abflussszenarien wurden unter Verwendung des Green Laser-Modells auf Basis der aktuellen Hydrologie nach Hydrographie Kärnten (2024) berechnet:

- Ist-Zustand (3,1 m³/s) mit MJNQ_t aus dem Zw.EZG
- Ist-Zustand (3,1 m³/s) mit MQ aus dem Zw.EZG
- Ist-Zustand (43,5 m³/s) mit MJNQ_t aus dem Zw.EZG
- Ist-Zustand (43,5 m³/s) mit MQ aus dem Zw.EZG
- 4 m³/s + MJNQ_t aus dem Zw.EZG
- 8 m³/s + MJNQ_t aus dem Zw.EZG
- 8 m³/s + MQ aus dem Zw.EZG
- 10 m³/s + MJNQ_t aus dem Zw.EZG
- Zusatzdotation (25 m³/s) mit MJNQ_t aus dem Zw.EZG
- Zusatzdotation (25 m³/s) mit MQ aus dem Zw.EZG

Im Rahmen der durchgeführten Modellanalysen wurden insbesondere jene Flussabschnitte identifiziert, in denen morphologische und hydraulische Bedingungen zu pessimalen Wassertiefen führen – insbesondere in flachen Schnellen- und Furtbereichen. Die Abbildungen (Abbildung 71 bis Abbildung 79) zeigen die resultierenden

Wassertiefenverteilungen in den identifizierten pessimalen Furtbereichen entlang der Restwasserstrecke der Möll für einen Abflussbereich von 3,1 bis 8 m³/s im Hauptgerinne, jeweils unter Einbeziehung der Zuflüsse aus dem Zwischeneinzugsgebiet (Zw.EZG). Dabei sind die absoluten Abflüsse an den betrachteten Querprofilen angegeben, während die Wassertiefen gemäß den Mindestanforderungen der Anlage G zur Qualitätszielverordnung (QZV) farblich abgestuft dargestellt sind (Durchgängigkeit ab 30 cm Wassertiefe).

Die Mehrzahl der pessimalen Furtbereiche wurde im obersten Abschnitt zwischen Flattach und Semslach, im Bereich zwischen Flusskilometer 26,17 und 21,94, identifiziert (vgl. Abbildung 71 bis Abbildung 76). In diesem rund 4 km langen Abschnitt zeigen die Modellrechnungen, dass bei einem Abfluss von 4 m³/s am Kraftwerk Gössnitz zuzüglich des MJNQ_t aus dem Zw.EZG nahezu alle Furtbereiche mit mindestens 30 cm Wassertiefe überströmt werden. Lediglich zwei Stellen unterschreiten dieses Kriterium geringfügig (Abbildung 73 und Abbildung 74).

Im weiter flussabwärts gelegenen, langen Restwasserabschnitt zeigt sich hingegen eine weitgehend durchgängige Überströmung, mit nur wenigen pessimalen Furten oder seichten Übergangsbereichen bei wechselnder Kiessubstratstruktur. Zwischen Obervellach (Fluss-km 18,61) und Oberkolbnitz (Fluss-km 9,74) wurden jedoch drei Furtbereiche identifiziert, die auch bei einem Abfluss von 4 m³/s am KW Gössnitz (zuzüglich MJNQ_t aus dem Zw.EZG) das Mindestkriterium von 30 cm Wassertiefe nicht erfüllen (vgl. Abbildung 77 bis Abbildung 79). Eine ausreichende Durchströmung dieser Abschnitte wäre erst bei leicht erhöhten Zuflüssen aus dem Zw.EZG gewährleistet.

Angeichts möglicher Modellunsicherheiten in diesen flachen Furtbereichen wird empfohlen, die Einhaltung der in Anlage G der QZV festgelegten Mindestanforderungen durch gezielte in-situ-Messungen zu überprüfen. Sollte es zu Unterschreitungen der geforderten Wassertiefen kommen, sind gegebenenfalls Maßnahmen zur Herstellung sowie zur dauerhaften Sicherstellung der ökologischen Durchgängigkeit – insbesondere an ausgeprägt seichten Furten – zu prüfen und gegebenenfalls umzusetzen.



Abbildung 71: Wassertiefenverteilung in einem pessimalen Furtbereich der Möll bei Flattach bei Flusskilometer 26,17 für unterschiedliche Abflüsse (die Darstellung zeigt die Wassertiefen farblich abgestuft: Tiefen unter 20 cm in Rot, unter 25 cm in Orange, unter 30 cm in Gelb sowie Tiefen ab 30 cm in abgestuften Blautönen).

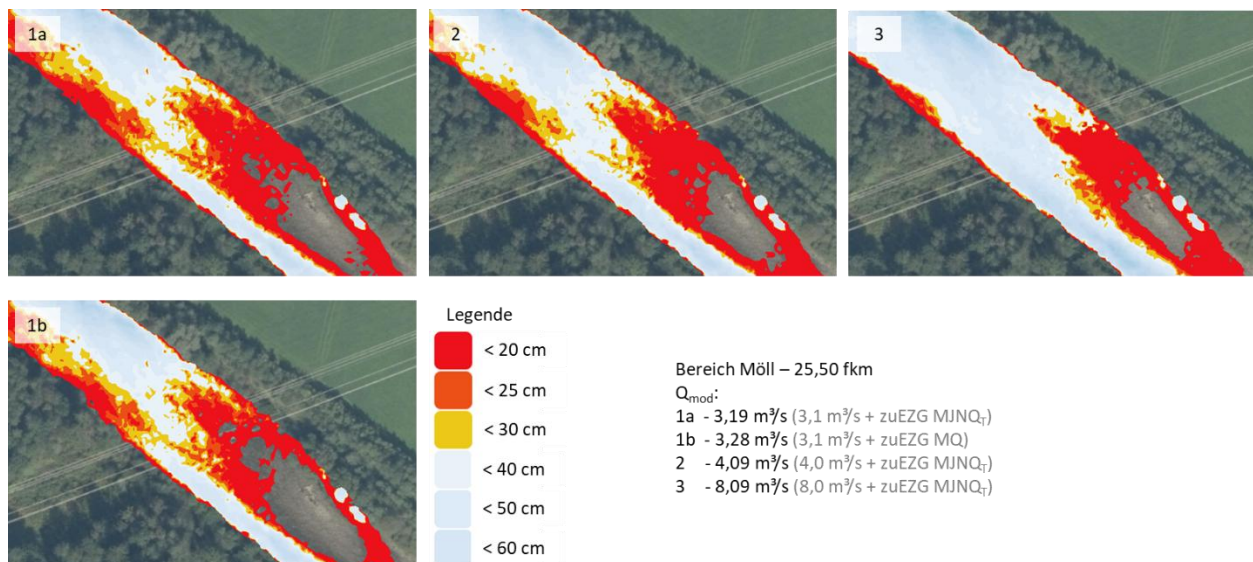


Abbildung 72: Wassertiefenverteilung in einem pessimalen Furtbereich der Möll bei Flattach bei Flusskilometer 25,50 für unterschiedliche Abflüsse (die Darstellung zeigt die Wassertiefen farblich abgestuft: Tiefen unter 20 cm in Rot, unter 25 cm in Orange, unter 30 cm in Gelb sowie Tiefen ab 30 cm in abgestuften Blautönen).

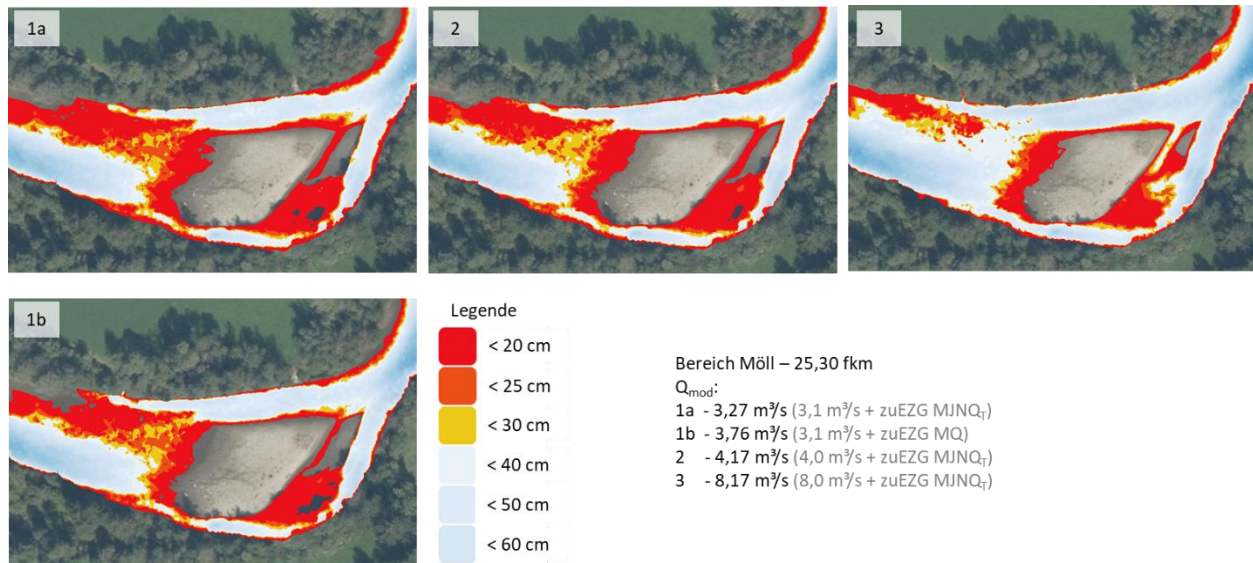


Abbildung 73: Wassertiefenverteilung in einem pessimalen Furtbereich der Möll bei Flattach bei Flusskilometer 25,30 für unterschiedliche Abflüsse (die Darstellung zeigt die Wassertiefen farblich abgestuft: Tiefen unter 20 cm in Rot, unter 25 cm in Orange, unter 30 cm in Gelb sowie Tiefen ab 30 cm in abgestuften Blautönen).

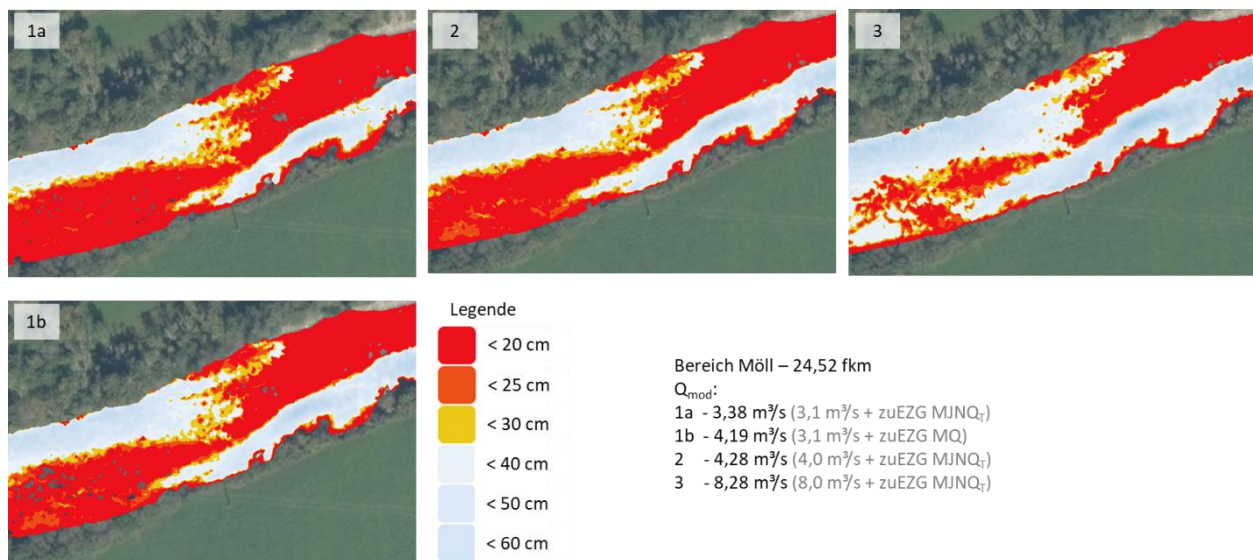


Abbildung 74: Wassertiefenverteilung in einem pessimalen Furtbereich der Möll flussab Flattach bei Flusskilometer 24,52 für unterschiedliche Abflüsse (die Darstellung zeigt die Wassertiefen farblich abgestuft: Tiefen unter 20 cm in Rot, unter 25 cm in Orange, unter 30 cm in Gelb sowie Tiefen ab 30 cm in abgestuften Blautönen).

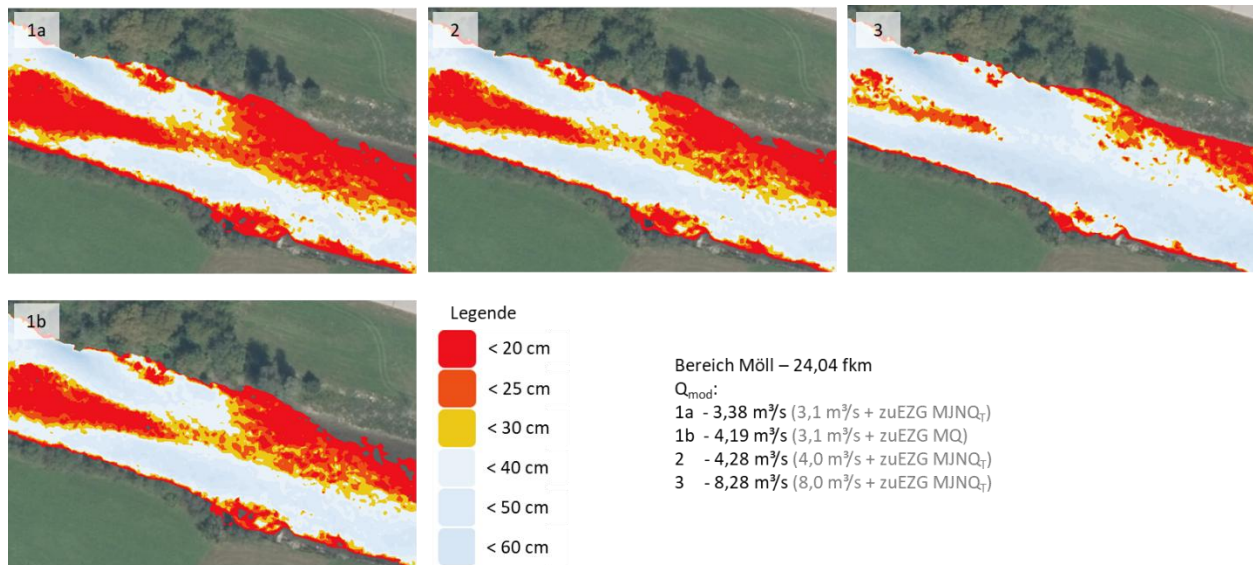


Abbildung 75: Wassertiefenverteilung in einem pessimalen Furtbereich der Möll flussab Flattach bei Flusskilometer 24,04 für unterschiedliche Abflüsse (die Darstellung zeigt die Wassertiefen farblich abgestuft: Tiefen unter 20 cm in Rot, unter 25 cm in Orange, unter 30 cm in Gelb sowie Tiefen ab 30 cm in abgestuften Blautönen).

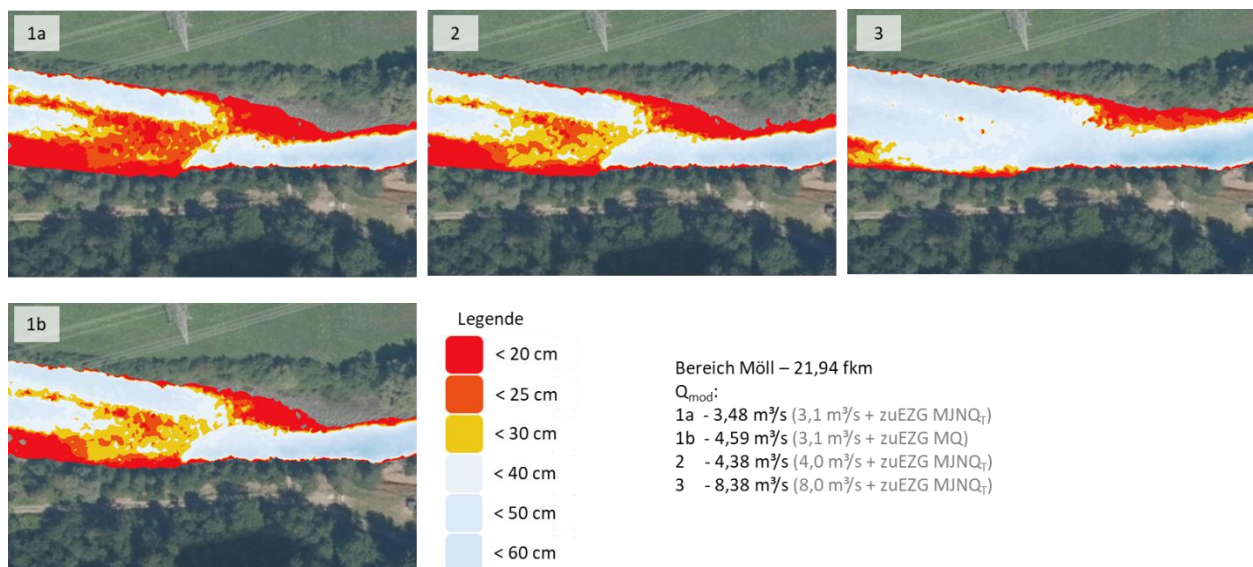


Abbildung 76: Wassertiefenverteilung in einem pessimalen Furtbereich der Möll auf Höhe Semslach bei Flusskilometer 21,94 für unterschiedliche Abflüsse (die Darstellung zeigt die Wassertiefen farblich abgestuft: Tiefen unter 20 cm in Rot, unter 25 cm in Orange, unter 30 cm in Gelb sowie Tiefen ab 30 cm in abgestuften Blautönen).

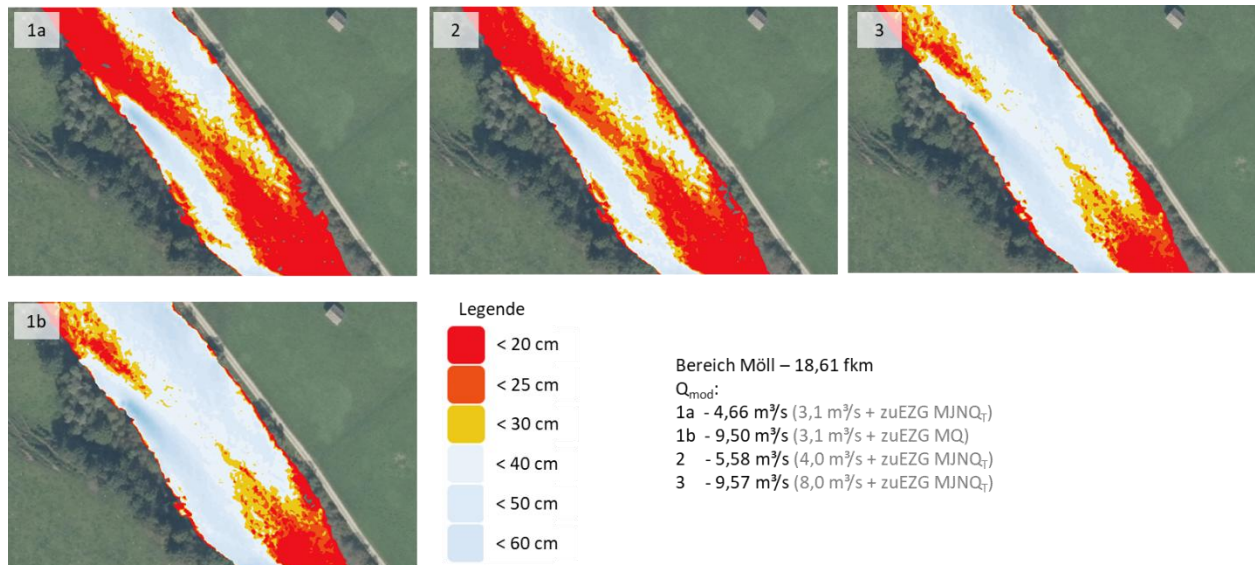


Abbildung 77: Wassertiefenverteilung in einem pessimalen Furtbereich der Möll flussab Obervellach bei Flusskilometer 18,61 für unterschiedliche Abflüsse (die Darstellung zeigt die Wassertiefen farblich abgestuft: Tiefen unter 20 cm in Rot, unter 25 cm in Orange, unter 30 cm in Gelb sowie Tiefen ab 30 cm in abgestuften Blautönen).

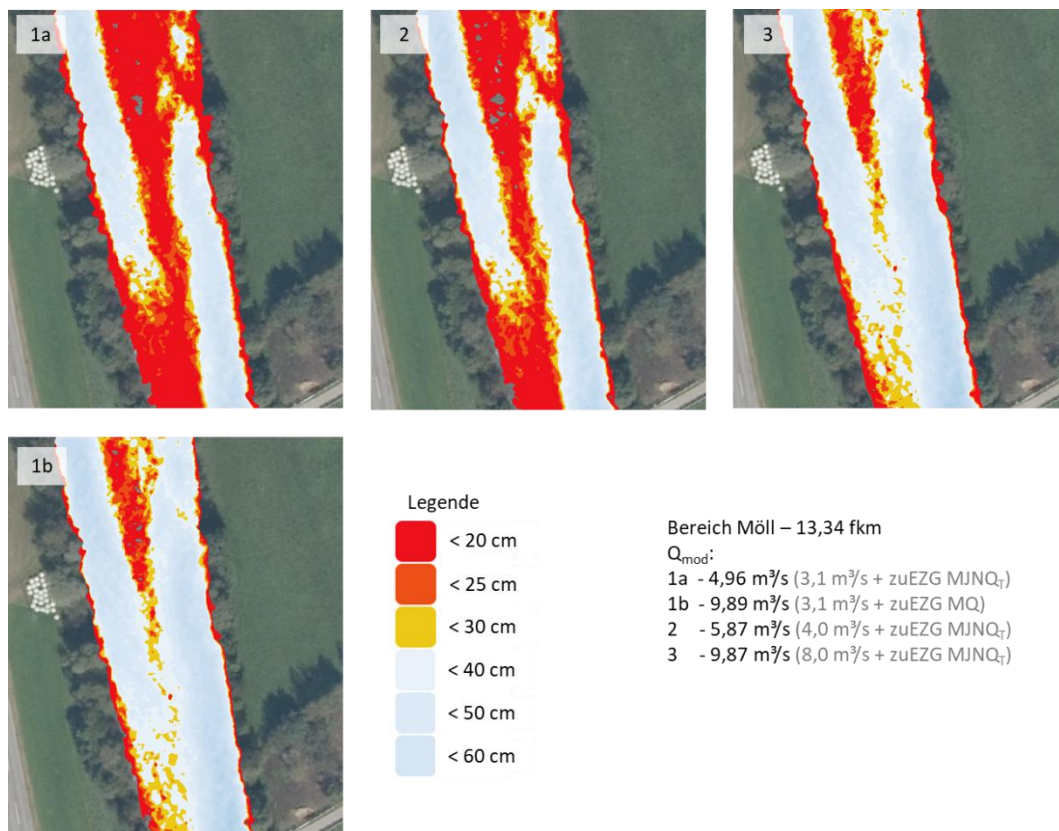


Abbildung 78: Wassertiefenverteilung in einem pessimalen Furtbereich der Möll bei Penk bei Flusskilometer 13,34 für unterschiedliche Abflüsse (die Darstellung zeigt die Wassertiefen farblich abgestuft: Tiefen unter 20 cm in Rot, unter 25 cm in Orange, unter 30 cm in Gelb sowie Tiefen ab 30 cm in abgestuften Blautönen).

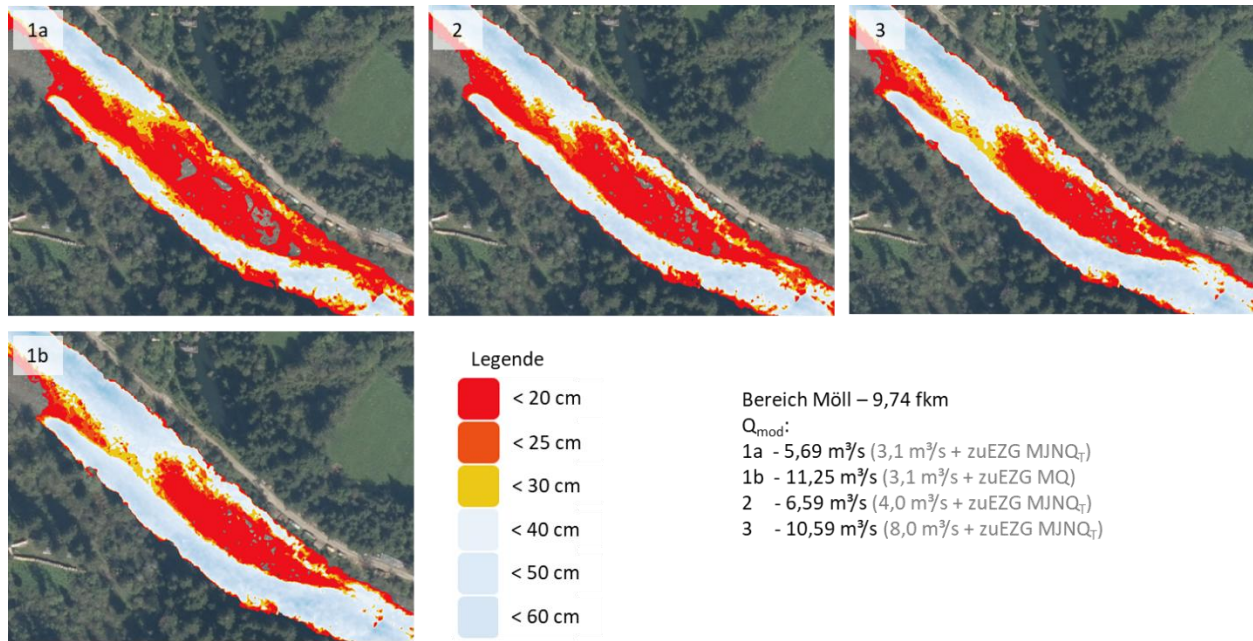


Abbildung 79: Wassertiefenverteilung in einem pessimalen Furtbereich der Möll flussauf Oberkolbnitz bei Flusskilometer 9,74 für unterschiedliche Abflüsse (die Darstellung zeigt die Wassertiefen farblich abgestuft: Tiefen unter 20 cm in Rot, unter 25 cm in Orange, unter 30 cm in Gelb sowie Tiefen ab 30 cm in abgestuften Blautönen).

Die gemäß Qualitätszielverordnung (QZV) für die Fischregion Hyporhithral mit Huchenvorkommen geforderte durchschnittliche Mindestdiefe des Talwegs von 40 cm wird bei einem Abfluss von 4 m³/s am KW Gössnitz zuzüglich des mittleren Niederwasserabflusses (MJNQ_T) aus dem Zwischeneinzugsgebiet (Zw.EZG) über den gesamten Restwasserabschnitt eingehalten. Auch die in der QZV verankerten Mindestanforderungen an die Fließgeschwindigkeit im Wanderkorridor, welche für die rheotaktische Orientierung wandernder Fisch notwendig sind, werden unter diesen Abflussbedingungen erfüllt.

10.1.2 Schwall

Mit Hilfe der numerischen Modelle über ein großes Abflussspektrum konnten für den gesamten Untersuchungsabschnitt (von KW Gössnitz bis Speichersee Rottau) die benetzten Breiten bei unterschiedlichen Abflüssen abgeleitet und die trockenfallenden Sohlflächen quantifiziert werden. Dabei wurde für jedes Profil entlang der gesamten Untersuchungsstrecke in 25 m Abständen ein individueller linearer Zusammenhang zwischen den Abflüssen (Q) und den benetzten Breiten verfolgt. Jedes Profil verfügt über mehrere Stützpunkte für die modellierten Abflüsse (Q) und die Breitenbeziehungen sowie die Steigungen der linearen Zusammenhänge zwischen den einzelnen Stützpunkten. Ausgehend von einer Zieldotation, die durch das Schwallrouting bereitgestellt wird, wird eine, Wenn/Dann-Beziehung angewendet, um den jeweiligen Bereich zwischen den Stützpunkten mit dem entsprechenden linearen Modell zur Berechnung der Breite zu bestimmen.

Die Abflussentwicklung erfolgt auf der Basis von drei unterschiedlichen Basisabflüssen sowie zwei Schwallabflüssen (25 m³/s und 50 m³/s). Dadurch erhält man für jedes Profil im Längsverlauf der Untersuchungsstrecke den jeweiligen Basisabfluss und den darauf gesetzten Schwallabfluss (siehe Schwallrouting). Die zugehörigen benetzten Breiten und die Differenzberechnung (Breite bei Schwall minus Breite bei Basisabfluss) ergeben die trockenfallende Breite.

In den folgenden Abbildungen sind die relativen und absoluten Differenzen dargestellt. Die dargestellten Ergebnisse umfassen (1) den Anteil des trockenfallenden Habitats, bezogen auf die Wasserbenetzung bei Schwall Schwall 1 (25 m³/s) und 2 (50 m³/s) und unterschiedlichen Basisabflüsse (gering, mittel, hoch), sowie (2) die Breitendifferenz (absolut, in Meter), wobei jeweils Min-, Max- und Mittelwerte sowohl für den oberen als auch den unteren Bereich der Streckenhälften angegeben werden.

Tabelle 16: Anteil des trockenfallenden Habitats (relativ) bezogen auf die Benetzung bei Schwall 1 und 2 (25 und 50 m³/s), für die jeweiligen Basisabflüsse (gering, mittel, hoch), geteilt in zwei Streckenaschnitten (oben, unten).

		BA_gering		BA_mittel		BA_hoch	
		oben	unten	oben	unten	oben	unten
S1 (25)	max	0,77	0,56	0,69	0,51	0,43	0,38
	min	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00
	mean	0,19	0,19	0,13	0,11	0,08	0,07
S2 (50)	max	0,79	0,64	0,71	0,61	0,63	0,55
	min	0,05	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00
	mean	0,23	0,24	0,17	0,16	0,12	0,12

Tabelle 17: Breitendifferenz (absolut) bei Schwall 1 und 2 (25 und 50 m³/s) abzüglich der jeweiligen Basisabflüsse (gering, mittel, hoch), geteilt in zwei Streckenasbschnitten (oben, unten).

		BA_gering		BA_mittel		BA_hoch	
		oben	unten	oben	unten	oben	unten
S1 (25)	max	25,5	23,8	22,9	18,9	22,6	19,3
	min	0,9	0,9	0,4	0,5	0,3	0,1
	mean	5,6	6,1	3,8	3,7	2,3	2,4
S2 (50)	max	49,2	38,9	49,4	37,8	49,4	38,6
	min	1,3	1,2	0,7	0,6	0,3	0,1
	mean	7,2	8,2	5,4	5,8	4,0	4,5

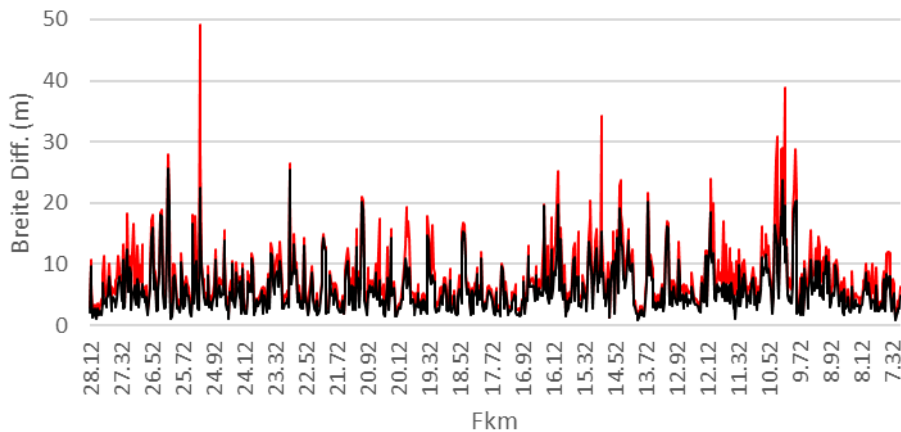


Abbildung 80: Breitendifferenz bzw. trockenfallendes Habitat im Längsverlauf der Untersuchungsstrecke von Schwall 1 (25m³/s, in schwarz) und Schwall 2 (50 m³/s, in rot) auf den geringen Basisabfluss.

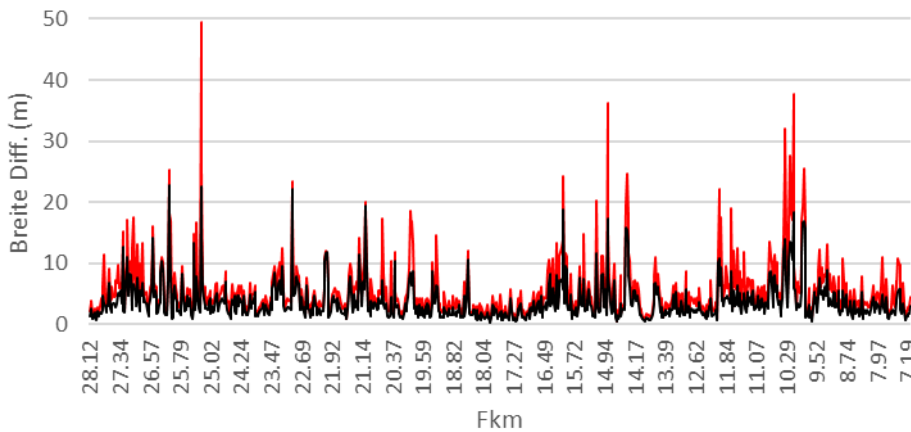


Abbildung 81: Breitendifferenz bzw. trockenfallendes Habitat im Längsverlauf der Untersuchungsstrecke von Schwall 1 (25m³/s, in schwarz) und Schwall 2 (50 m³/s, in rot) auf den mittleren Basisabfluss.

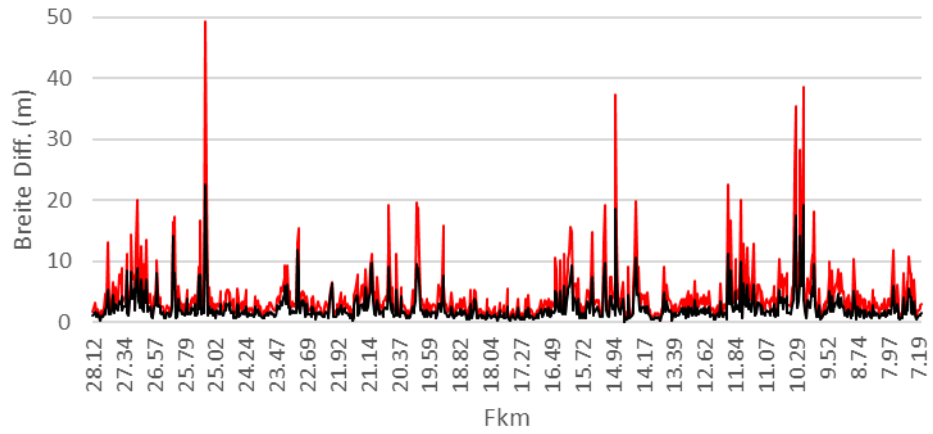


Abbildung 82: Breitendifferenz bzw. trockenfallendes Habitat im Längsverlauf der Untersuchungsstrecke von Schwall 1 ($25\text{m}^3/\text{s}$, in schwarz) und Schwall 2 ($50\text{ m}^3/\text{s}$, in rot) auf den hohen Basisabfluss.

10.2 Maximale Schwallintensität im Regelbetrieb

10.2.1 Bezug Minutenwerte



Abbildung 83: Maximale tägliche Durchflussänderung in m^3/s pro Minute (Anstieg: türkis, Rückgang: rot, gestrichelt: 95. Perzentil) basierend auf der Durchflussganglinie in Minutenauflösung für die Kraftwerke Außerfragant (oben) und Gößnitz (unten) im Zeitraum Jänner bis März 2015 (links) und 2024 (rechts).

Abbildung 83 zeigt, dass die Kraftwerke Gößnitz und Außerfragant hinsichtlich maximaler Durchflussänderung im Regelbetrieb sehr ähnlich betrieben werden. Auch die Verhältnisse der beiden Jahre stimmen im Wesentlichen überein. Die regelmäßig erreichte Schwallintensität ($I_{\text{max-RB-1min}}$) liegt bezüglich Schwallrate bei $7 \text{ (m}^3/\text{s)/min}$, die Sunkrate in der Größenordnung von $10 \text{ (m}^3/\text{s)/min}$. Daraus ergibt sich eine Anfahrtszeit von 0 auf 100% von 3,9 Minuten (Gößnitz)

bzw. 3,3 Minuten (Außerfragant). Die Abstellzeit 100 auf 0% liegt bei 2,7 Minuten (Gößnitz) bzw. 2,3 Minuten (Außerfragant).

Abbildung 83 zeigt, dass die Kraftwerke Gößnitz und Außerfragant im Hinblick auf die maximalen Durchflussänderungen im Regelbetrieb sehr ähnlich betrieben werden. Auch die Verhältnisse zwischen den betrachteten Jahren stimmen weitgehend überein. Die regelmäßig erreichte Schwallintensität ($I_{\max-RB-1min}$) liegen in der Größenordnung von 7 m³/s pro Minute im Anstieg (Schwallrate) und rund 10 m³/s pro Minute im Rückgang (Sunkrate). Daraus ergeben sich Anfahrtszeiten von 0 auf 100 % von 3,9 Minuten für Gößnitz bzw. 3,3 Minuten für Außerfragant. Die Abstellzeiten von 100 auf 0 % betragen 2,7 Minuten (Gößnitz) bzw. 2,3 Minuten (Außerfragant).

Da der Aufwand für die energiewirtschaftliche Bewertung erheblich steigt, wenn Schwall- und Sunkraten mit unterschiedlichen Intensitäten separat betrachtet werden, und die Werte im Regelbetrieb in etwa gleich hoch ausfallen, wird Szenario F für beide Kraftwerke einheitlich mit einer Schwall- und Sunkrate von 7,7 m³/s pro Minute festgelegt. Daraus ergeben sich An- bzw. Abstellzeiten von 3,5 Minuten für das Kraftwerk Gößnitz und 3 Minuten für das Kraftwerk Außerfragant. Die damit verbundenen Unschärfen können im Hinblick auf das Ziel, die Größenordnung der energiewirtschaftlichen Auswirkungen einzelner Maßnahmen abzuschätzen, in Kauf genommen werden.

10.2.2 Bezug 15-Minuten-Mittelwerte

Die Interpretation der 15-Minuten-Mittelwerte im Rahmen des hydrologisch/empirischen Routings untermauert die Vorgehensweise, Szenario F sowohl für Schwall- als auch für Sunkereignisse sowie für beide Kraftwerke einheitlich zu definieren (Kapitel 10.2.1).

Die maximale Schwall- und Sunkrate der assoziierten Ereignisse liegt für beide Kraftwerke bei Station 1 in der Größenordnung von 20 (m³/s)/15min (MAFR, S1-S2 – X-Achse; KW Gößnitz: Abbildung 86, Abbildung 87; KW Außerfragant: Abbildung 92, Abbildung 93).

Die maximale Amplitude liegt bei Station 1 jeweils in der Größenordnung des Ausbaudurchflusses von 23 bzw. 27 m³/s (AMP, S1-S2 – X-Achse; KW Gößnitz: Abbildung 86, Abbildung 87; KW Außerfragant: Abbildung 92, Abbildung 93). Szenario F wird in Bezug auf die Amplitude daher beim Ausbaudurchfluss definiert.

Nicht zuletzt belegt die vernachlässigbare jährliche Überschreitungshäufigkeit von Szenario F in Bezug auf sämtliche untersuchten Parameter, dass Szenario F bei beiden Kraftwerken der Größenordnung der maximalen Intensität im Regelbetrieb entspricht, die mit 15-Minuten-Mittelwerten erfassbar ist (KW Gößnitz: Tabelle 6 bis Tabelle 8; KW Außerfragant: Tabelle 10 bis Tabelle 12).

10.3KW Gößnitz, HydroRoute

Tabelle 18: KW Gößnitz – Relation

ID	Type	Station	km	LAG
901019	Turbine	S1	0,01	00:00
213124	Gauge	S2	3,95	00:30
301017	Gauge	S3	9,43	01:30
212399	Gauge	S4	20,18	02:45
212407	Gauge	S5	27,43	04:00

(km: Entfernung zur Schwalleinleitung in Kilometer)

Tabelle 19: KW Gößnitz – Initial value Routing

Station	Metric	Value	Name
S1	AMP	27,0	Q_max
S1	AMP	20,3	Q_0.75
S1	AMP	13,5	Q_0.5
S1	AMP	6,8	Q_0.25
S1	AMP	3,4	Q_0.125
S1	MAFR	20,0	Q_max
S1	MAFR	15,0	Q_0.75
S1	MAFR	10,0	Q_0.5
S1	MAFR	5,0	Q_0.25
S1	MAFR	2,5	Q_0.125
S1	MEFR	20,0	Q_max
S1	MEFR	15,0	Q_0.75
S1	MEFR	10,0	Q_0.5
S1	MEFR	5,0	Q_0.25
S1	MEFR	2,5	Q_0.125
S1	DUR	1,0	N
S2	RATIO		Max

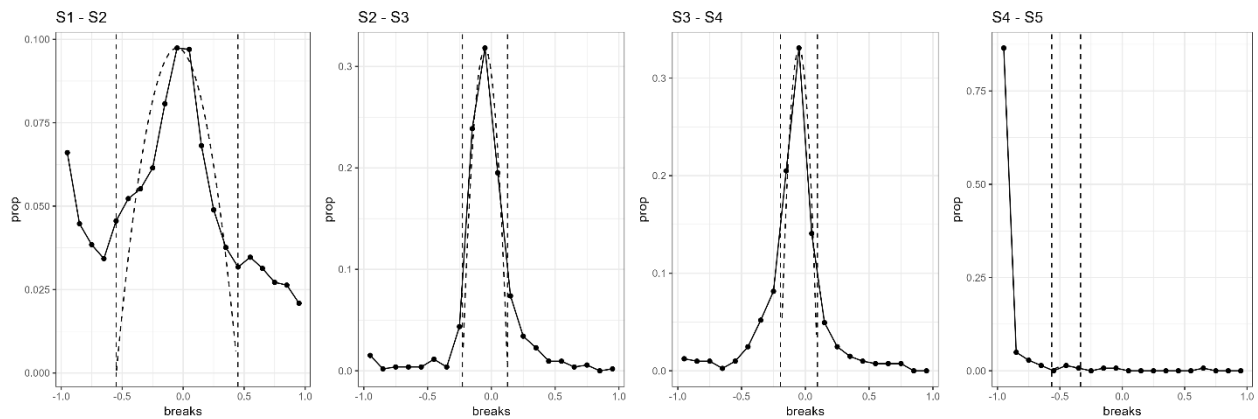


Abbildung 84: KW Gößnitz – Thresholdplot/increase events (S1-S2 – Zusammenhang klar ersichtlich, aber hohe Streuung im Zusammenhang mit unzureichender Zeitreihenauflösung; S4-S5 – kein eindeutiger Zusammenhang feststellbar)

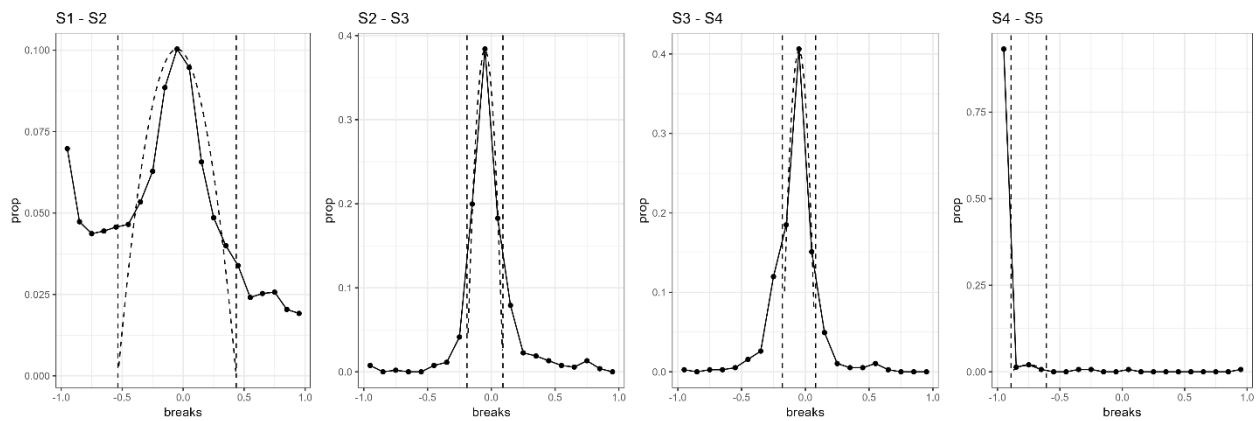


Abbildung 85: KW Gößnitz – Thresholdplot/decrease events (S1-S2 – Zusammenhang klar ersichtlich, aber hohe Streuung im Zusammenhang mit unzureichender Zeitreihenauflösung; S4-S5 – kein eindeutiger Zusammenhang feststellbar)

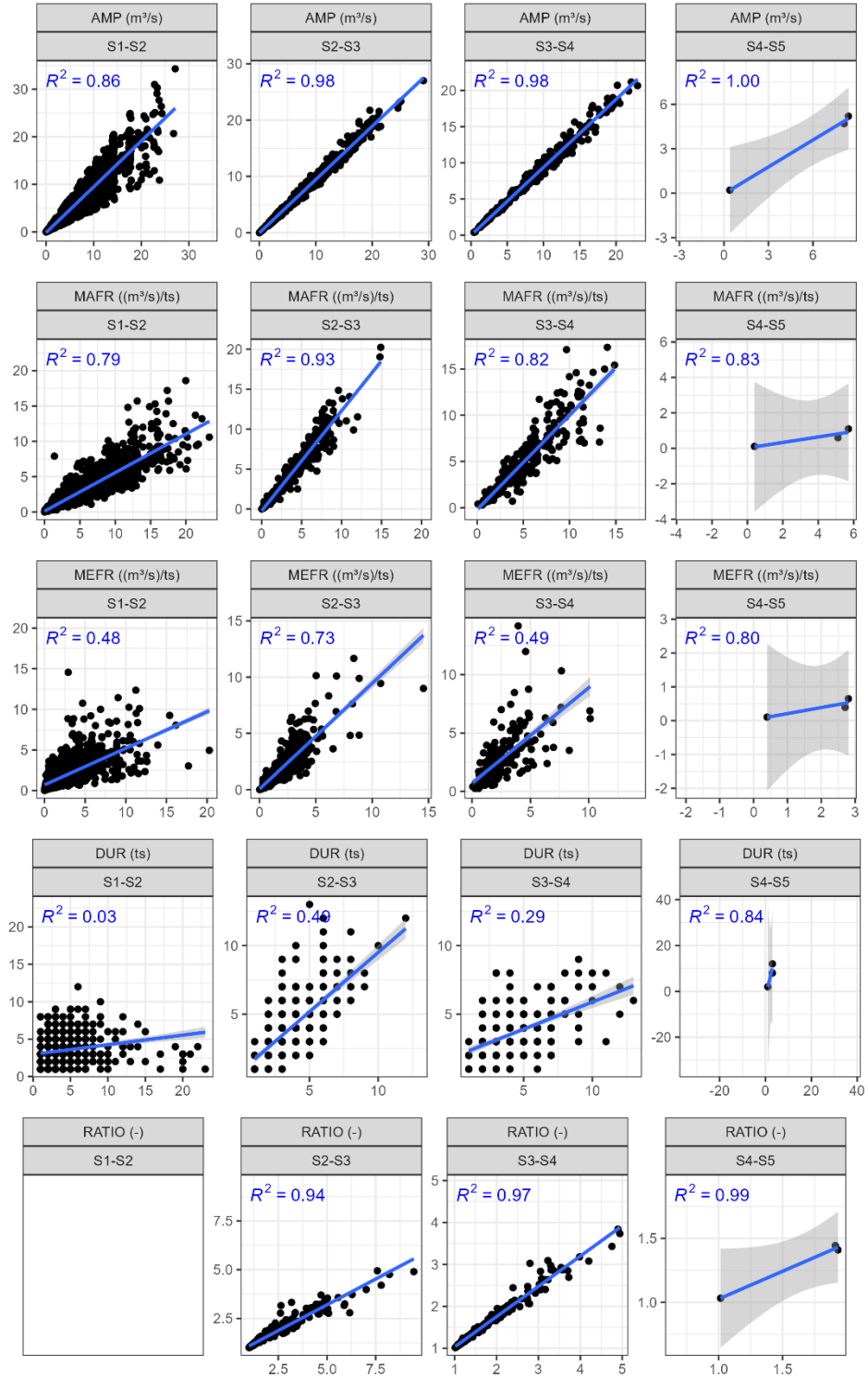


Abbildung 86: KW Gößnitz – Scatterplot/increase events (S4-S5 – Anzahl assoziierter Ereignisse zu gering)

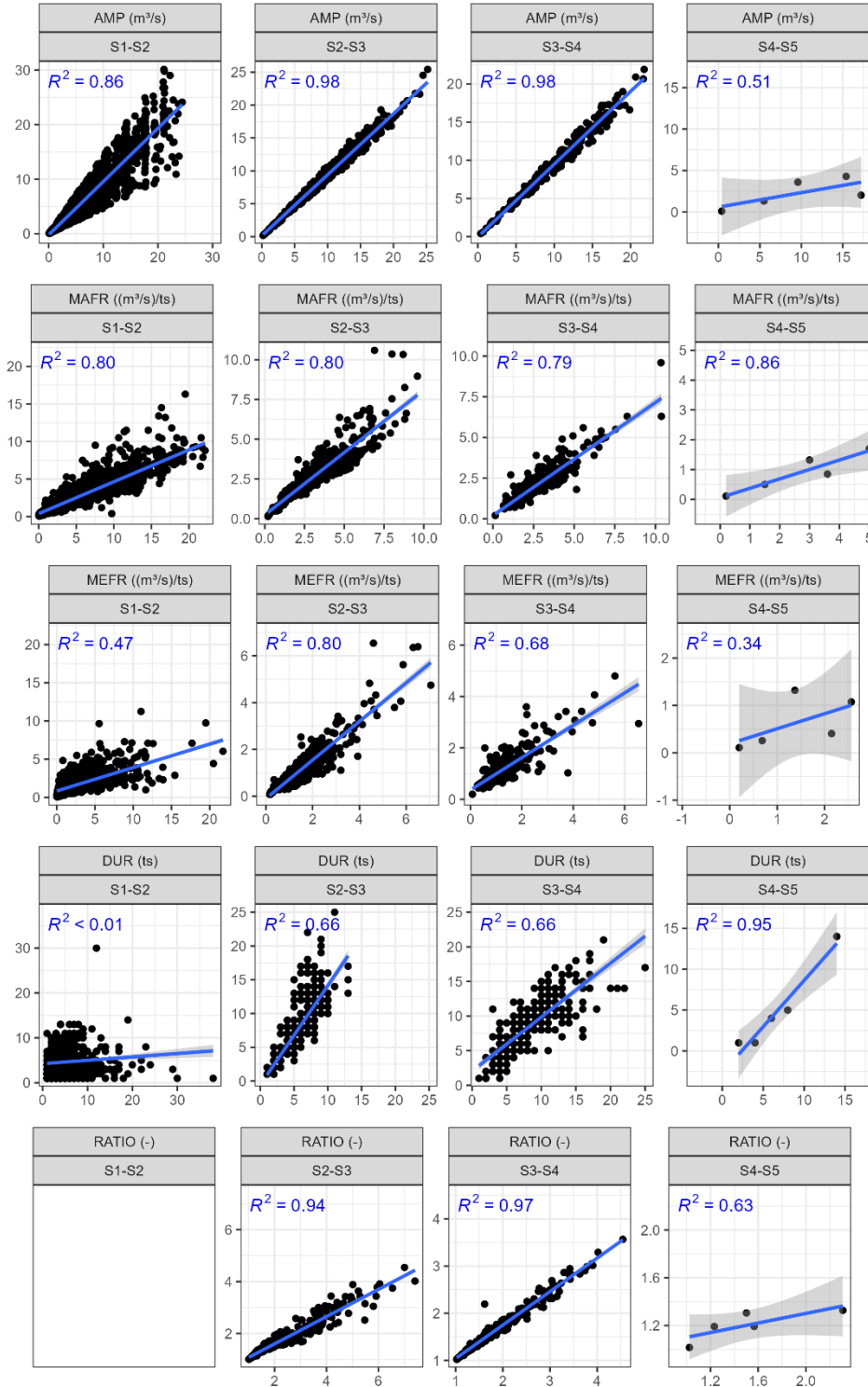


Abbildung 87: KW Gößnitz – Scatterplot/decrease events (S4-S5 – Anzahl assoziierter Ereignisse zu gering)

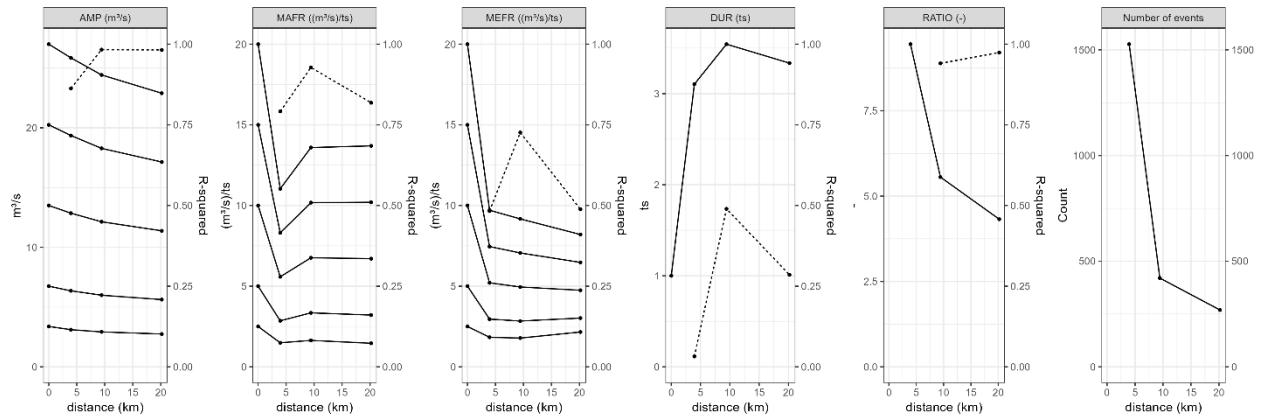


Abbildung 88: KW Gößnitz – Predictionplot/increase events (MAFR bei Pegel Flattach (km 3,95) aufgrund zu geringer Zeitreihenauflösung unplausibel)

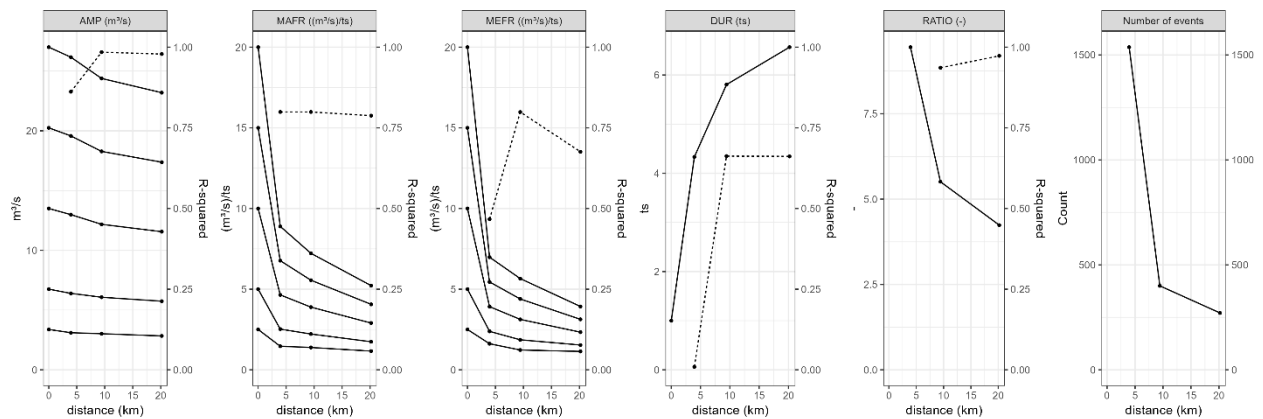


Abbildung 89: KW Gößnitz – Predictionplot/decrease events

Tabelle 20: KW Gößnitz – Models/increase events (flussab Pegel Kolbnitz (S4-S5) – Anzahl assoziierter Ereignisse zu gering)

station.x	station.y	metric	type	formula	(Intercept)	x	n	r2
S1	S2	amp	lm	y ~ x	-0,14	0,96	1527	0,86
S2	S3	amp	lm	y ~ x	-0,02	0,95	420	0,98
S3	S4	amp	lm	y ~ x	0,01	0,94	269	0,98
S4	S5	amp	lm	y ~ x	-0,04	0,60	3	1,00
S1	S2	dur	lm	y ~ x	2,98	0,13	1527	0,03
S2	S3	dur	lm	y ~ x	0,86	0,86	420	0,49
S3	S4	dur	lm	y ~ x	1,93	0,40	269	0,29
S4	S5	dur	lm	y ~ x	-2,00	4,00	3	0,84
S1	S2	mafr	lm	y ~ x	0,13	0,55	1527	0,79
S2	S3	mafr	lm	y ~ x	-0,23	1,25	420	0,93
S3	S4	mafr	lm	y ~ x	-0,22	1,02	269	0,82
S4	S5	mafr	lm	y ~ x	0,02	0,16	3	0,83
S1	S2	mefr	lm	y ~ x	0,71	0,45	1527	0,48
S2	S3	mefr	lm	y ~ x	0,06	0,94	420	0,73
S3	S4	mefr	lm	y ~ x	0,70	0,82	269	0,49
S4	S5	mefr	lm	y ~ x	0,03	0,18	3	0,80
S2	S3	ratio	lm	y ~ x	0,55	0,53	420	0,94
S3	S4	ratio	lm	y ~ x	0,31	0,72	269	0,97
S4	S5	ratio	lm	y ~ x	0,59	0,43	3	0,99

Tabelle 21: KW Gößnitz – Models/decrease events (flussab Pegel Kolbnitz (S4-S5) – Anzahl assoziierter Ereignisse zu gering)

station.x	station.y	metric	type	formula	(Intercept)	x	n	r2
S1	S2	amp	lm	y ~ x	-0,19	0,98	1537	0,86
S2	S3	amp	lm	y ~ x	0,14	0,93	400	0,98
S3	S4	amp	lm	y ~ x	-0,04	0,95	271	0,98
S4	S5	amp	lm	y ~ x	0,59	0,17	5	0,51
S1	S2	dur	lm	y ~ x	4,26	0,08	1537	0,01
S2	S3	dur	lm	y ~ x	-0,57	1,47	400	0,66
S3	S4	dur	lm	y ~ x	2,04	0,78	271	0,66
S4	S5	dur	lm	y ~ x	-2,70	1,13	5	0,95
S1	S2	mafr	lm	y ~ x	0,40	0,42	1537	0,80
S2	S3	mafr	lm	y ~ x	0,24	0,79	400	0,80
S3	S4	mafr	lm	y ~ x	0,20	0,70	271	0,79
S4	S5	mafr	lm	y ~ x	0,06	0,32	5	0,86
S1	S2	mefr	lm	y ~ x	0,85	0,31	1537	0,47
S2	S3	mefr	lm	y ~ x	-0,11	0,83	400	0,80
S3	S4	mefr	lm	y ~ x	0,37	0,63	271	0,68
S4	S5	mefr	lm	y ~ x	0,19	0,32	5	0,34
S2	S3	ratio	lm	y ~ x	0,55	0,52	400	0,94
S3	S4	ratio	lm	y ~ x	0,33	0,71	271	0,97
S4	S5	ratio	lm	y ~ x	0,90	0,20	5	0,63

10.4KW Außerfragant, HydroRoute

Tabelle 22: KW Außerfragant – Relation

ID	Type	Station	fkm	LAG
901020	Turbine	S1	0,01	00:00
213124	Gauge	S2	2,55	00:30
301017	Gauge	S3	8,03	01:30
212399	Gauge	S4	18,78	02:45
212407	Gauge	S5	26,03	04:00

(km: Entfernung zur Schwall-Einleitung in Kilometer)

Tabelle 23: KW Außerfragant – Initial value Routing

Station	Metric	Value	Name
S1	AMP	23,0	Q_max
S1	AMP	17,3	Q_0.75
S1	AMP	11,5	Q_0.5
S1	AMP	5,8	Q_0.25
S1	AMP	2,9	Q_0.125
S1	MAFR	20,0	Q_max
S1	MAFR	17,3	Q_0.75
S1	MAFR	11,5	Q_0.5
S1	MAFR	5,8	Q_0.25
S1	MAFR	2,9	Q_0.125
S1	MEFR	20,0	Q_max
S1	MEFR	17,3	Q_0.75
S1	MEFR	11,5	Q_0.5
S1	MEFR	5,8	Q_0.25
S1	MEFR	2,9	Q_0.125
S1	DUR	1,0	N
S2	RATIO		Max

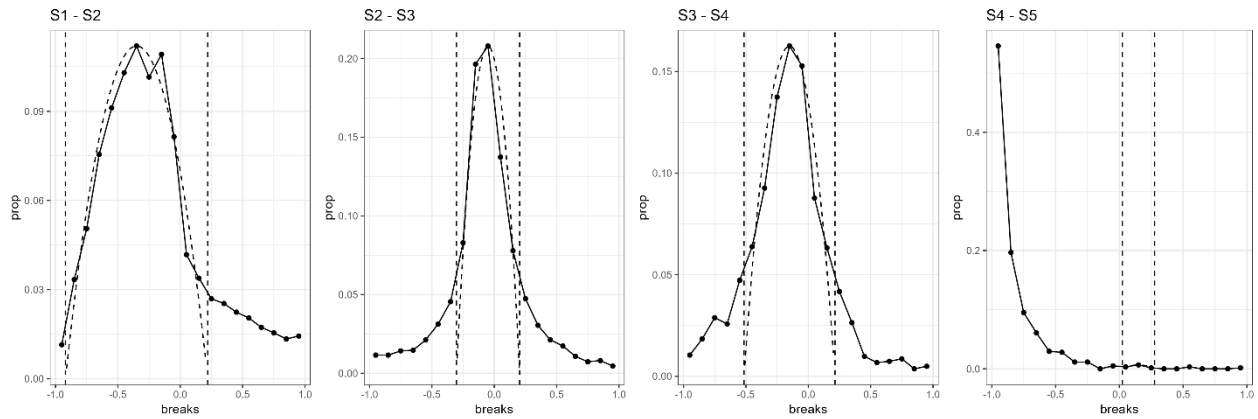


Abbildung 90: KW Außerfragant – Thresholdplot/increase events (S1-S2 – Zusammenhang klar ersichtlich, aber hohe Streuung im Zusammenhang mit unzureichender Zeitreihenauflösung; S4-S5 – kein eindeutiger Zusammenhang feststellbar)

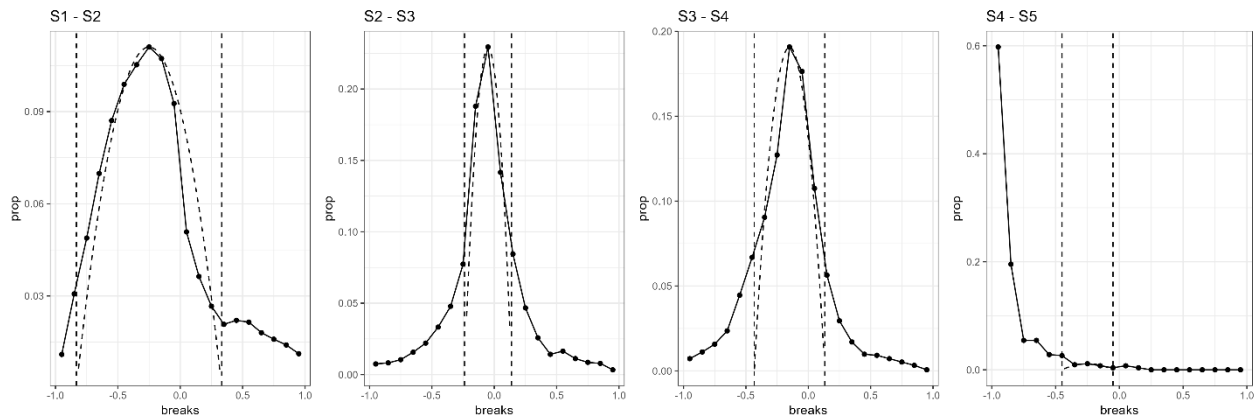


Abbildung 91: KW Außerfragant – Thresholdplot/decrease events (S1-S2 – Zusammenhang klar ersichtlich, aber hohe Streuung im Zusammenhang mit unzureichender Zeitreihenauflösung; S4-S5 – kein eindeutiger Zusammenhang feststellbar)

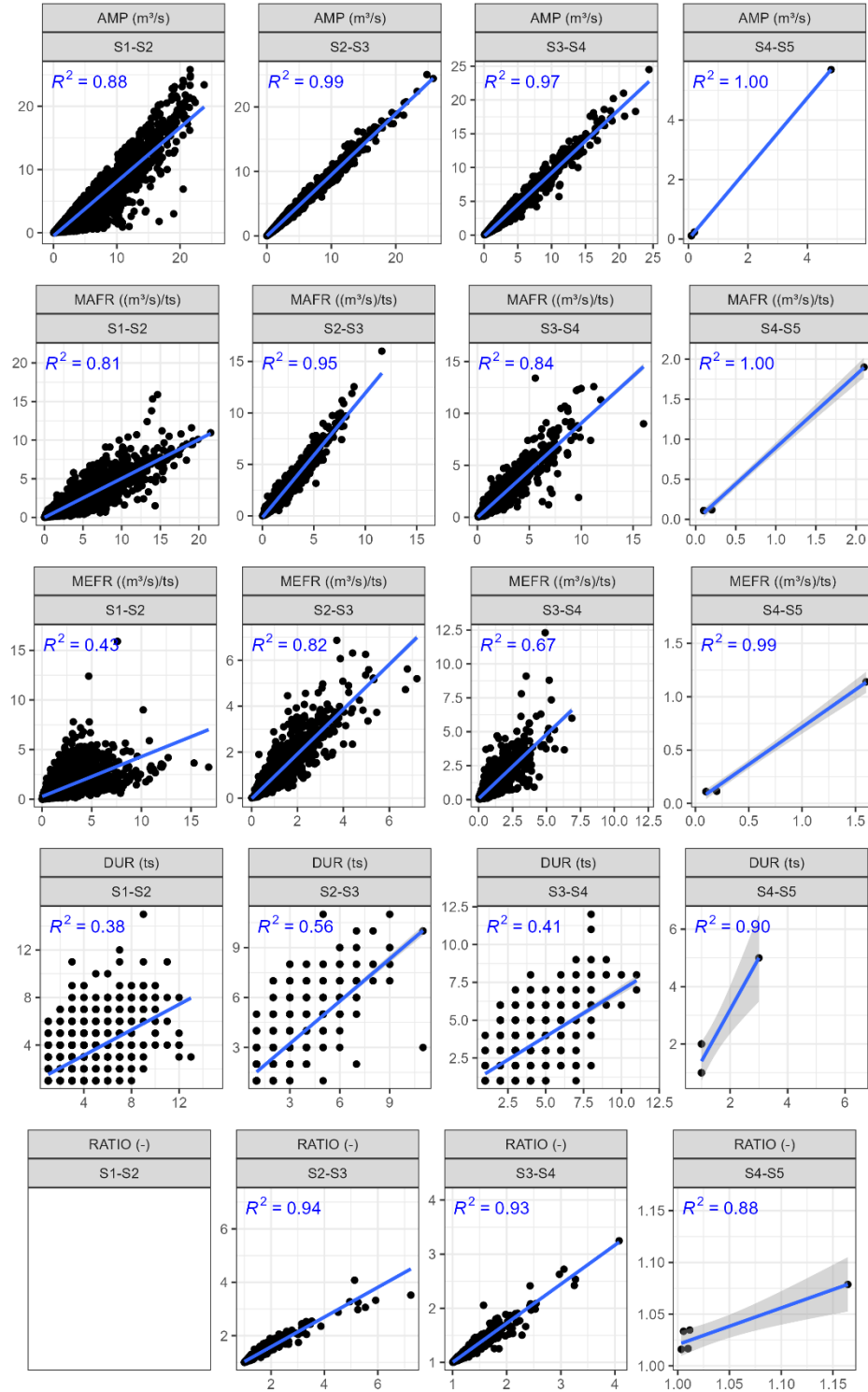


Abbildung 92 KW Außerfragant – Scatterplot/increase events (S4-S5 – Anzahl assoziierter Ereignisse zu gering)

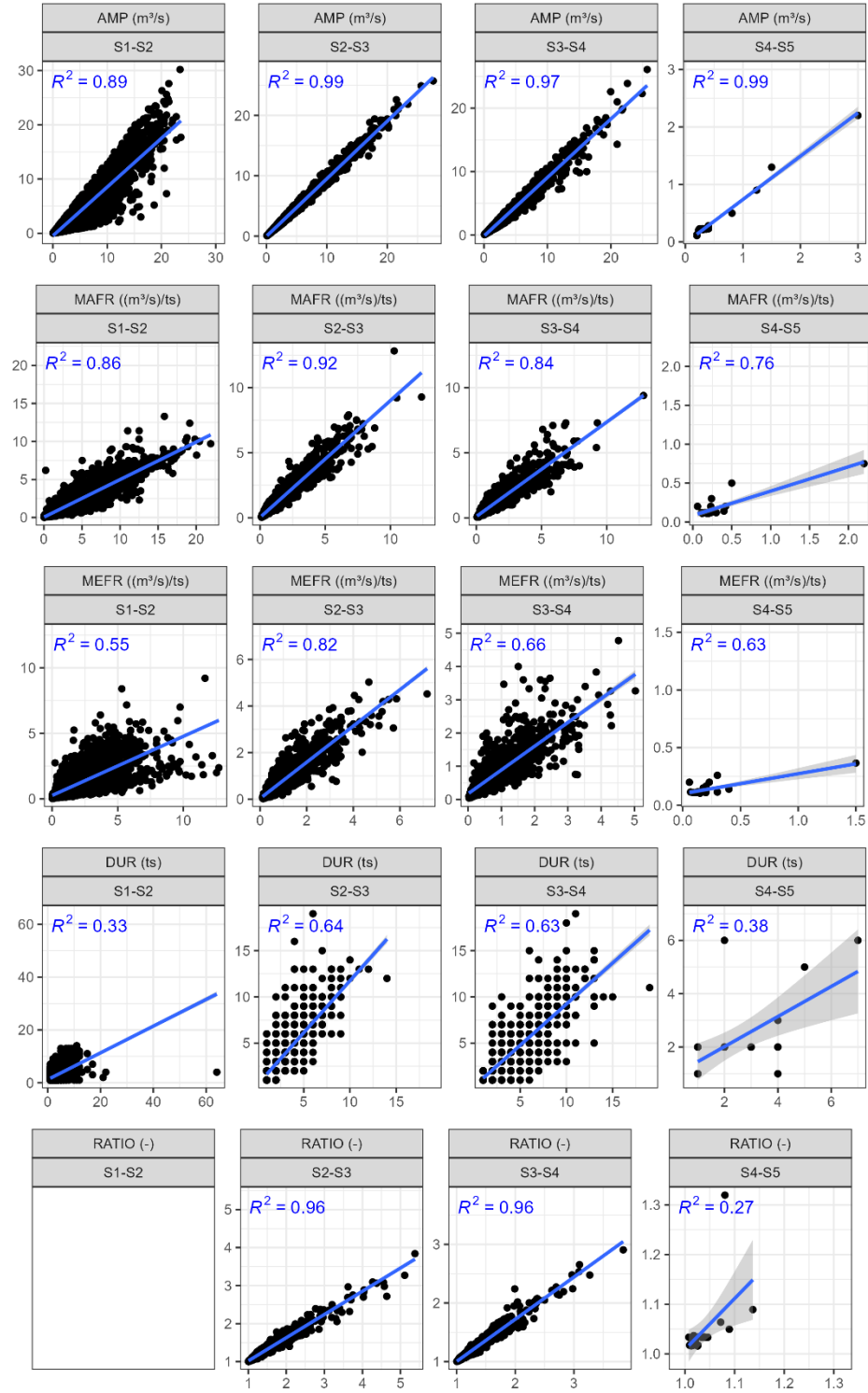


Abbildung 93 KW Außerfragant – Scatterplot/decrease events (S4-S5 – Anzahl assoziierter Ereignisse zu gering)

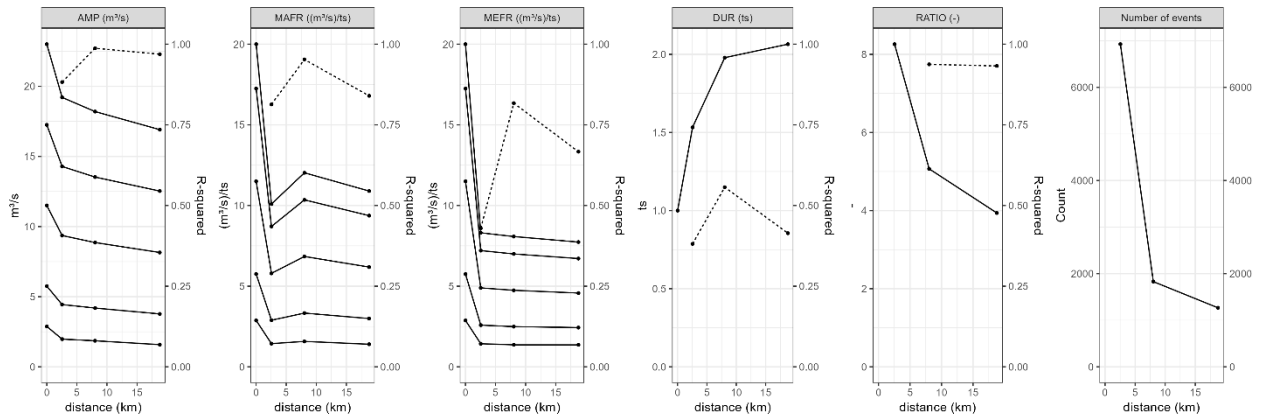


Abbildung 94 KW Außerfragant – Predictionplot/increase events (MAFR bei Pegel Flattach (km 2,55) aufgrund zu geringer Zeitreihenauflösung unplausibel)

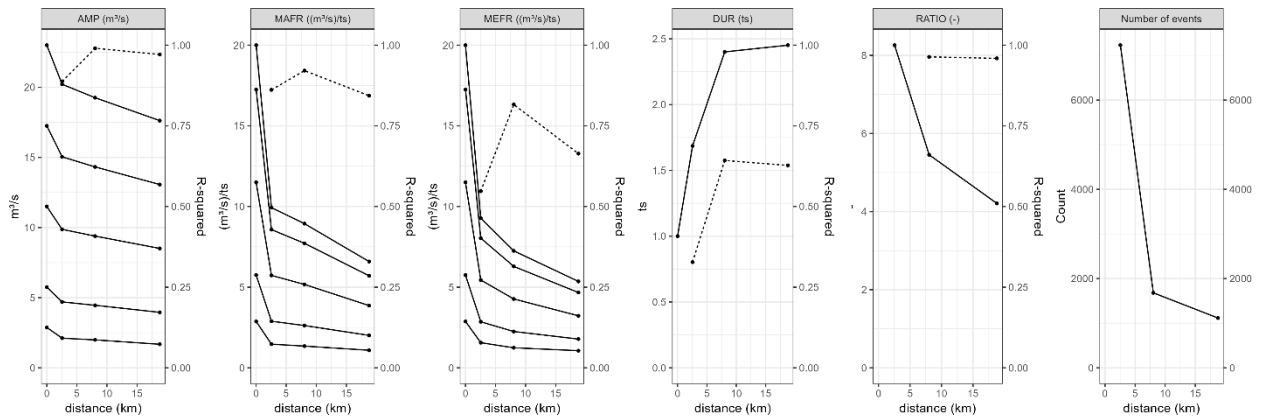


Abbildung 95 KW Außerfragant – Predictionplot/decrease events (MAFR bei Pegel Flattach (km 2,55) aufgrund zu geringer Zeitreihenauflösung unplausibel)

Tabelle 24 KW Außerfragant – Models/increase events (flussab Pegel Kolbnitz (S4-S5) – Anzahl assoziierter Ereignisse zu gering)

station.x	station.y	metric	type	formula	(Intercept)	x	n	r2
S1	S2	amp	lm	y ~ x	-0,49	0,86	6927	0,88
S2	S3	amp	lm	y ~ x	-0,02	0,95	1829	0,99
S3	S4	amp	lm	y ~ x	-0,16	0,94	1267	0,97
S4	S5	amp	lm	y ~ x	-0,01	1,19	6	1,00
S1	S2	dur	lm	y ~ x	1,00	0,54	6927	0,38
S2	S3	dur	lm	y ~ x	0,68	0,85	1829	0,56
S3	S4	dur	lm	y ~ x	0,85	0,62	1267	0,41
S4	S5	dur	lm	y ~ x	-0,40	1,80	6	0,90
S1	S2	mafr	lm	y ~ x	-0,02	0,51	6927	0,81
S2	S3	mafr	lm	y ~ x	-0,16	1,21	1829	0,95
S3	S4	mafr	lm	y ~ x	-0,03	0,91	1267	0,84
S4	S5	mafr	lm	y ~ x	-0,01	0,91	6	1,00
S1	S2	mefr	lm	y ~ x	0,28	0,40	6927	0,43
S2	S3	mefr	lm	y ~ x	-0,03	0,98	1829	0,82
S3	S4	mefr	lm	y ~ x	0,07	0,95	1267	0,67
S4	S5	mefr	lm	y ~ x	0,02	0,70	6	0,99
S2	S3	ratio	lm	y ~ x	0,47	0,56	1829	0,94
S3	S4	ratio	lm	y ~ x	0,28	0,72	1267	0,93
S4	S5	ratio	lm	y ~ x	0,67	0,35	6	0,88

Tabelle 25: KW Außerfragant – Models/decrease events (flussab Pegel Kolbnitz (S4-S5) – Anzahl assoziierter Ereignisse zu gering)

station.x	station.y	metric	type	formula	(Intercept)	x	n	r2
S1	S2	amp	lm	y ~ x	-0,47	0,90	7229	0,89
S2	S3	amp	lm	y ~ x	-0,03	0,95	1680	0,99
S3	S4	amp	lm	y ~ x	-0,16	0,92	1116	0,97
S4	S5	amp	lm	y ~ x	-0,02	0,75	23	0,99
S1	S2	dur	lm	y ~ x	1,18	0,51	7229	0,33
S2	S3	dur	lm	y ~ x	0,50	1,12	1680	0,64
S3	S4	dur	lm	y ~ x	0,31	0,89	1116	0,63
S4	S5	dur	lm	y ~ x	0,89	0,56	23	0,38
S1	S2	mafr	lm	y ~ x	0,05	0,49	7229	0,86
S2	S3	mafr	lm	y ~ x	0,03	0,90	1680	0,92
S3	S4	mafr	lm	y ~ x	0,11	0,72	1116	0,84
S4	S5	mafr	lm	y ~ x	0,08	0,31	23	0,76
S1	S2	mefr	lm	y ~ x	0,26	0,45	7229	0,55
S2	S3	mefr	lm	y ~ x	0,03	0,78	1680	0,82
S3	S4	mefr	lm	y ~ x	0,17	0,71	1116	0,66
S4	S5	mefr	lm	y ~ x	0,10	0,17	23	0,63
S2	S3	ratio	lm	y ~ x	0,41	0,61	1680	0,96
S3	S4	ratio	lm	y ~ x	0,28	0,72	1116	0,96
S4	S5	ratio	lm	y ~ x	-0,02	1,03	23	0,27

10.5KW Gößnitz, Anpassung abflussbezogener Retentionskurven

Die Kurvenanpassung für die abflussbezogenen Retentionskurven erfolgt anhand von Formel 1 (4-parametrische logistische Funktion, Kapitel 5.2.3.1). Im Fall der Retentionskurven entspricht x der Entfernung zur Schwallenleitestelle in Flusskilometern. Die Koeffizienten werden in Tabelle 26 bis Tabelle 28 zusammengefasst.

Tabelle 26: KW Gößnitz – Koeffizienten der Retentionskurven der Sunkrate (Formel 1, Abbildung 30)

Wirkungsszenario	Koeffizient A	Koeffizient B	Koeffizient C	Koeffizient D
F	21,70	0,47	1,90	0,00
E	16,37	0,46	1,93	0,00
D	11,04	0,43	1,97	0,00
C	5,76	0,35	2,09	0,00
B1	3,21	0,23	2,12	0,00
B2	1,76	0,11	2,11	0,19
B3	0,92	0,02	2,19	0,25

(Wirkungsszenario F-B3 – Kapitel 5.2.1)

Tabelle 27: KW Gößnitz – Koeffizienten der Retentionskurven der Schwallrate (Formel 1, Abbildung 31)

Wirkungsszenario	Koeffizient A	Koeffizient B	Koeffizient C	Koeffizient D
F	34,66	0,10	0,10	1,52
E	26,08	0,10	0,23	0,00
D	17,18	0,10	0,27	0,00
C	8,40	0,12	0,24	0,08
B1	2,55	0,51	9,83	0,70
B2	1,75	0,18	0,75	0,00
B3	0,60	1,35	9,29	0,01

(Wirkungsszenario F-B3 – Kapitel 5.2.1)

Tabelle 28: KW Gößnitz – Koeffizienten der Retentionskurven der Amplitude von Schwallereignissen (linear, Abbildung 32)

Wirkungsszenario	k	d
F	-0,20	26,72
E	-0,15	20,03
D	-0,10	13,33
C	-0,05	6,63
B1	-0,03	3,28
B2	-0,02	1,54
B3	-0,01	0,74

(Wirkungsszenario F-B3 – Kapitel 5.2.1)

10.6KW Außerfragant, Anpassung abflussbezogener Retentionskurven

Die Kurvenanpassung für die abflussbezogenen Retentionskurven erfolgt anhand von Formel 1 (4-parametrische logistische Funktion, Kapitel 5.2.3.1). Im Fall der Retentionskurven entspricht x der Entfernung zur Schwallenleitestelle in Flusskilometern. Die Koeffizienten werden in Tabelle 26 bis Tabelle 28 zusammengefasst.

Tabelle 29: KW Außerfragant – Koeffizienten der Retentionskurven der Sunkrate (Formel 1, Abbildung 30)

Wirkungsszenario	Koeffizient A	Koeffizient B	Koeffizient C	Koeffizient D
F	20,55	0,58	5,09	0,01
E	15,44	0,57	5,07	0,01
D	10,33	0,55	5,01	0,01
C	5,23	0,50	4,78	0,01
B1	2,75	0,39	3,78	0,01
B2	1,79	0,21	0,30	0,01
B3	0,90	0,18	0,37	0,01

(Wirkungsszenario F-B3 – Kapitel 5.2.1)

Tabelle 30: KW Außerfragant – Koeffizienten der Retentionskurven der Schwallrate (Formel 1, Abbildung 31)

Wirkungsszenario	Koeffizient A	Koeffizient B	Koeffizient C	Koeffizient D
F	25,36	0,21	4,95	0,00
E	19,04	0,21	4,70	0,00
D	12,70	0,22	4,30	0,00
C	6,31	0,23	3,67	0,00
B1	3,11	0,25	2,81	0,00
B2	1,48	0,29	1,40	0,00
B3	0,67	0,46	1,00	0,00

(Wirkungsszenario F-B3 – Kapitel 5.2.1)

Tabelle 31: KW Außerfragant – Koeffizienten der Retentionskurven der Amplitude von Schwallereignissen (linear, Abbildung 32)

Wirkungsszenario	k	d
F	-0,26	21,26
E	-0,20	15,89
D	-0,14	10,52
C	-0,08	5,15
B1	-0,05	2,47
B2	-0,04	1,07
B3	-0,03	0,43

(Wirkungsszenario F-B3 – Kapitel 5.2.1)

10.7KW Gößnitz, Wasserstandsbezogene Routingergebnisse

Zur einfacheren Verschneidung mit den Routingergebnissen weiterer Schwallenleitungen bezieht sich die Kilometrierung der X-Achsen der in diesem Kapitel angefügten Diagramme nicht auf die Entfernung zur Schwallenleitung, sondern auf die orographische Kilometrierung (Mündung des betrachteten Gewässers = fkm 0).

10.7.1KW Gößnitz, Szenario F

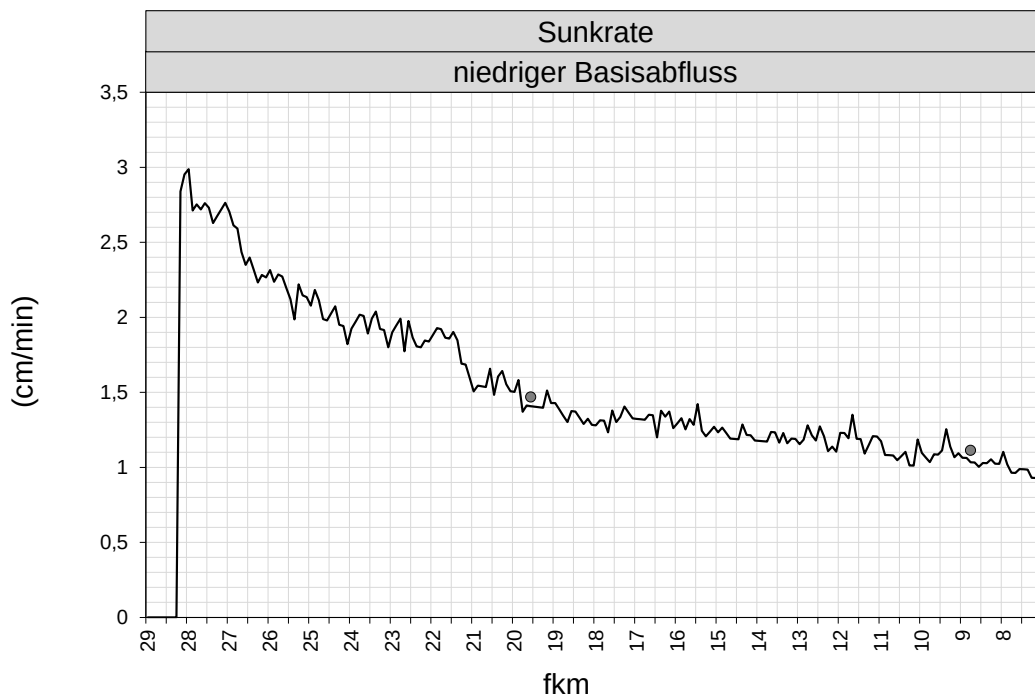


Abbildung 96: KW Gößnitz – Retentionskurve dW/dt für Sunkereignisse/Szenario F (Linie) bei niedrigem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

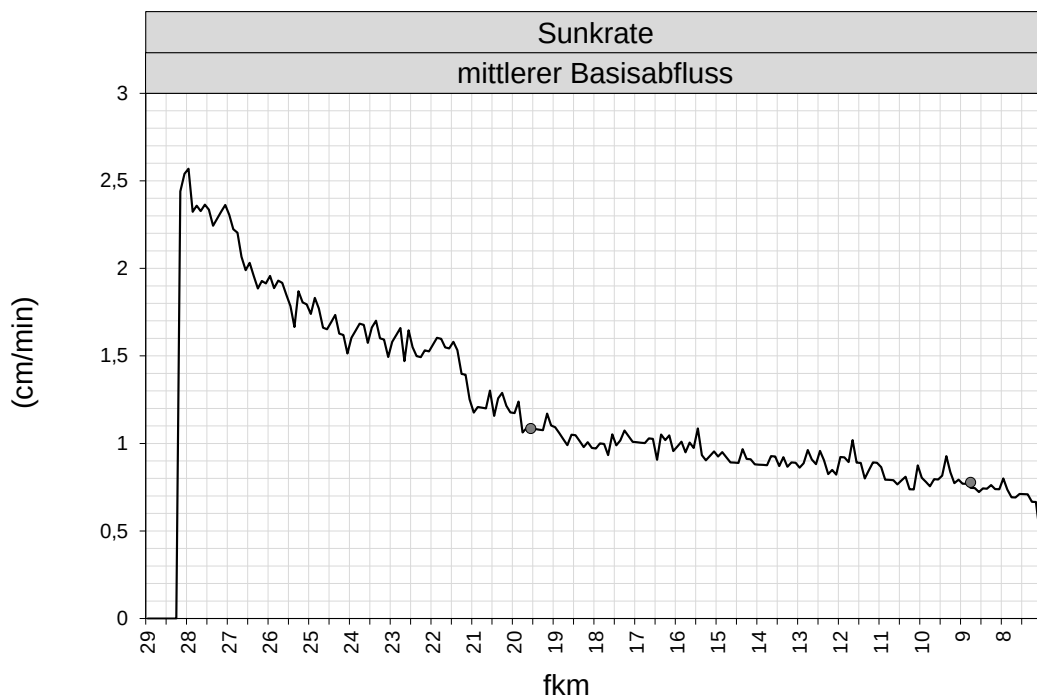


Abbildung 97: KW Gößnitz – Retentionskurve dW/dt für Sunkereignisse/Szenario F (Linie) bei mittlerem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

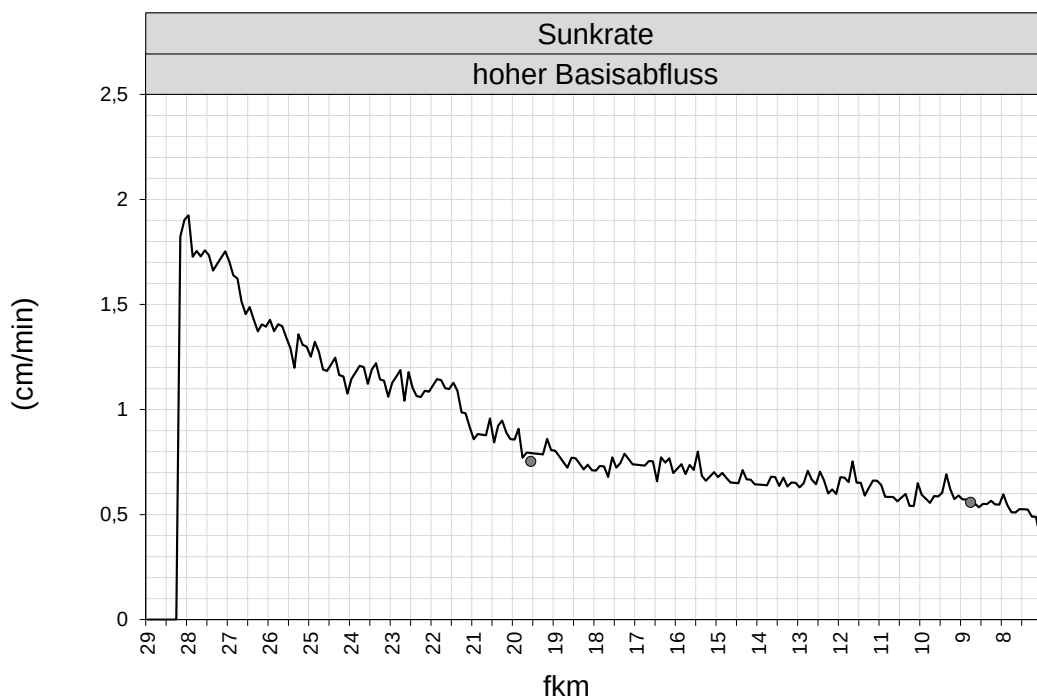


Abbildung 98: KW Gößnitz – Retentionskurve dW/dt für Sunkereignisse/Szenario F (Linie) bei hohem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

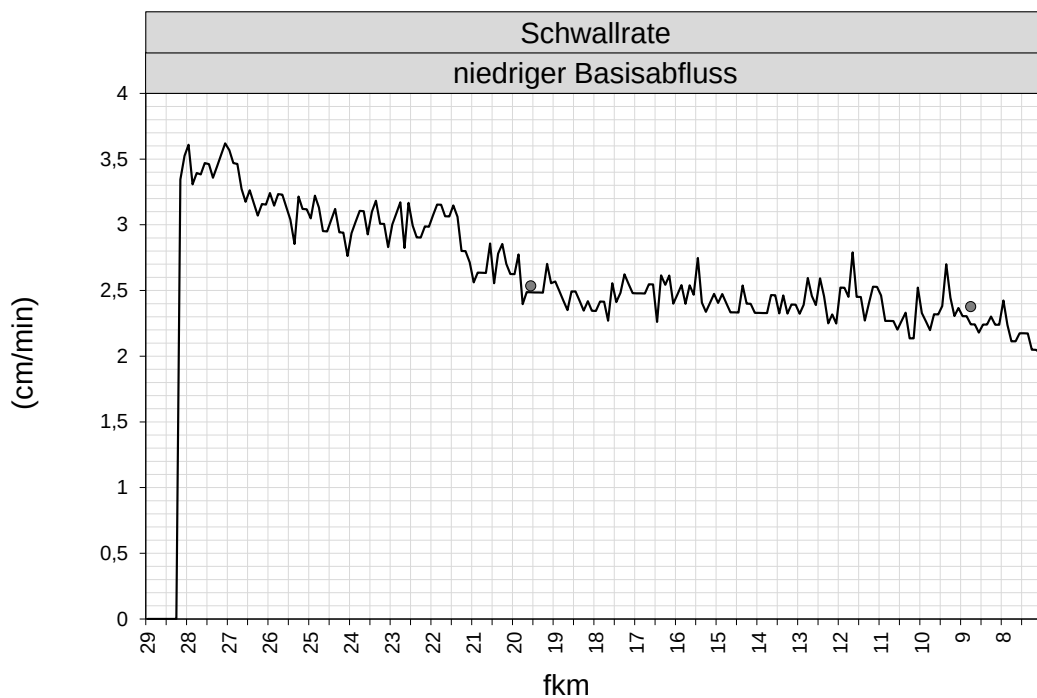


Abbildung 99: KW Gößnitz – Retentionskurve dW/dt für Schwallereignisse/Szenario F (Linie) bei niedrigem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

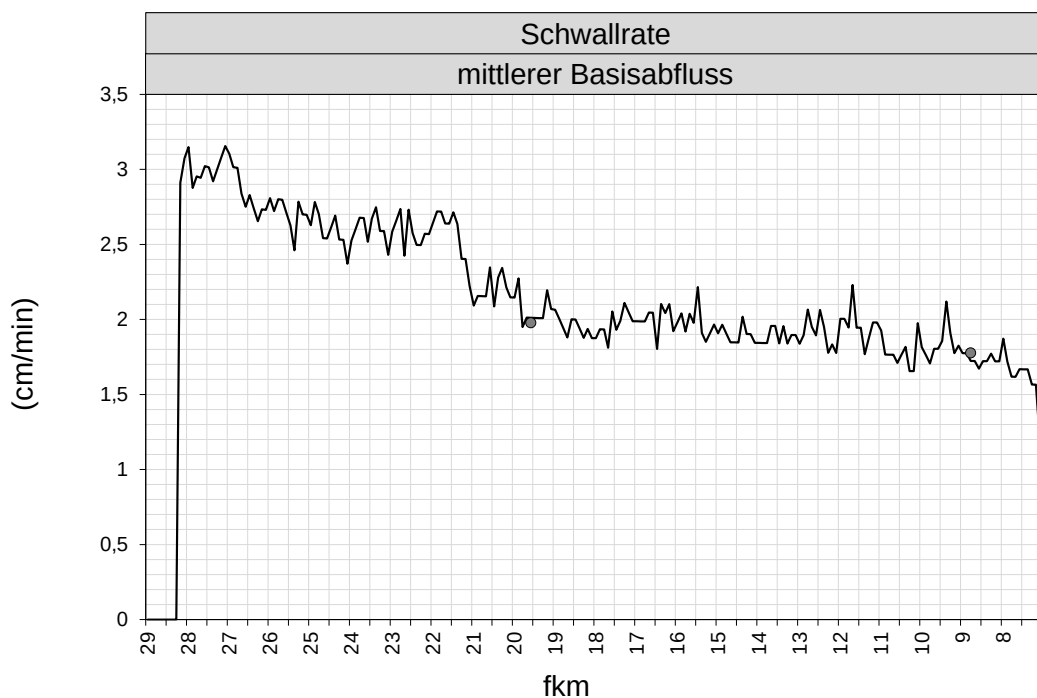


Abbildung 100: KW Gößnitz – Retentionskurve dW/dt für Schwallereignisse/Szenario F (Linie) bei mittlerem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

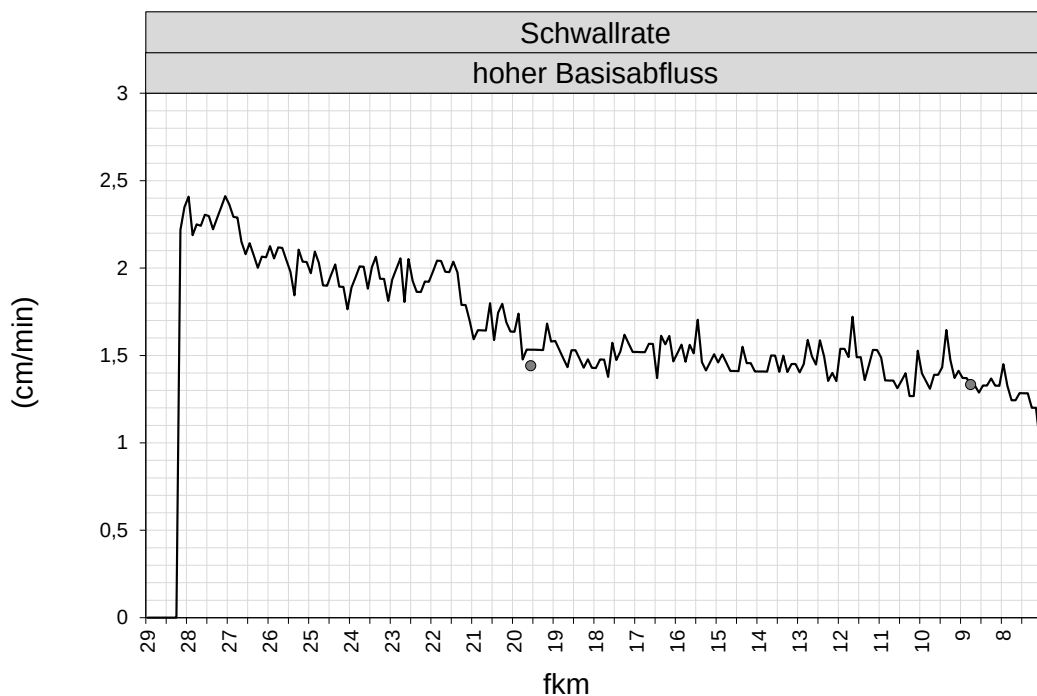


Abbildung 101: KW Gößnitz – Retentionskurve dW/dt für Schwallereignisse/Szenario F (Linie) bei hohem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

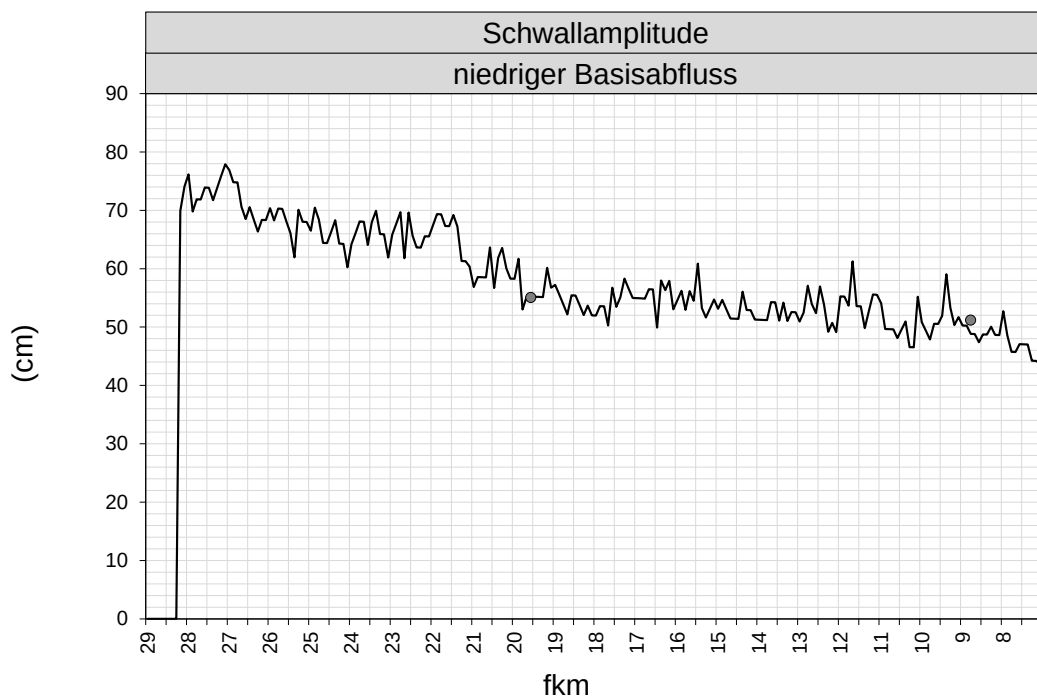


Abbildung 102: KW Gößnitz – Retentionskurve dW für Schwallereignisse/Szenario F (Linie) bei niedrigem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

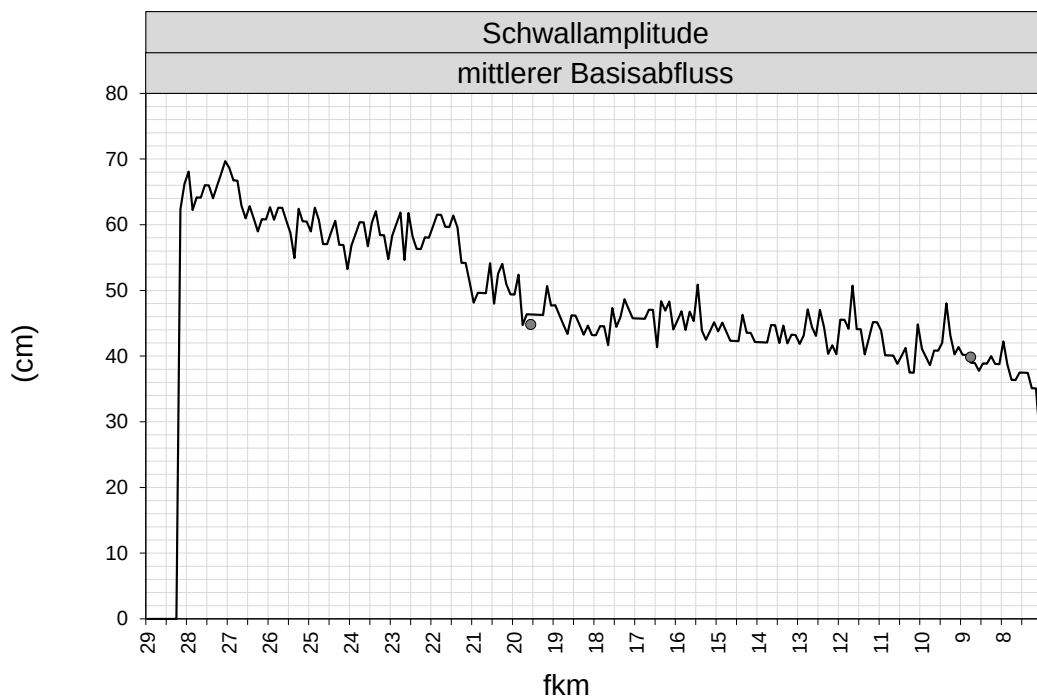


Abbildung 103: KW Gößnitz – Retentionskurve dW für Schwallereignisse/Szenario F (Linie) bei mittlerem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

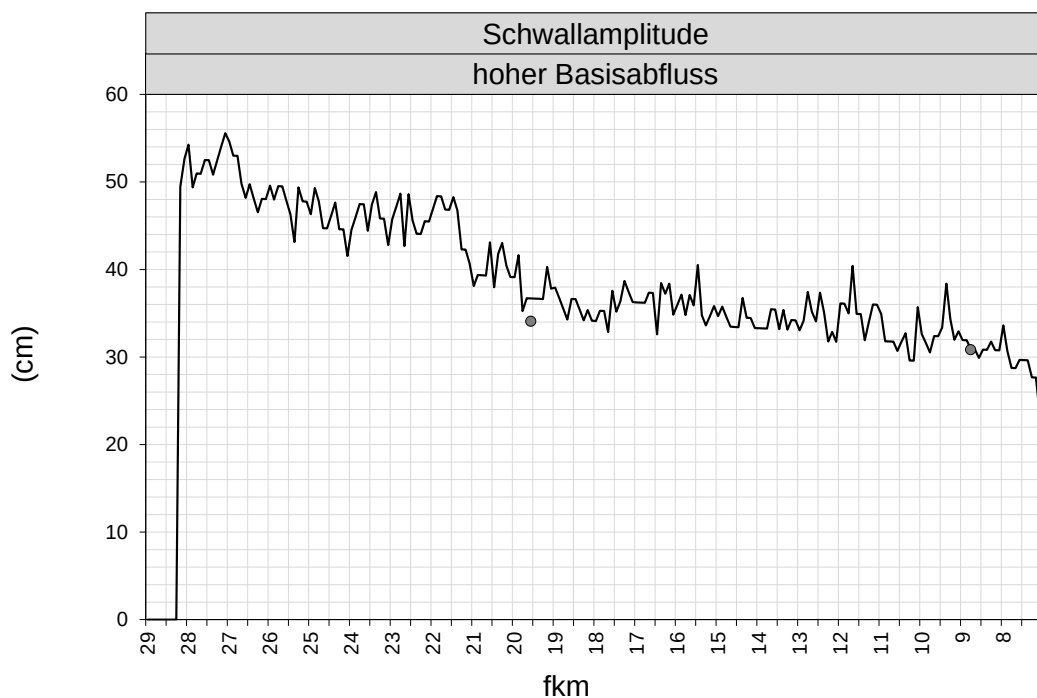


Abbildung 104: KW Gößnitz – Retentionskurve dW für Schwallereignisse/Szenario F (Linie) bei hohem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

10.7.2KW Gößnitz, Szenario E

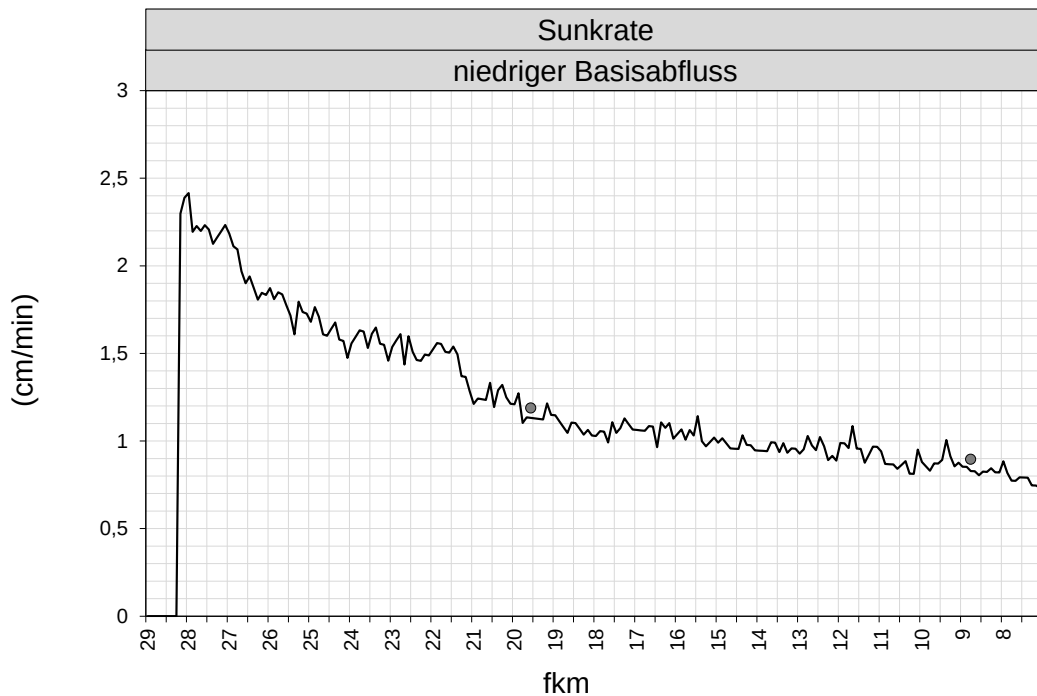


Abbildung 105: KW Gößnitz – Retentionskurve dW/dt für Sunkereignisse/Szenario E (Linie) bei niedrigem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, $fk m$ – Flusskilometer/orographisch).

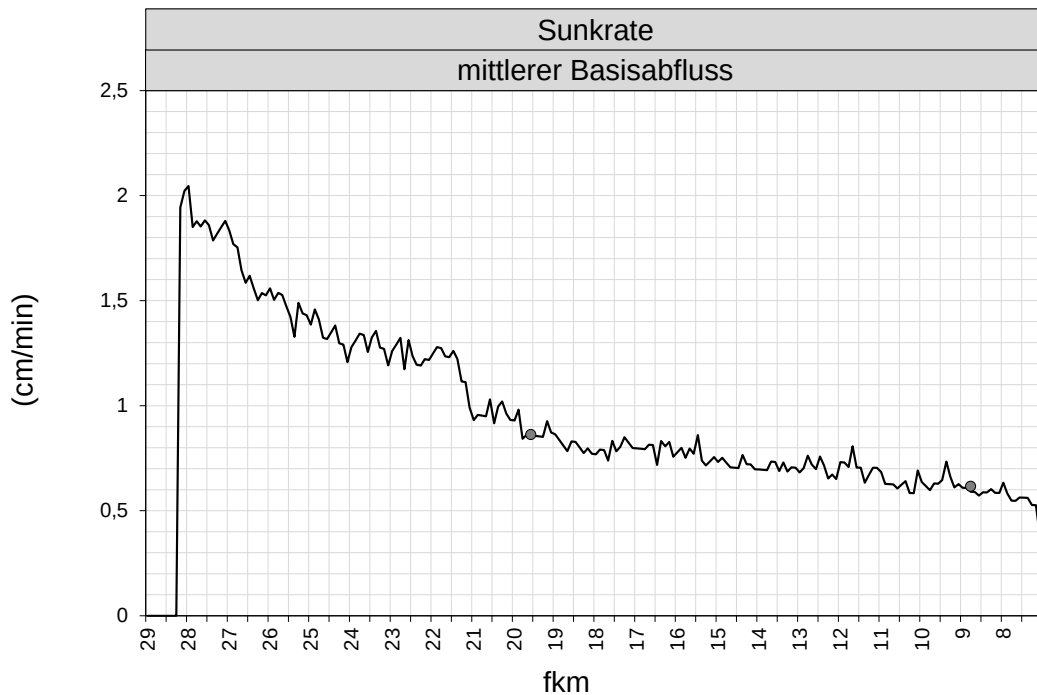


Abbildung 106: KW Gößnitz – Retentionskurve dW/dt für Sunkereignisse/Szenario E (Linie) bei mittlerem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, $fk m$ – Flusskilometer/orographisch).

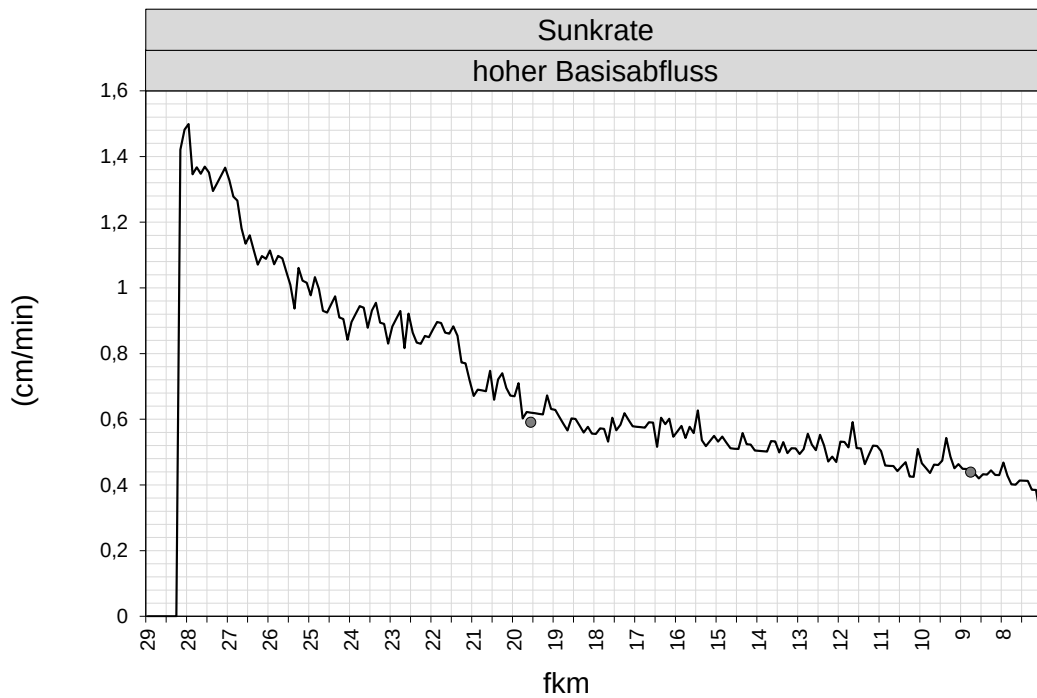


Abbildung 107: KW Gößnitz – Retentionskurve dW/dt für Sunkereignisse/Szenario E (Linie) bei hohem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

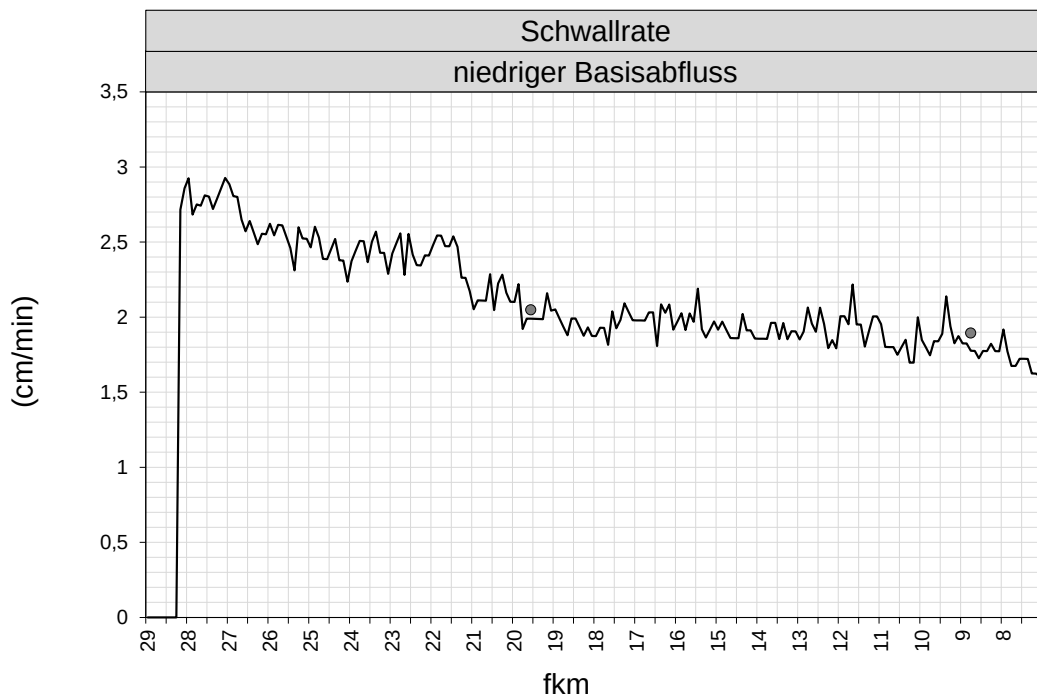


Abbildung 108: KW Gößnitz – Retentionskurve dW/dt für Schwallereignisse/Szenario E (Linie) bei niedrigem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

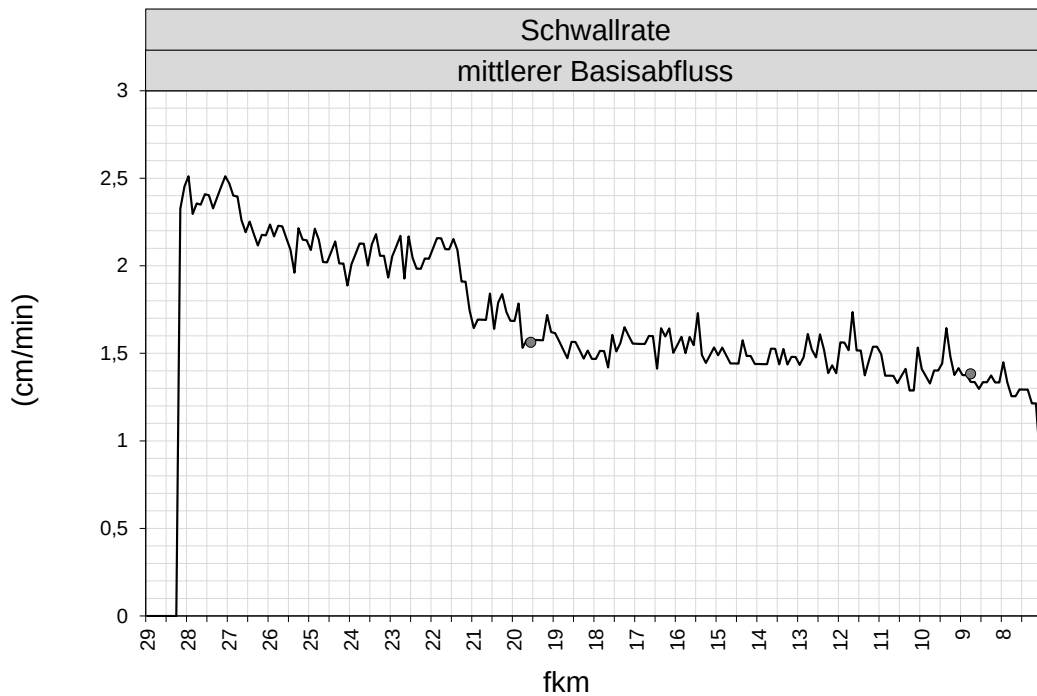


Abbildung 109: KW Gößnitz – Retentionskurve dW/dt für Schwallereignisse/Szenario E (Linie) bei mittlerem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

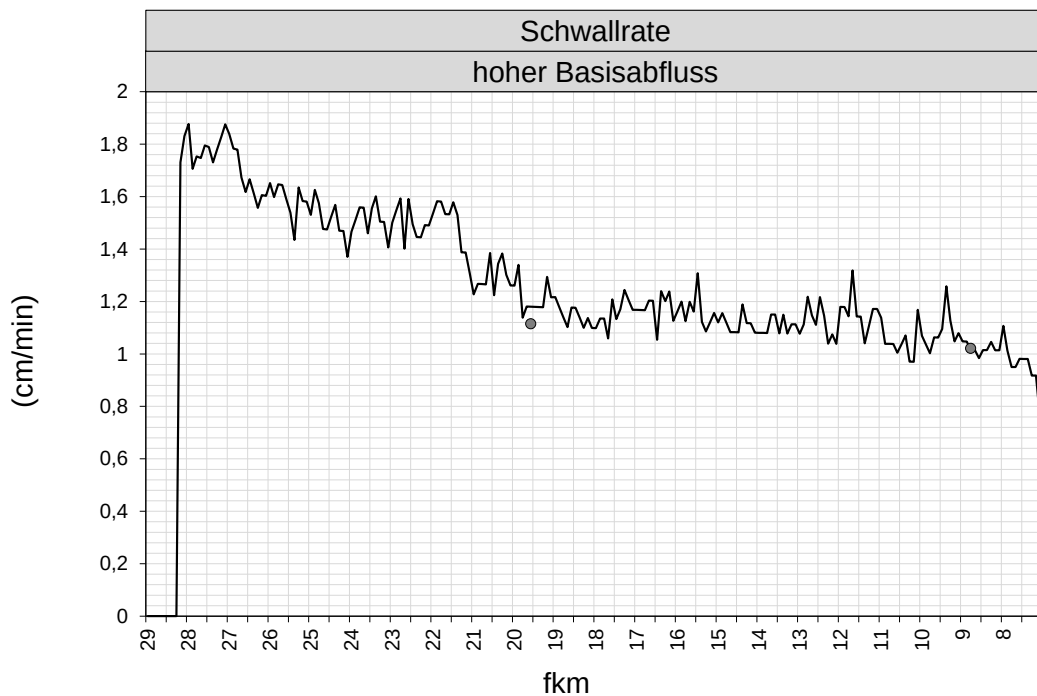


Abbildung 110: KW Gößnitz – Retentionskurve dW/dt für Schwallereignisse/Szenario E (Linie) bei hohem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

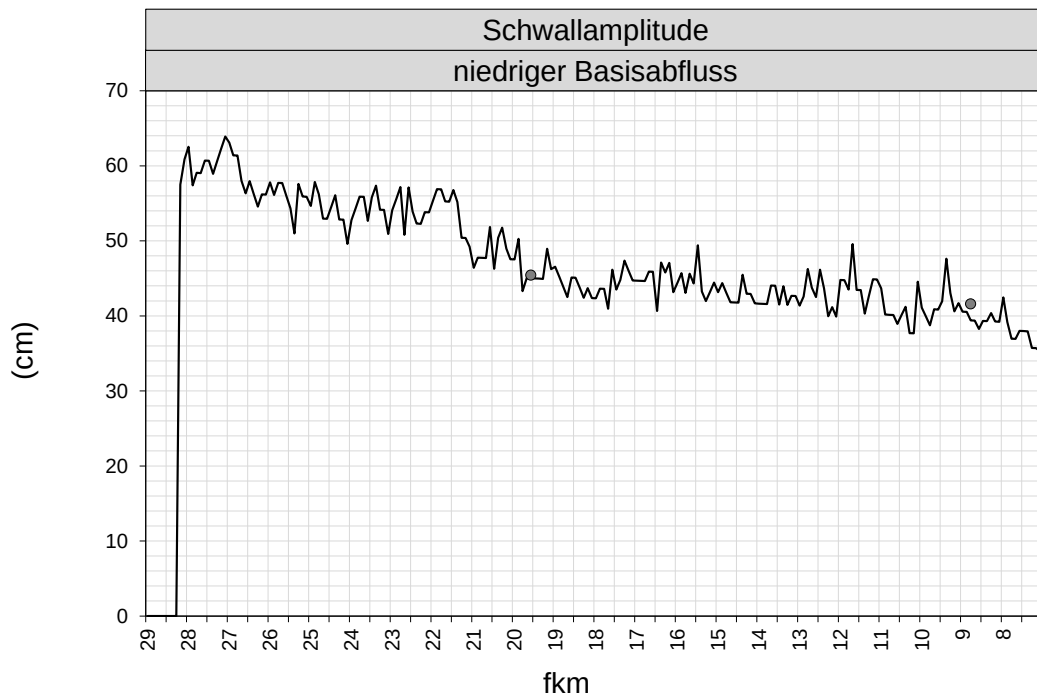


Abbildung 111: KW Gößnitz – Retentionskurve dW für Schwallereignisse/Szenario E (Linie) bei niedrigem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

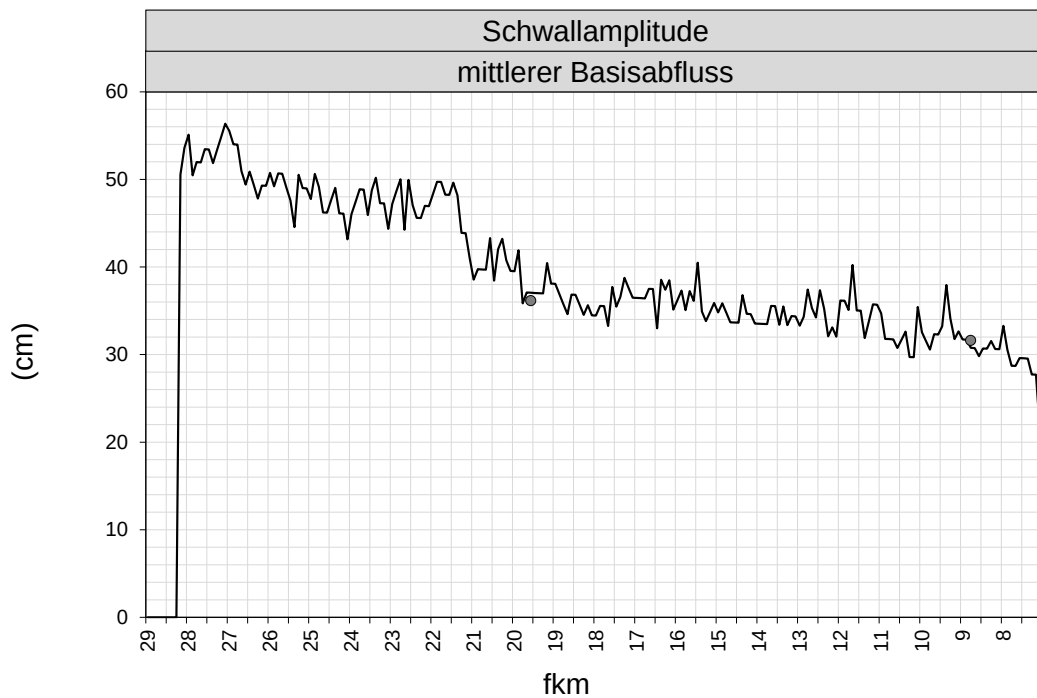


Abbildung 112: KW Gößnitz – Retentionskurve dW für Schwallereignisse/Szenario E (Linie) bei mittlerem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

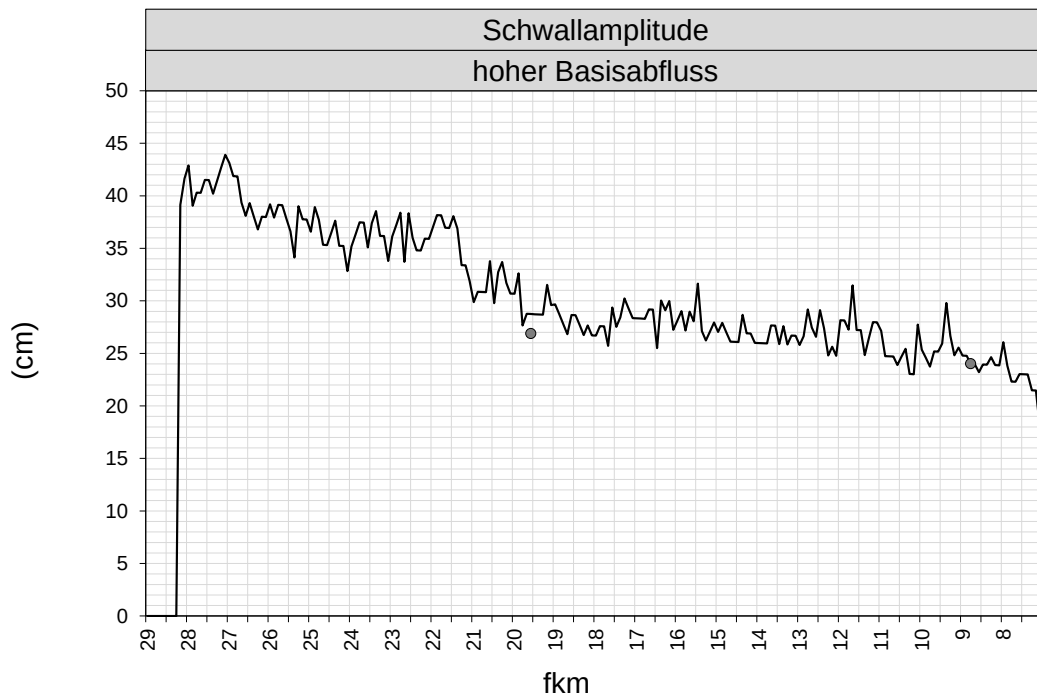


Abbildung 113: KW Gößnitz – Retentionskurve dW für Schwallereignisse/Szenario E (Linie) bei hohem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

10.7.3KW Gößnitz, Szenario D

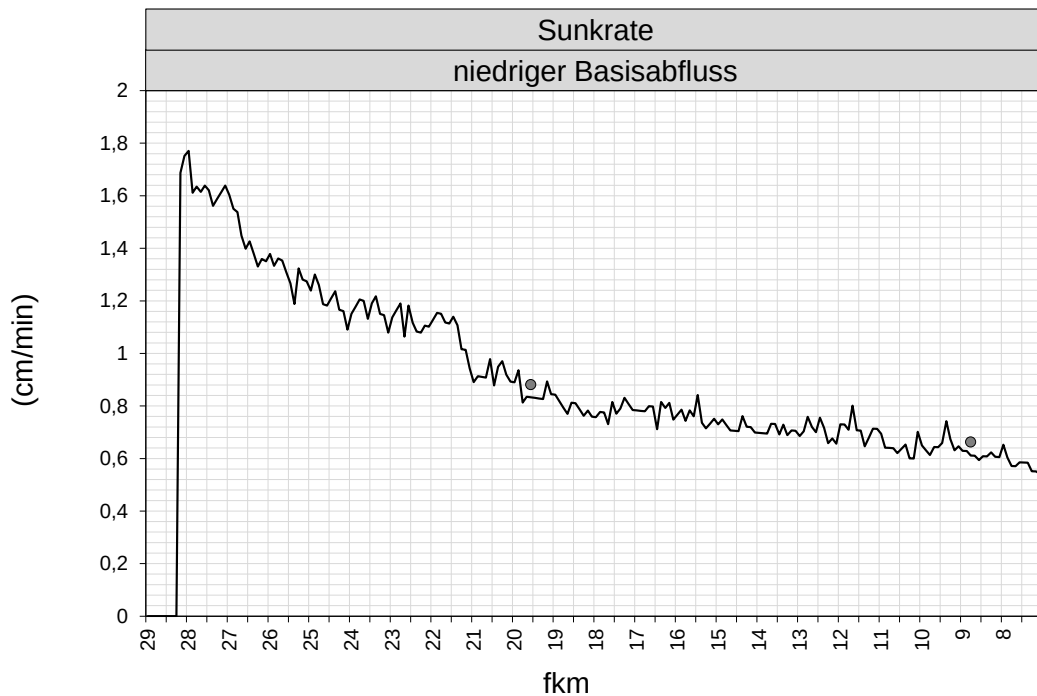


Abbildung 114: KW Gößnitz – Retentionskurve dW/dt für Sunkereignisse/Szenario D (Linie) bei niedrigem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, $fk m$ – Flusskilometer/orographisch).

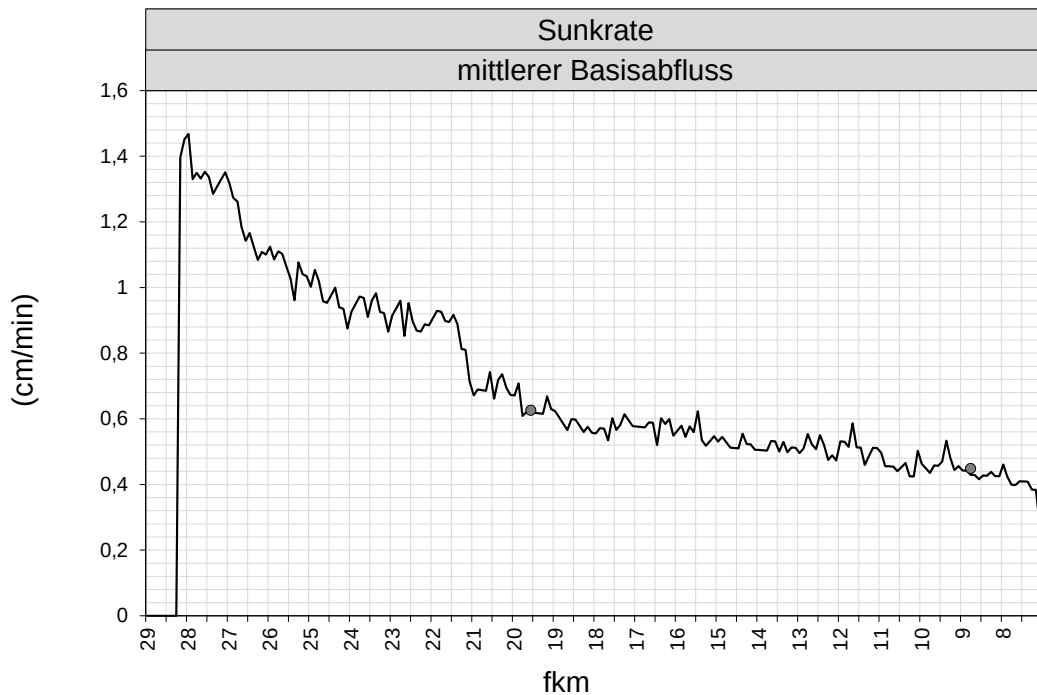


Abbildung 115: KW Gößnitz – Retentionskurve dW/dt für Sunkereignisse/Szenario D (Linie) bei mittlerem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, $fk m$ – Flusskilometer/orographisch).

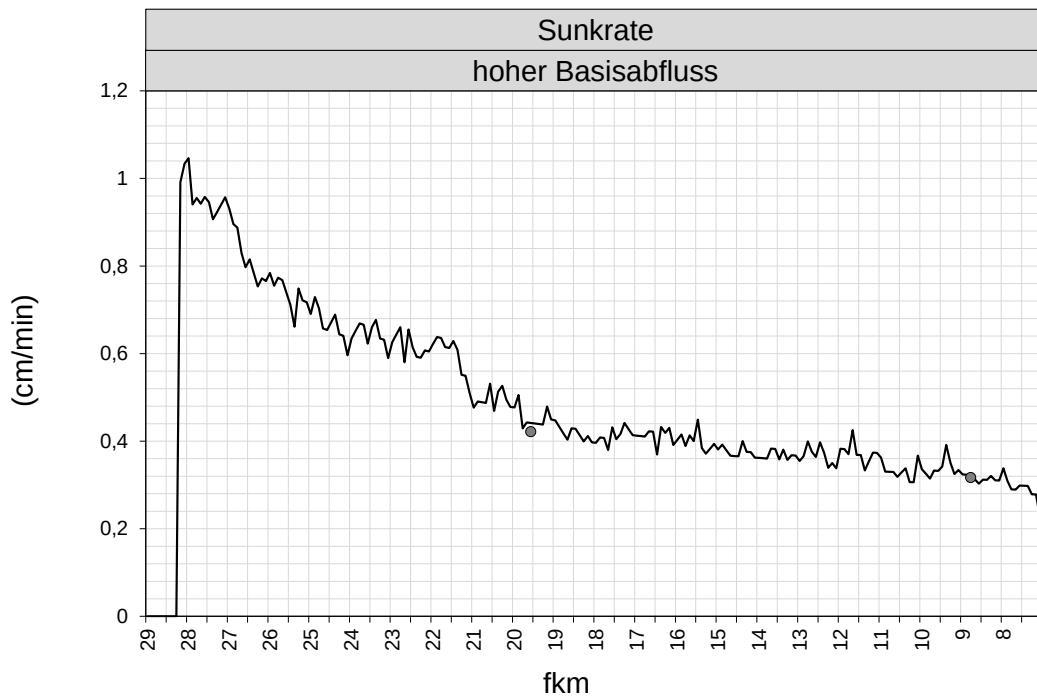


Abbildung 116: KW Gößnitz – Retentionskurve dW/dt für Sunkereignisse/Szenario D (Linie) bei hohem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

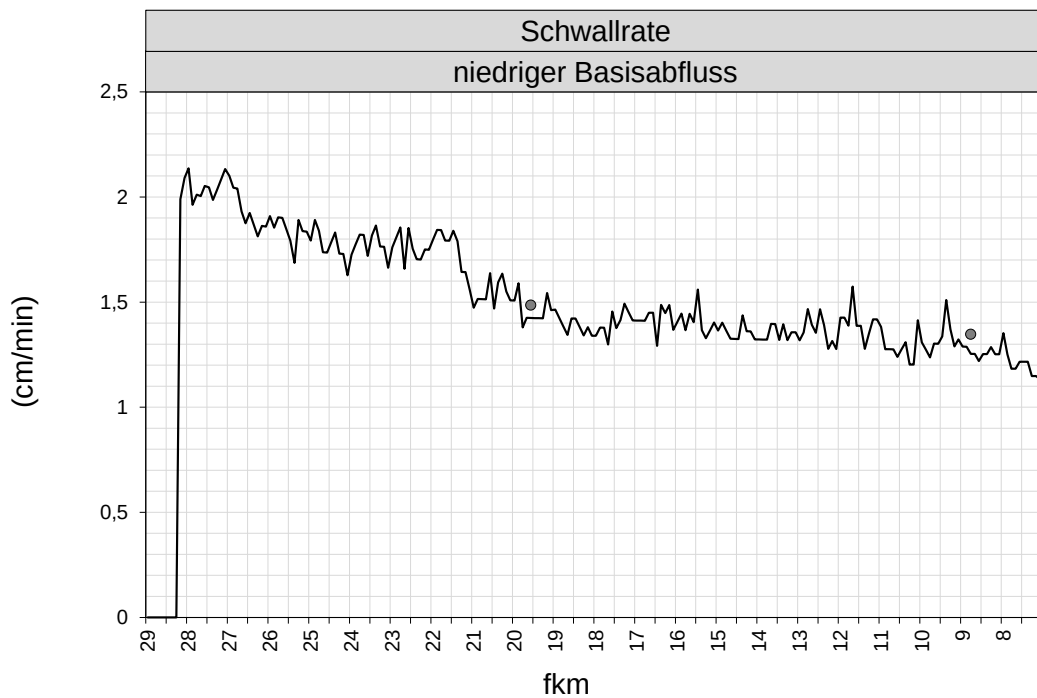


Abbildung 117: KW Gößnitz – Retentionskurve dW/dt für Schwallereignisse/Szenario D (Linie) bei niedrigem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

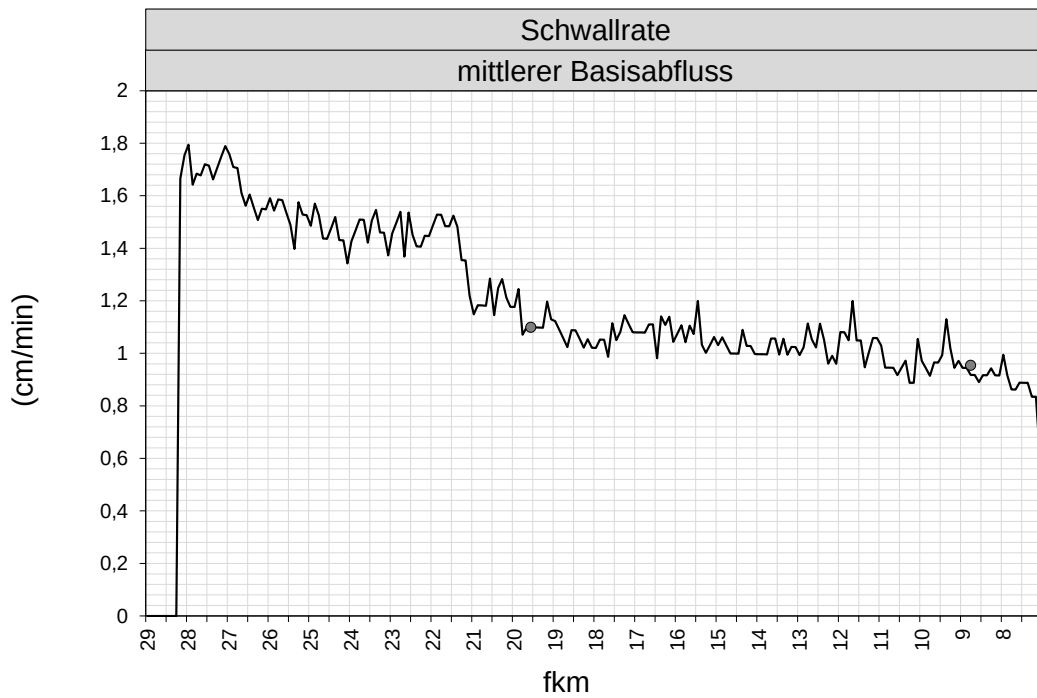


Abbildung 118: KW Gößnitz – Retentionskurve dW/dt für Schwallereignisse/Szenario D (Linie) bei mittlerem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

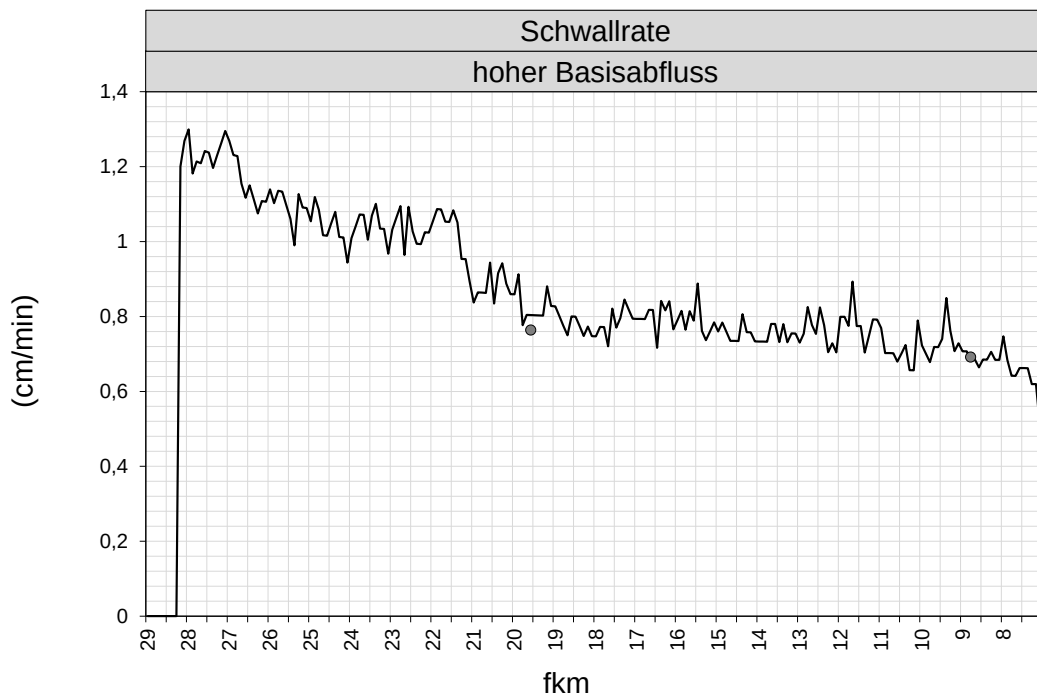


Abbildung 119: KW Gößnitz – Retentionskurve dW/dt für Schwallereignisse/Szenario D (Linie) bei hohem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

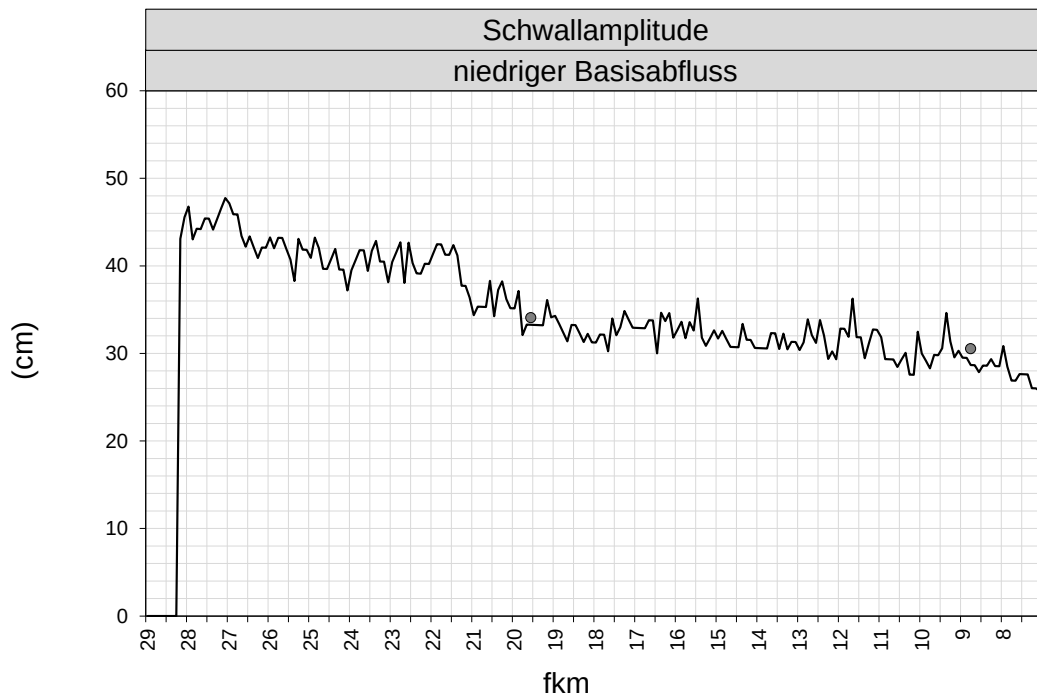


Abbildung 120: KW Gößnitz – Retentionskurve dW für Schwallereignisse/Szenario D (Linie) bei niedrigem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

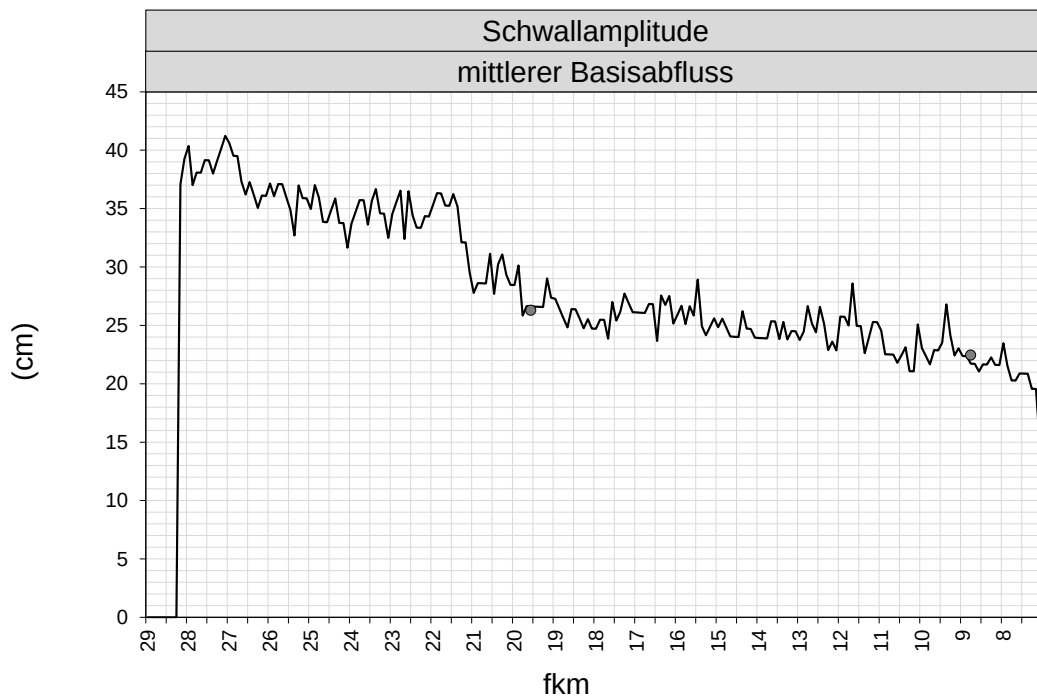


Abbildung 121: KW Gößnitz – Retentionskurve dW für Schwallereignisse/Szenario D (Linie) bei mittlerem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

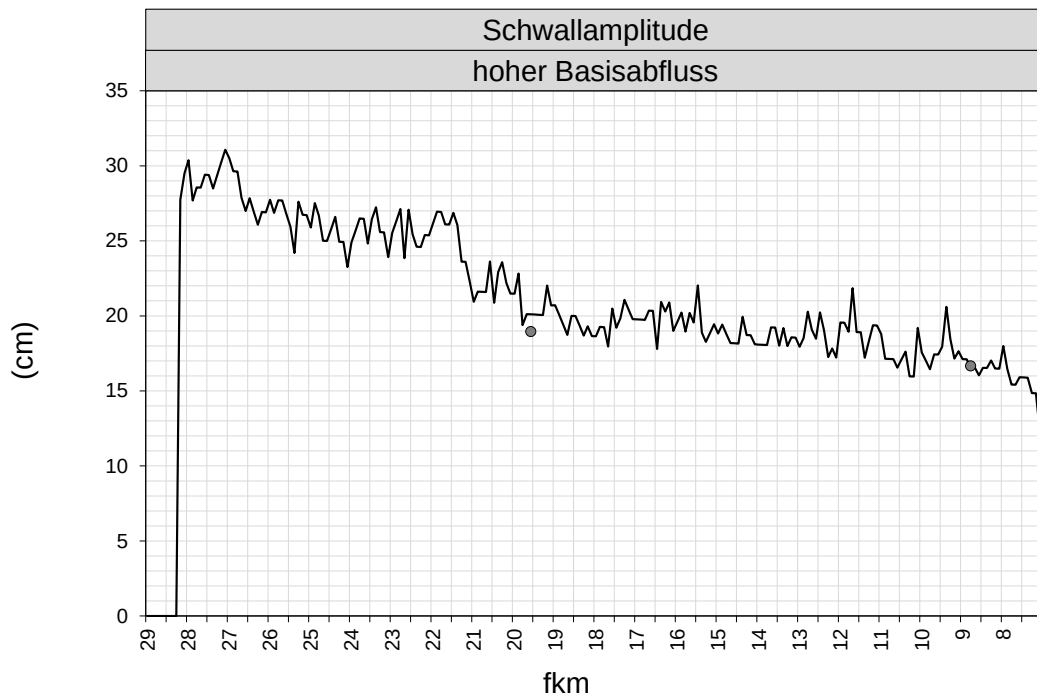


Abbildung 122: KW Gößnitz – Retentionskurve dW für Schwallereignisse/Szenario D (Linie) bei hohem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

10.7.4KW Gößnitz, Szenario C

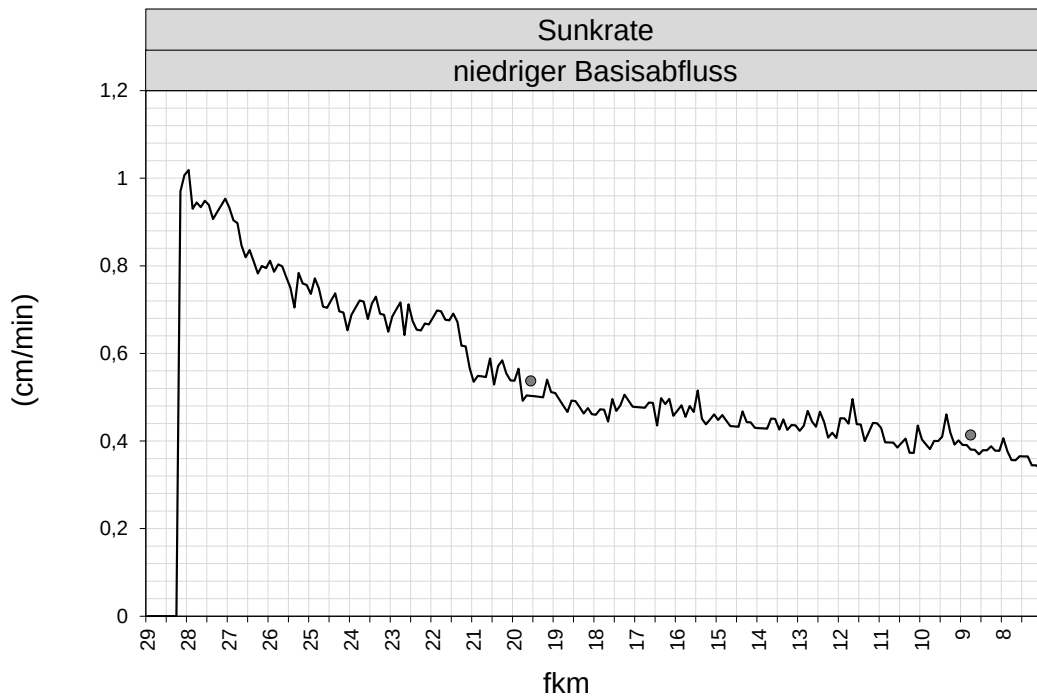


Abbildung 123: KW Gößnitz – Retentionskurve dW/dt für Sunkereignisse/Szenario C (Linie) bei niedrigem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, $fk m$ – Flusskilometer/orographisch).

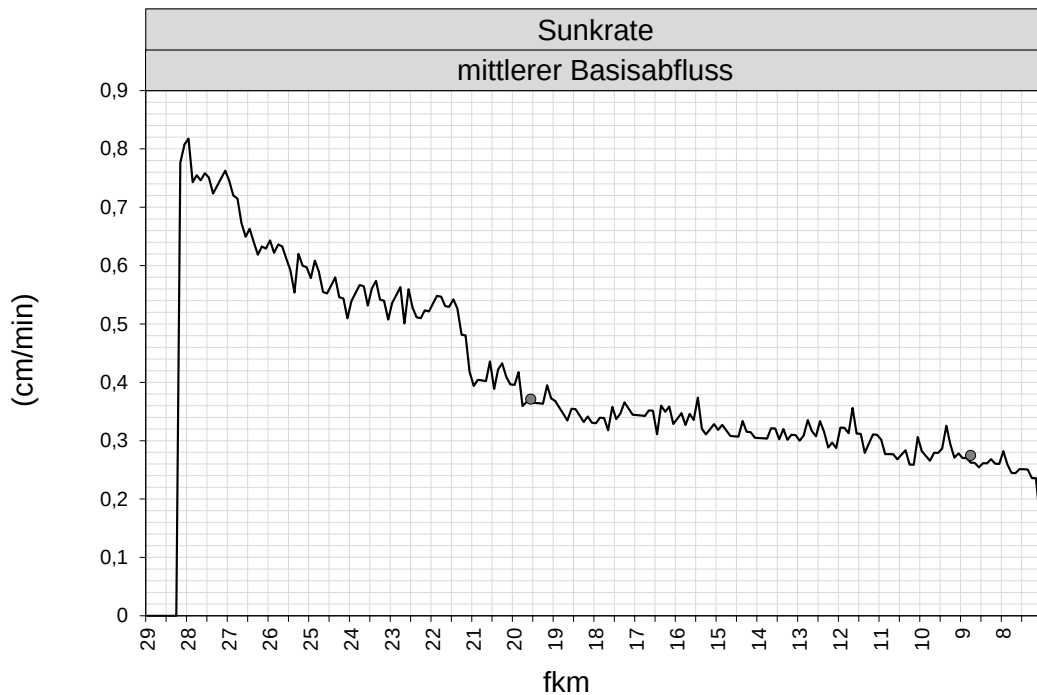


Abbildung 124: KW Gößnitz – Retentionskurve dW/dt für Sunkereignisse/Szenario C (Linie) bei mittlerem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, $fk m$ – Flusskilometer/orographisch).

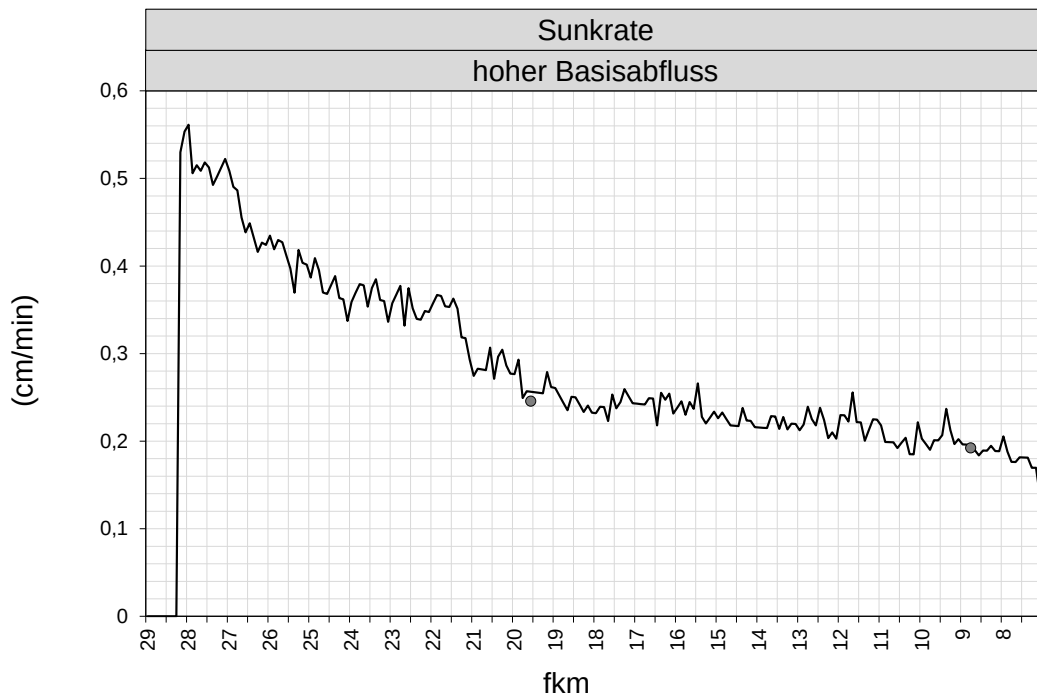


Abbildung 125: KW Gößnitz – Retentionskurve dW/dt für Sunkereignisse/Szenario C (Linie) bei hohem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

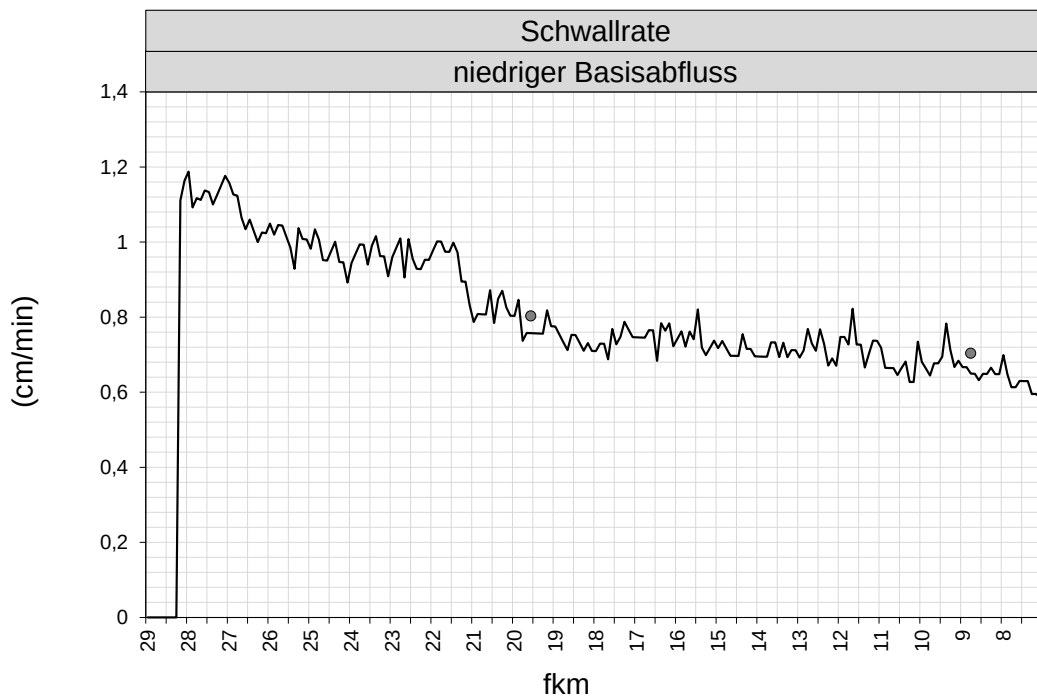


Abbildung 126: KW Gößnitz – Retentionskurve dW/dt für Schwallereignisse/Szenario C (Linie) bei niedrigem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

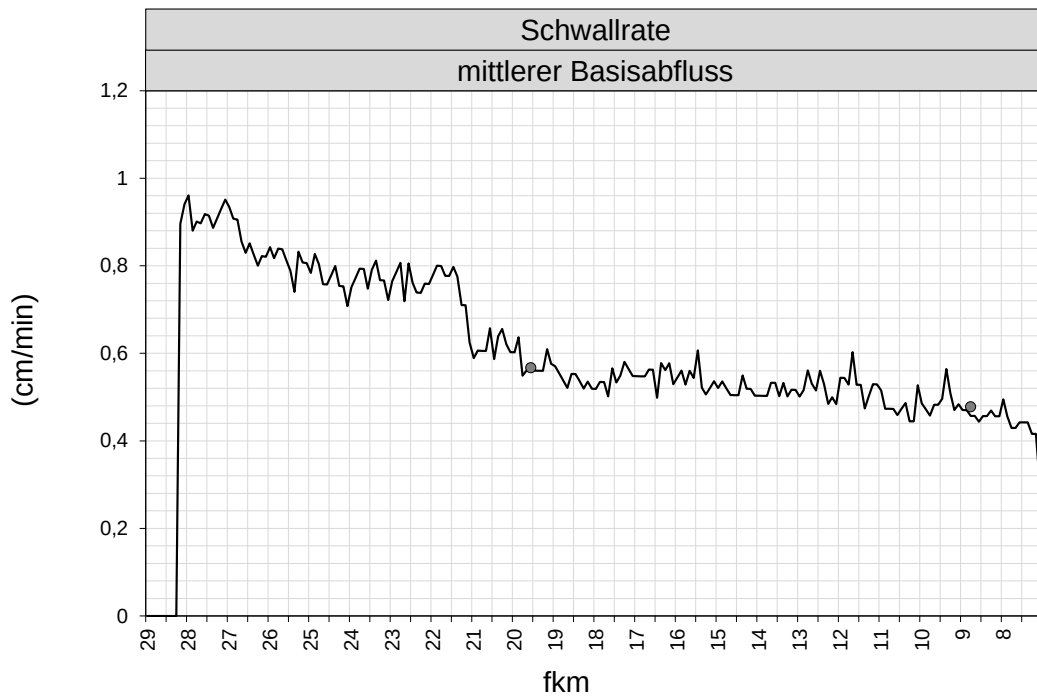


Abbildung 127: KW Gößnitz – Retentionskurve dW/dt für Schwallereignisse/Szenario C (Linie) bei mittlerem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

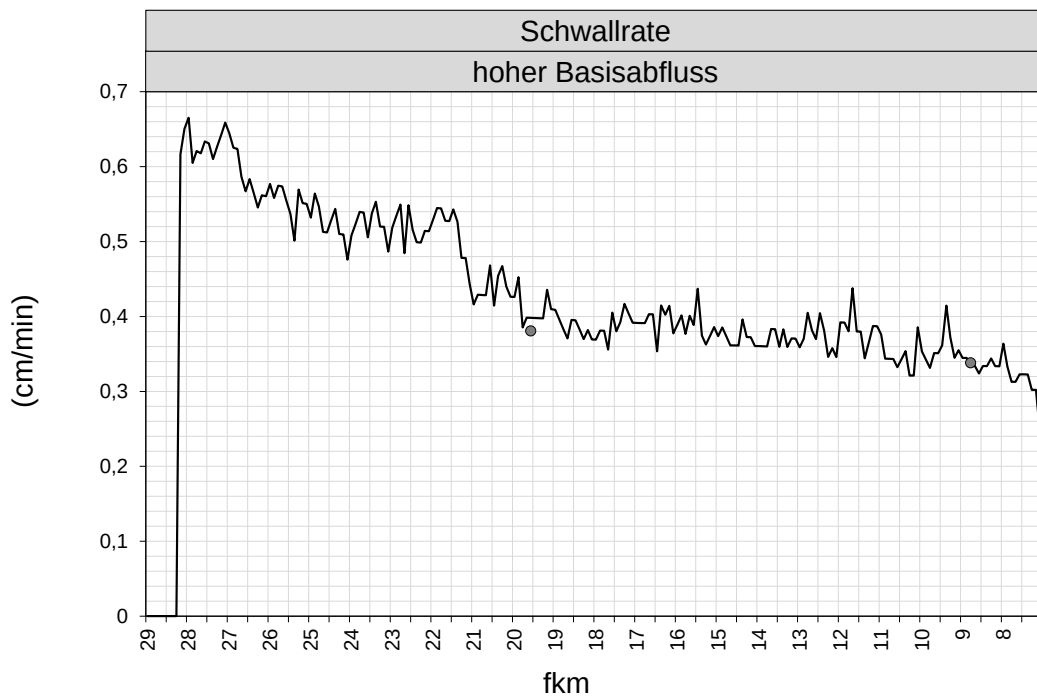


Abbildung 128: KW Gößnitz – Retentionskurve dW/dt für Schwallereignisse/Szenario C (Linie) bei hohem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

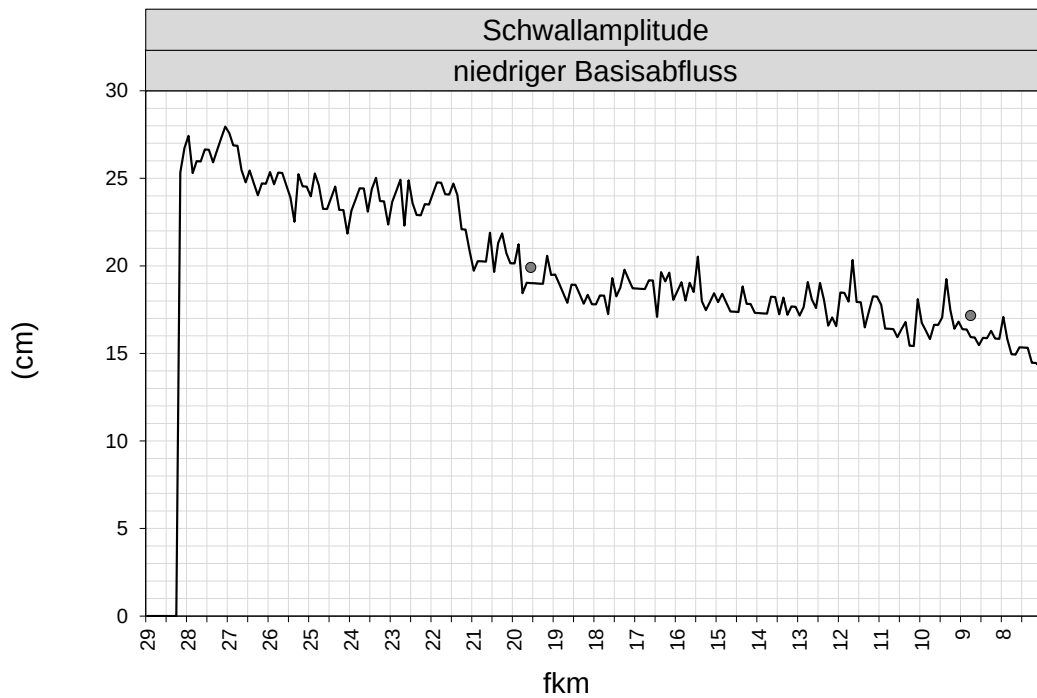


Abbildung 129: KW Gößnitz – Retentionskurve dW für Schwallereignisse/Szenario C (Linie) bei niedrigem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

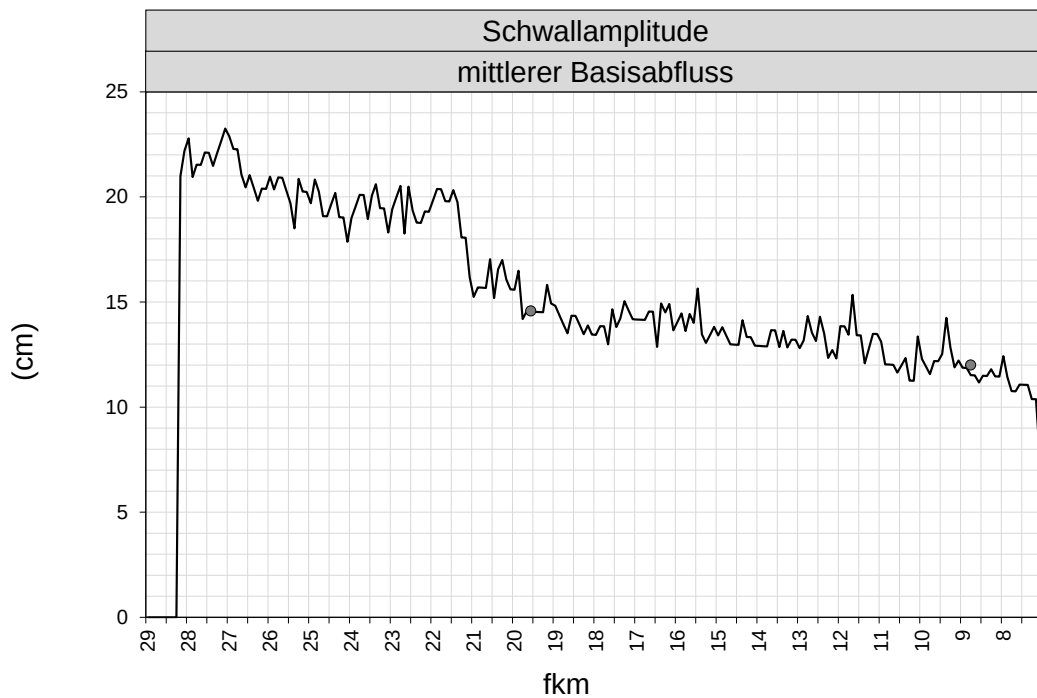


Abbildung 130: KW Gößnitz – Retentionskurve dW für Schwallereignisse/Szenario C (Linie) bei mittlerem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

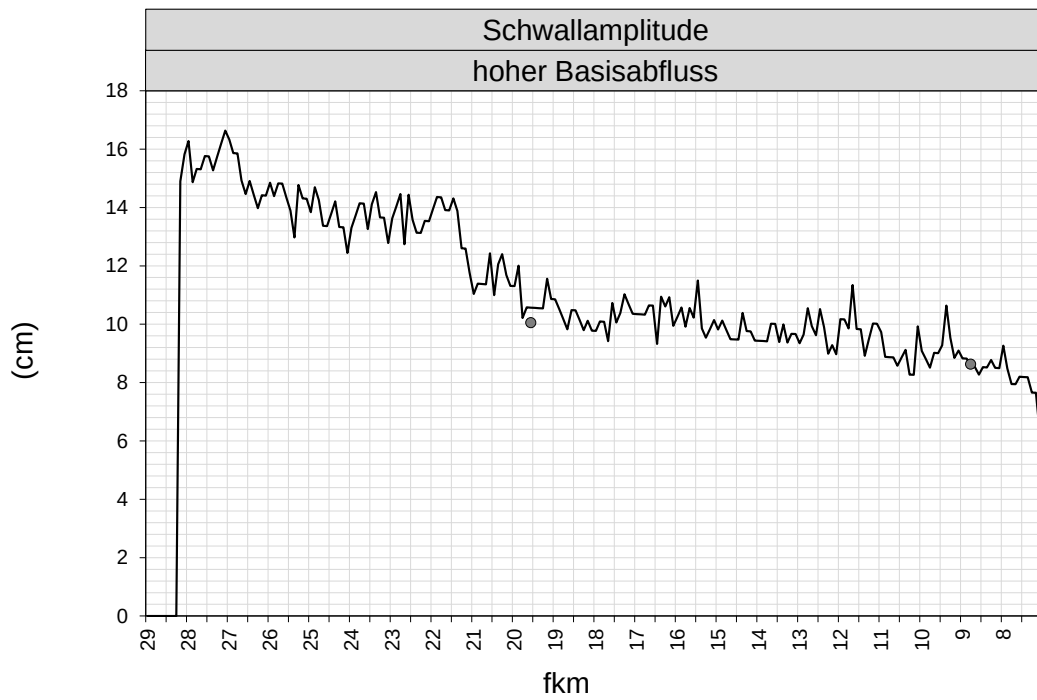


Abbildung 131: KW Gößnitz – Retentionskurve dW für Schwallereignisse/Szenario C (Linie) bei hohem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

10.7.5KW Gößnitz, Szenario B1

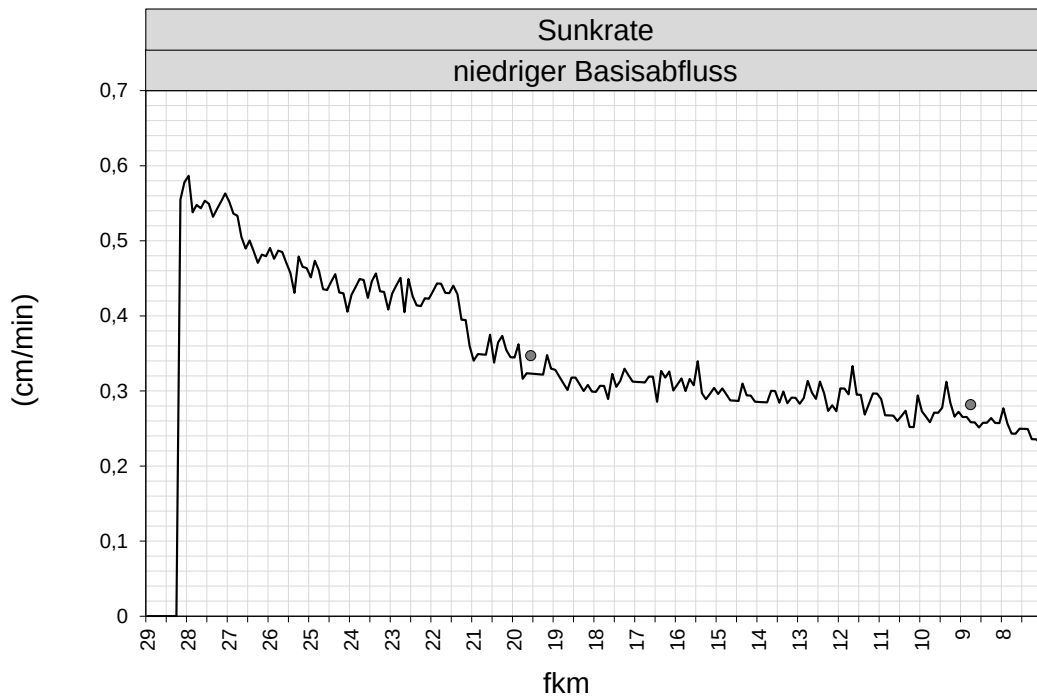


Abbildung 132: KW Gößnitz – Retentionskurve dW/dt für Sunkereignisse/Szenario B1 (Linie) bei niedrigem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/ographisch).

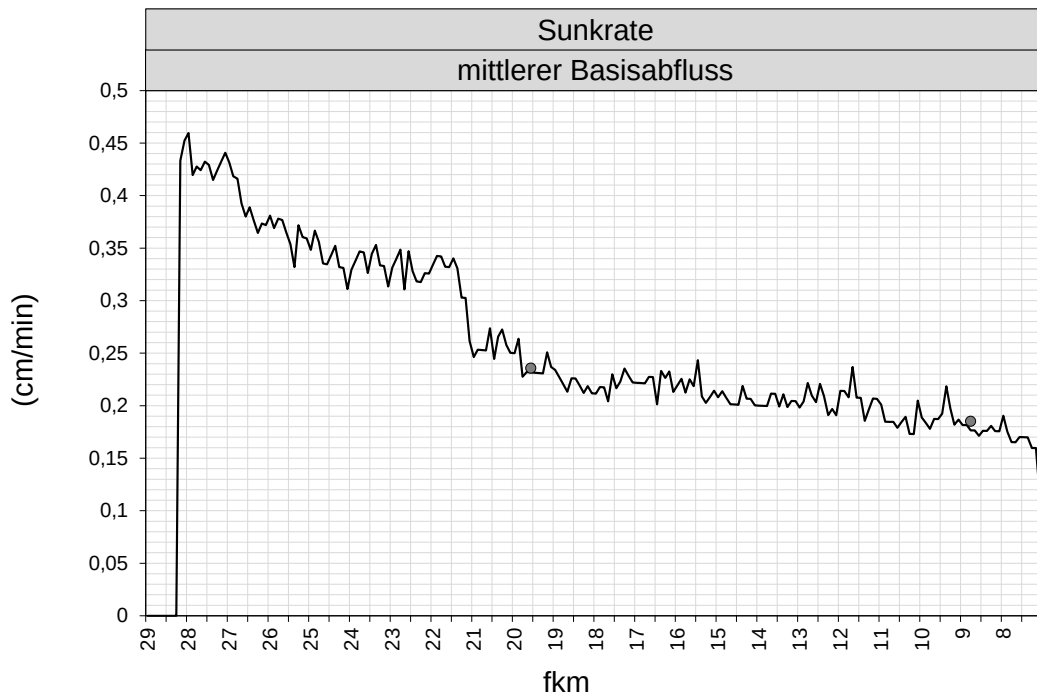


Abbildung 133: KW Gößnitz – Retentionskurve dW/dt für Sunkereignisse/Szenario B1 (Linie) bei mittlerem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/ographisch).

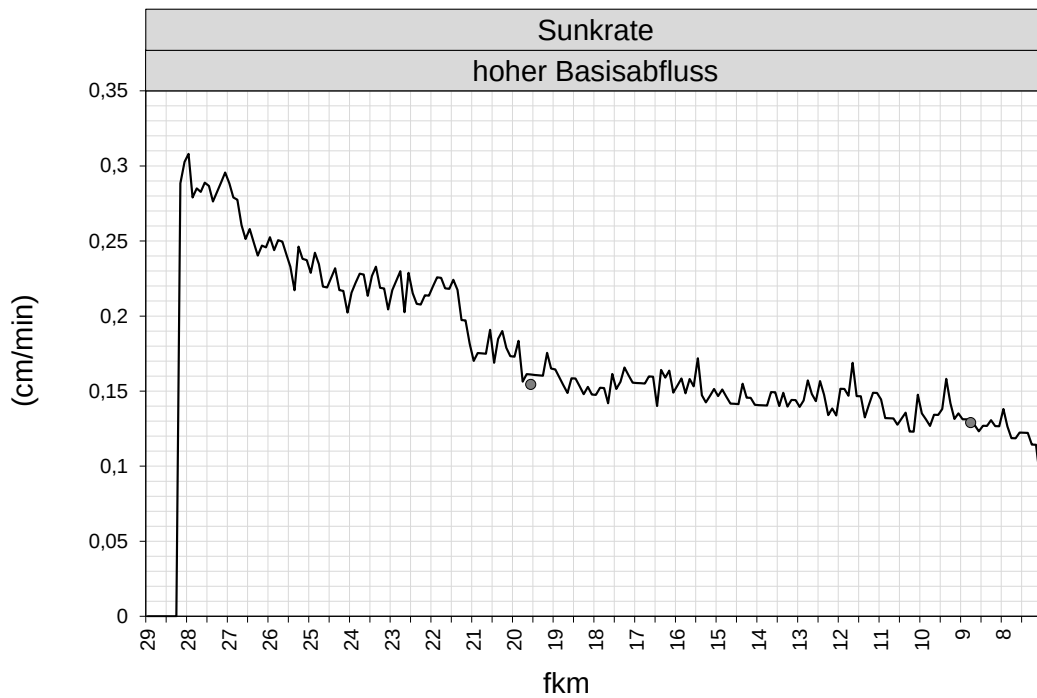


Abbildung 134: KW Gößnitz – Retentionskurve dW/dt für Sunkereignisse/Szenario B1 (Linie) bei hohem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

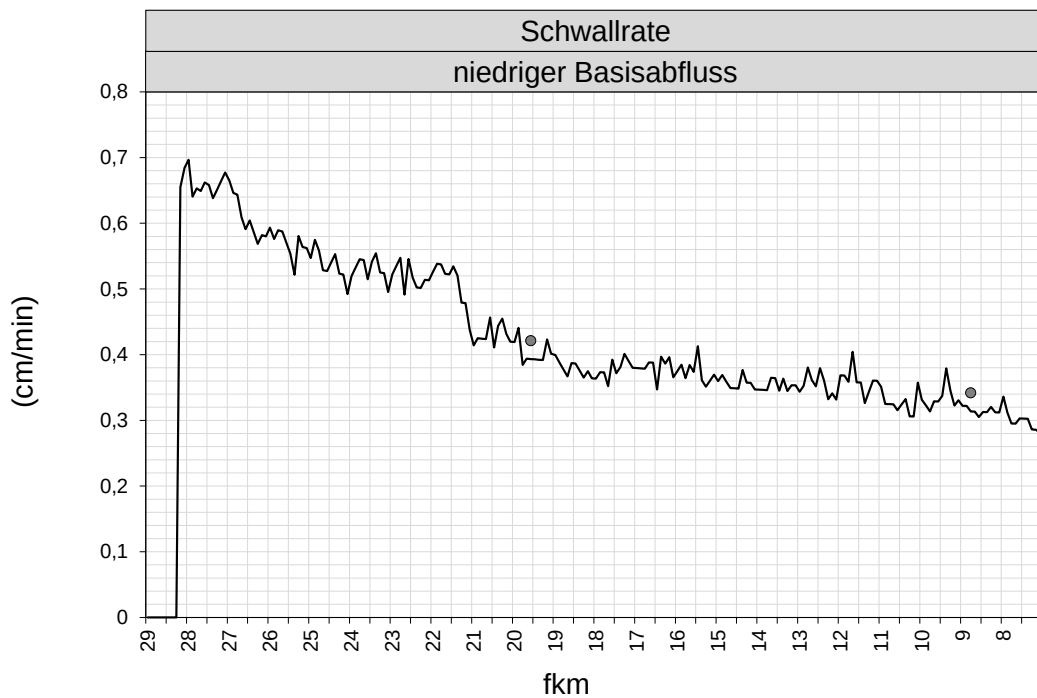


Abbildung 135: KW Gößnitz – Retentionskurve dW/dt für Schwallereignisse/Szenario B1 (Linie) bei niedrigem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

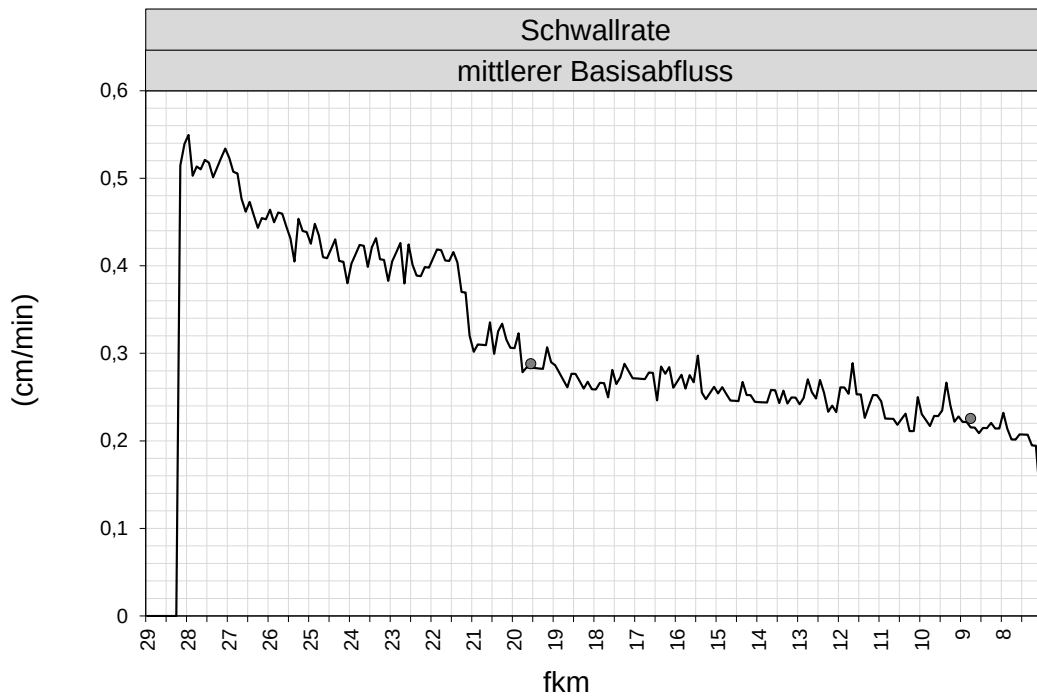


Abbildung 136: KW Gößnitz – Retentionskurve dW/dt für Schwallereignisse/Szenario B1 (Linie) bei mittlerem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

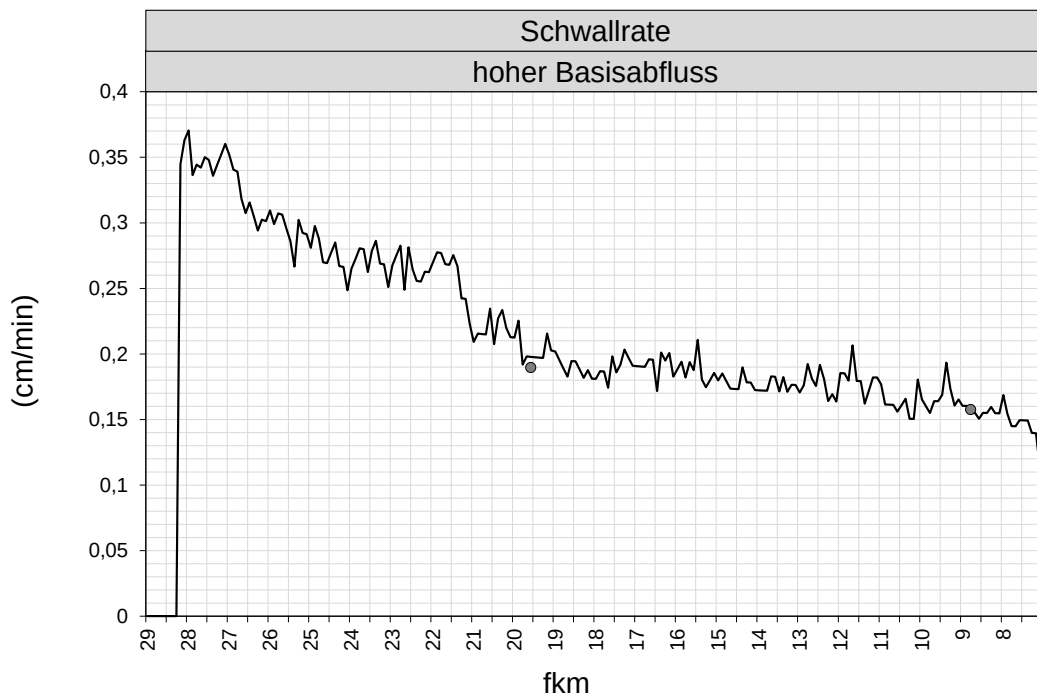


Abbildung 137: KW Gößnitz – Retentionskurve dW/dt für Schwallereignisse/Szenario B1 (Linie) bei hohem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

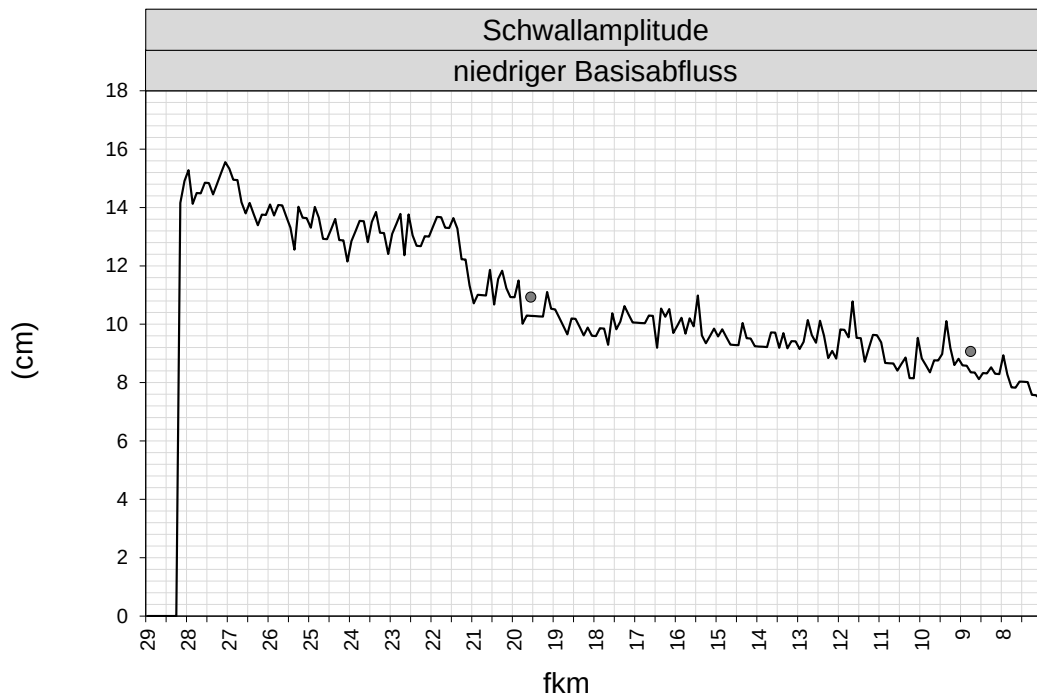


Abbildung 138: KW Gößnitz – Retentionskurve dW für Schwallereignisse/Szenario B1 (Linie) bei niedrigem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

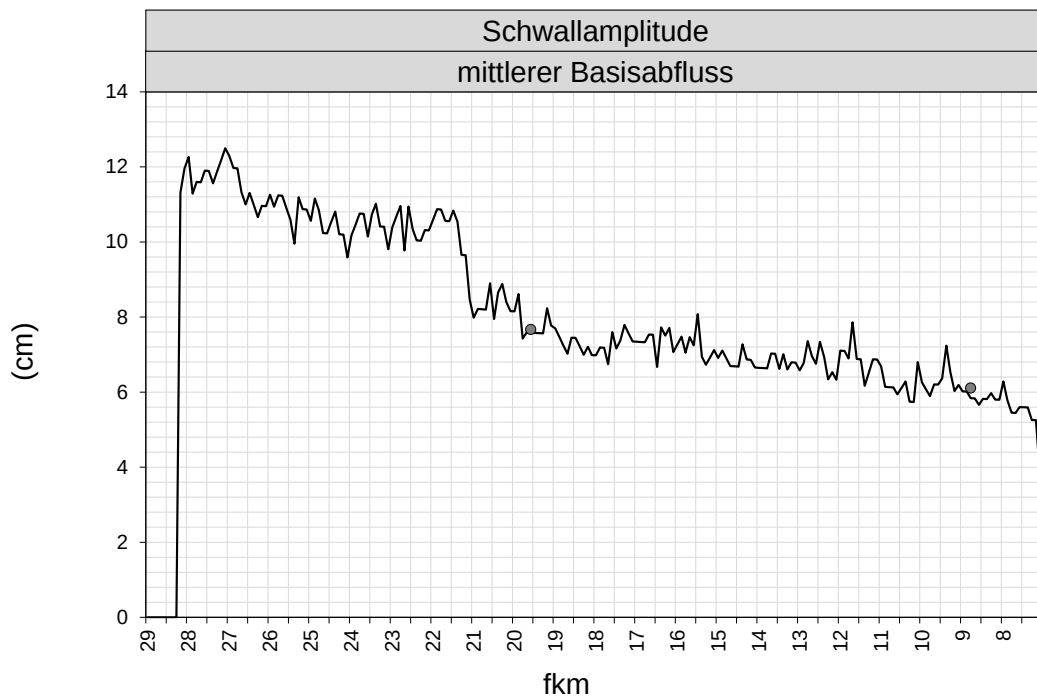


Abbildung 139: KW Gößnitz – Retentionskurve dW für Schwallereignisse/Szenario B1 (Linie) bei mittlerem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

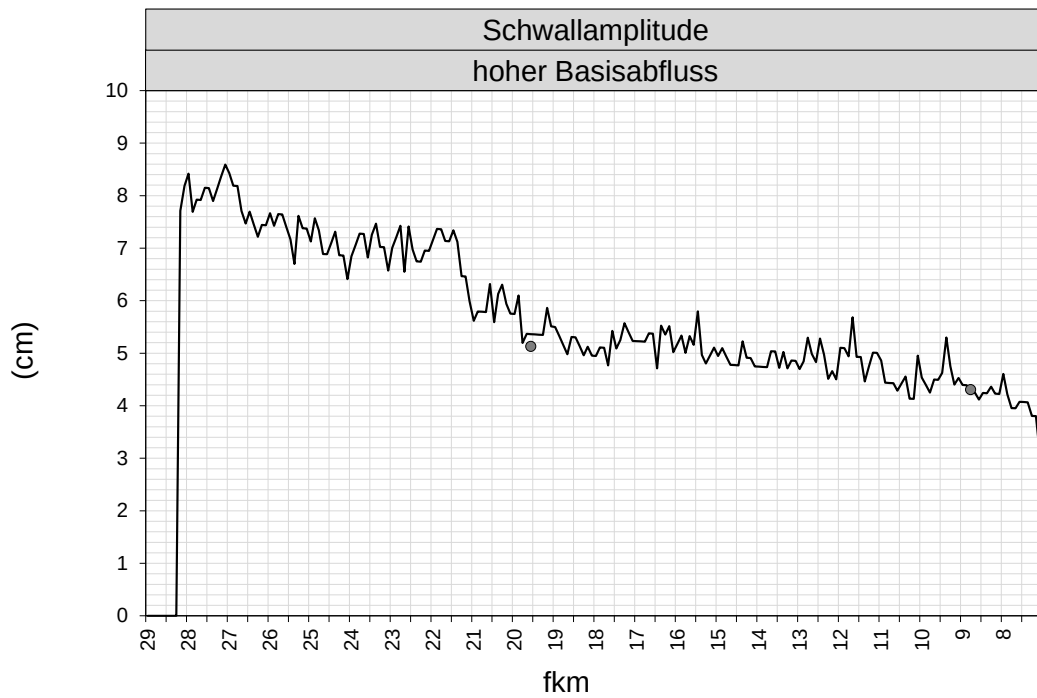


Abbildung 140: KW Gößnitz – Retentionskurve dW für Schwallereignisse/Szenario B1 (Linie) bei hohem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

10.7.6KW Gößnitz, Szenario B2

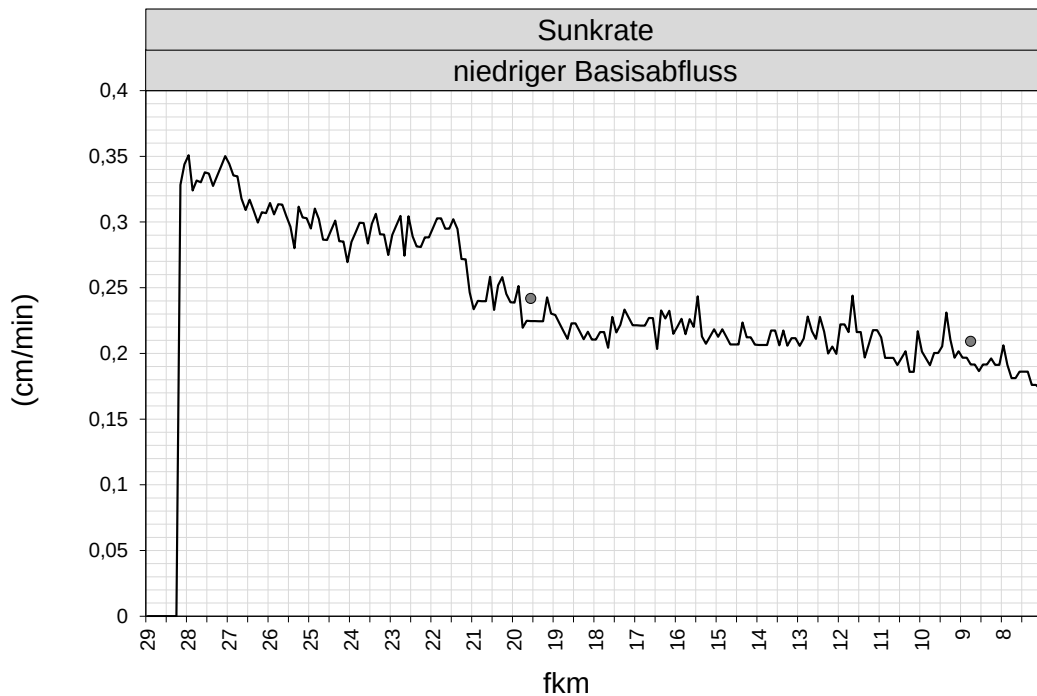


Abbildung 141: KW Gößnitz – Retentionskurve dW/dt für Sunkereignisse/Szenario B2 (Linie) bei niedrigem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

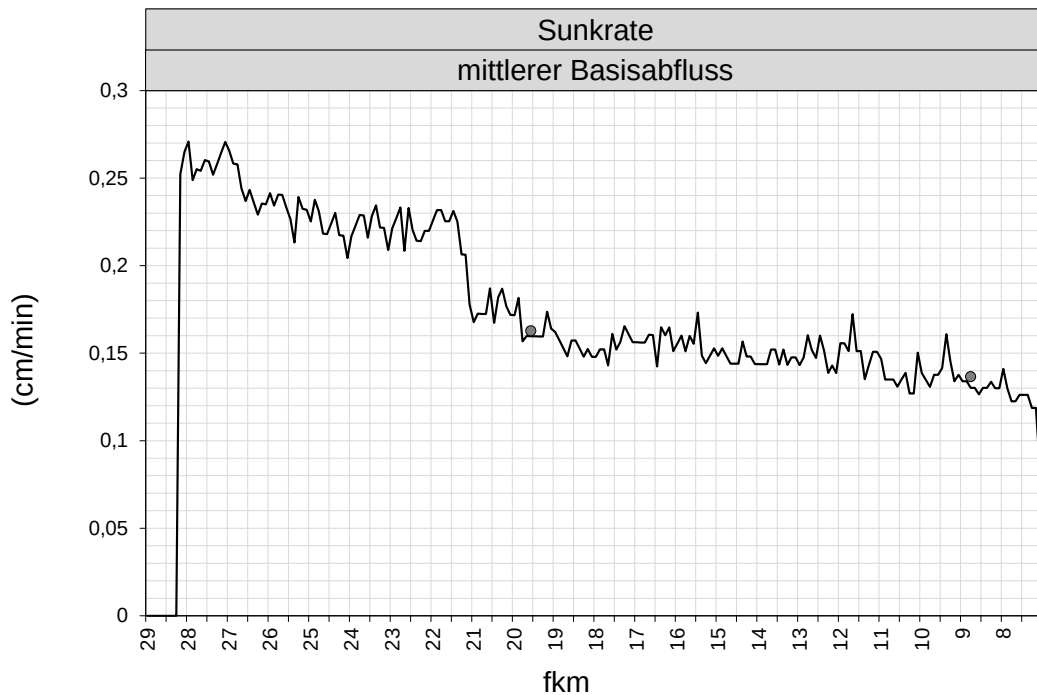


Abbildung 142: KW Gößnitz – Retentionskurve dW/dt für Sunkereignisse/Szenario B2 (Linie) bei mittlerem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

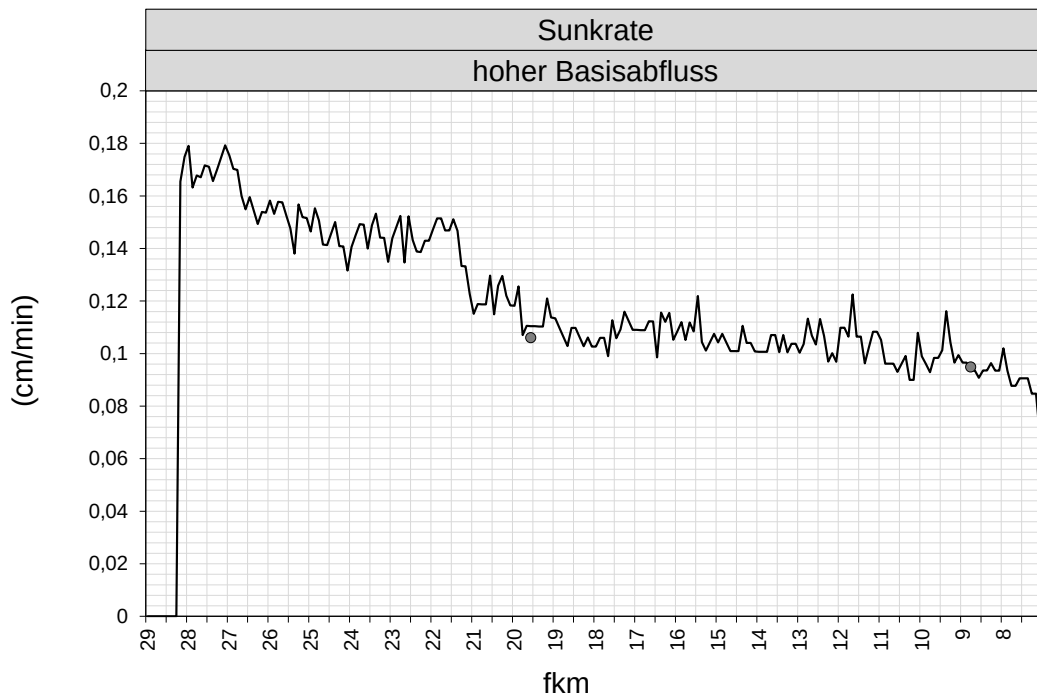


Abbildung 143: KW Gößnitz – Retentionskurve dW/dt für Sunkereignisse/Szenario B2 (Linie) bei hohem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

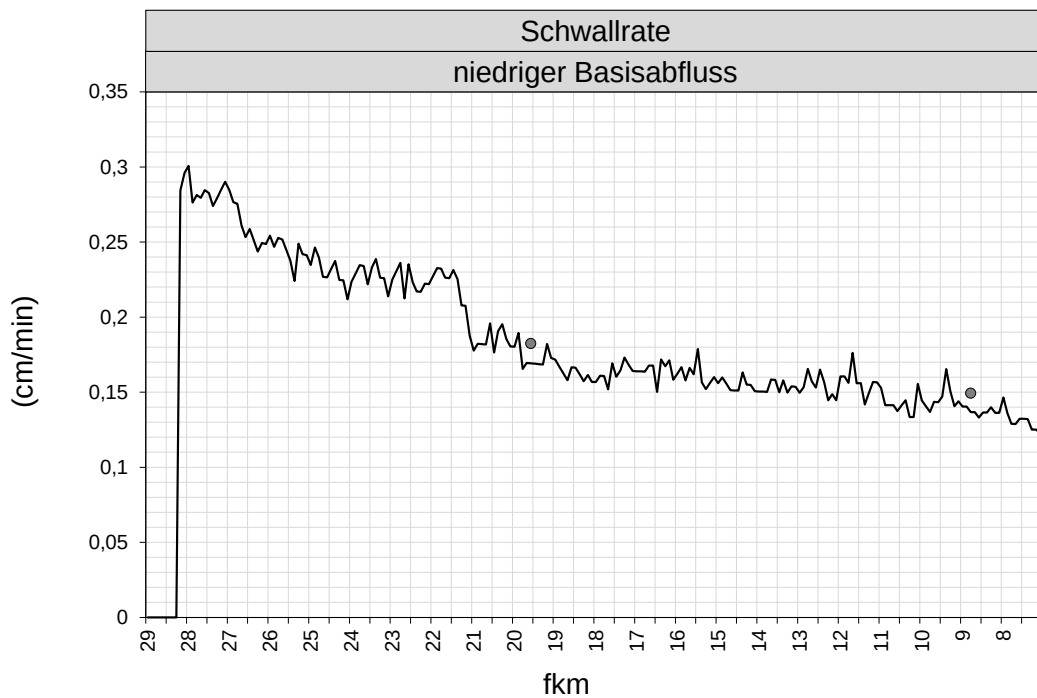


Abbildung 144: KW Gößnitz – Retentionskurve dW/dt für Schwallereignisse/Szenario B2 (Linie) bei niedrigem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

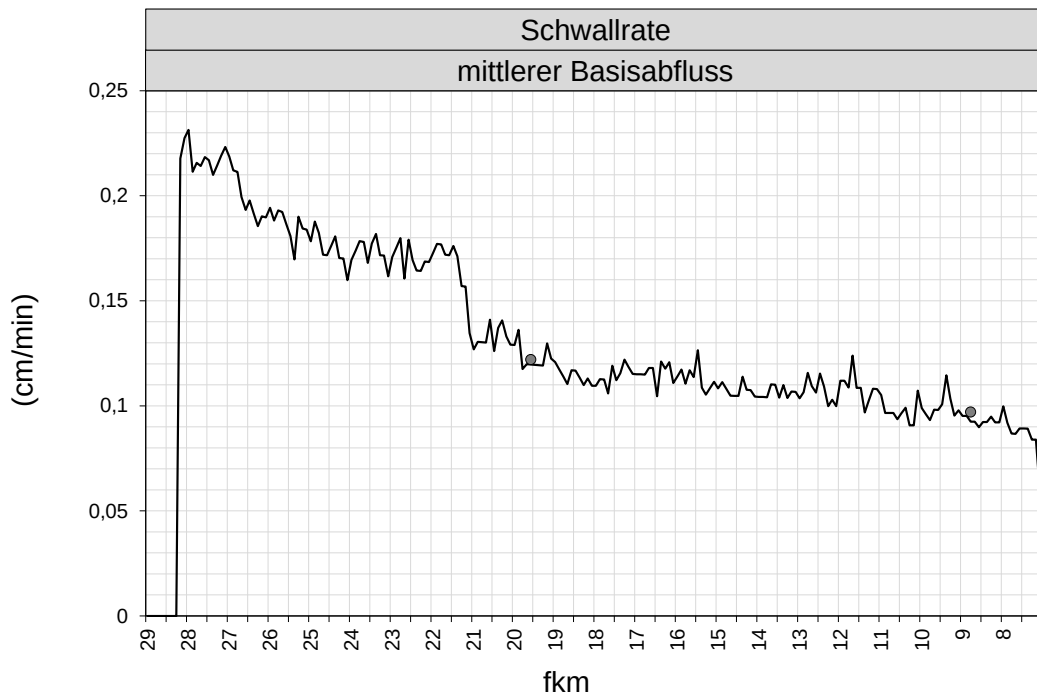


Abbildung 145: KW Gößnitz – Retentionskurve dW/dt für Schwallereignisse/Szenario B2 (Linie) bei mittlerem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

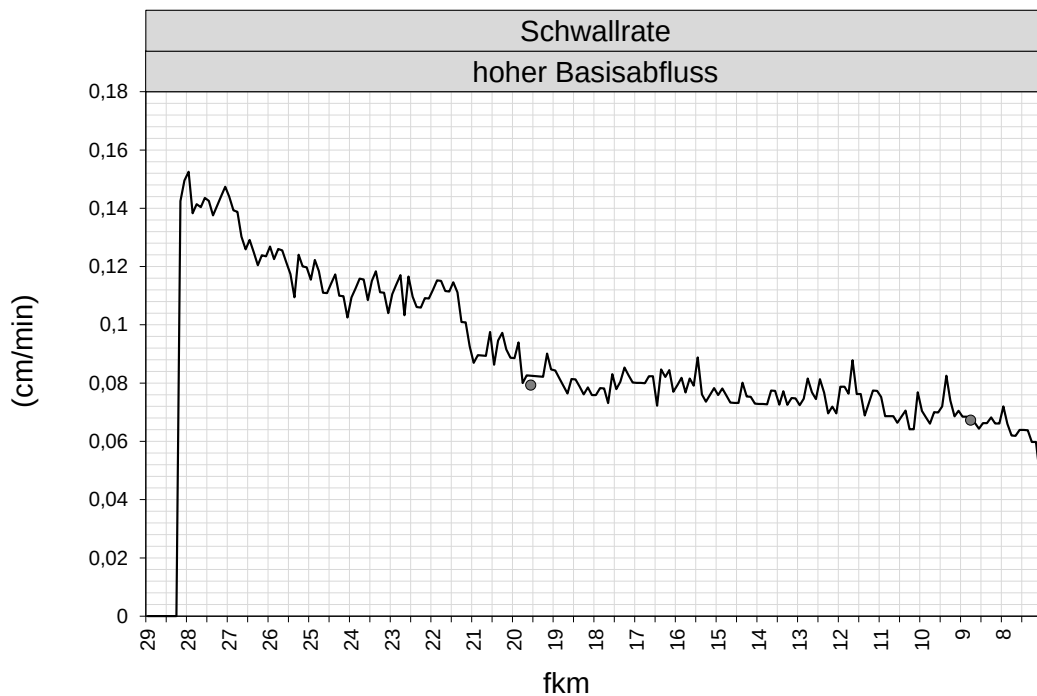


Abbildung 146: KW Gößnitz – Retentionskurve dW/dt für Schwallereignisse/Szenario B2 (Linie) bei hohem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

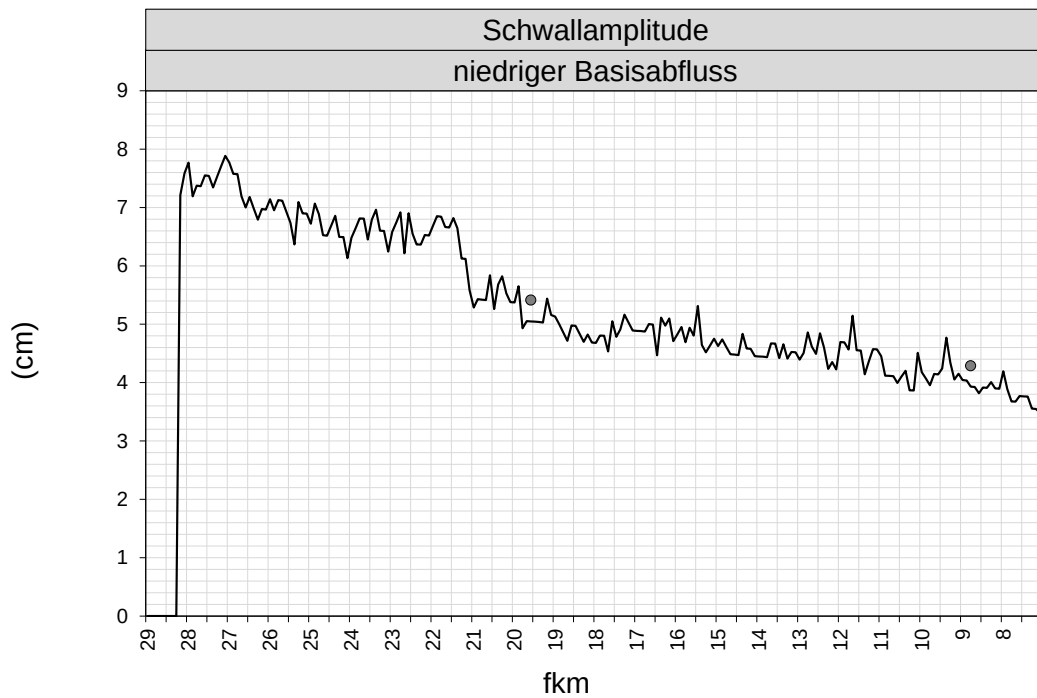


Abbildung 147: KW Gößnitz – Retentionskurve dW für Schwallereignisse/Szenario B2 (Linie) bei niedrigem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

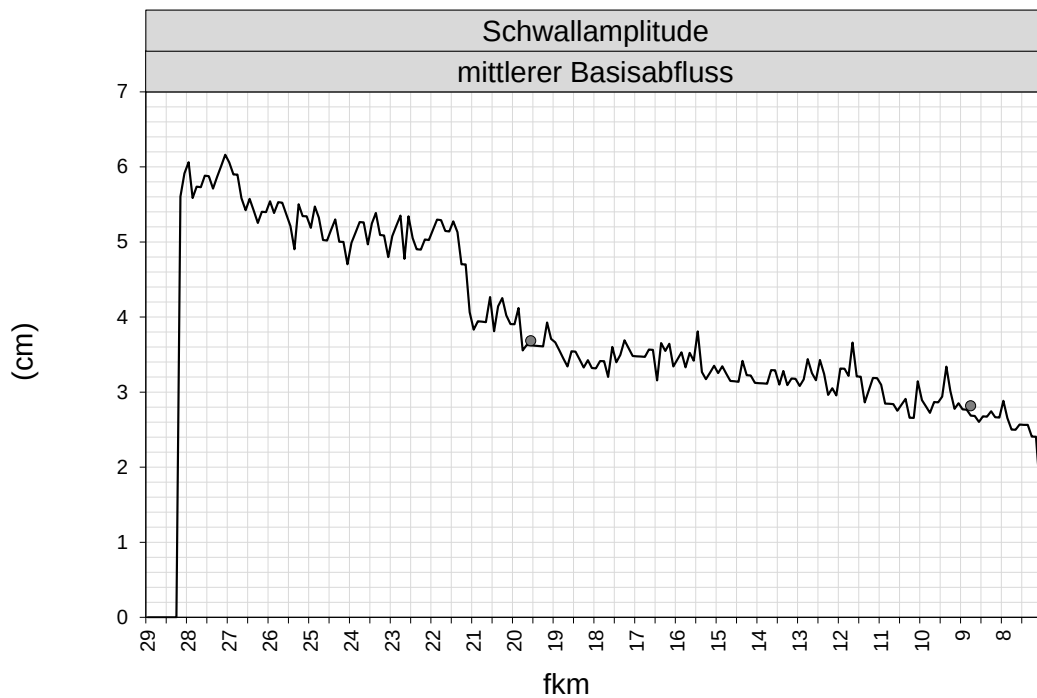


Abbildung 148: KW Gößnitz – Retentionskurve dW für Schwallereignisse/Szenario B2 (Linie) bei mittlerem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

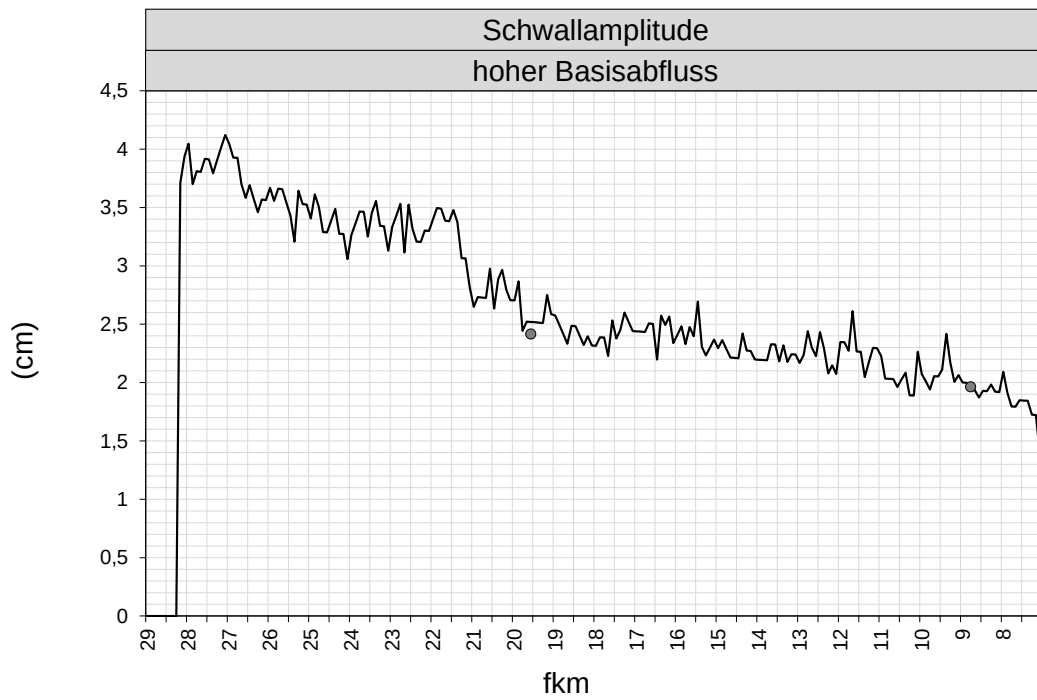


Abbildung 149: KW Gößnitz – Retentionskurve dW für Schwallereignisse/Szenario B2 (Linie) bei hohem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

10.7.7KW Gößnitz, Szenario B3

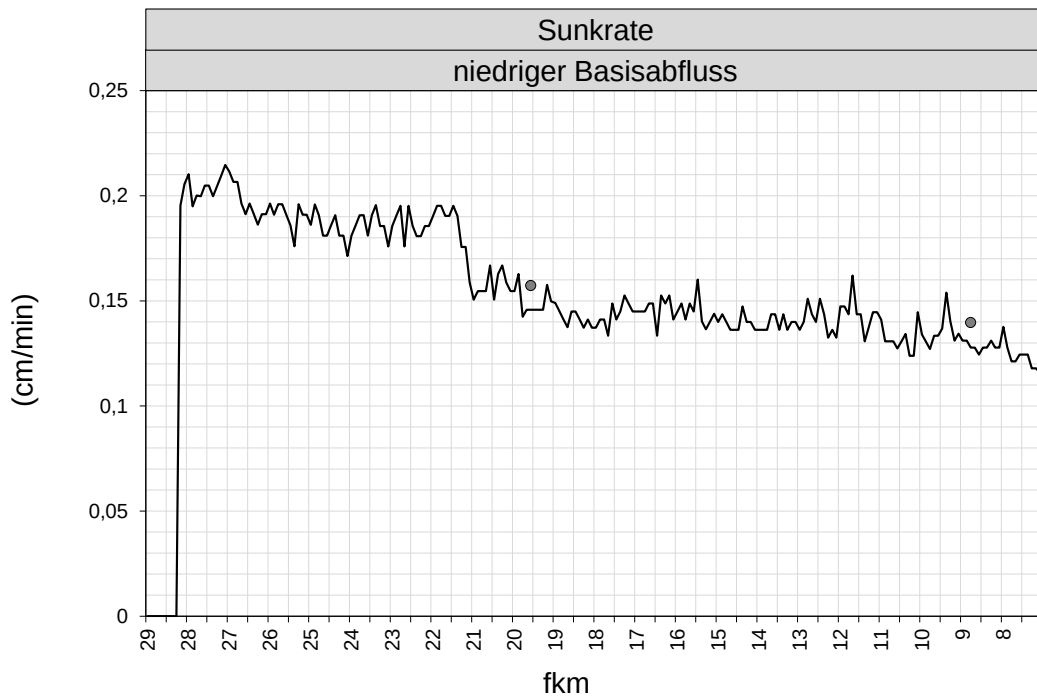


Abbildung 150: KW Gößnitz – Retentionskurve dW/dt für Sunkereignisse/Szenario B3 (Linie) bei niedrigem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

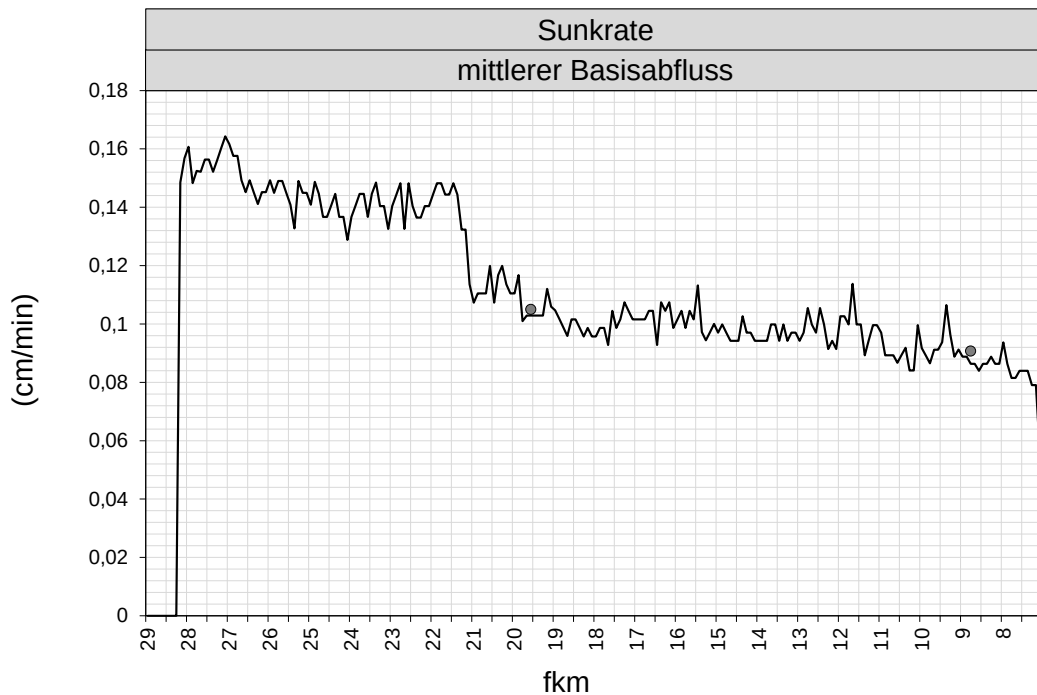


Abbildung 151: KW Gößnitz – Retentionskurve dW/dt für Sunkereignisse/Szenario B3 (Linie) bei mittlerem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

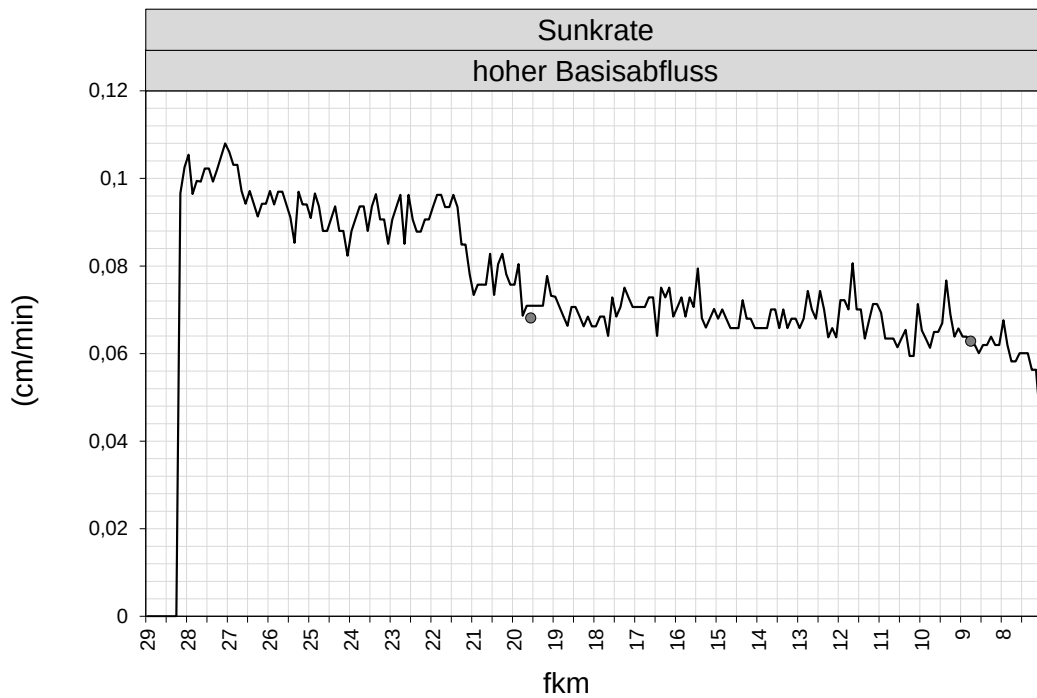


Abbildung 152: KW Gößnitz – Retentionskurve dW/dt für Sunkereignisse/Szenario B3 (Linie) bei hohem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

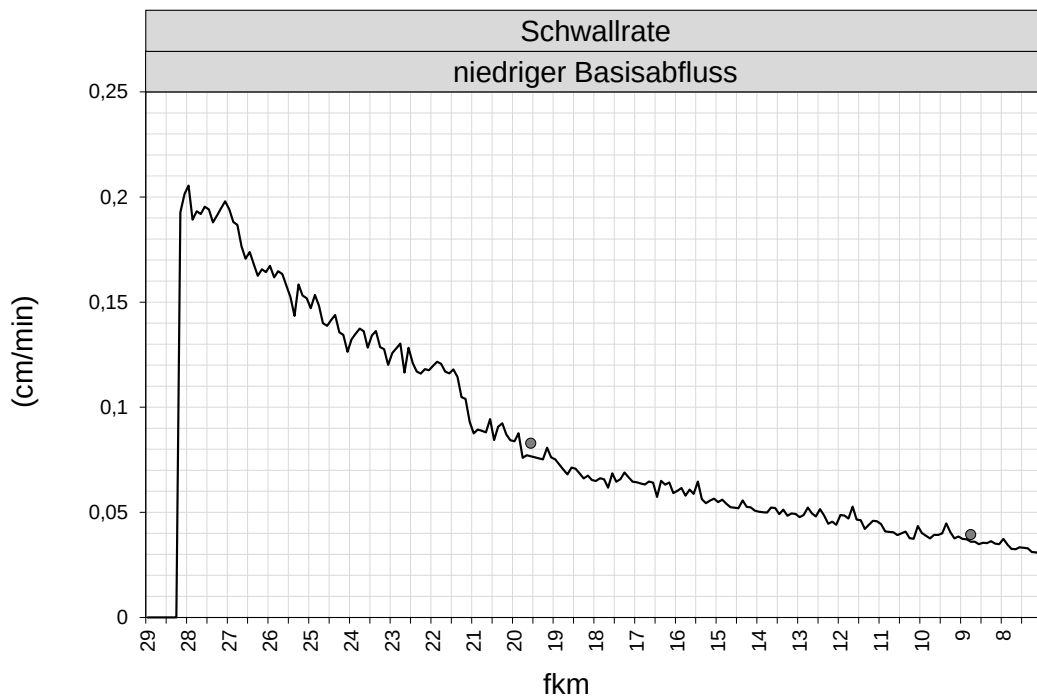


Abbildung 153: KW Gößnitz – Retentionskurve dW/dt für Schwallereignisse/Szenario B3 (Linie) bei niedrigem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

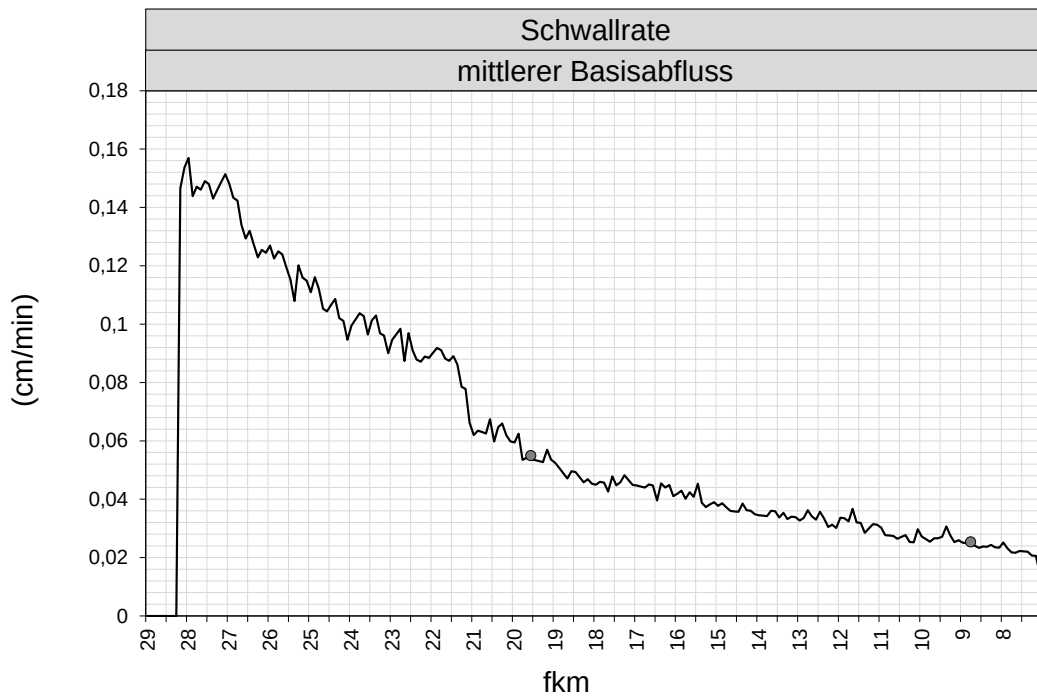


Abbildung 154: KW Gößnitz – Retentionskurve dW/dt für Schwallereignisse/Szenario B3 (Linie) bei mittlerem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

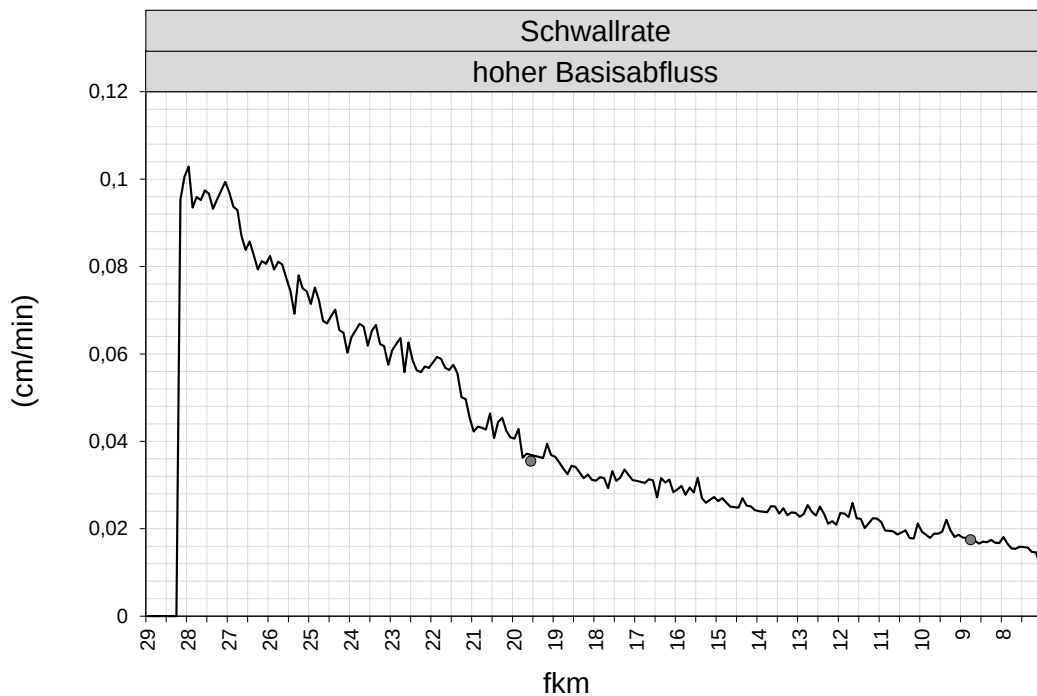


Abbildung 155: KW Gößnitz – Retentionskurve dW/dt für Schwallereignisse/Szenario B3 (Linie) bei hohem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

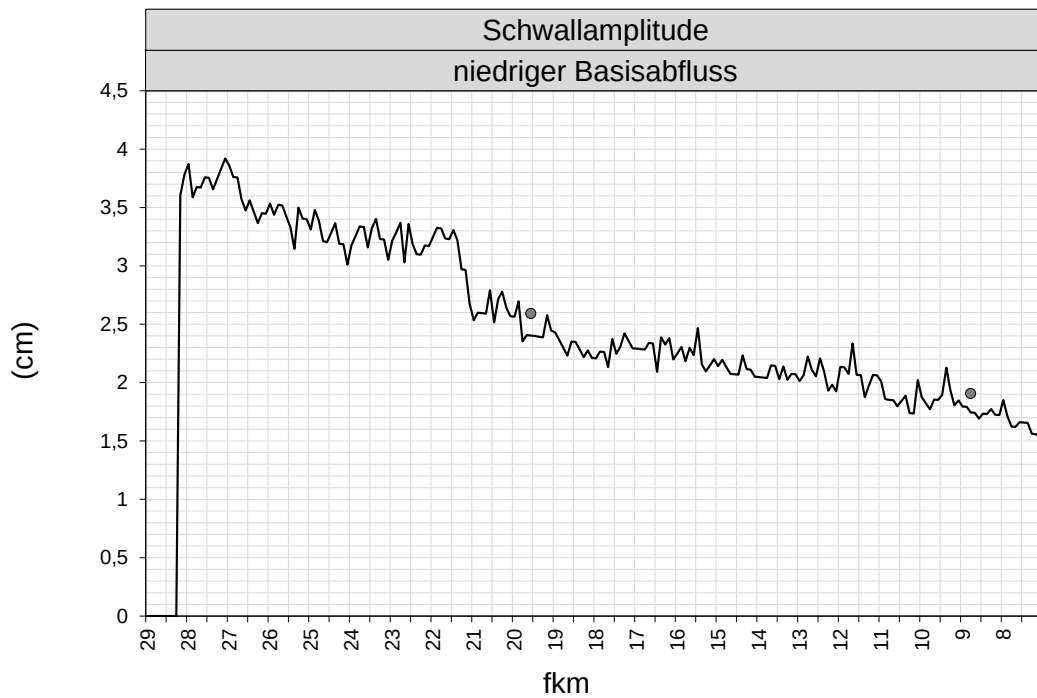


Abbildung 156: KW Gößnitz – Retentionskurve dW für Schwallereignisse/Szenario B3 (Linie) bei niedrigem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

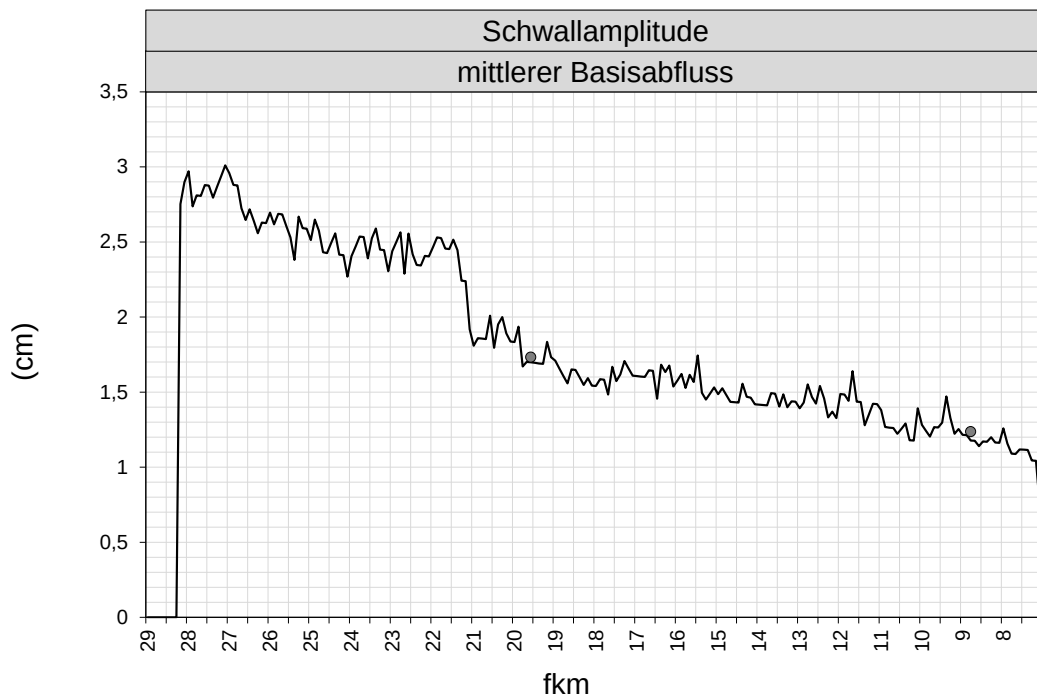


Abbildung 157: KW Gößnitz – Retentionskurve dW für Schwallereignisse/Szenario B3 (Linie) bei mittlerem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

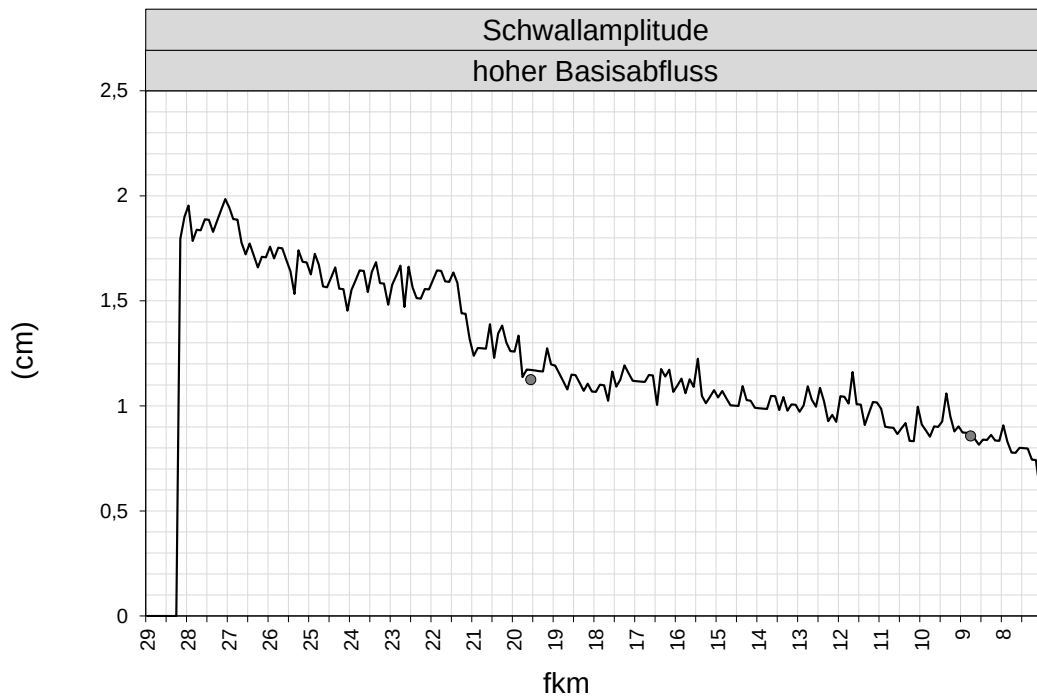


Abbildung 158: KW Gößnitz – Retentionskurve dW für Schwallereignisse/Szenario B3 (Linie) bei hohem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

10.7.8KW Gößnitz, Zusammenfassung der Routingergebnisse

Tabelle 32: KW Gößnitz – Zusammengefasste Routingergebnisse für Sunkereignisse gemäß Kapitel 5.2.1.1.

Szenario	Abflussbereich	Code	dW/dt (cm/min)	fkm_Sum	Sum_fkm_M0	Sum_fkm_M1	Sum_fkm_M2	Sum_fkm_M3
F	NW	Sz_100_NW	<1	1	0	0,5	0,5	0
		Sz_100_NW	<0.5	0	0	0	0	0
		Sz_100_NW	<0.25	0	0	0	0	0
		Sz_100_NW	<0.1	0	0	0	0	0
	MW	Sz_100_MW	<1	12	0	6,5	5	0,5
		Sz_100_MW	<0.5	0	0	0	0	0
		Sz_100_MW	<0.25	0	0	0	0	0
		Sz_100_MW	<0.1	0	0	0	0	0
	HW	Sz_100_HW	<1	14	0	6,5	6,5	1
		Sz_100_HW	<0.5	1	0	0,5	0,5	0
		Sz_100_HW	<0.25	0	0	0	0	0
		Sz_100_HW	<0.1	0	0	0	0	0
E	NW	Sz_75_NW	<1	8,5	0	3,5	4,5	0,5
		Sz_75_NW	<0.5	0	0	0	0	0
		Sz_75_NW	<0.25	0	0	0	0	0
		Sz_75_NW	<0.1	0	0	0	0	0
	MW	Sz_75_MW	<1	14	0	6,5	6,5	1
		Sz_75_MW	<0.5	0	0	0	0	0
		Sz_75_MW	<0.25	0	0	0	0	0
		Sz_75_MW	<0.1	0	0	0	0	0
	HW	Sz_75_HW	<1	18,5	0	7,5	9,5	1,5
		Sz_75_HW	<0.5	8	0	3,5	4	0,5
		Sz_75_HW	<0.25	0	0	0	0	0
		Sz_75_HW	<0.1	0	0	0	0	0
D	NW	Sz_50_NW	<1	14,5	0	6,5	7	1
		Sz_50_NW	<0.5	0	0	0	0	0
		Sz_50_NW	<0.25	0	0	0	0	0
		Sz_50_NW	<0.1	0	0	0	0	0
	MW	Sz_50_MW	<1	18,5	0	7,5	9,5	1,5
		Sz_50_MW	<0.5	8	0	3,5	4	0,5
		Sz_50_MW	<0.25	0	0	0	0	0
		Sz_50_MW	<0.1	0	0	0	0	0
	HW	Sz_50_HW	<1	21,5	0	10	10	1,5
		Sz_50_HW	<0.5	14,5	0	6,5	7	1
		Sz_50_HW	<0.25	0	0	0	0	0
		Sz_50_HW	<0.1	0	0	0	0	0
C	NW	Sz_25_NW	<1	21,5	0	10	10	1,5
		Sz_25_NW	<0.5	13	0	6,5	5,5	1
		Sz_25_NW	<0.25	0	0	0	0	0
		Sz_25_NW	<0.1	0	0	0	0	0
	MW	Sz_25_MW	<1	21,5	0	10	10	1,5
		Sz_25_MW	<0.5	14,5	0	6,5	7	1
		Sz_25_MW	<0.25	1	0	0,5	0,5	0
		Sz_25_MW	<0.1	0	0	0	0	0
	HW	Sz_25_HW	<1	21,5	0	10	10	1,5
		Sz_25_HW	<0.5	19,5	0	8	10	1,5
		Sz_25_HW	<0.25	12	0	6,5	5	0,5
		Sz_25_HW	<0.1	0	0	0	0	0
B1	NW	Sz_12.5_NW	<1	21,5	0	10	10	1,5
		Sz_12.5_NW	<0.5	19	0	7,5	10	1,5
		Sz_12.5_NW	<0.25	1	0	0,5	0,5	0
		Sz_12.5_NW	<0.1	0	0	0	0	0
	MW	Sz_12.5_MW	<1	21,5	0	10	10	1,5

		Sz_12.5_MW	<0.5	21,5	0	10	10	1,5
		Sz_12.5_MW	<0.25	14	0	6,5	6,5	1
		Sz_12.5_MW	<0.1	0	0	0	0	0
	HW	Sz_12.5_HW	<1	21,5	0	10	10	1,5
		Sz_12.5_HW	<0.5	21,5	0	10	10	1,5
		Sz_12.5_HW	<0.25	19,5	0	8	10	1,5
		Sz_12.5_HW	<0.1	0	0	0	0	0
B2	NW	Sz_6_NW	<1	21,5	0	10	10	1,5
		Sz_6_NW	<0.5	21,5	0	10	10	1,5
		Sz_6_NW	<0.25	14	0	6,5	6,5	1
		Sz_6_NW	<0.1	0	0	0	0	0
	MW	Sz_6_MW	<1	21,5	0	10	10	1,5
		Sz_6_MW	<0.5	21,5	0	10	10	1,5
		Sz_6_MW	<0.25	19,5	0	8	10	1,5
		Sz_6_MW	<0.1	0	0	0	0	0
	HW	Sz_6_HW	<1	21,5	0	10	10	1,5
		Sz_6_HW	<0.5	21,5	0	10	10	1,5
		Sz_6_HW	<0.25	21,5	0	10	10	1,5
		Sz_6_HW	<0.1	4	0	1	2,5	0,5
B3	NW	Sz_3_NW	<1	21,5	0	10	10	1,5
		Sz_3_NW	<0.5	21,5	0	10	10	1,5
		Sz_3_NW	<0.25	21,5	0	10	10	1,5
		Sz_3_NW	<0.1	0	0	0	0	0
	MW	Sz_3_MW	<1	21,5	0	10	10	1,5
		Sz_3_MW	<0.5	21,5	0	10	10	1,5
		Sz_3_MW	<0.25	21,5	0	10	10	1,5
		Sz_3_MW	<0.1	14	0	6,5	6,5	1
	HW	Sz_3_HW	<1	21,5	0	10	10	1,5
		Sz_3_HW	<0.5	21,5	0	10	10	1,5
		Sz_3_HW	<0.25	21,5	0	10	10	1,5
		Sz_3_HW	<0.1	21,5	0	10	10	1,5

(Wirkungsszenario B3 bis F, Kapitel 5.2.1.1; NW – niedriger Basisabfluss, MW – mittlerer Basisabfluss, HW – hoher Basisabfluss, Kapitel 5.2.3.3); Sum_fkm – summierte Gewässerstrecke im jeweiligen Intensitätsbereich, Kapitel 5.3.2; Sum_fkm_M0-3 – Sum_fkm in Abhängigkeit der morphologischen Strukturgüte (M0: Anthropogen überprägt; M1: Strukturiert NW; M2: Strukturiert MW; M3: Strukturiert HW; Kapitel 5.1.2))

Tabelle 33: KW Gößnitz – Zusammengefasste Routingergebnisse für Schwallereignisse gemäß Kapitel 5.2.1.1.

Szenario	Abflussbereich	Code	dW/dt (cm/min)	fkm_Sum	Sum_fkm_M0	Sum_fkm_M1	Sum_fkm_M2	Sum_fkm_M3
F	NW	Sz_100_NW	<1	0	0	0	0	0
		Sz_100_NW	<0.5	0	0	0	0	0
		Sz_100_NW	<0.25	0	0	0	0	0
		Sz_100_NW	<0.1	0	0	0	0	0
	MW	Sz_100_MW	<1	0	0	0	0	0
		Sz_100_MW	<0.5	0	0	0	0	0
		Sz_100_MW	<0.25	0	0	0	0	0
		Sz_100_MW	<0.1	0	0	0	0	0
	HW	Sz_100_HW	<1	0	0	0	0	0
		Sz_100_HW	<0.5	0	0	0	0	0
		Sz_100_HW	<0.25	0	0	0	0	0
		Sz_100_HW	<0.1	0	0	0	0	0
E	NW	Sz_75_NW	<1	0	0	0	0	0
		Sz_75_NW	<0.5	0	0	0	0	0
		Sz_75_NW	<0.25	0	0	0	0	0
		Sz_75_NW	<0.1	0	0	0	0	0
	MW	Sz_75_MW	<1	0	0	0	0	0
		Sz_75_MW	<0.5	0	0	0	0	0
		Sz_75_MW	<0.25	0	0	0	0	0
		Sz_75_MW	<0.1	0	0	0	0	0
	HW	Sz_75_HW	<1	1	0	0,5	0,5	0
		Sz_75_HW	<0.5	0	0	0	0	0
		Sz_75_HW	<0.25	0	0	0	0	0
		Sz_75_HW	<0.1	0	0	0	0	0
D	NW	Sz_50_NW	<1	0	0	0	0	0
		Sz_50_NW	<0.5	0	0	0	0	0
		Sz_50_NW	<0.25	0	0	0	0	0
		Sz_50_NW	<0.1	0	0	0	0	0
	MW	Sz_50_MW	<1	8,5	0	3,5	4,5	0,5
		Sz_50_MW	<0.5	0	0	0	0	0
		Sz_50_MW	<0.25	0	0	0	0	0
		Sz_50_MW	<0.1	0	0	0	0	0
	HW	Sz_50_HW	<1	14,5	0	6,5	7	1
		Sz_50_HW	<0.5	0	0	0	0	0
		Sz_50_HW	<0.25	0	0	0	0	0
		Sz_50_HW	<0.1	0	0	0	0	0
C	NW	Sz_25_NW	<1	18,5	0	7,5	9,5	1,5
		Sz_25_NW	<0.5	0	0	0	0	0
		Sz_25_NW	<0.25	0	0	0	0	0
		Sz_25_NW	<0.1	0	0	0	0	0
	MW	Sz_25_MW	<1	21,5	0	10	10	1,5
		Sz_25_MW	<0.5	8,5	0	3,5	4,5	0,5
		Sz_25_MW	<0.25	0	0	0	0	0
		Sz_25_MW	<0.1	0	0	0	0	0
	HW	Sz_25_HW	<1	21,5	0	10	10	1,5
		Sz_25_HW	<0.5	14,5	0	6,5	7	1
		Sz_25_HW	<0.25	0	0	0	0	0
		Sz_25_HW	<0.1	0	0	0	0	0
B1	NW	Sz_12.5_NW	<1	21,5	0	10	10	1,5
		Sz_12.5_NW	<0.5	14,5	0	6,5	7	1
		Sz_12.5_NW	<0.25	0	0	0	0	0
		Sz_12.5_NW	<0.1	0	0	0	0	0
	MW	Sz_12.5_MW	<1	21,5	0	10	10	1,5
		Sz_12.5_MW	<0.5	20	0	8,5	10	1,5
		Sz_12.5_MW	<0.25	8,5	0	3,5	4,5	0,5
		Sz_12.5_MW	<0.1	0	0	0	0	0
	HW	Sz_12.5_HW	<1	21,5	0	10	10	1,5

		Sz_12.5_HW	<0.5	21,5	0	10	10	1,5
		Sz_12.5_HW	<0.25	14,5	0	6,5	7	1
		Sz_12.5_HW	<0.1	0	0	0	0	0
B2	NW	Sz_6_NW	<1	21,5	0	10	10	1,5
		Sz_6_NW	<0.5	21,5	0	10	10	1,5
		Sz_6_NW	<0.25	19,5	0	8	10	1,5
		Sz_6_NW	<0.1	0	0	0	0	0
	MW	Sz_6_MW	<1	21,5	0	10	10	1,5
		Sz_6_MW	<0.5	21,5	0	10	10	1,5
		Sz_6_MW	<0.25	21,5	0	10	10	1,5
		Sz_6_MW	<0.1	8,5	0	3,5	4,5	0,5
	HW	Sz_6_HW	<1	21,5	0	10	10	1,5
		Sz_6_HW	<0.5	21,5	0	10	10	1,5
		Sz_6_HW	<0.25	21,5	0	10	10	1,5
		Sz_6_HW	<0.1	14	0	6,5	6,5	1
B3	NW	Sz_3_NW	<1	21,5	0	10	10	1,5
		Sz_3_NW	<0.5	21,5	0	10	10	1,5
		Sz_3_NW	<0.25	21,5	0	10	10	1,5
		Sz_3_NW	<0.1	14,5	0	6,5	7	1
	MW	Sz_3_MW	<1	21,5	0	10	10	1,5
		Sz_3_MW	<0.5	21,5	0	10	10	1,5
		Sz_3_MW	<0.25	21,5	0	10	10	1,5
		Sz_3_MW	<0.1	17	0	7,5	8	1,5
	HW	Sz_3_HW	<1	21,5	0	10	10	1,5
		Sz_3_HW	<0.5	21,5	0	10	10	1,5
		Sz_3_HW	<0.25	21,5	0	10	10	1,5
		Sz_3_HW	<0.1	21,5	0	10	10	1,5

(Wirkungsszenario B3 bis F, Kapitel 5.2.1.1; NW – niedriger Basisabfluss, MW – mittlerer Basisabfluss, HW – hoher Basisabfluss, Kapitel 5.2.3.3); Sum_fkm – summierte Gewässerstrecke im jeweiligen Intensitätsbereich, Kapitel 5.3.2; Sum_fkm_M0-3 – Sum_fkm in Abhängigkeit der morphologischen Strukturgüte (M0: Anthropogen überprägt; M1: Strukturiert NW; M2: Strukturiert MW; M3: Strukturiert HW; Kapitel 5.1.2))

10.8 KW Gößnitz, Interpretation der einzelnen Szenarien

10.8.1 KW Gößnitz, Szenario F

Szenario F entspricht einer hypothetischen Schwallwelle mit einer Amplitude von 27 m³/s und einer Schwall- und Sunkrate von 20 (m³/s)/15min (Tabelle 5).

In den Jahren 2012-2016 und 2024 wurden kaum Schwall- (Median bis Maximum: 1-14 Ereignisse/Jahr, Tabelle 6) oder Sunkereignisse (Median bis Maximum: 3-6 Ereignisse/Jahr, Tabelle 7) dokumentiert, deren Abflussänderungsgeschwindigkeit die Intensität von Szenario F erreicht hat. Die Amplitude von maximal einem Schwallereignis pro Jahr hat die Intensität von Szenario F erreicht (Tabelle 8).

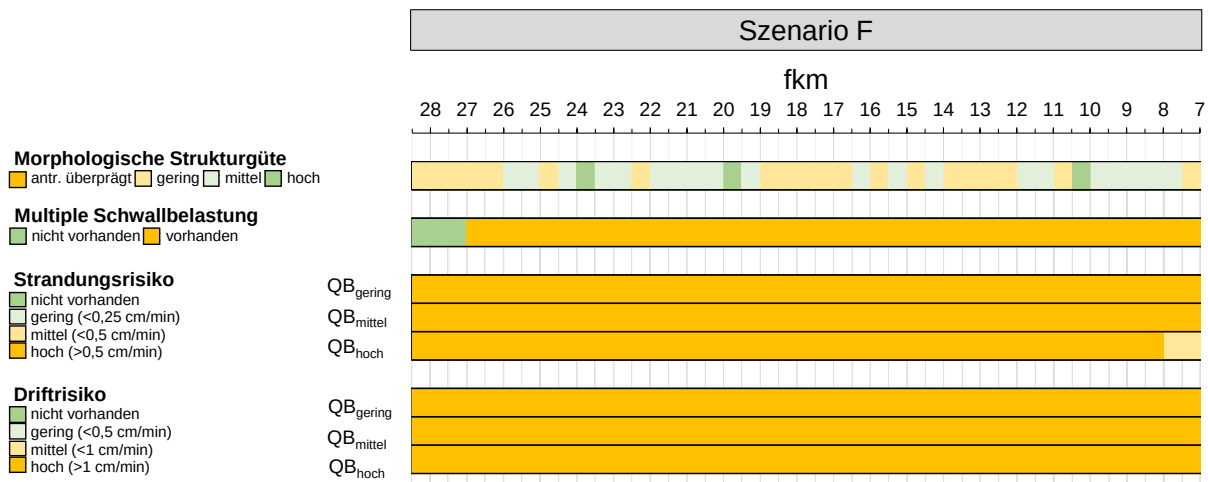


Abbildung 159: KW Gößnitz – Überblick zur Situation bei Szenario F (QB_{gering} – niedriger Basisabfluss (Quartal 1), QB_{mittel} – mittlerer Basisabfluss (Quartal 3 und 4); QB_{hoch} – hoher Basisabfluss (Quartal 2), fkm – Flusskilometer/orographisch)

Aufgrund der hohen Mortalität werden Strandungsphänomene von **Fischlarven und frühen juvenilen Stadien** aus fischökologischer Sicht als die größte Belastung angesehen. Ein signifikantes Strandungsrisiko besteht für Fischlarven, die Alpenraum vor allem im Quartal 2 vorkommen, bei Sunkraten über 0,1 cm/min (Forellenlarven) bzw. 0,2 cm/min (Äschenlarven). Für frühe Juvenilstadien im Quartal 3 besteht ein signifikantes Strandungsrisiko bei Sunkraten über 0,4 cm/min (Kapitel 5.2.3.4). Im Untersuchungsraum wird im Quartal 2 ein hoher und im Quartal 3 ein mittlerer Basisabfluss erwartet (Kapitel 5.2.3.3). Gemäß den wasserstandbezogenen Retentionskurven ist davon auszugehen, dass für Forellen- und Äschenlarven (Abbildung 98) sowie für frühe Juvenilstadien bei Szenario F im gesamten Untersuchungsraum ein signifikantes Strandungsrisiko besteht (Abbildung 97).

Bei **Benthosorganismen** ist von einer Wechselwirkung zwischen Drift- und Strandung auszugehen. Bei Schwallraten von < 0,5 cm/min besteht ein geringes, bei < 1 cm/min ein mittleres und bei > 1 cm/min ein hohes Driftrisiko (Kapitel 5.3.1.2). In Anlehnung an das Strandungsrisiko für Fische wird bei Sunkraten < 0,2 cm/min von einem geringen, bei Sunkraten < 0,5 cm/min von einem mittleren und bei Sunkraten > 0,5 cm/min von einem hohem Strandungsrisiko ausgegangen (Kapitel 5.3.1.1). Gemäß den wasserstandbezogenen Retentionskurven ist für Benthosorganismen bei Szenario F bei niedrigem und mittlerem Basisabfluss im gesamten Untersuchungsraum mit einem hohem Strandungsrisiko zu rechnen. Bei hohem Basisabfluss ist das Strandungsrisiko für Benthosorganismen am unteren Ende des Untersuchungsraumes als mittel einzustufen (Abbildung 159 bzw. Abbildung 96 bis Abbildung 98). Das Driftrisiko für Benthosorganismen ist unabhängig vom Basisabfluss im gesamten Untersuchungsraum hoch (Abbildung 159 bzw. Abbildung 99 bis Abbildung 101)

Schwallbedingte Einflüsse auf die Habitatverfügbarkeit und –qualität werden, aufgrund der bis dato weder für Fische noch für Benthosorganismen definierten Intensitätsschwellen, im Rahmen der vorliegenden Bewertung nicht in räumlich/zeitlich diskretisierter Form berücksichtigt (Kapitel 5.3.1.3). Dementsprechend wird im gesamten Untersuchungsraum in unbestimmtem Ausmaß von einer negativen Beeinflussung der Habitatverfügbarkeit und –qualität ausgegangen. Bei Szenario F und niedrigem Basisabfluss liegen die Amplituden im Untersuchungsraum

gemäß den wasserstandbezogenen Retentionskurven in einer Größenordnung von 80 cm (Schwalleinleitestelle) bis 45 cm (flussauf Stau Rottau). Bei mittlerem Basisabfluss liegen die Amplituden zwischen 70 cm und 35 cm. Bei hohem Basisabfluss liegen die Amplituden zwischen 55 cm und 30 cm (Abbildung 102 bis Abbildung 104). Die dadurch bedingte Änderung der benetzten Sohlbreite liegt bei geringem Basisabfluss durchschnittlich im Bereich von 5 bis 8 m, bei mittlerem Basisabfluss zwischen 4 und 6 m und bei hohem Basisabfluss zwischen 2 und 5 m (Kapitel 10.1.2).

Fazit:

- Die ex-post Analyse der Häufigkeit und Intensität der von Kraftwerk Gößnitz ausgehenden Schwallwellen zeigt, dass Szenario F hinsichtlich Schwall- und Sunkrate sowie Amplitude nur in Ausnahmefällen erreicht wird. Die maximale Intensität im Regelbetrieb wird durch Szenario F somit realistisch abgebildet.
- Ein signifikantes Strandrungsrisiko besteht bei Szenario F für Fischlarven und frühe Juvenilstadien im gesamten Untersuchungsraum.
- Das Strandrungsrisiko für Benthosorganismen ist bei Szenario F und niedrigem bis mittlerem Basisabfluss im gesamten Untersuchungsgebiet hoch. Bei hohem Basisabfluss ist das Strandrungsrisiko am unteren Ende des Untersuchungsraumes mittel.
- Das Driftrisiko bei Szenario F ist im gesamten Untersuchungsgebiet unabhängig vom Basisabfluss als hoch einzustufen.
- Per Definition stellt das Szenario F die maximale Intensität im Regelbetrieb dar. Eine Begrenzung der Schwallintensität auf Szenario F ist daher a priori nicht sinnvoll (Kapitel 5.2.1.1).

10.8.2KW Gößnitz, Szenario E – Maximalintensität 75% von Szenario F

Szenario E entspricht einer hypothetischen Schwallwelle mit einer Amplitude von 20,3 m³/s und einer Schwall- und Sunkrate von 15 (m³/s)/15min (Tabelle 5).

In den Jahren 2012-2016 und 2024 wurden häufig Schwall- (Median bis Maximum: 31-119 Ereignisse/Jahr, Tabelle 6) oder Sunkereignisse (Median bis Maximum: 30-112 Ereignisse/Jahr, Tabelle 7) dokumentiert, deren Abflussänderungsgeschwindigkeit die Intensität von Szenario E erreicht hat. Die Amplitude von 16-46 Schwallereignissen pro Jahr (Median bis Maximum) hat die Intensität von Szenario E erreicht (Tabelle 8).

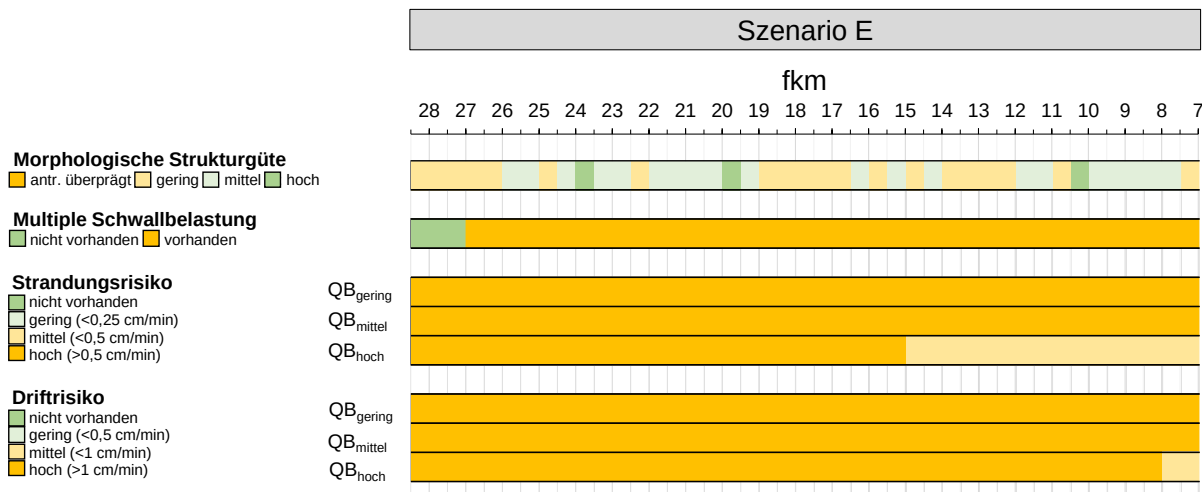


Abbildung 160: KW Gößnitz – Überblick zur Situation bei Szenario E (QB_{gering} – niedriger Basisabfluss (Quartal 1), QB_{mittel} – mittlerer Basisabfluss (Quartal 3 und 4); QB_{hoch} – hoher Basisabfluss (Quartal 2), fkm – Flusskilometer/orographisch)

Aufgrund der hohen Mortalität werden Strandrungsphänomene von **Fischlarven und frühen juvenilen Stadien** aus fischökologischer Sicht als die größte Belastung angesehen. Ein signifikantes Strandrungsrisiko besteht für Fischlarven, die Alpenraum vor allem im Quartal 2 vorkommen, bei Sunkraten über 0,1 cm/min (Forellenlarven) bzw. 0,2 cm/min (Äschenlarven). Für frühe Juvenilstadien im Quartal 3 besteht ein signifikantes Strandrungsrisiko bei Sunkraten über 0,4 cm/min (Kapitel 5.2.3.4). Im Untersuchungsraum wird im Quartal 2 ein hoher und im Quartal 3 ein mittlerer Basisabfluss erwartet (Kapitel 5.2.3.3). Dementsprechend ist bei Szenario E davon auszugehen, dass für Forellen- und Äschenlarven im gesamten Untersuchungsraum ein signifikantes Strandrungsrisiko besteht (Abbildung 107). Dies trifft auch für frühe Juvenilstadien zu (Abbildung 106).

Bei **Benthosorganismen** ist von einer Wechselwirkung zwischen Drift- und Strandrung auszugehen. Bei Schwallraten von < 0,5 cm/min besteht ein geringes, bei < 1 cm/min ein mittleres und bei > 1 cm/min ein hohes Driftrisiko (Kapitel 5.3.1.2). In Anlehnung an das Strandrungsrisiko für Fische wird bei Sunkraten < 0,2 cm/min von einem geringen, bei Sunkraten < 0,5 cm/min von einem mittleren und bei Sunkraten > 0,5 cm/min von einem hohem Strandrungsrisiko ausgegangen (Kapitel 5.3.1.1). Bei Szenario E ist für Benthosorganismen bei niedrigem und mittleren Basisabfluss im gesamten Untersuchungsraum von einem hohen Strandrungsrisiko auszugehen. Bei hohem Basisabfluss ist das Strandrungsrisiko flussab vom Moserhof in Penk (ca. fkm 15) mittel (Abbildung 160 bzw. Abbildung 105 bis Abbildung 107). Das Driftrisiko ist mit Ausnahme vom unteren Ende des Untersuchungsraumes unabhängig vom Basisabfluss im gesamten Untersuchungsraum als hoch einzustufen (Abbildung 160 bzw. Abbildung 108 bis Abbildung 110).

Schwallbedingte Einflüsse auf die Habitatverfügbarkeit und –qualität werden, aufgrund der bis dato weder für Fische noch für Benthosorganismen definierten Intensitäts-Schwellen, im Rahmen der vorliegenden Bewertung nicht in räumlich/zeitlich diskretisierter Form berücksichtigt (Kapitel 5.3.1.3). Dementsprechend wird im gesamten Untersuchungsraum in unbestimmtem Ausmaß von einer negativen Beeinflussung der Habitatverfügbarkeit und –qualität ausgegangen. Bei Szenario E und niedrigem Basisabfluss liegen die Amplituden im Untersuchungsraum

gemäß den wasserstandbezogenen Retentionskurven in einer Größenordnung von 65 cm (Schwalleinleitestelle) bis 35 cm (flussauf Stau Rottau). Bei mittlerem Basisabfluss liegen die Amplituden zwischen 55 cm und 30 cm. Bei hohem Basisabfluss liegen die Amplituden zwischen 45 cm und 25 cm (Abbildung 111 bis Abbildung 113).

Fazit:

- Die ex-post Analyse der Häufigkeit und Intensität, der von Kraftwerk Gößnitz ausgehenden Schwallwellen zeigt, dass Szenario E insbesondere hinsichtlich Schwall- und Sunkrate aber auch Amplitude häufig erreicht bzw. überschritten wird.
- Ein signifikantes Strandungsrisiko besteht für Fischlarven und frühe Juvenilstadien bei Szenario E im gesamten Untersuchungsraum.
- Das Strandungsrisiko für Benthosorganismen ist bei niedrigem und mittlerem Basisabfluss im gesamten Untersuchungsraum hoch. Bei hohem Basisabfluss ist das Strandungsrisiko flussab vom Moserhof in Penk mittel.
- Das Driftrisiko ist mit Ausnahme vom unteren Ende des Untersuchungsraumes unabhängig vom Basisabfluss im gesamten Untersuchungsraum als hoch einzustufen.
- Durch die Begrenzung der Schwall- und Sunkrate auf Szenario E ist bei hohem Basisabflusses mit einer **geringfügigen Verringerung des Strandungs- und Driftrisikos** am unteren Ende des Untersuchungsraumes zu rechnen.

10.8.3KW Gößnitz, Szenario D – Maximalintensität 50% von Szenario F

Szenario D entspricht einer hypothetischen Schwallwelle mit einer Amplitude von 13,5 m³/s und einer Schwall- und Sunkrate von 10 (m³/s)/15min (Tabelle 5).

In den Jahren 2012-2016 und 2024 wurden sehr häufig Schwall- (Median bis Maximum: 163-322 Ereignisse/Jahr, Tabelle 6) oder Sunkereignisse (Median bis Maximum: 178-352 Ereignisse/Jahr, Tabelle 7) dokumentiert, deren Abflussänderungsgeschwindigkeit die Intensität von Szenario D erreicht hat. Die Amplitude von 168-312 Schwallereignissen pro Jahr (Median bis Maximum) hat die Intensität von Szenario D erreicht (Tabelle 8).

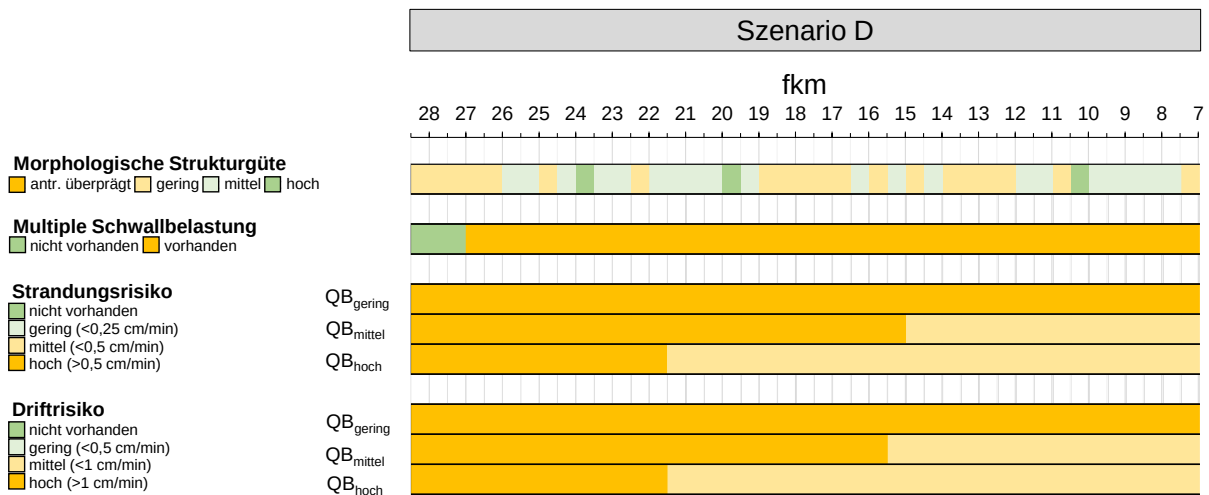


Abbildung 161: KW Gößnitz – Überblick zur Situation bei Szenario D (QB_{gering} – niedriger Basisabfluss (Quartal 1), QB_{mittel} – mittlerer Basisabfluss (Quartal 3 und 4); QB_{hoch} – hoher Basisabfluss (Quartal 2), fkm – Flusskilometer/orographisch)

Aufgrund der hohen Mortalität werden Strandungsphänomene von **Fischlarven und frühen juvenilen Stadien** aus fischökologischer Sicht als die größte Belastung angesehen. Ein signifikantes Strandungsrisiko besteht für Fischlarven, die Alpenraum vor allem im Quartal 2 vorkommen, bei Sunkraten über 0,1 cm/min (Forellenlarven) bzw. 0,2 cm/min (Äschenlarven). Für frühe Juvenilstadien im Quartal 3 besteht ein signifikantes Strandungsrisiko bei Sunkraten über 0,4 cm/min (Kapitel 5.2.3.4). Im Untersuchungsraum wird im Quartal 2 ein hoher und im Quartal 3 ein mittlerer Basisabfluss erwartet (Kapitel 5.2.3.3). Dementsprechend ist davon auszugehen, dass für Forellen- und Äschenlarven bei Szenario D im gesamten Untersuchungsraum ein signifikantes Strandungsrisiko besteht (Abbildung 116). Dies trifft auch für frühe Juvenilstadien zu (Abbildung 115).

Bei **Benthosorganismen** ist von einer Wechselwirkung zwischen Drift- und Strandung auszugehen. Bei Schwallraten von < 0,5 cm/min besteht ein geringes, bei < 1 cm/min ein mittleres und bei > 1 cm/min ein hohes Driftrisiko (Kapitel 5.3.1.2). In Anlehnung an das Strandungsrisiko für Fische wird bei Sunkraten < 0,2 cm/min von einem geringen, bei Sunkraten < 0,5 cm/min von einem mittleren und bei Sunkraten > 0,5 cm/min von einem hohem Strandungsrisiko ausgegangen (Kapitel 5.3.1.1). Bei Szenario D ist für Benthosorganismen unabhängig vom Basisabfluss flussauf der Mündung des Mallnitzbaches (ca. fkm 21) von einem hohen Strandungsrisiko auszugehen. Flussab davon ist das Strandungsrisiko in Abhängigkeit des Basisabflusses hoch oder mittel (Abbildung 161 bzw. Abbildung 114 bis Abbildung 116). Auch bezüglich Driftrisiko ergibt sich ein übereinstimmendes Bild (Abbildung 161 bzw. Abbildung 117 bis Abbildung 119).

Schwallbedingte Einflüsse auf die Habitatverfügbarkeit und –qualität werden, aufgrund der bis dato weder für Fische noch für Benthosorganismen definierten Intensitäts-Schwellen, im Rahmen der vorliegenden Bewertung nicht in räumlich/zeitlich diskretisierter Form berücksichtigt (Kapitel 5.3.1.3). Dementsprechend wird im gesamten Untersuchungsraum in unbestimmtem Ausmaß von einer negativen Beeinflussung der Habitatverfügbarkeit und –qualität ausgegangen. Bei Szenario D und niedrigem Basisabfluss liegen die Amplituden im Untersuchungsraum gemäß den wasserstandbezogenen Retentionskurven in einer Größenordnung von 50 cm (Schwalleinleitestelle) bis

30 cm (flussauf Stau Rottau). Bei mittlerem Basisabfluss liegen die Amplituden zwischen 40 cm und 20 cm. Bei hohem Basisabfluss liegen die Amplituden zwischen 30 cm und 15 cm (Abbildung 120 bis Abbildung 122).

Fazit:

- Die ex-post Analyse der Häufigkeit und Intensität, der von Kraftwerk Gößnitz ausgehenden Schwallwellen zeigt, dass Szenario D hinsichtlich Schwall- und Sunkrate sowie Amplitude sehr häufig erreicht bzw. überschritten wird.
- Ein schwall- und sunkbedingtes Strandungsrisiko besteht bei Szenario D für Fischlarven und frühe Juvenilstadien im gesamten Untersuchungsraum.
- Das Strandungs- und Driftrisiko für Benthosorganismen ist bei Szenario D flussauf der Mündung des Mallnitzbaches unabhängig vom Basisabfluss hoch. Flussab davon ist das Strandungs- und Driftrisiko in Abhängigkeit des Basisabflusses hoch oder mittel.
- Durch die Begrenzung der Sunkrate auf Szenario D ist für Benthosorganismen bei mittlerem und hohem Basisabflüssen in den flussab gelegenen 35-65% des Untersuchungsraumes mit einer **mehr als geringfügigen Verringerung des Strandungsrisikos** zu rechnen.
- Durch die Begrenzung der Schwallrate auf Szenario D ist für Benthosorganismen bei mittlerem und hohem Basisabflüssen in den flussab gelegenen 40-65% des Untersuchungsraumes mit einer **mehr als geringfügigen Verringerung des Driftrisikos** zu rechnen.
- Um das bei Szenario D nach wie vor hohe Strandungsrisiko für Fischlarven und frühe Juvenilstadien bzw. das hohe Strandungs- und Driftrisiko für Benthosorganismen bei niedrigem Basisabfluss vermindern zu können, wäre einer weiteren Maßnahmenoptimierung im Rahmen der Einreichplanung sehr hohe Relevanz zu unterstellen.

10.8.4KW Gößnitz, Szenario C – Maximalintensität 25% von Szenario F

Szenario C entspricht einer hypothetischen Schwallwelle mit einer Amplitude von 6,8 m³/s und einer Schwall- und Sunkrate von 5 (m³/s)/15min (Tabelle 5).

In den Jahren 2012-2016 und 2024 wurden rund zweimal täglich Schwall- (Median bis Maximum: 705-744 Ereignisse/Jahr, Tabelle 6) oder Sunkereignisse (Median bis Maximum: 695-722 Ereignisse/Jahr, Tabelle 7) dokumentiert, deren Abflussänderungsgeschwindigkeit die Intensität von Szenario C erreicht hat. Die Amplitude von 717-772 Schwallereignissen pro Jahr (Median bis Maximum) hat die Intensität von Szenario C erreicht (Tabelle 8).

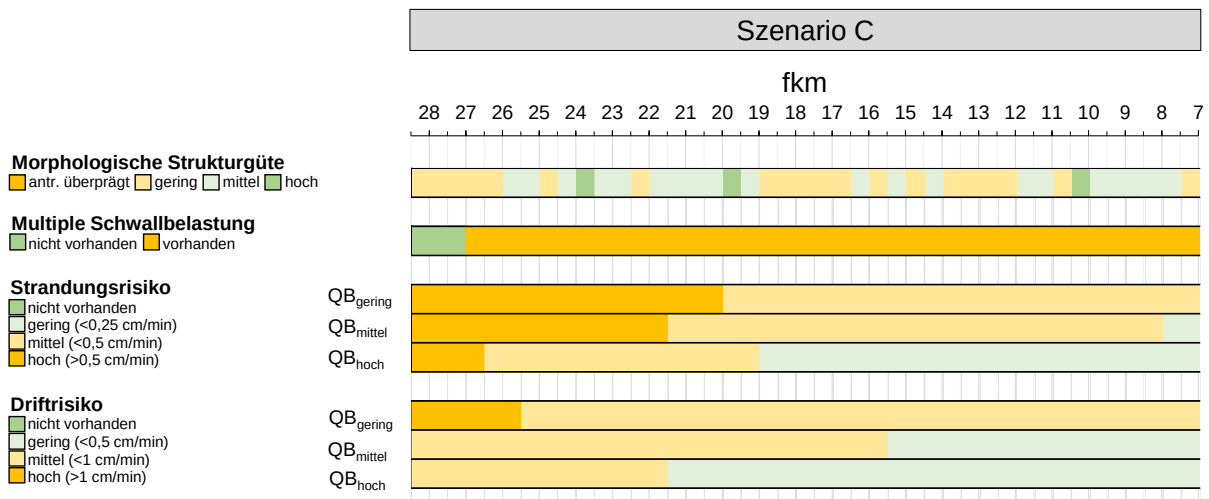


Abbildung 162: KW Gößnitz – Überblick zur Situation bei Szenario C (QB_{gering} – niedriger Basisabfluss (Quartal 1), QB_{mittel} – mittlerer Basisabfluss (Quartal 3 und 4); QB_{hoch} – hoher Basisabfluss (Quartal 2), fkm – Flusskilometer/orographisch)

Aufgrund der hohen Mortalität werden Strandungsphänomene von **Fischlarven und frühen juvenilen Stadien** aus fischökologischer Sicht als die größte Belastung angesehen. Ein signifikantes Strandungsrisiko besteht für Fischlarven, der Alpenraum vor allem im Quartal 2 vorkommen, bei Sunkraten über 0,1 cm/min (Forellenlarven) bzw. 0,2 cm/min (Äschenlarven). Für frühe Juvenilstadien im Quartal 3 besteht ein signifikantes Strandungsrisiko bei Sunkraten über 0,4 cm/min (Kapitel 5.2.3.4). Im Untersuchungsraum wird im Quartal 2 ein hoher und im Quartal 3 ein mittlerer Basisabfluss erwartet (Kapitel 5.2.3.3). Dementsprechend ist davon auszugehen, dass für Forellenlarven nach wie vor im gesamten Untersuchungsraum ein Strandungsrisiko besteht. Für Äschenlarven trifft dies auf den Abschnitt flussauf der Mündung des Teuchlbaches (ca. fkm 11,5) (Abbildung 125) und für frühe Juvenilstadien flussauf der Mündung des Mallnitzbaches (ca. fkm 21) zu (Abbildung 124).

Bei **Benthosorganismen** ist von einer Wechselwirkung zwischen Drift- und Strandung auszugehen. Bei Schwallraten von < 0,5 cm/min besteht ein geringes, bei < 1 cm/min ein mittleres und bei > 1 cm/min ein hohes Driftrisiko (Kapitel 5.3.1.2). In Anlehnung an das Strandungsrisiko für Fische wird bei Sunkraten < 0,2 cm/min von einem geringen, bei Sunkraten < 0,5 cm/min von einem mittleren und bei Sunkraten > 0,5 cm/min von einem hohem Strandungsrisiko ausgegangen (Kapitel 5.3.1.1). Bei Szenario C ist für Benthosorganismen im Bereich von Außerfragant (ca. fkm 27) unabhängig vom Basisabfluss von einem hohen Strandungsrisiko auszugehen. Flussab des Mallnitzbaches (ca. fkm 20) ist das Strandungsrisiko in Abhängigkeit des Basisabflusses gering (hoher Basisabfluss) oder mittel (mittlerer und geringer Basisabfluss). Im Abschnitt zwischen den genannten Stellen ist das Strandungsrisiko mittel (hoher Basisabfluss) oder hoch (mittlerer und geringer Basisabfluss) (Abbildung 162 bzw. Abbildung 123 bis Abbildung 125). Das Driftrisiko ist flussab des Mallnitzbaches (ca. fkm 20) in Abhängigkeit des Basisabflusses gering (hoher Basisabfluss) oder mittel (mittlerer und geringer Basisabfluss), flussauf mit Ausnahme der ersten 3 fkm flussab der Schwallenleitung bei geringem Basisabfluss als mittel einzustufen (Abbildung 162 bzw. Abbildung 126 bis Abbildung 128).

Schwallbedingte Einflüsse auf die Habitatverfügbarkeit und –qualität werden, aufgrund der bis dato weder für Fische noch für Benthosorganismen definierten Intensitäts-Schwellen, im Rahmen der vorliegenden Bewertung nicht in räumlich/zeitlich diskretisierter Form berücksichtigt (Kapitel 5.3.1.3). Dementsprechend wird im gesamten Untersuchungsraum in unbestimmtem Ausmaß von einer negativen Beeinflussung der Habitatverfügbarkeit und –qualität ausgegangen. Bei Szenario C und niedrigem Basisabfluss liegen die Amplituden im Untersuchungsraum gemäß den wasserstandbezogenen Retentionskurven in einer Größenordnung von 28 cm (Schwalleinleitestelle) bis 15 cm (flussauf Stau Rottau). Bei mittlerem Basisabfluss liegen die Amplituden zwischen 23 cm und 11 cm. Bei hohem Basisabfluss liegen die Amplituden zwischen 17 cm und 8 cm (Abbildung 129 bis Abbildung 131).

Fazit:

- Die ex-post Analyse der Häufigkeit und Intensität, der von Kraftwerk Gößnitz ausgehenden Schwallwellen zeigt, dass Szenario C hinsichtlich Schwall- und Sunkrate sowie Amplitude rund zweimal täglich erreicht bzw. überschritten wird.
- Ein schwall- und sunkbedingtes Strandungsrisiko besteht bei Szenario C für Forellenlarven im gesamten Untersuchungsraum, für Äschenlarven flussauf des Teuchlbaches. Für frühe Juvenilstadien besteht im Abschnitt flussauf des Mallnitzbaches ein Strandungsrisiko.
- Für Benthosorganismen besteht im Bereich von Außerfragant ein hohes Strandungsrisiko. Flussab davon ist das Strandungsrisiko in Abhängigkeit des Basisabflusses gering bis hoch.
- Das Driftrisiko für Benthosorganismen bei Szenario C ist flussab des Mallnitzbaches in Abhängigkeit des Basisabflusses gering oder mittel, flussauf als mittel bis hoch einzustufen.
- Durch die Begrenzung der Sunkrate auf Szenario C ist in den flussab gelegenen 60 bis 90 % des Untersuchungsraumes mit einer **mehr als geringfügigen Verringerung des Strandungsrisikos** zu rechnen, (obwohl davon auszugehen ist, dass für Forellenlarven nach wie vor im gesamten Untersuchungsraum ein gewisses Strandungsrisiko besteht).
- Durch eine Begrenzung der Schwallrate auf Szenario C ist mit Ausnahme der ersten 3 fkm flussab der Schwalleinleitung bei geringem Basisabfluss im gesamten Untersuchungsraum mit einer **mehr als geringfügigen Verringerung des Driftrisikos** zu rechnen.
- Um das bei Szenario C im gesamten Untersuchungsraum nach wie vor hohe Strandungsrisiko für Forellenlarven vermindern zu können, wäre einer weiteren Maßnahmenoptimierung im Rahmen der Einreichplanung sehr hohe Relevanz zu unterstellen.

10.8.5KW Gößnitz, Szenario B1 – Maximalintensität 12,5% von Szenario F

Szenario B1 entspricht einer hypothetischen Schwallwelle mit einer Amplitude von 4,56 m³/s und einer Schwall- und Sunkrate von 4,56 (m³/s)/15min (Tabelle 5).

In den Jahren 2012-2016 und 2024 wurden rund dreimal täglich Schwall- (Median bis Maximum: 1092-1206 Ereignisse/Jahr, Tabelle 6) oder Sunkereignisse (Median bis Maximum: 1071-1191 Ereignisse/Jahr, Tabelle 7)

dokumentiert, deren Abflussänderungsgeschwindigkeit die Intensität von Szenario B1 erreicht hat. Die Amplitude von 1053-1178 Schwallereignissen pro Jahr (Median bis Maximum) hat die Intensität von Szenario B1 erreicht (Tabelle 8).

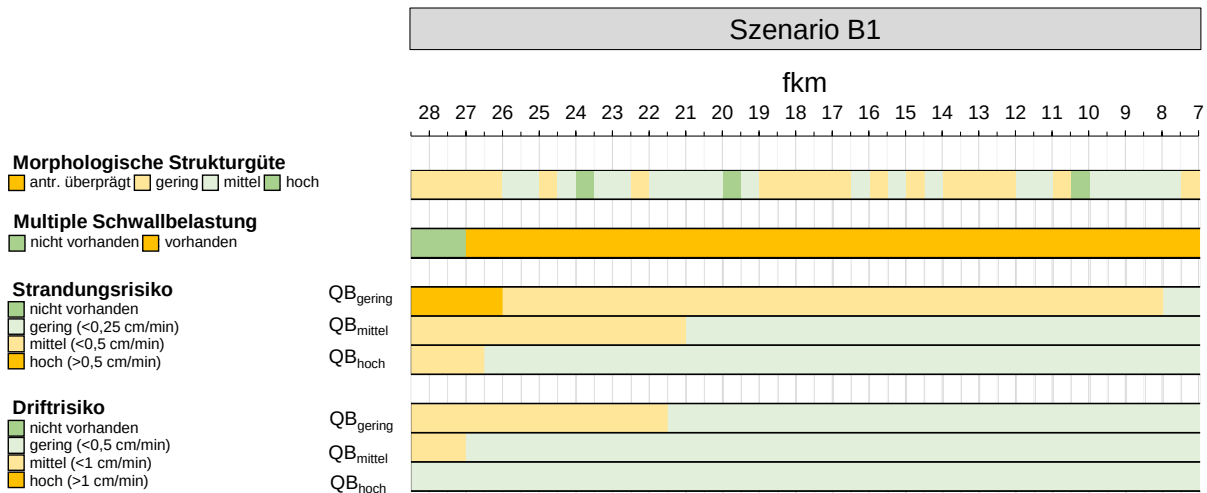


Abbildung 163: KW Gößnitz – Überblick zur Situation bei Szenario B1 (QB_{gering} – niedriger Basisabfluss (Quartal 1), QB_{mittel} – mittlerer Basisabfluss (Quartal 3 und 4); QB_{hoch} – hoher Basisabfluss (Quartal 2), fkm – Flusskilometer/orographisch)

Aufgrund der hohen Mortalität werden Strandungsphänomene von **Fischlarven und frühen juvenilen Stadien** aus fischökologischer Sicht als die größte Belastung angesehen. Ein signifikantes Strandungsrisiko besteht für Fischlarven, die Alpenraum vor allem im Quartal 2 vorkommen, bei Sunkraten über 0,1 cm/min (Forellenlarven) bzw. 0,2 cm/min (Äschenlarven). Für frühe Juvenilstadien im Quartal 3 besteht ein signifikantes Strandungsrisiko bei Sunkraten über 0,4 cm/min (Kapitel 5.2.3.4). Im Untersuchungsraum wird im Quartal 2 ein hoher und im Quartal 3 ein mittlerer Basisabfluss erwartet (Kapitel 5.2.3.3). Dementsprechend ist davon auszugehen, dass für Forellenlarven nach wie vor im gesamten Untersuchungsraum ein Strandungsrisiko besteht. Für Äschenlarven trifft dies auf den Abschnitt flussauf des Mallnitzbaches (ca. fkm 21) zu (Abbildung 134). Mit Ausnahme des Bereiches von Außerfragant (ca. fkm 27) besteht für frühe Juvenilstadien ein geringes Strandungsrisiko (Abbildung 133).

Bei **Benthosorganismen** ist von einer Wechselwirkung zwischen Drift- und Strandung auszugehen. Bei Schwallraten von < 0,5 cm/min besteht ein geringes, bei < 1 cm/min ein mittleres und bei > 1 cm/min ein hohes Driftrisiko (Kapitel 5.3.1.2). In Anlehnung an das Strandungsrisiko für Fische wird bei Sunkraten < 0,2 cm/min von einem geringen, bei Sunkraten < 0,5 cm/min von einem mittleren und bei Sunkraten > 0,5 cm/min von einem hohem Strandungsrisiko ausgegangen (Kapitel 5.3.1.1). Bei Szenario B1 ist das Strandungsrisiko für Benthosorganismen bei geringem Basisabfluss im Großteil des Untersuchungsraumes als mittel einzustufen. Bei mittlerem und hohem Basisabfluss ist das Strandungsrisiko weitgehend gering (Abbildung 163 bzw. Abbildung 132 bis Abbildung 134). Auch das Driftrisiko ist mit Ausnahme des oberen Drittels des Untersuchungsraumes bei geringem Basisabfluss als gering einzustufen (Abbildung 163 bzw. Abbildung 135 bis Abbildung 137).

Schwallbedingte Einflüsse auf die Habitatverfügbarkeit und –qualität werden, aufgrund der bis dato weder für Fische noch für Benthosorganismen definierten Intensitäts-Schwellen, im Rahmen der vorliegenden Bewertung nicht in räumlich/zeitlich diskretisierter Form berücksichtigt (Kapitel 5.3.1.3). Dementsprechend wird im gesamten Untersuchungsraum in unbestimmtem Ausmaß von einer negativen Beeinflussung der Habitatverfügbarkeit und –qualität ausgegangen. Bei Szenario B1 und niedrigem Basisabfluss liegen die Amplituden im Untersuchungsraum gemäß den wasserstandbezogenen Retentionskurven in einer Größenordnung von 15 cm (Schwalleinleitestelle) bis 8 cm (flussauf Stau Rottau). Bei mittlerem Basisabfluss liegen die Amplituden zwischen 12 cm und 6 cm. Bei hohem Basisabfluss liegen die Amplituden zwischen 9 cm und 4 cm (Abbildung 138 bis Abbildung 140).

Fazit:

- Die ex-post Analyse der Häufigkeit und Intensität, der von Kraftwerk Gößnitz ausgehenden Schwallwellen zeigt, dass Szenario B1 hinsichtlich Schwall- und Sunkrate sowie Amplitude rund dreimal täglich erreicht bzw. überschritten wird.
- Ein schwall- und sunkbedingtes Strandrungsrisiko besteht bei Szenario B1 für Forellenlarven im gesamten Untersuchungsraum und für Äschenlarven flussauf des Mallnitzbaches. Für frühe Juvenilstadien besteht mit Ausnahme des Bereiches von Außerfragant ein geringes Strandrungsrisiko.
- Für Benthosorganismen besteht bei geringem Basisabfluss im Großteil des Untersuchungsraumes ein mittleres Strandrungsrisiko. Bei mittlerem und hohem Basisabfluss ist das Strandrungsrisiko weitgehend gering.
- Das Driftrisiko für Benthosorganismen ist bei Szenario B1 mit Ausnahme des oberen Drittels des Untersuchungsraumes bei geringem Basisabfluss als gering einzustufen.
- Durch die Begrenzung der Sunkrate auf Szenario B1 ist mit Ausnahme des Bereiches von Außerfragant im gesamten Untersuchungsraum mit einer **mehr als geringfügigen Verringerung des Strandrungsrisikos** zu rechnen (obwohl davon auszugehen ist, dass für Forellenlarven nach wie vor im gesamten Untersuchungsraum ein gewisses Strandrungsrisiko besteht).
- Durch eine Begrenzung der Schwallrate auf Szenario B1 ist im gesamten Untersuchungsraum mit einer **mehr als geringfügigen Verringerung des Driftrisikos** zu rechnen.
- Um das bei Szenario B1 im gesamten Untersuchungsraum nach wie vor hohe Strandrungsrisiko für Forellenlarven vermindern zu können, wäre einer weiteren Maßnahmenoptimierung im Rahmen der Einreichplanung sehr hohe Relevanz zu unterstellen.

10.8.6KW Gößnitz, Szenario B2 – Maximalintensität 6% von Szenario F

Szenario B2 entspricht einer hypothetischen Schwallwelle mit einer Amplitude von 1,6 m³/s und einer Schwall- und Sunkrate von 1,2 (m³/s)/15min (Tabelle 5).

In den Jahren 2012-2016 und 2024 wurden rund viermal täglich Schwall- (Median bis Maximum: 1284-1445 Ereignisse/Jahr, Tabelle 6) oder Sunkereignisse (Median bis Maximum: 1278-1465 Ereignisse/Jahr, Tabelle 7) dokumentiert, deren Abflussänderungsgeschwindigkeit die Intensität von Szenario B2 erreicht hat. Die Amplitude von

1263-1433 Schwallereignissen pro Jahr (Median bis Maximum) hat die Intensität von Szenario B2 erreicht (Tabelle 8).

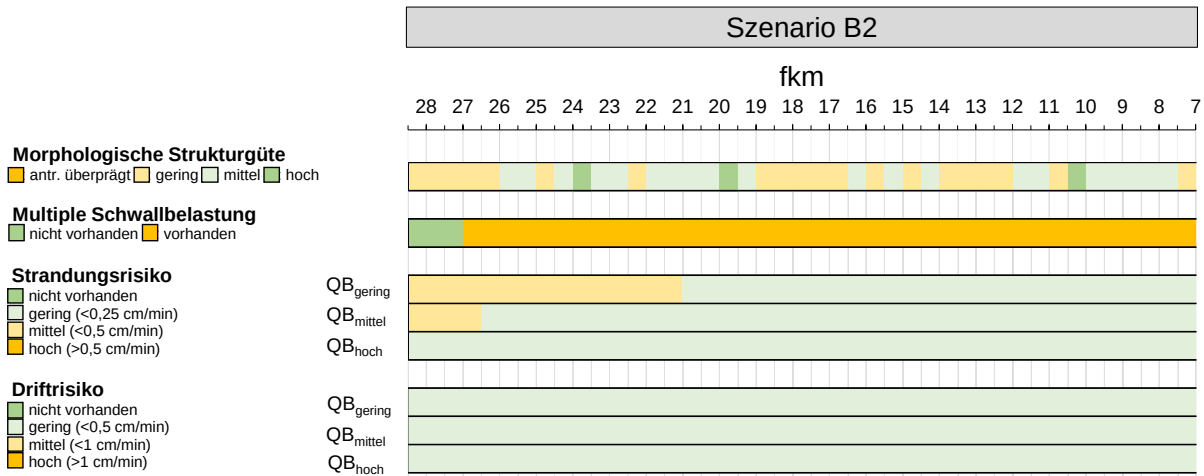


Abbildung 164: KW Gößnitz – Überblick zur Situation bei Szenario B2 (QB_{gering} – niedriger Basisabfluss (Quartal 1), QB_{mittel} – mittlerer Basisabfluss (Quartal 3 und 4); QB_{hoch} – hoher Basisabfluss (Quartal 2), fkm – Flusskilometer/orographisch)

Aufgrund der hohen Mortalität werden Strandungsphänomene von **Fischlarven und frühen juvenilen Stadien** aus fischökologischer Sicht als die größte Belastung angesehen. Ein signifikantes Strandungsrisiko besteht für Fischlarven, die im Alpenraum vor allem im Quartal 2 vorkommen, bei Sunkraten über 0,1 cm/min (Forellenlarven) bzw. 0,2 cm/min (Äschenlarven). Für frühe Juvenilstadien im Quartal 3 besteht ein signifikantes Strandungsrisiko bei Sunkraten über 0,4 cm/min (Kapitel 5.2.3.4). Im Untersuchungsraum wird im Quartal 2 ein hoher und im Quartal 3 ein mittlerer Basisabfluss erwartet (Kapitel 5.2.3.3). Dementsprechend ist davon auszugehen, dass für Forellenlarven flussauf des Moserhofes in Penk (ca. fkm 15) weiterhin ein gewisses Strandungsrisiko besteht (Abbildung 143). Für Äschenlarven (Abbildung 143) und frühe Juvenilstadien ist im gesamten Untersuchungsraum ein geringes Strandungsrisiko zu erwarten (Abbildung 142).

Bei **Benthosorganismen** ist von einer Wechselwirkung zwischen Drift- und Strandung auszugehen. Bei Schwallraten von < 0,5 cm/min besteht ein geringes, bei < 1 cm/min ein mittleres und bei > 1 cm/min ein hohes Driftrisiko (Kapitel 5.3.1.2). In Anlehnung an das Strandungsrisiko für Fische wird bei Sunkraten < 0,2 cm/min von einem geringen, bei Sunkraten < 0,5 cm/min von einem mittleren und bei Sunkraten > 0,5 cm/min von einem hohem Strandungsrisiko ausgegangen (Kapitel 5.3.1.1). Bei Szenario B2 ist für Benthosorganismen mit Ausnahme des Abschnittes flussauf des Mallnitzbaches (ca. fkm 21) bei geringem Basisabfluss ein geringes Strandungsrisiko zu erwarten (Abbildung 164 bzw. Abbildung 141 bis Abbildung 143). Das Driftrisiko ist unabhängig vom Basisabfluss im gesamten Untersuchungsraum als gering einzustufen (Abbildung 164 bzw. Abbildung 144 bis Abbildung 146).

Schwallbedingte Einflüsse auf die Habitatverfügbarkeit und –qualität werden, aufgrund der bis dato weder für Fische noch für Benthosorganismen definierten Intensitäts-Schwellen, im Rahmen der vorliegenden Bewertung nicht in räumlich/zeitlich diskretisierter Form berücksichtigt (Kapitel 5.3.1.3). Dementsprechend wird im gesamten Untersuchungsraum in unbestimmtem Ausmaß von einer negativen Beeinflussung der Habitatverfügbarkeit und –

qualität ausgegangen. Bei Szenario B2 und niedrigem Basisabfluss liegen die Amplituden im Untersuchungsraum gemäß den wasserstandbezogenen Retentionskurven in einer Größenordnung von 8 cm (Schwalleinleitestelle) bis 4 cm (flussauf Stau Rottau). Bei mittlerem Basisabfluss liegen die Amplituden zwischen 6 cm und 3 cm. Bei hohem Basisabfluss liegen die Amplituden zwischen 4 cm und 2 cm (fkm 167 – 161) (Abbildung 147 bis Abbildung 149).

Fazit:

- Die ex-post Analyse der Häufigkeit und Intensität, der von Kraftwerk Gößnitz ausgehenden Schwallwellen zeigt, dass Szenario B2 hinsichtlich Schwall- und Sunkrate sowie Amplitude rund viermal täglich erreicht bzw. überschritten wird.
- Ein schwall- und sunkbedingtes Strandrungsrisiko besteht bei Szenario B2 für Forellenlarven flussauf des Moserhofes in Penk. Für Äschenlarven und frühe Juvenilstadien ist im gesamten Untersuchungsraum ein geringes Strandrungsrisiko zu erwarten.
- Für Benthosorganismen besteht mit Ausnahme des Abschnittes flussauf des Mallnitzbaches bei geringem Basisabfluss ein geringes Strandrungsrisiko.
- Das Driftrisiko für Benthosorganismen ist bei Szenario B2 im gesamten Untersuchungsraum unabhängig vom Basisabfluss als gering einzustufen.
- Durch die Begrenzung der Sunkrate auf Szenario B2 ist im gesamten Untersuchungsraum mit einer **mehr als geringfügigen Verringerung des Strandrungsrisikos** zu rechnen (obwohl für Forellenlarven flussauf des Moserhofes in Penk nach wie vor ein gewisses Strandrungsrisiko besteht).
- Durch eine Begrenzung der Schwallrate auf Szenario B2 ist im gesamten Untersuchungsraum mit einer **mehr als geringfügigen Verringerung des Driftrisikos** zu rechnen.

10.8.7KW Gößnitz, Szenario B3 – Maximalintensität 3% von Szenario F

Szenario B3 entspricht einer hypothetischen Schwallwelle mit einer Amplitude von 0,8 m³/s und einer Schwall- und Sunkrate von 0,6 (m³/s)/15min (Tabelle 5).

In den Jahren 2012-2016 und 2024 wurden rund viermal täglich Schwall- (Median bis Maximum: 1330-1512 Ereignisse/Jahr, Tabelle 6) oder Sunkereignisse (Median bis Maximum: 1334-1541 Ereignisse/Jahr, Tabelle 7) dokumentiert, deren Abflussänderungsgeschwindigkeit die Intensität von Szenario B3 erreicht hat. Die Amplitude von 1332-1513 Schwallereignissen pro Jahr (Median bis Maximum) hat die Intensität von Szenario B3 erreicht (Tabelle 8).

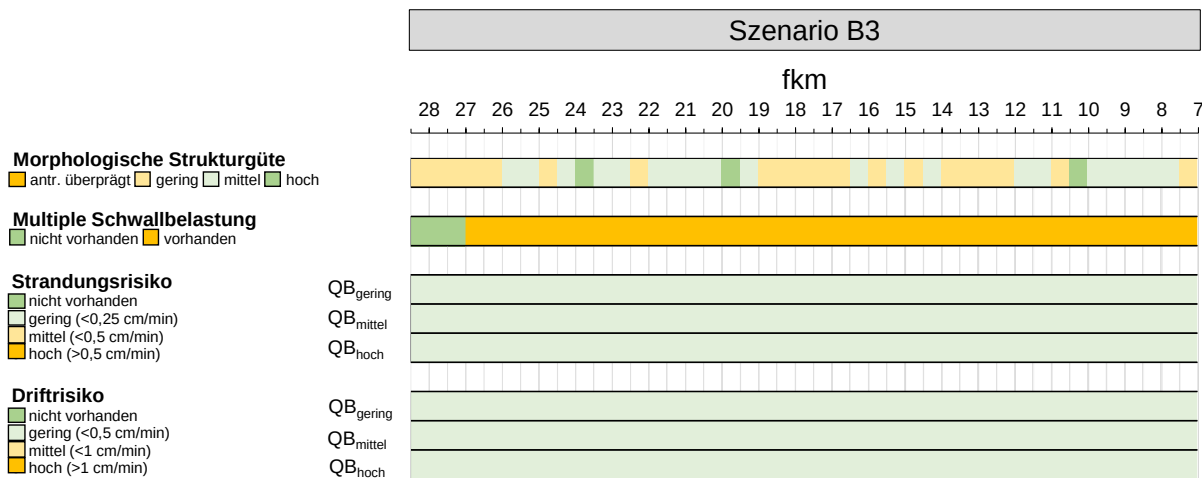


Abbildung 165: KW Gößnitz – Überblick zur Situation bei Szenario B3 (QB_{gering} – niedriger Basisabfluss (Quartal 1), QB_{mittel} – mittlerer Basisabfluss (Quartal 3 und 4); QB_{hoch} – hoher Basisabfluss (Quartal 2), fkm – Flusskilometer/orographisch)

Aufgrund der hohen Mortalität werden Strandrungsphänomene von **Fischlarven und frühen juvenilen Stadien** aus fischökologischer Sicht als die größte Belastung angesehen. Ein signifikantes Strandrungsrisiko besteht für Fischlarven, die Alpenraum vor allem im Quartal 2 vorkommen, bei Sunkraten über 0,1 cm/min (Forellenlarven) bzw. 0,2 cm/min (Äschenlarven). Für frühe Juvenilstadien im Quartal 3 besteht ein signifikantes Strandrungsrisiko bei Sunkraten über 0,4 cm/min (Kapitel 5.2.3.4). Im Untersuchungsraum wird im Quartal 2 ein hoher und im Quartal 3 ein mittlerer Basisabfluss erwartet (Kapitel 5.2.3.3). Dementsprechend ist davon auszugehen, dass für Forellen und Äschenlarven (Abbildung 152) sowie für frühe Juvenilstadien im gesamten Untersuchungsraum nur noch ein geringes Strandrungsrisiko besteht (Abbildung 151).

Bei **Benthosorganismen** ist von einer Wechselwirkung zwischen Drift- und Strandrung auszugehen. Bei Schwallraten von < 0,5 cm/min besteht ein geringes, bei < 1 cm/min ein mittleres und bei > 1 cm/min ein hohes Driftrisiko (Kapitel 5.3.1.2). In Anlehnung an das Strandrungsrisiko für Fische wird bei Sunkraten < 0,2 cm/min von einem geringen, bei Sunkraten < 0,5 cm/min von einem mittleren und bei Sunkraten > 0,5 cm/min von einem hohem Strandrungsrisiko ausgegangen (Kapitel 5.3.1.1). Bei Szenario B3 ist das Strandrungsrisiko für Benthosorganismen im gesamten Untersuchungsraum als gering einzustufen (Abbildung 165 bzw. Abbildung 150 bis Abbildung 152). Auch das Driftrisiko für Benthosorganismen ist im gesamten Untersuchungsraum gering (Abbildung 165 bzw. Abbildung 153 bis Abbildung 155).

Schwallbedingte Einflüsse auf die Habitatverfügbarkeit und –qualität werden, aufgrund der bis dato weder für Fische noch für Benthosorganismen definierten Intensitäts-Schwellen, im Rahmen der vorliegenden Bewertung nicht in räumlich/zeitlich diskretisierter Form berücksichtigt (Kapitel 5.3.1.3). Dementsprechend wird im gesamten Untersuchungsraum in unbestimmtem Ausmaß von einer negativen Beeinflussung der Habitatverfügbarkeit und –qualität ausgegangen. Bei Szenario B3 und niedrigem Basisabfluss liegen die Amplituden im Untersuchungsraum gemäß den wasserstandbezogenen Retentionskurven in einer Größenordnung von 4 cm (Schwalleinleitestelle) bis 2 cm

(flussauf Stau Rottau). Bei mittlerem Basisabfluss liegen die Amplituden zwischen 3 cm und 1 cm. Bei hohem Basisabfluss liegen die Amplituden zwischen 2 cm und 1 cm (Abbildung 156 bis Abbildung 158).

Fazit:

- Die ex-post Analyse der Häufigkeit und Intensität, der von Kraftwerk Gößnitz ausgehenden Schwallwellen zeigt, dass Szenario B3 hinsichtlich Schwall- und Sunkrate sowie Amplitude rund viermal täglich erreicht bzw. überschritten wird.
- Das schwall- und sunkbedingtes Strandungsrisiko für Forellen- und Äschenlarven sowie für frühe Juvenilstadien ist bei Szenario B3 im gesamten Untersuchungsraum gering.
- Für Benthosorganismen besteht bei Szenario B3 im gesamten Untersuchungsraum unabhängig vom Basisabfluss ein geringes Strandungsrisiko.
- Das Driftrisiko für Benthosorganismen ist bei Szenario B3 im gesamten Untersuchungsraum unabhängig vom Basisabfluss als gering einzustufen.
- Durch die Begrenzung der Sunkrate auf Szenario B3 ist im gesamten Untersuchungsraum mit einer **mehr als geringfügigen Verringerung des Strandungsrisikos** zu rechnen.
- Durch eine Begrenzung der Schwallrate auf Szenario B3 ist im gesamten Untersuchungsraum mit einer **mehr als geringfügigen Verringerung des Driftrisikos** zu rechnen.

10.8.8 KW Gößnitz, Szenario A – Totalausleitung der Schwallwellen

Bei einer Totalausleitung der Schwallwellen werden bei der Schwalleinleitung keine anthropogen erzeugten Abflussschwankungen mehr eingeleitet.

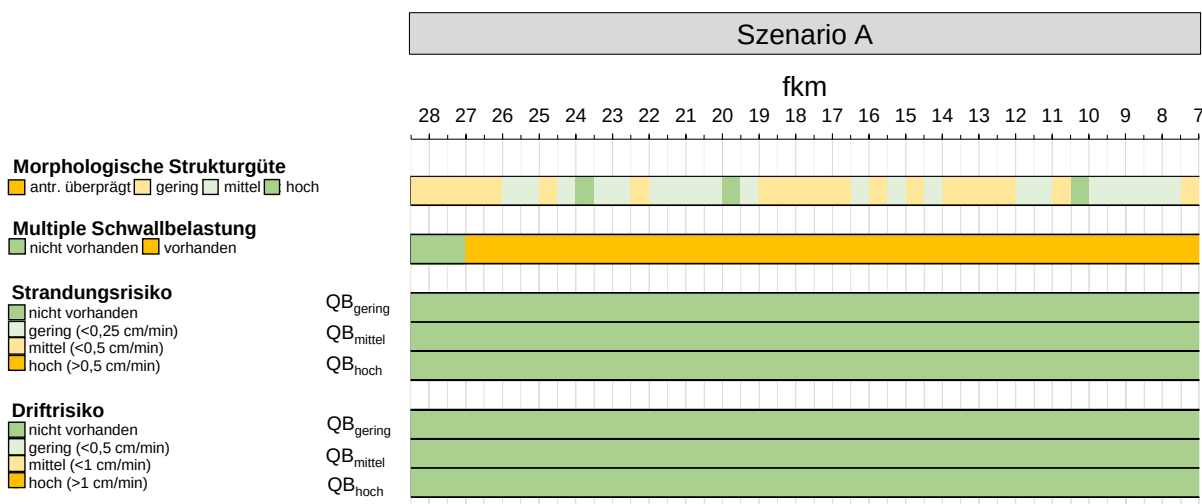


Abbildung 166: KW Gößnitz – Überblick zur Situation bei Szenario A (QB_{gering} – niedriger Basisabfluss (Quartal 1), QB_{mittel} – mittlerer Basisabfluss (Quartal 3 und 4); QB_{hoch} – hoher Basisabfluss (Quartal 2), fkm – Flusskilometer/orographisch)

Fazit:

- Durch eine Totalausleitung der Schwallwellen würden – die Schwalleinleitestelle Kraftwerk Gößnitz betreffend – sowohl das **Drift- und Strandungsrisiko** als auch der schwall- und sunkbedingte Einfluss auf die **Habitatverfügbarkeit und –qualität** im gesamten Untersuchungsraumes auf null reduziert (Abbildung 166). Die dadurch zu erwartende **ökologische Wirkung ist mehr als geringfügig**.

10.9KW Außerfragant, Wasserstandsbezogene Routingergebnisse

Zur einfacheren Verschneidung mit den Routingergebnissen weiterer Schwalleinleitungen bezieht sich die Kilometrierung der X-Achsen der in diesem Kapitel angefügten Diagramme nicht auf die Entfernung zur Schwalleinleitung, sondern auf die orographische Kilometrierung (Mündung des betrachteten Gewässers = fkm 0).

10.9.1KW Außerfragant, Szenario F

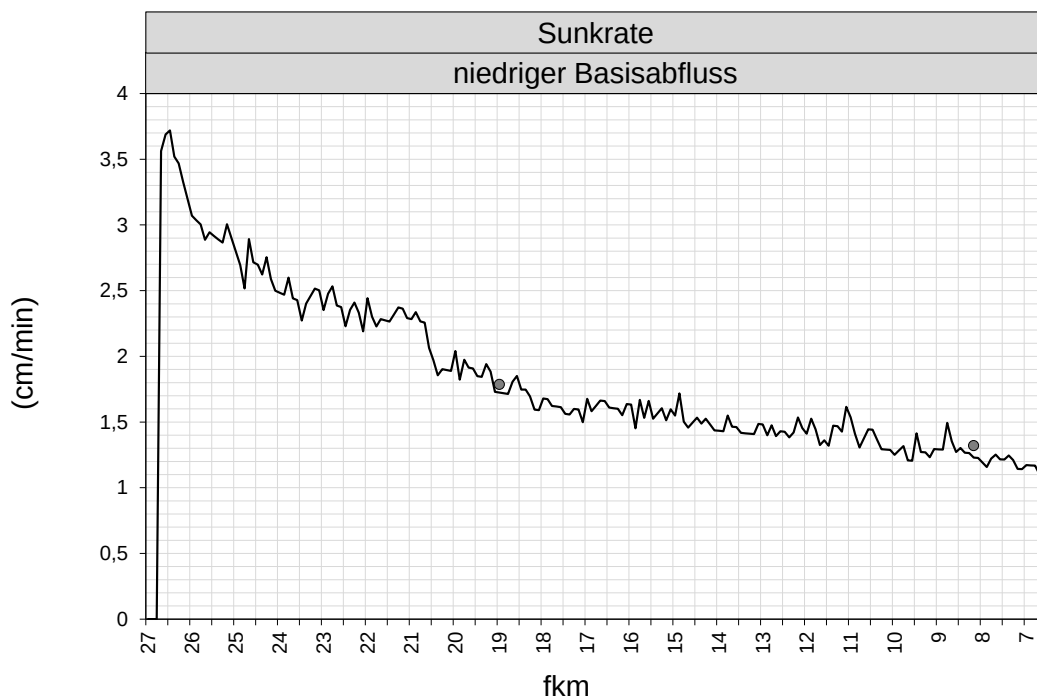


Abbildung 167: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Sunkereignisse/Szenario F (Linie) bei niedrigem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

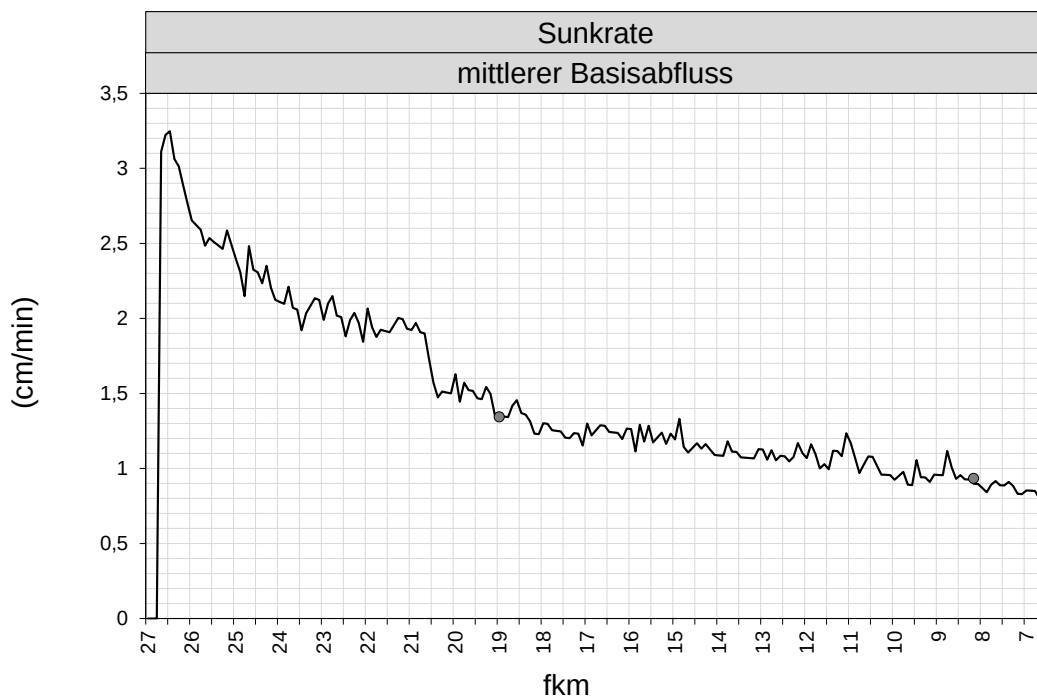


Abbildung 168: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Sunkereignisse/Szenario F (Linie) bei mittlerem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

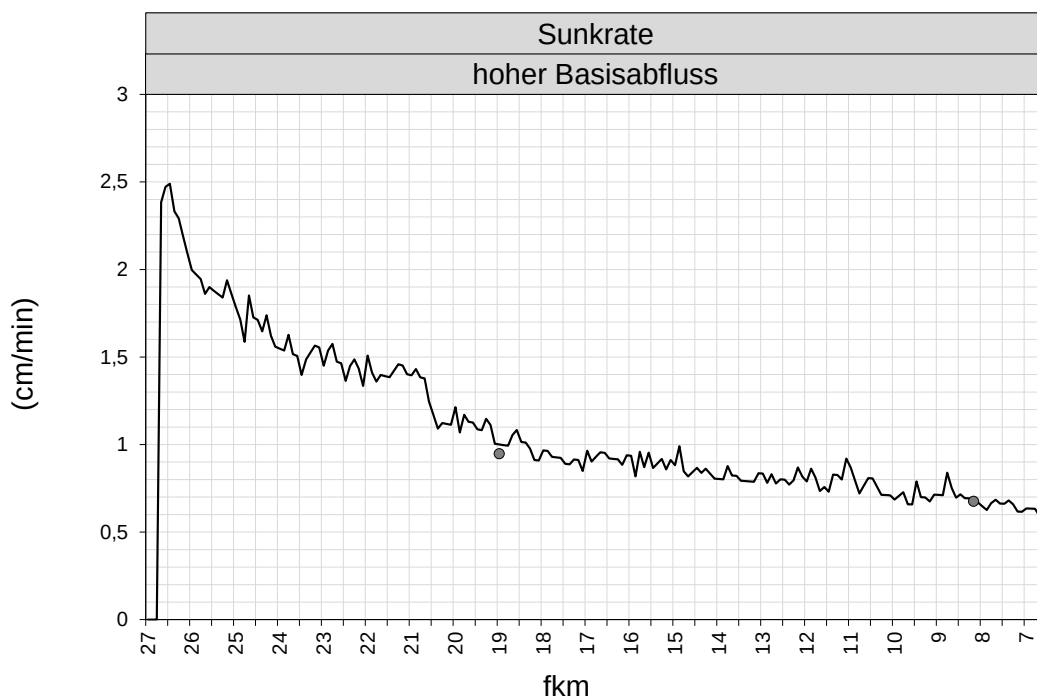


Abbildung 169: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Sunkereignisse/Szenario F (Linie) bei hohem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

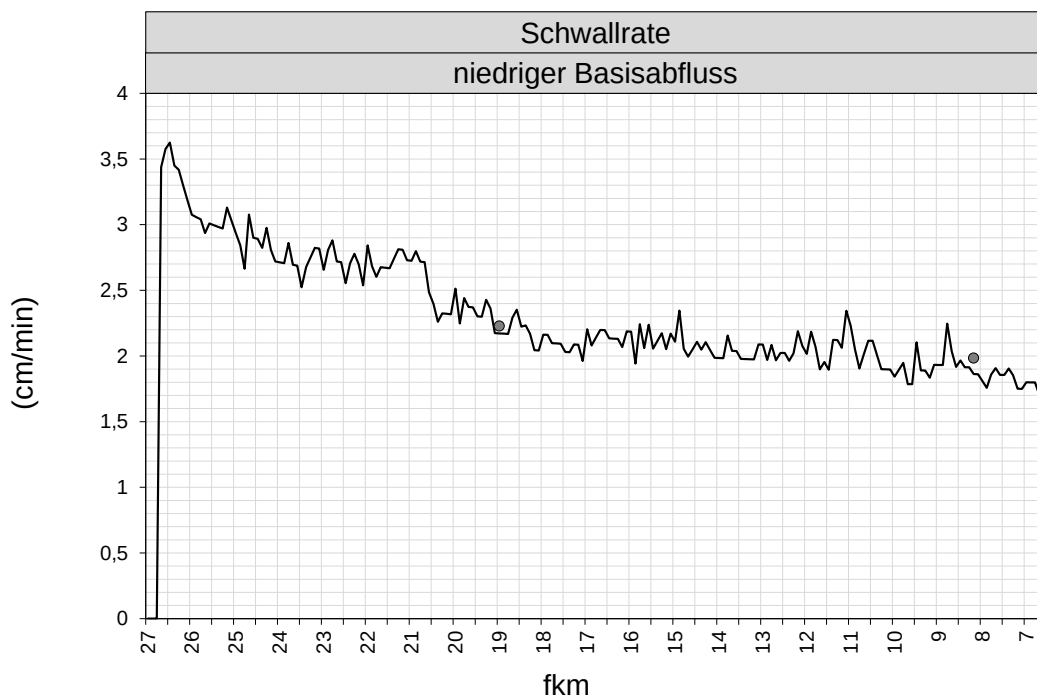


Abbildung 170: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Schwallereignisse/Szenario F (Linie) bei niedrigem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

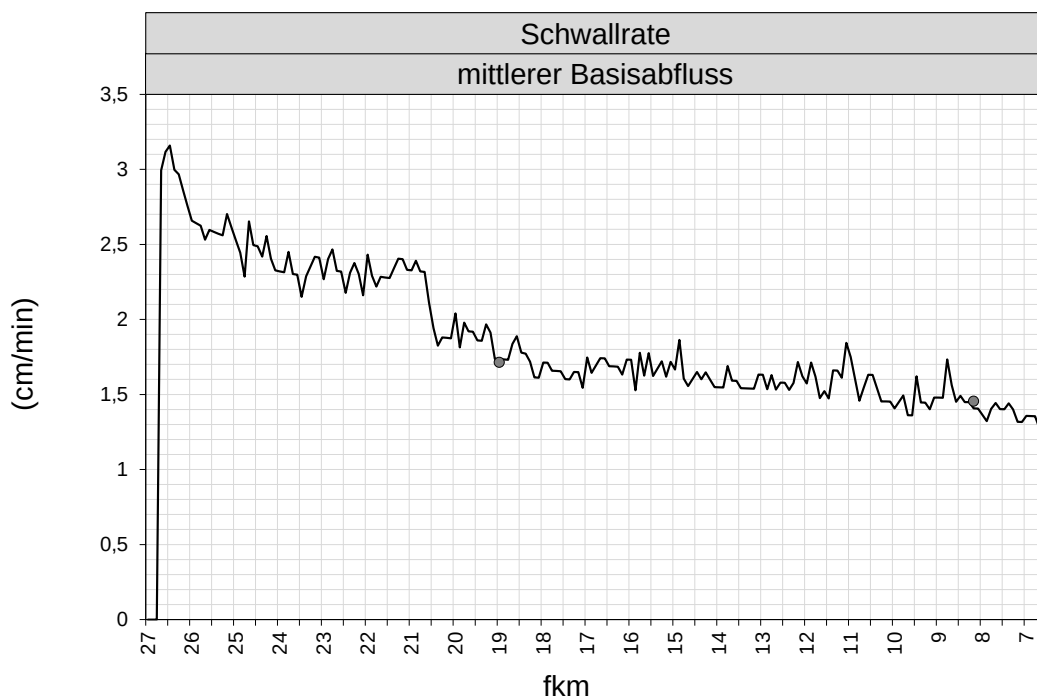


Abbildung 171: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Schwallereignisse/Szenario F (Linie) bei mittlerem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

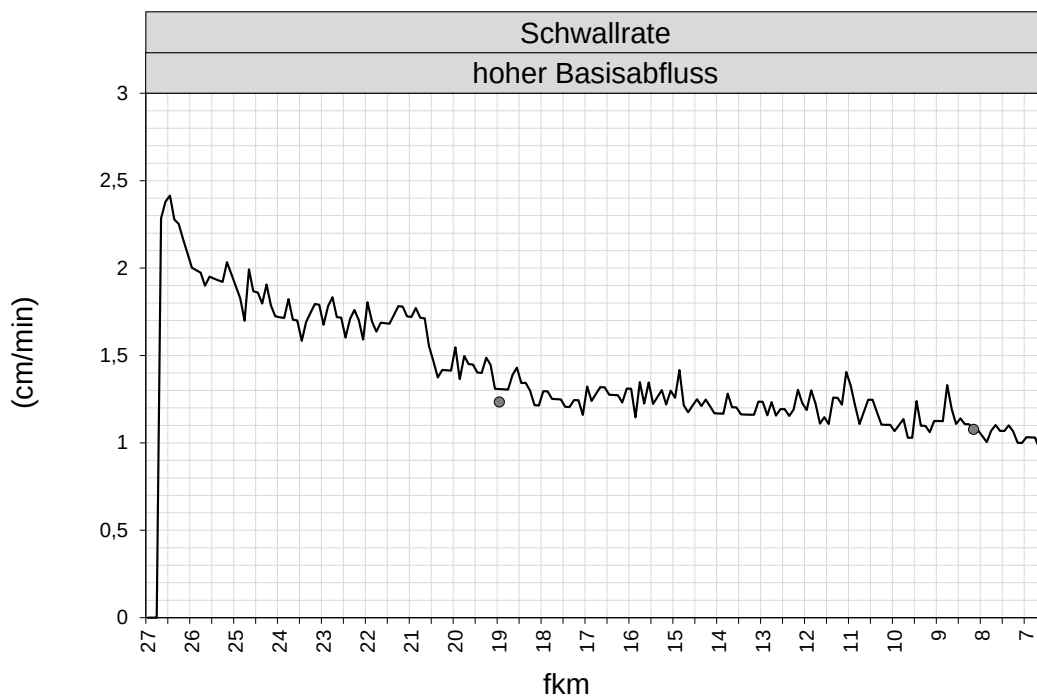


Abbildung 172: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Schwallereignisse/Szenario F (Linie) bei hohem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

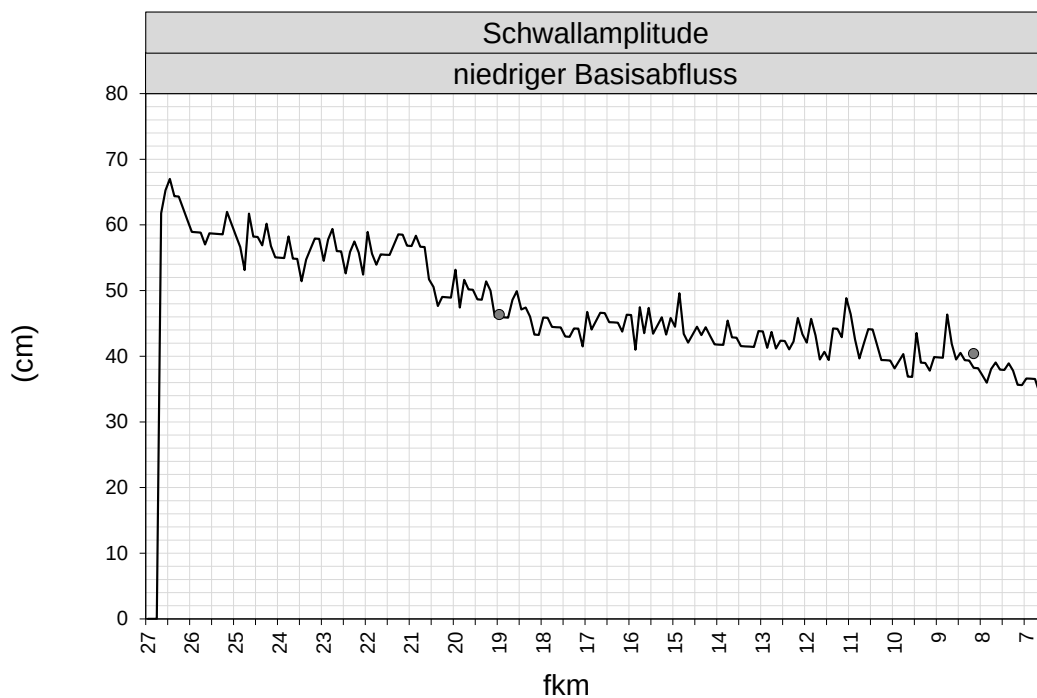


Abbildung 173: KW Außerfragant – Retentionskurve dW für Schwallereignisse/Szenario F (Linie) bei niedrigem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

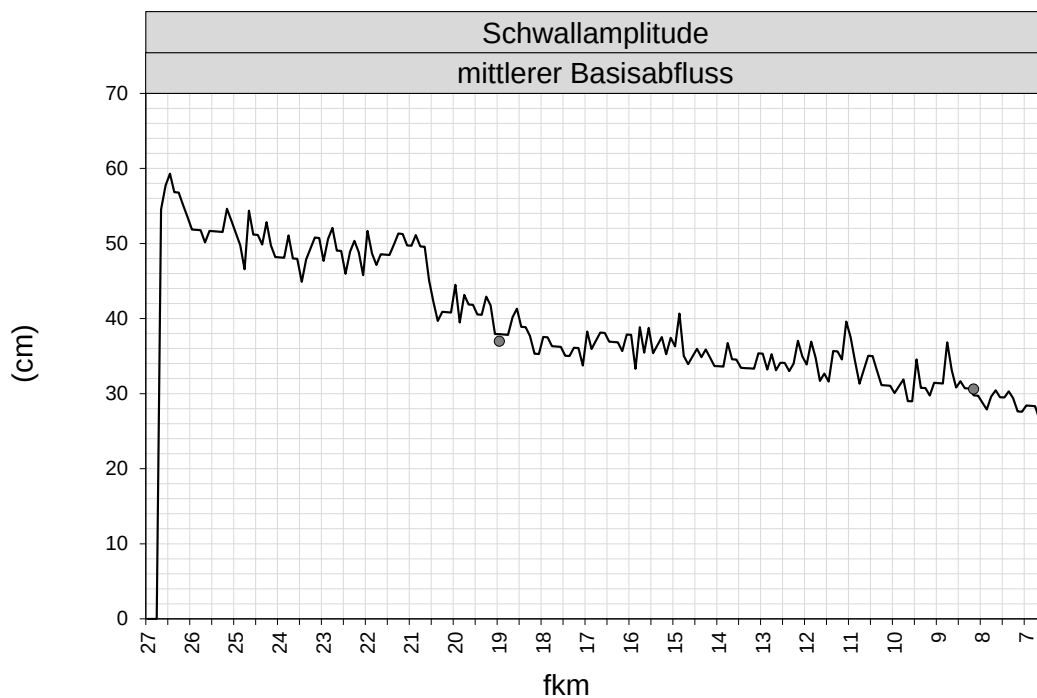


Abbildung 174: KW Außerfragant – Retentionskurve dW für Schwallereignisse/Szenario F (Linie) bei mittlerem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

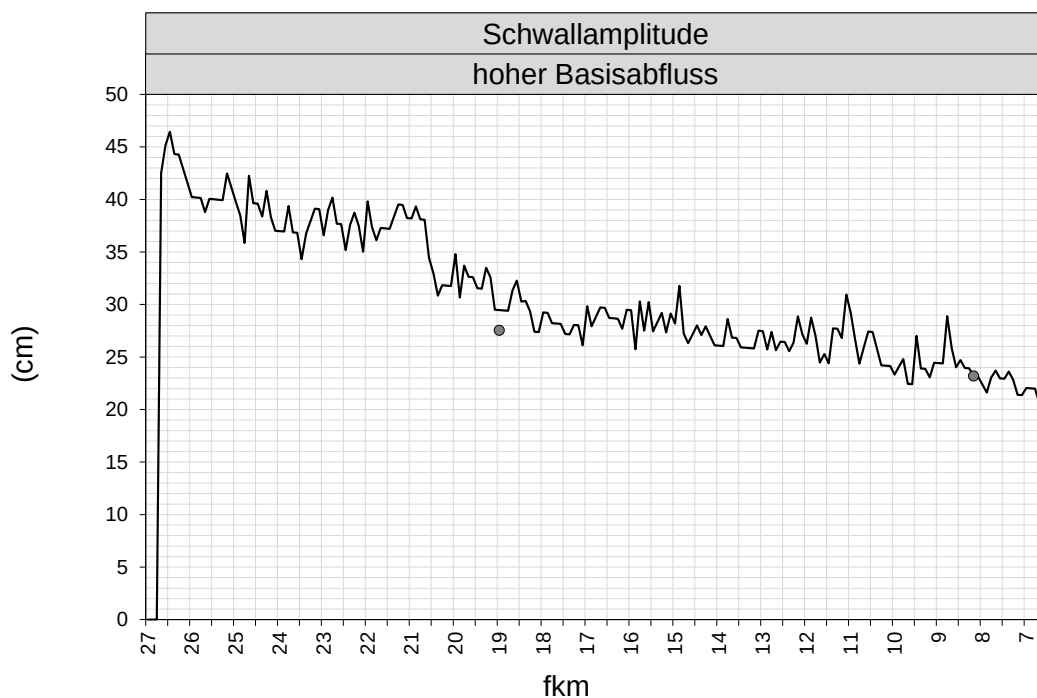


Abbildung 175: KW Außerfragant – Retentionskurve dW für Schwallereignisse/Szenario F (Linie) bei hohem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

10.9.2KW Außerfragant, Szenario E

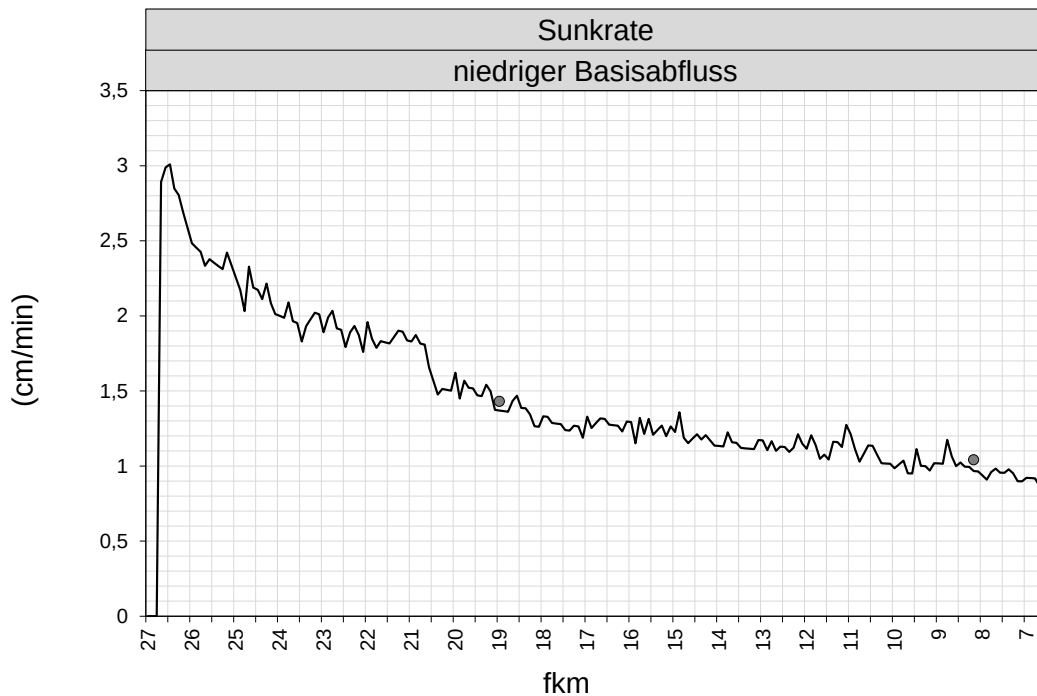


Abbildung 176: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Sunkereignisse/Szenario E (Linie) bei niedrigem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, $fk m$ – Flusskilometer/orographisch).

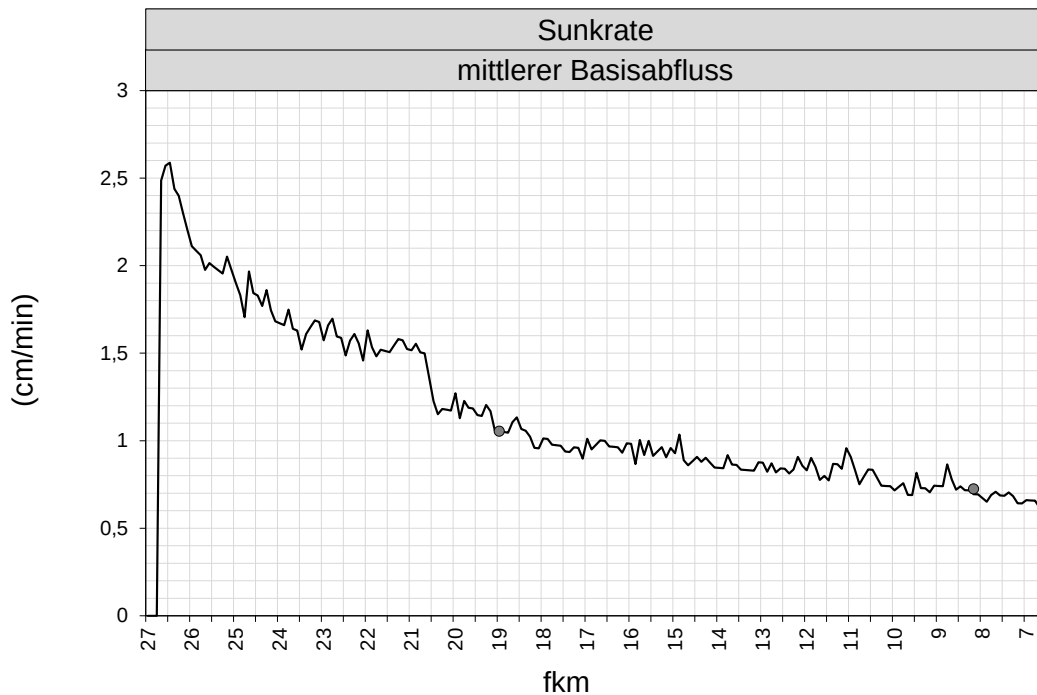


Abbildung 177: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Sunkereignisse/Szenario E (Linie) bei mittlerem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, $fk m$ – Flusskilometer/orographisch).

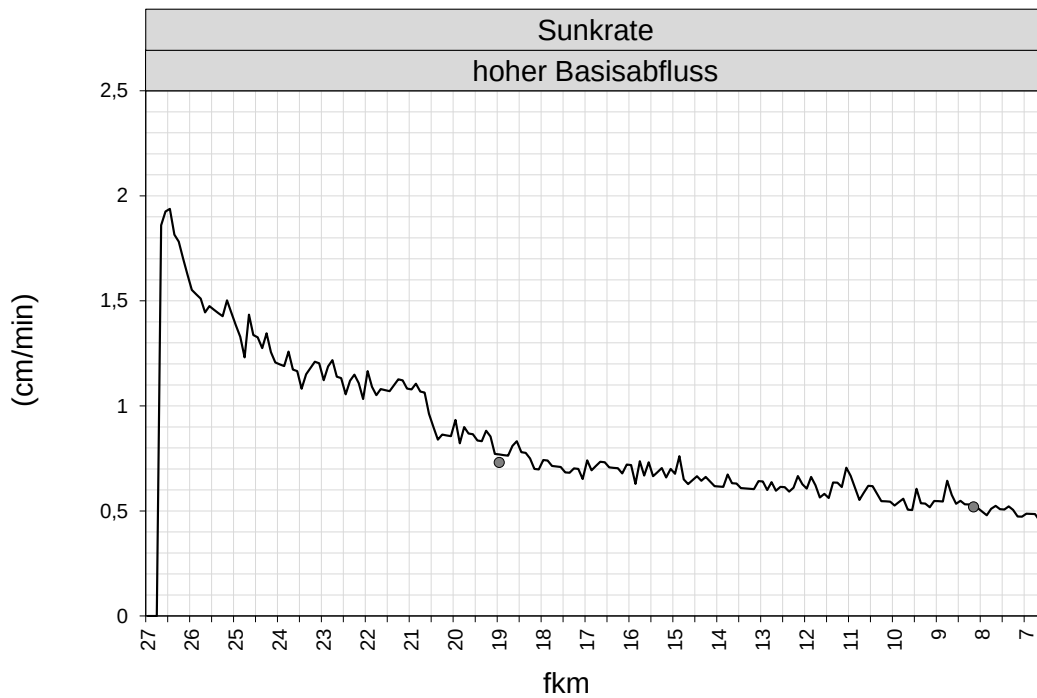


Abbildung 178: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Sunkereignisse/Szenario E (Linie) bei hohem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

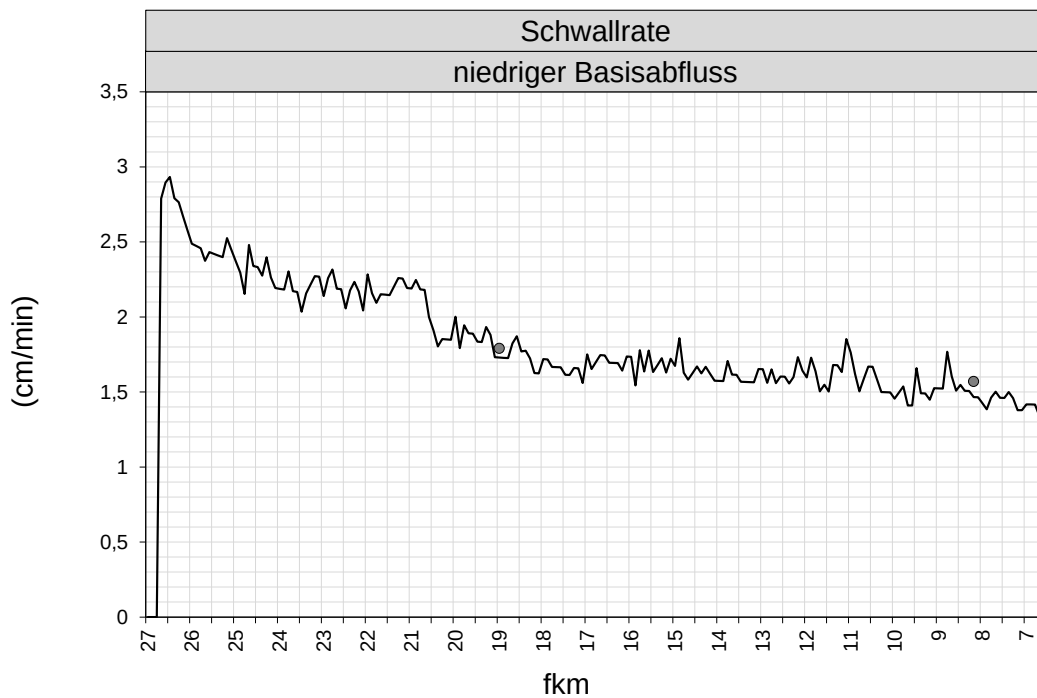


Abbildung 179: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Schwallereignisse/Szenario E (Linie) bei niedrigem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

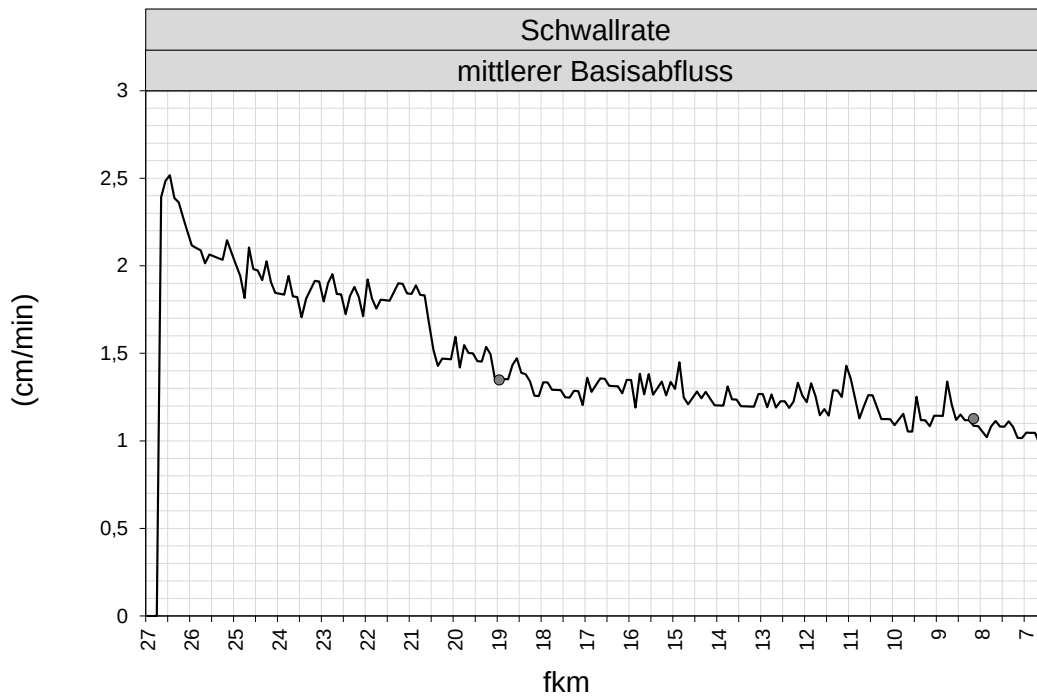


Abbildung 180: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Schwallereignisse/Szenario E (Linie) bei mittlerem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

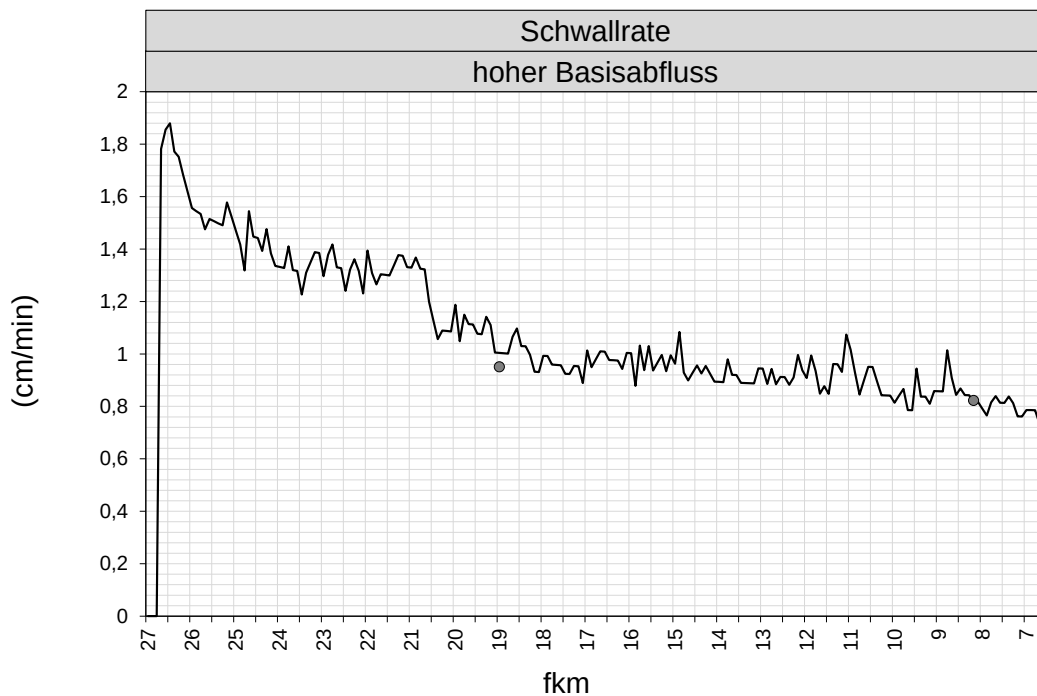


Abbildung 181: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Schwallereignisse/Szenario E (Linie) bei hohem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

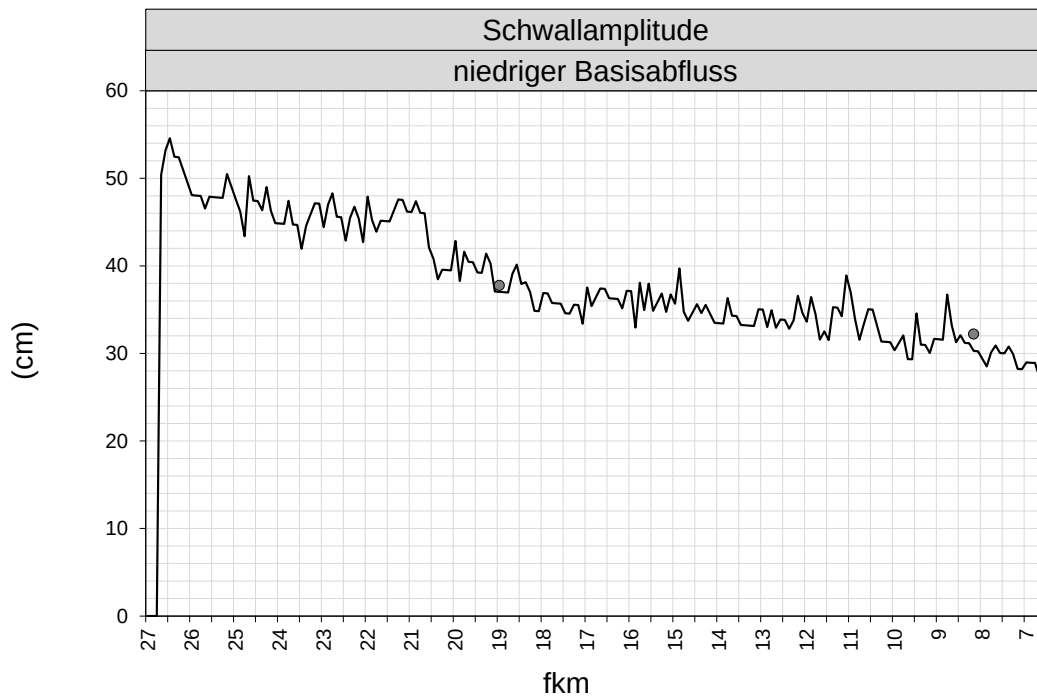


Abbildung 182: KW Außerfragant – Retentionskurve dW für Schwallereignisse/Szenario E (Linie) bei niedrigem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

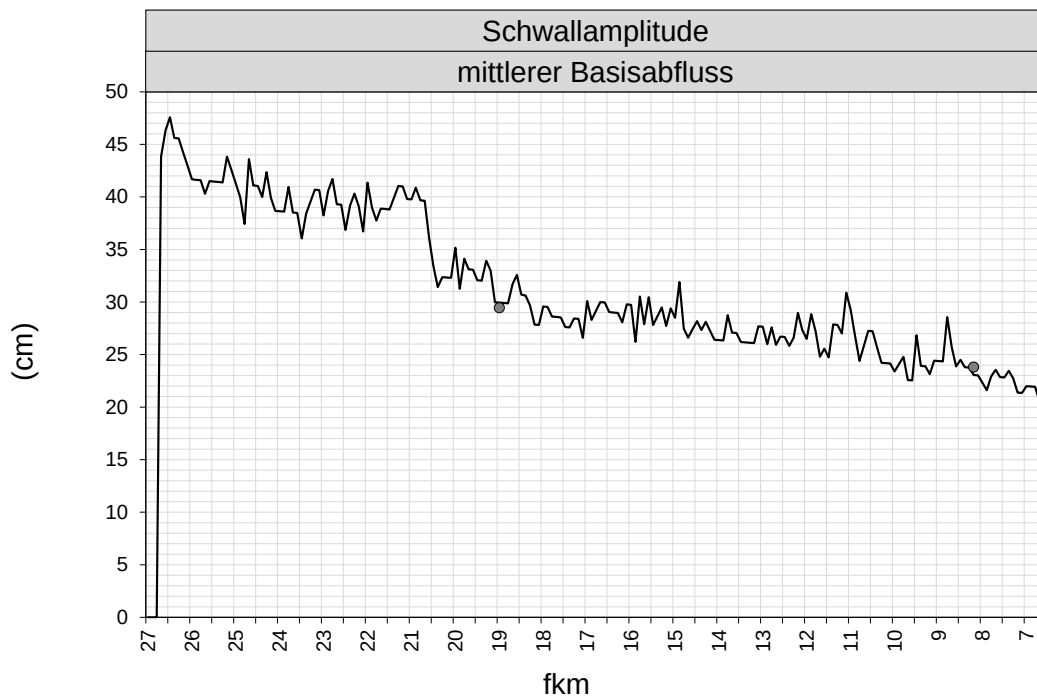


Abbildung 183: KW Außerfragant – Retentionskurve dW für Schwallereignisse/Szenario E (Linie) bei mittlerem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

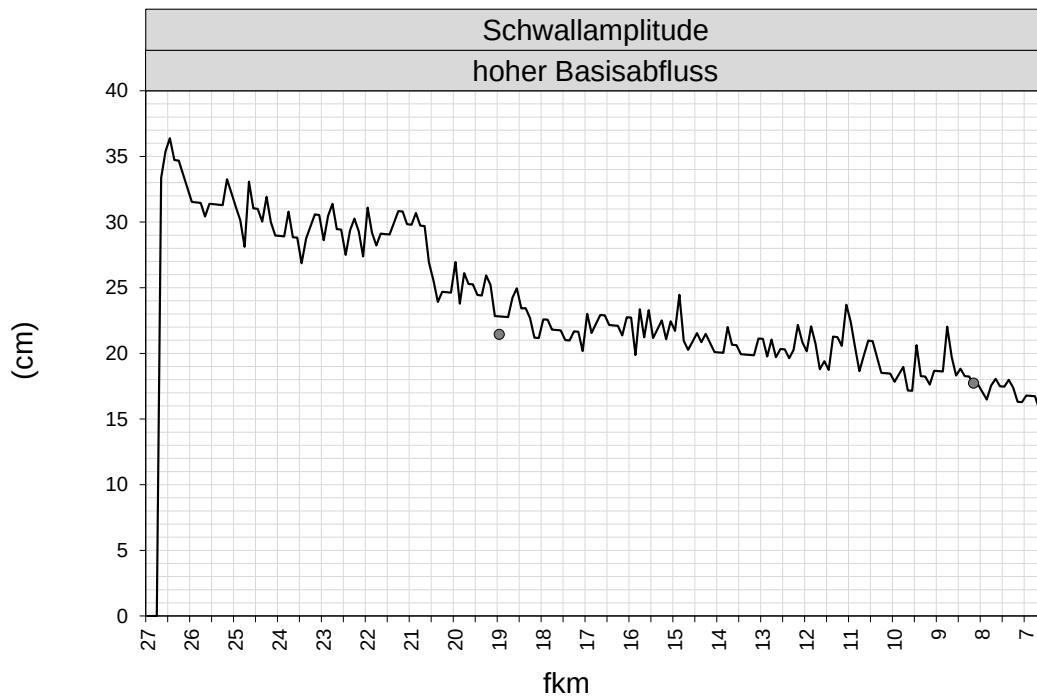


Abbildung 184: KW Außerfragant – Retentionskurve dW für Schwallereignisse/Szenario E (Linie) bei hohem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

10.9.3KW Außerfragant, Szenario D

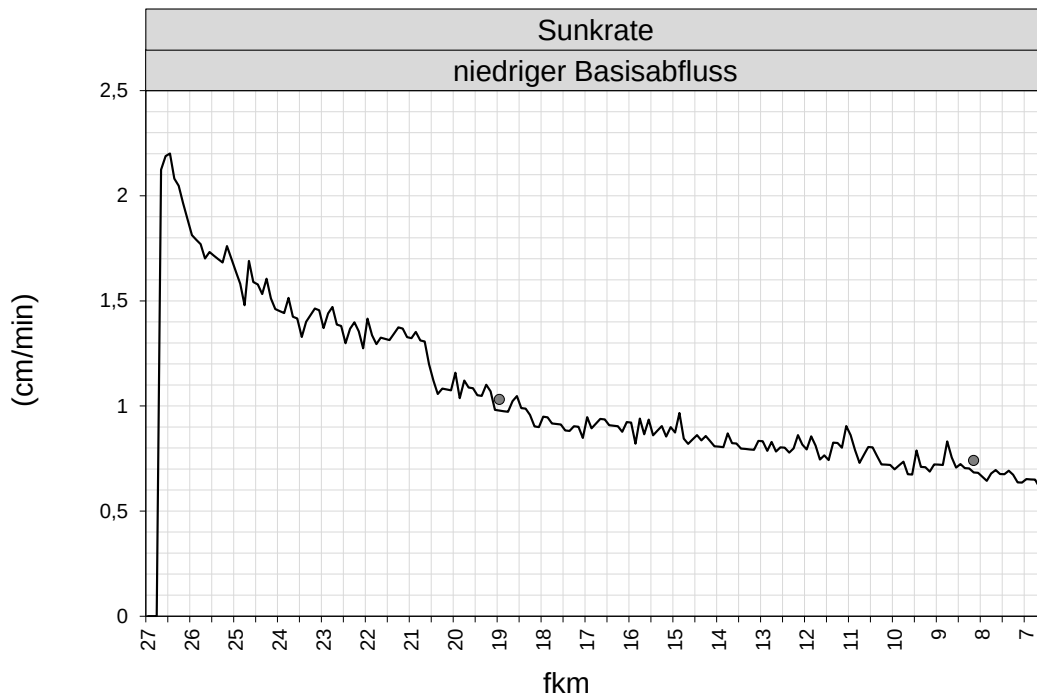


Abbildung 185: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Sunkereignisse/Szenario D (Linie) bei niedrigem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

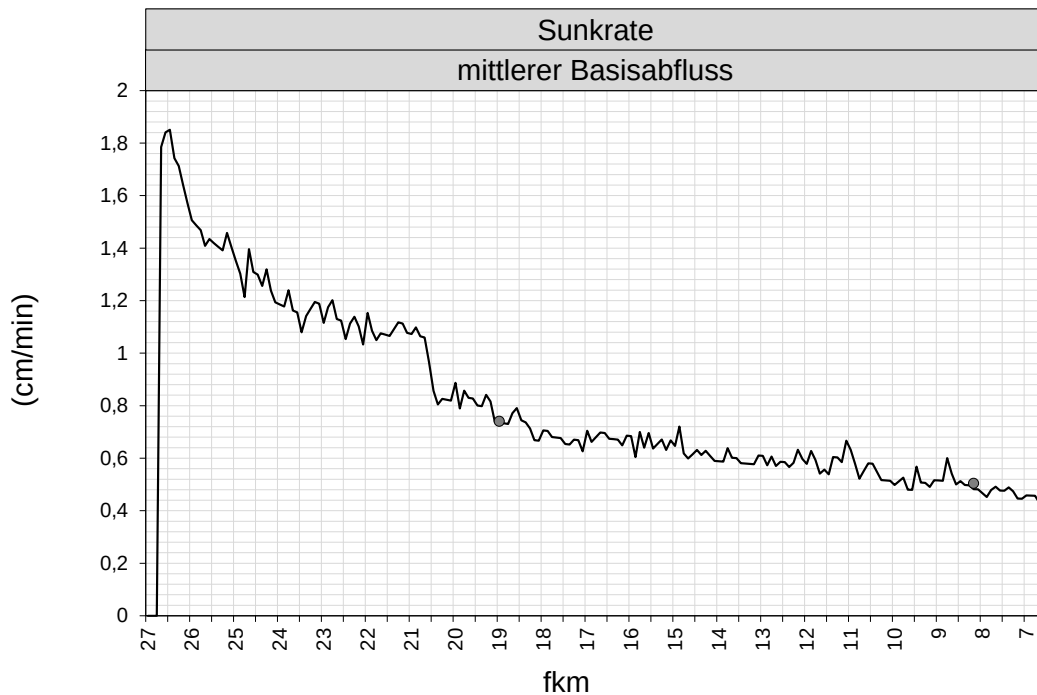


Abbildung 186: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Sunkereignisse/Szenario D (Linie) bei mittlerem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

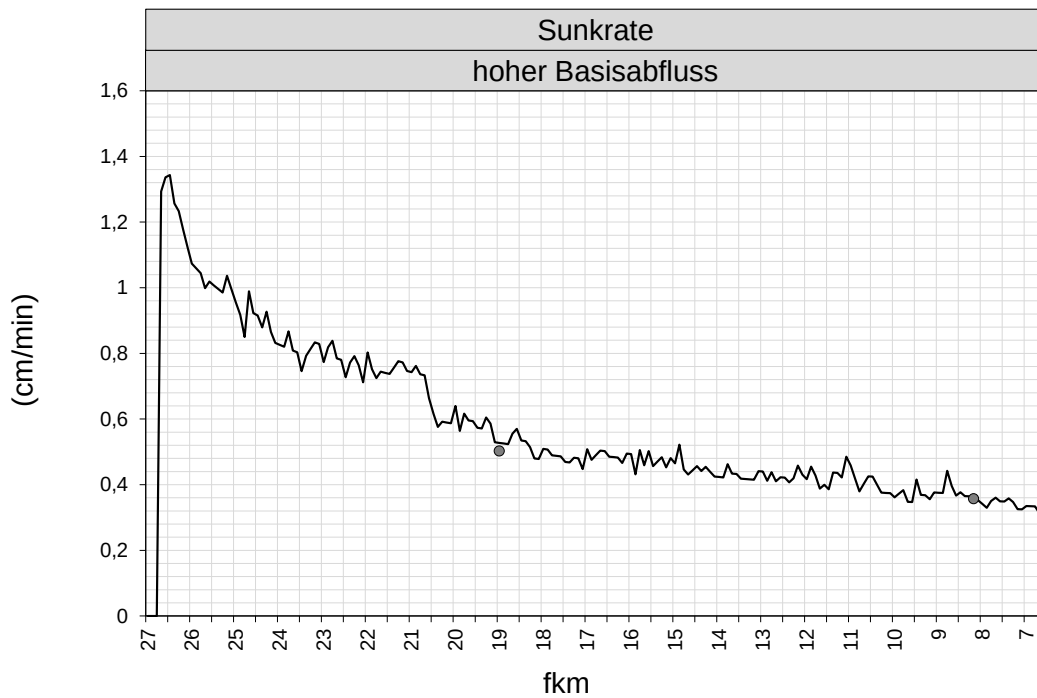


Abbildung 187: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Sunkereignisse/Szenario D (Linie) bei hohem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

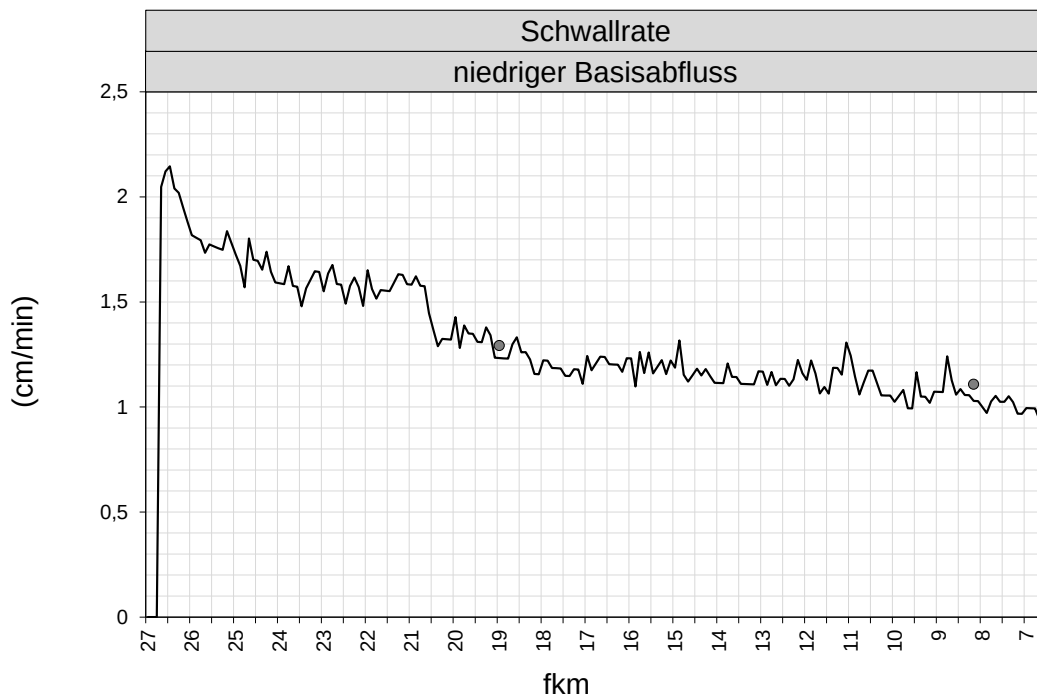


Abbildung 188: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Schwallereignisse/Szenario D (Linie) bei niedrigem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

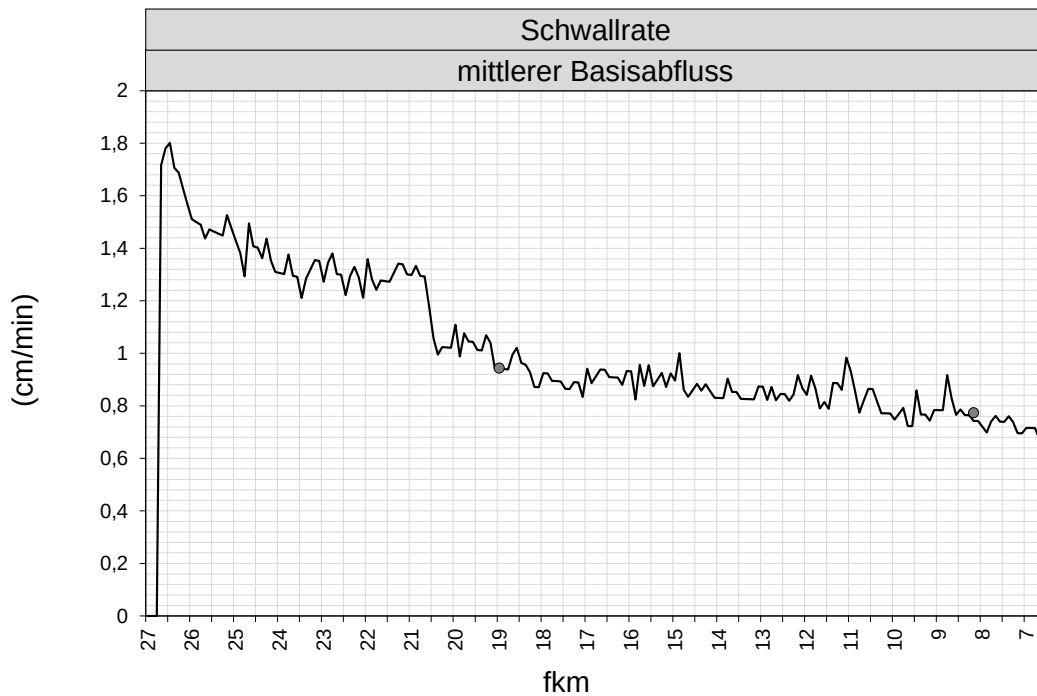


Abbildung 189: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Schwallereignisse/Szenario D (Linie) bei mittlerem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

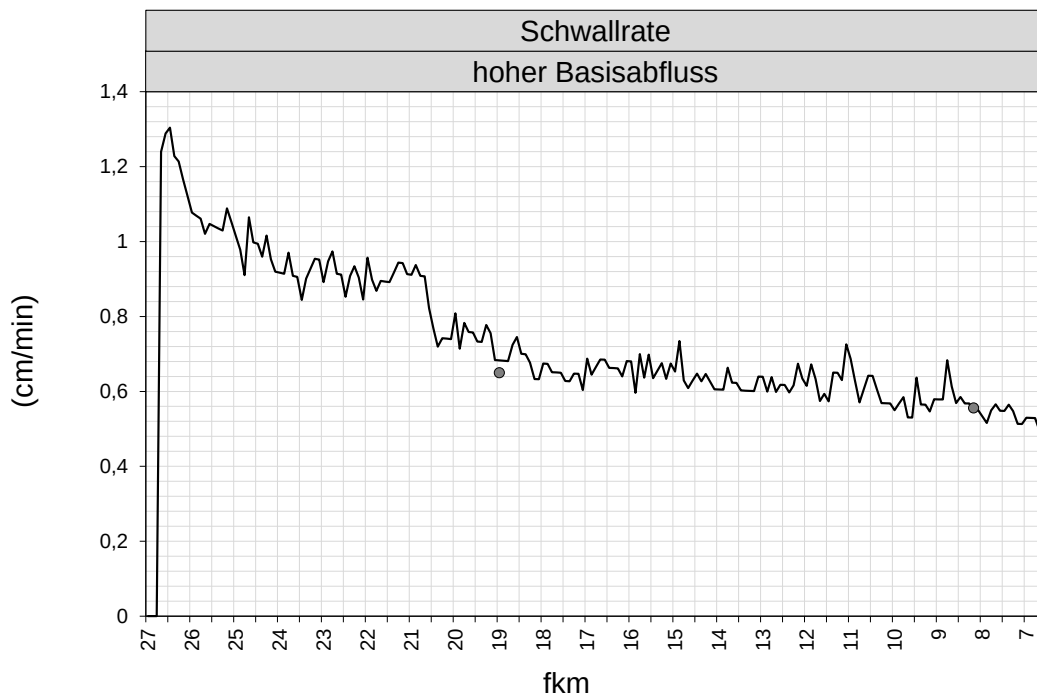


Abbildung 190: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Schwallereignisse/Szenario D (Linie) bei hohem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

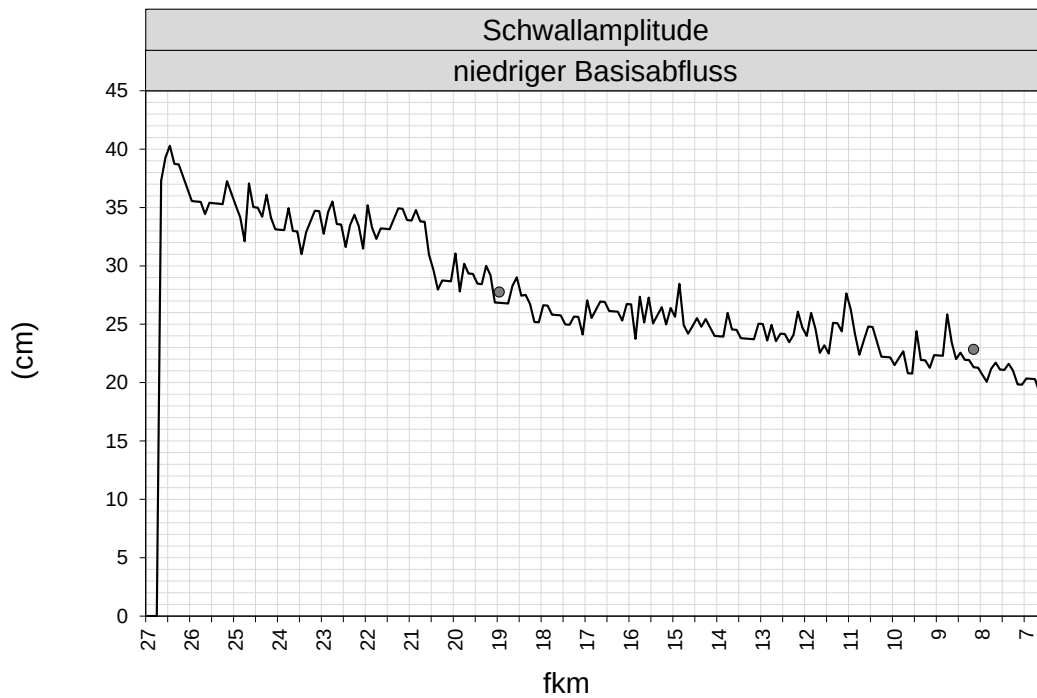


Abbildung 191: KW Außerfragant – Retentionskurve dW für Schwallereignisse/Szenario D (Linie) bei niedrigem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

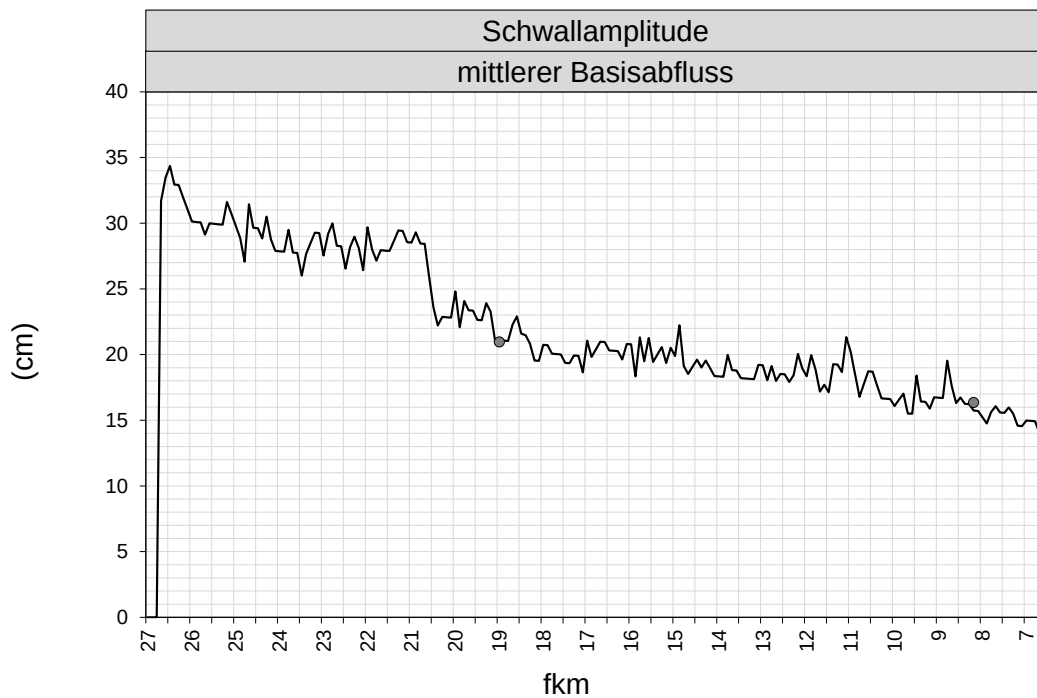


Abbildung 192: KW Außerfragant – Retentionskurve dW für Schwallereignisse/Szenario D (Linie) bei mittlerem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

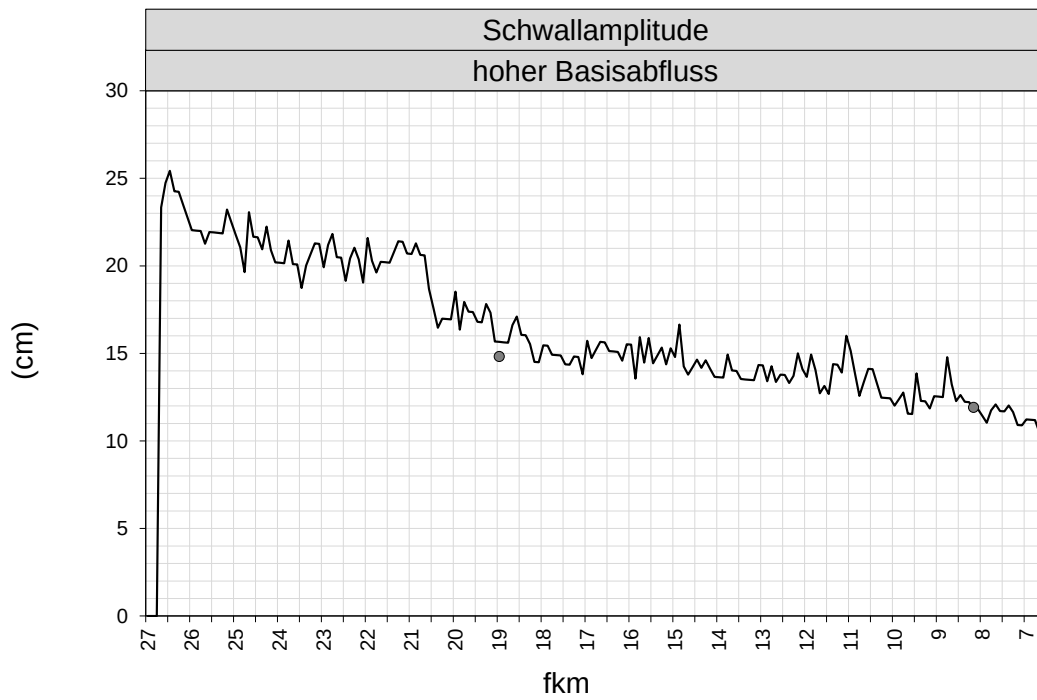


Abbildung 193: KW Außerfragant – Retentionskurve dW für Schwallereignisse/Szenario D (Linie) bei hohem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

10.9.4KW Außerfragant, Szenario C

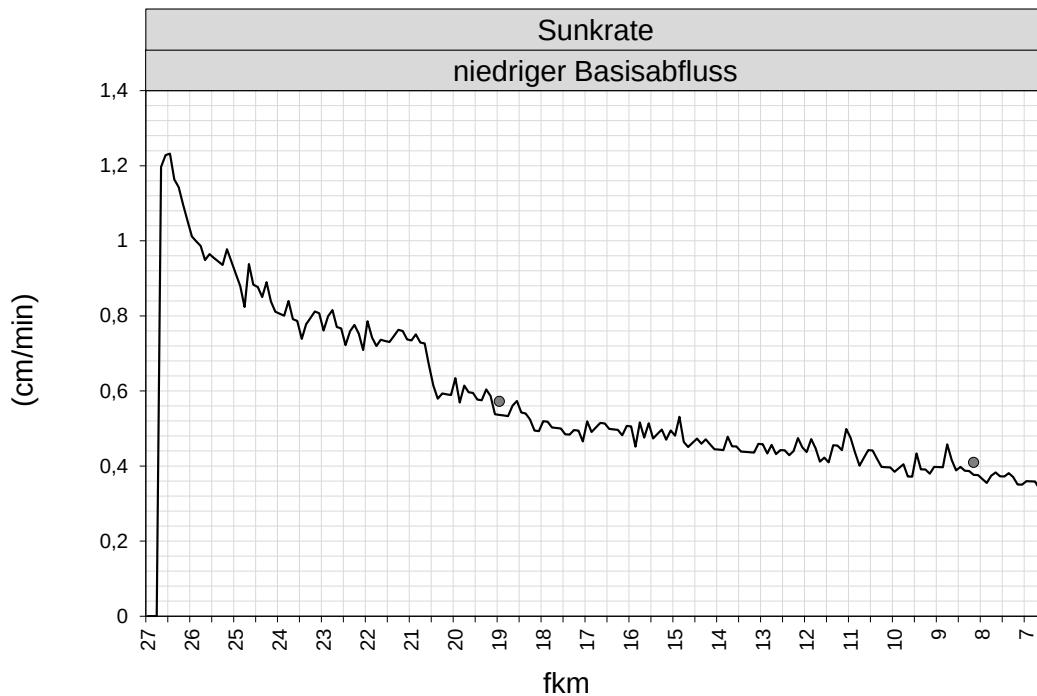


Abbildung 194: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Sunkereignisse/Szenario C (Linie) bei niedrigem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, $fk m$ – Flusskilometer/orographisch).

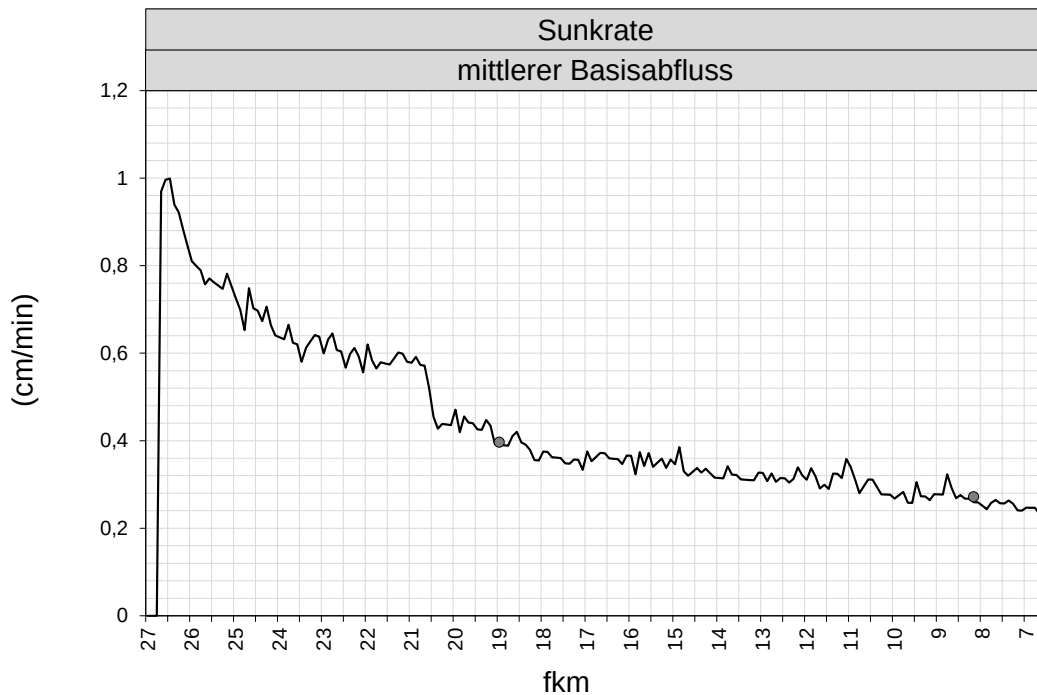


Abbildung 195: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Sunkereignisse/Szenario C (Linie) bei mittlerem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, $fk m$ – Flusskilometer/orographisch).

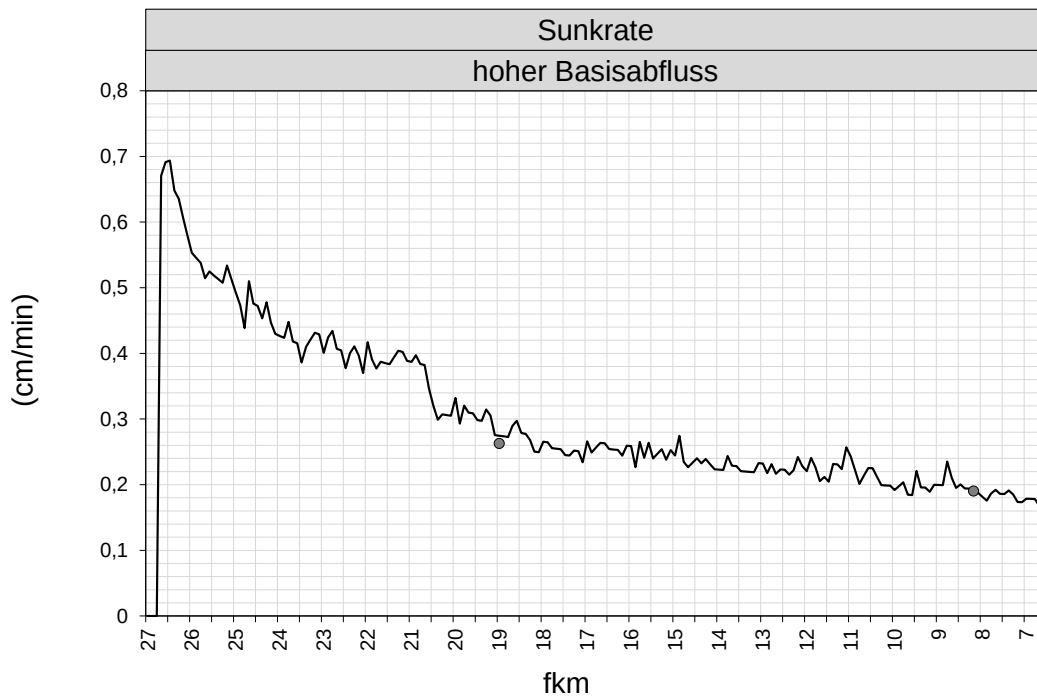


Abbildung 196: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Sunkereignisse/Szenario C (Linie) bei hohem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

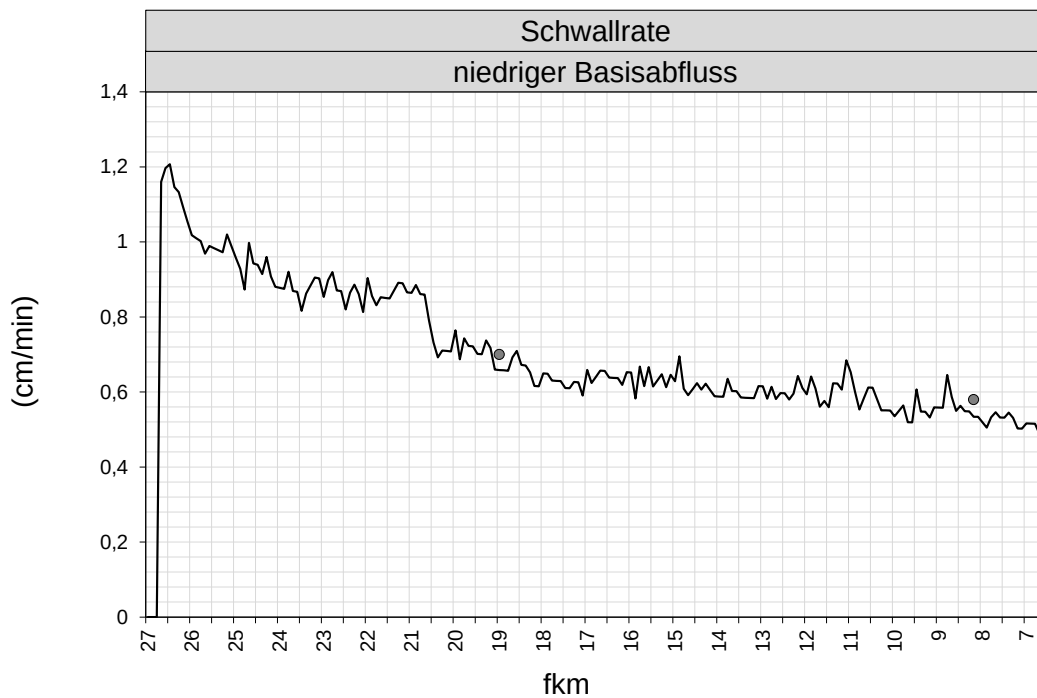


Abbildung 197: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Schwallereignisse/Szenario C (Linie) bei niedrigem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

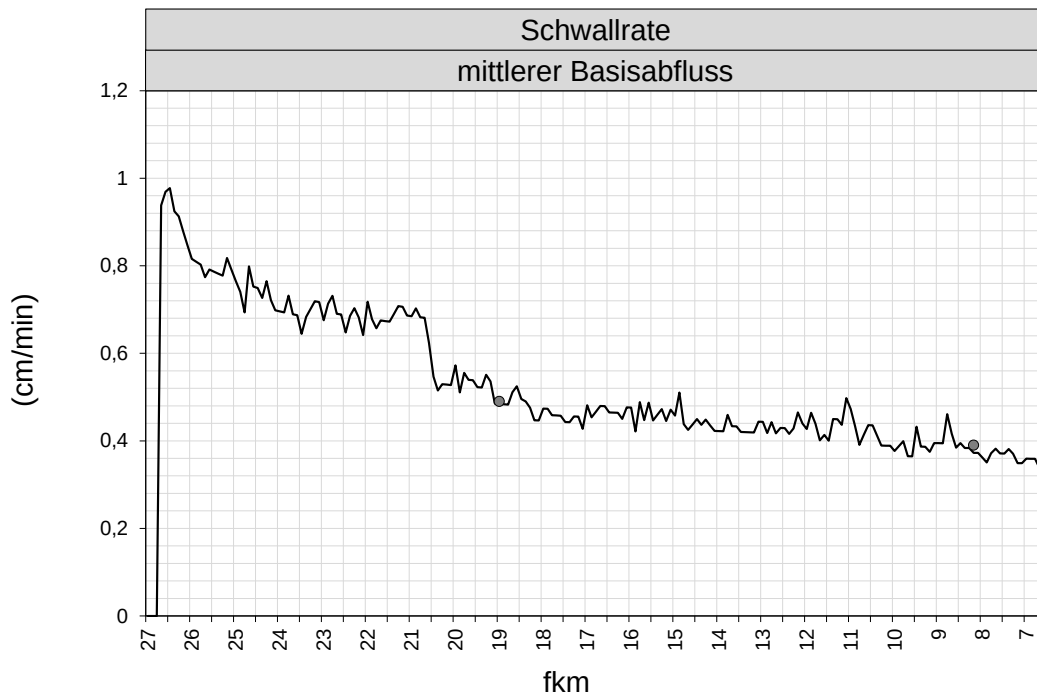


Abbildung 198: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Schwallereignisse/Szenario C (Linie) bei mittlerem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

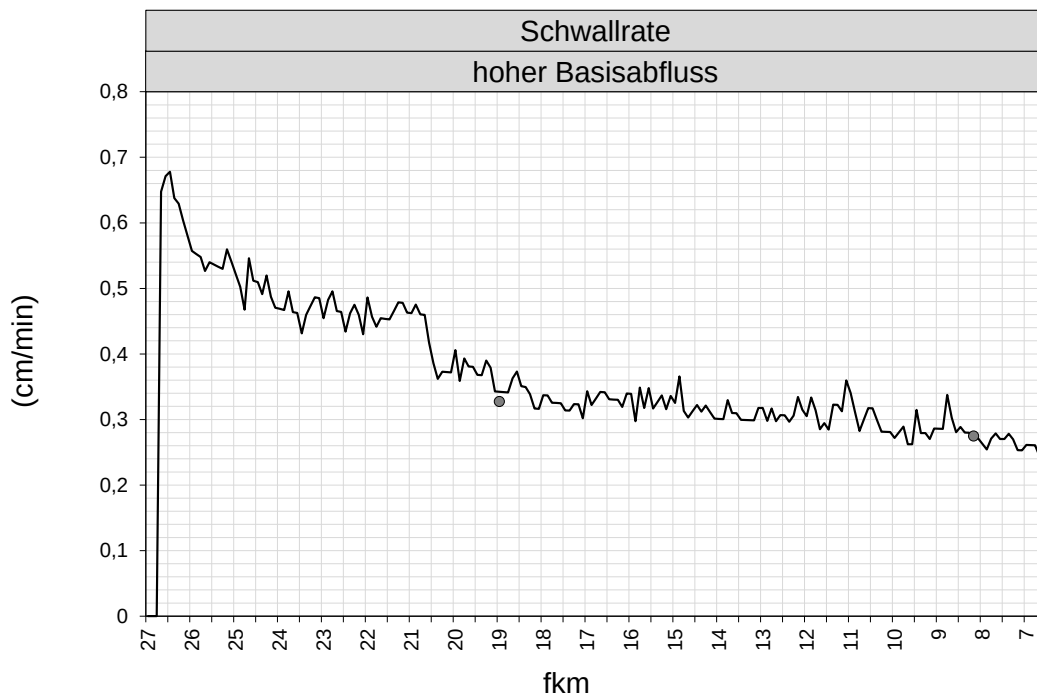


Abbildung 199: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Schwallereignisse/Szenario C (Linie) bei hohem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

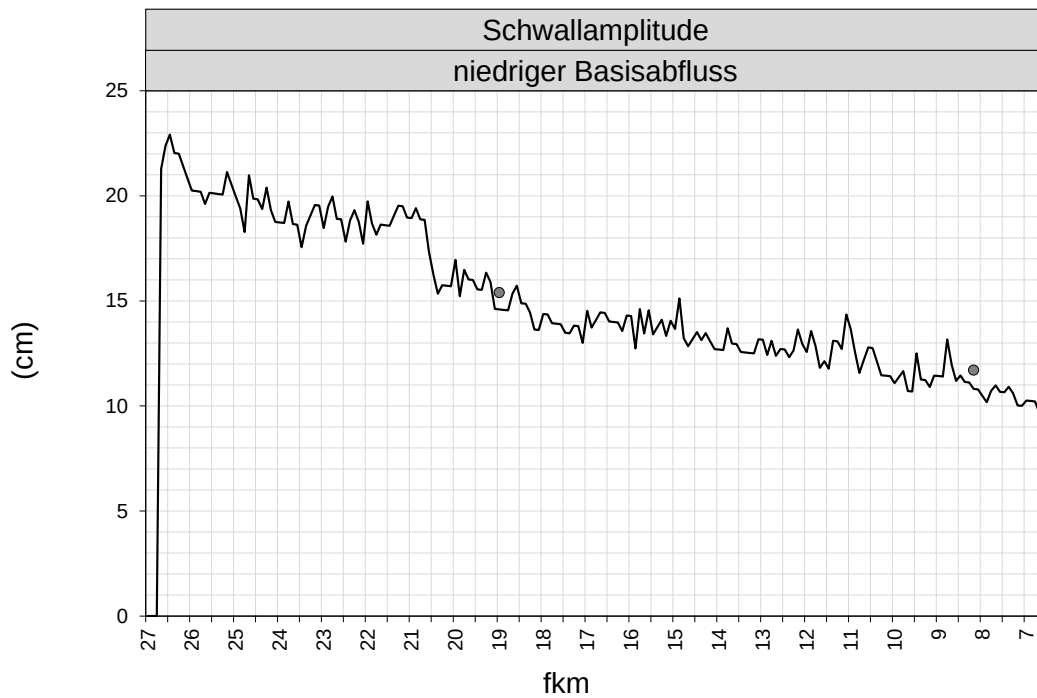


Abbildung 200: KW Außerfragant – Retentionskurve dW für Schwallereignisse/Szenario C (Linie) bei niedrigem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

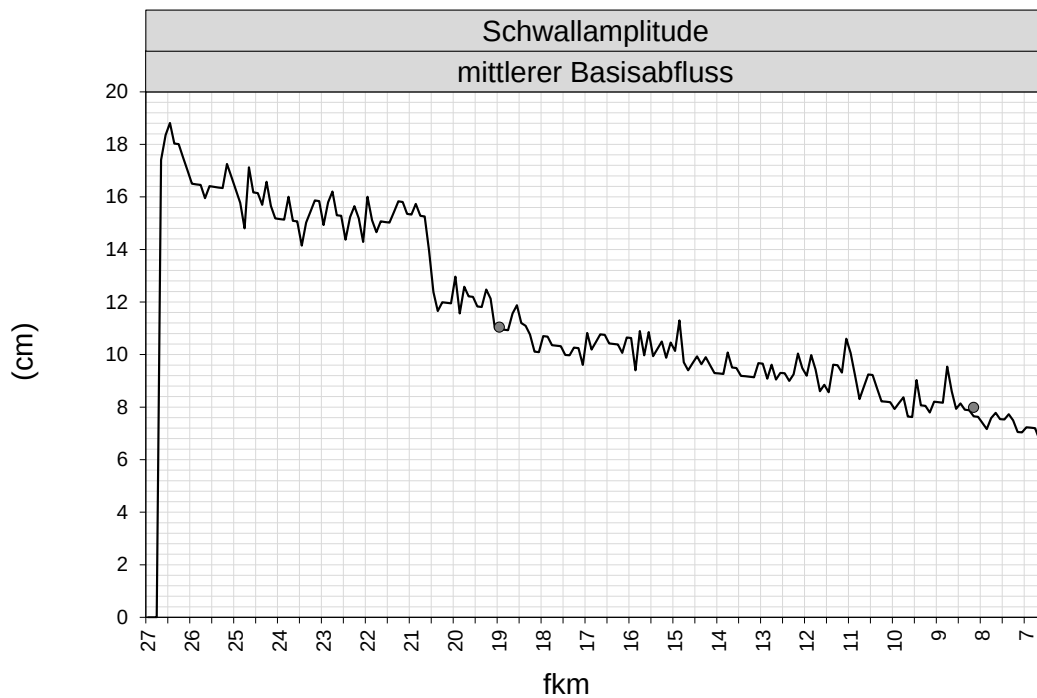


Abbildung 201: KW Außerfragant – Retentionskurve dW für Schwallereignisse/Szenario C (Linie) bei mittlerem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

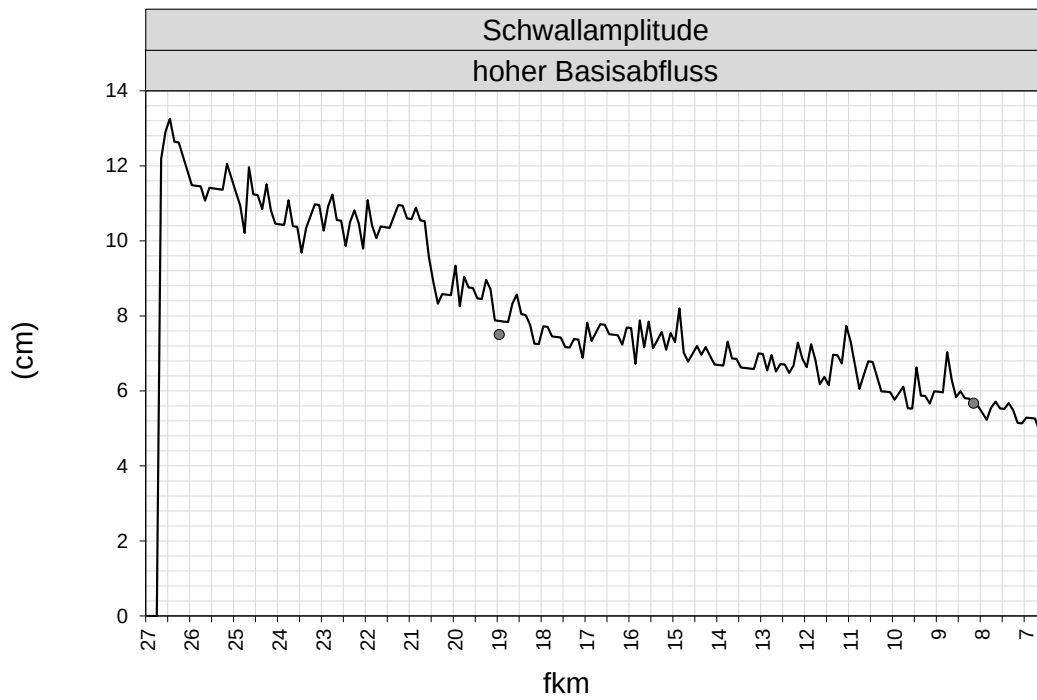


Abbildung 202: KW Außerfragant – Retentionskurve dW für Schwallereignisse/Szenario C (Linie) bei hohem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

10.9.5KW Außerfragant, Szenario B1

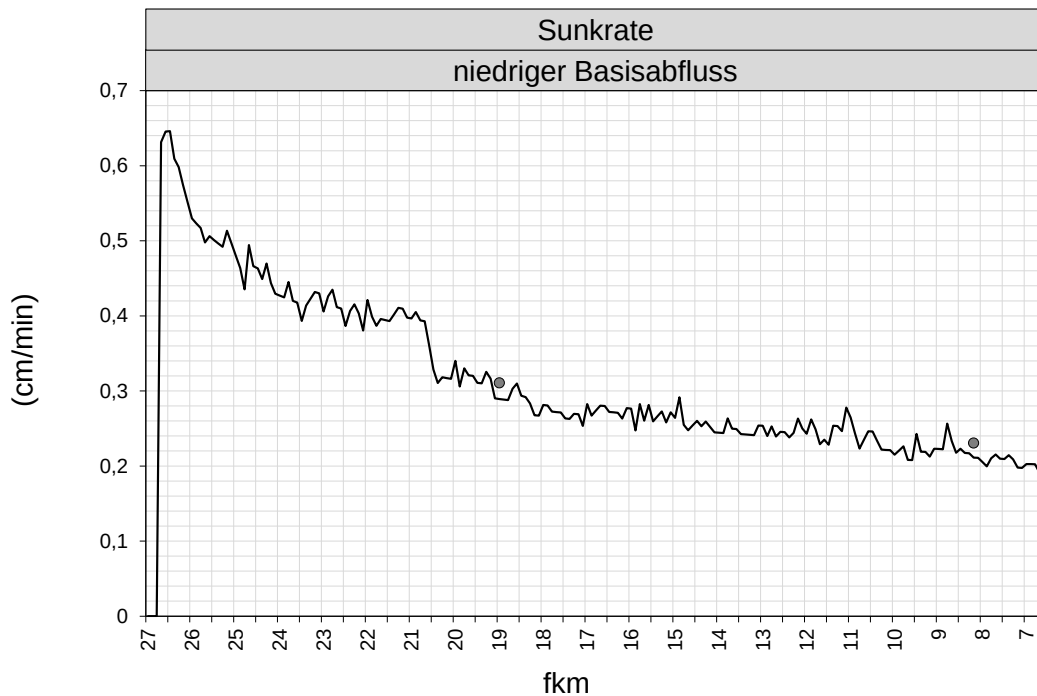


Abbildung 203: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Sunkereignisse/Szenario B1 (Linie) bei niedrigem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

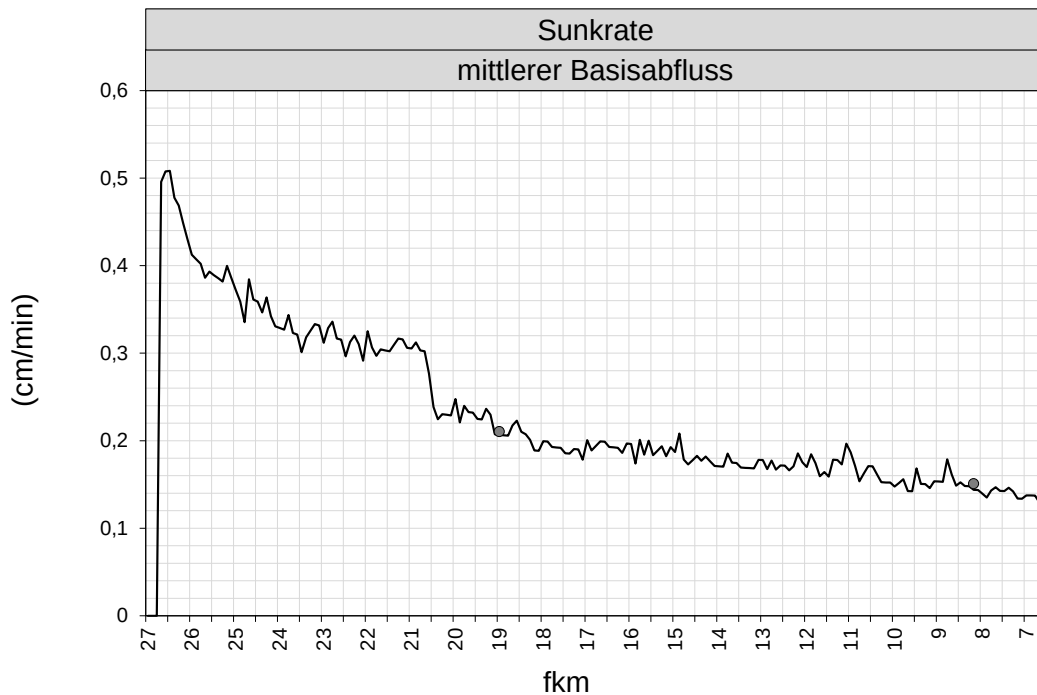


Abbildung 204: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Sunkereignisse/Szenario B1 (Linie) bei mittlerem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

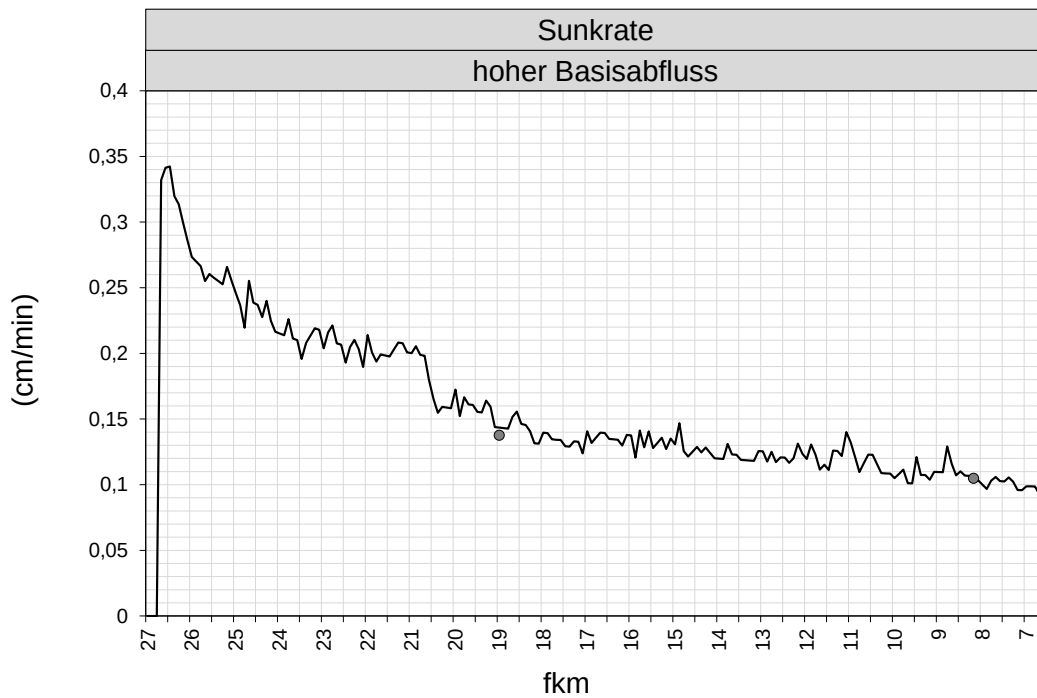


Abbildung 205: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Sunkereignisse/Szenario B1 (Linie) bei hohem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

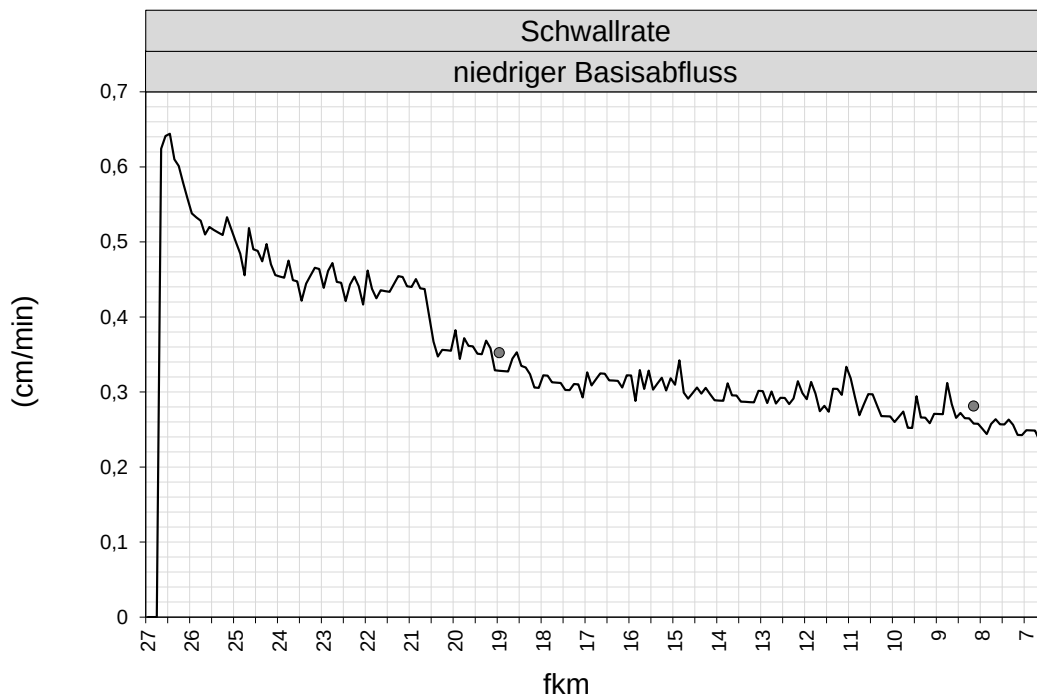


Abbildung 206: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Schwallereignisse/Szenario B1 (Linie) bei niedrigem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

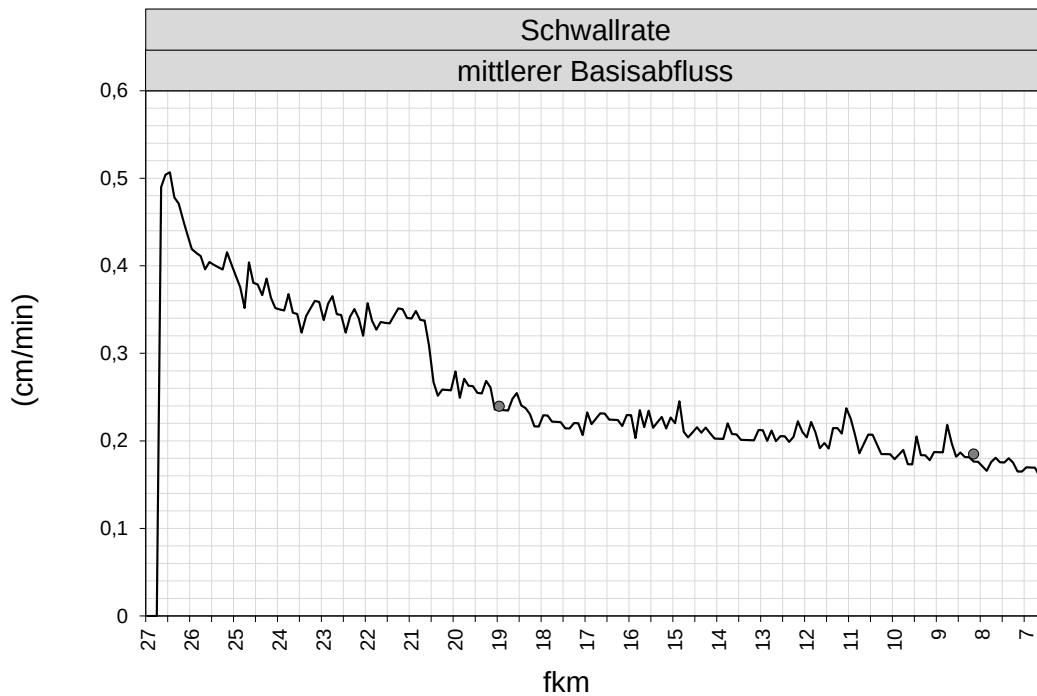


Abbildung 207: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Schwallereignisse/Szenario B1 (Linie) bei mittlerem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

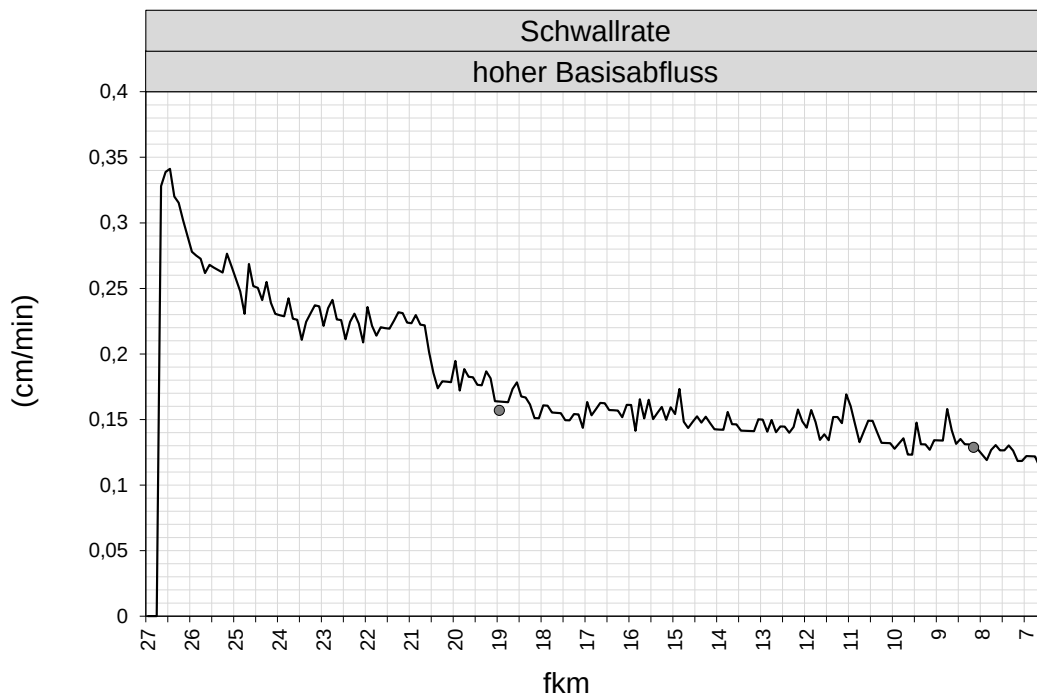


Abbildung 208: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Schwallereignisse/Szenario B1 (Linie) bei hohem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

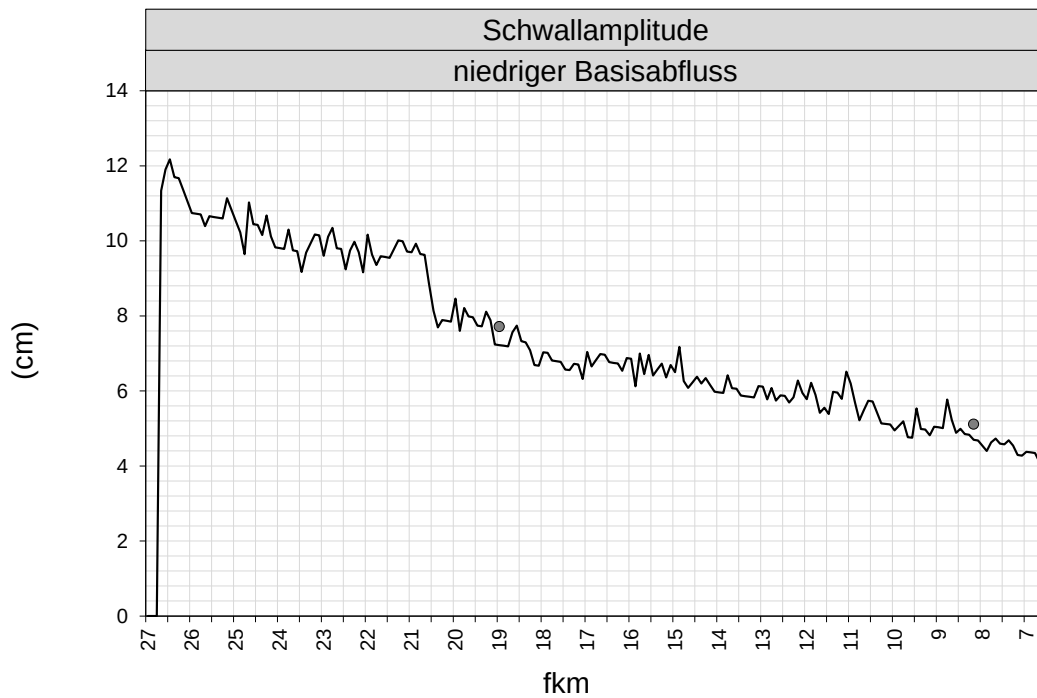


Abbildung 209: KW Außerfragant – Retentionskurve dW für Schwallereignisse/Szenario B1 (Linie) bei niedrigem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

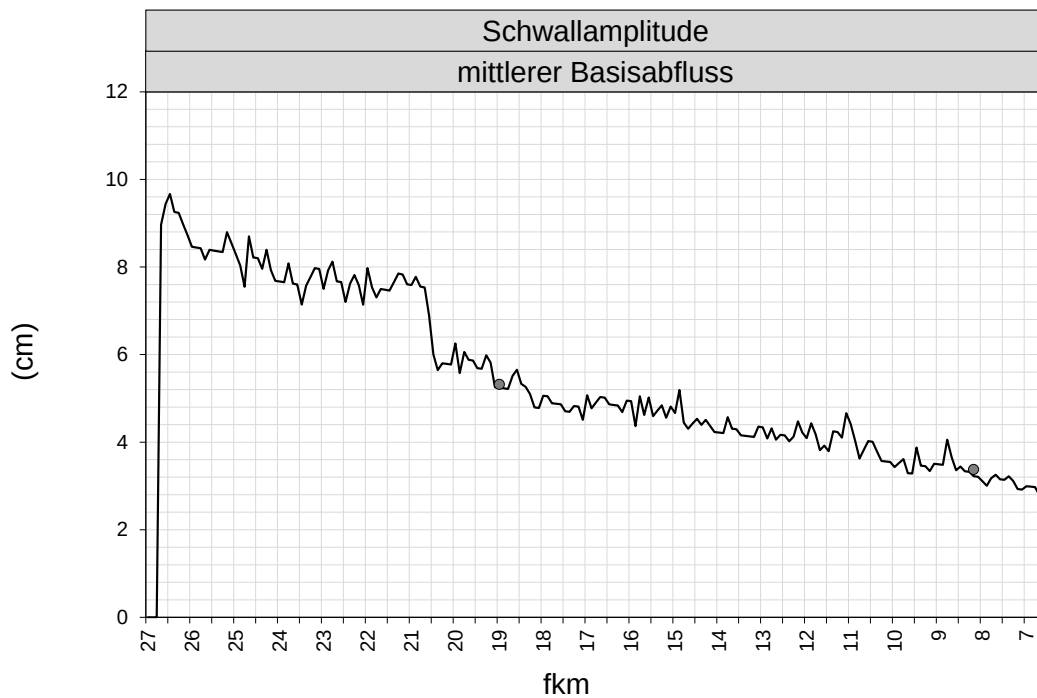


Abbildung 210: KW Außerfragant – Retentionskurve dW für Schwallereignisse/Szenario B1 (Linie) bei mittlerem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

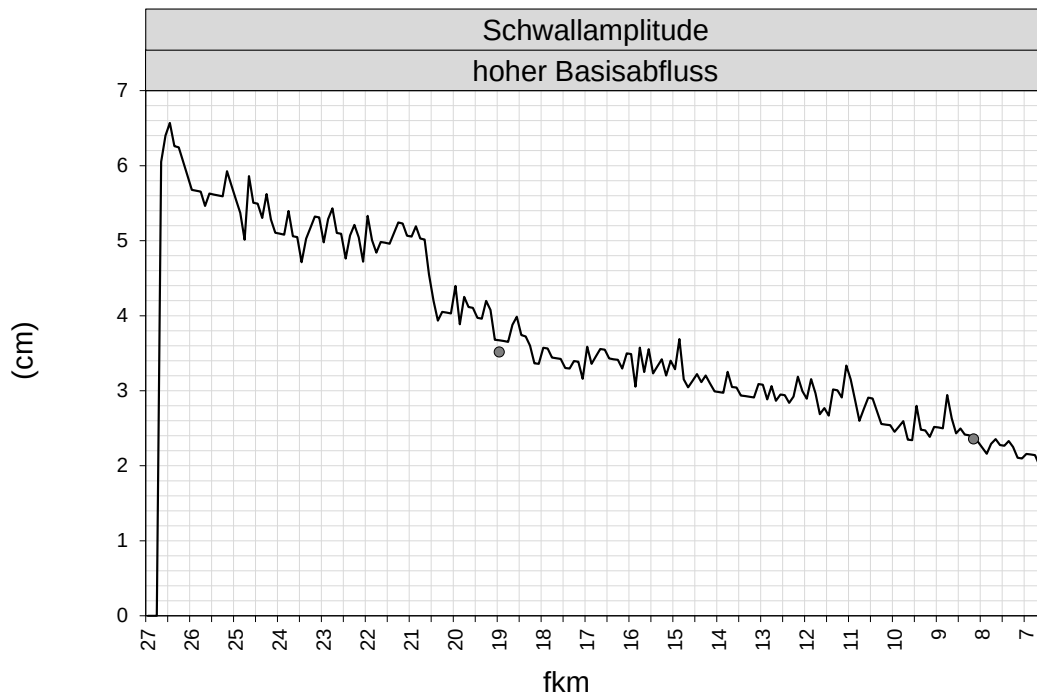


Abbildung 211: KW Außerfragant – Retentionskurve dW für Schwallereignisse/Szenario B1 (Linie) bei hohem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

10.9.6KW Außerfragant, Szenario B2

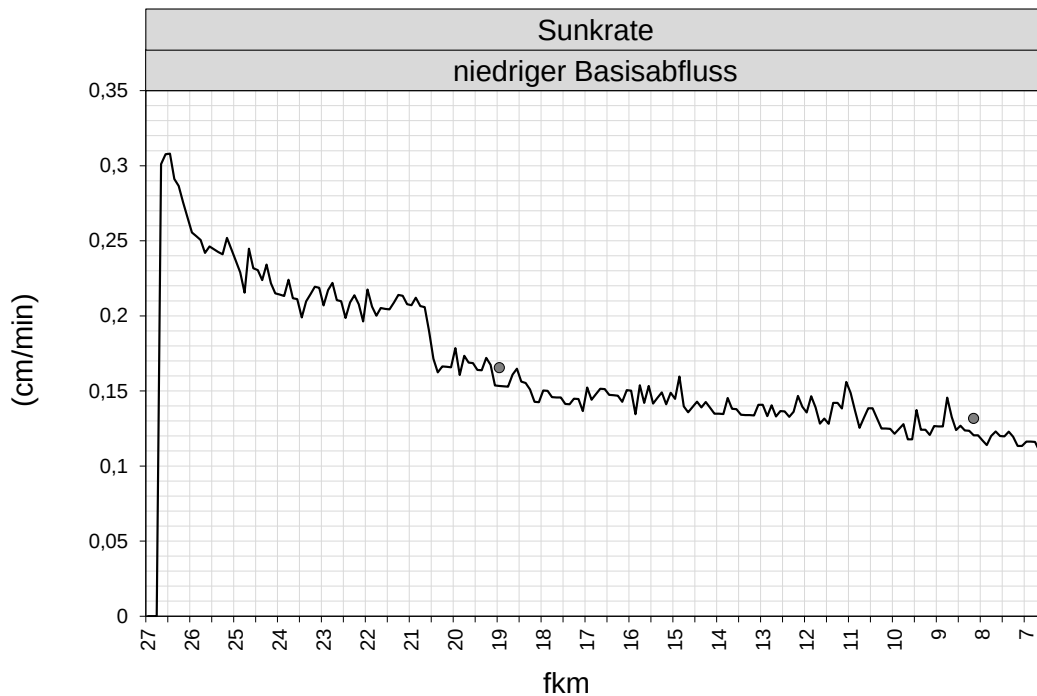


Abbildung 212: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Sunkereignisse/Szenario B2 (Linie) bei niedrigem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

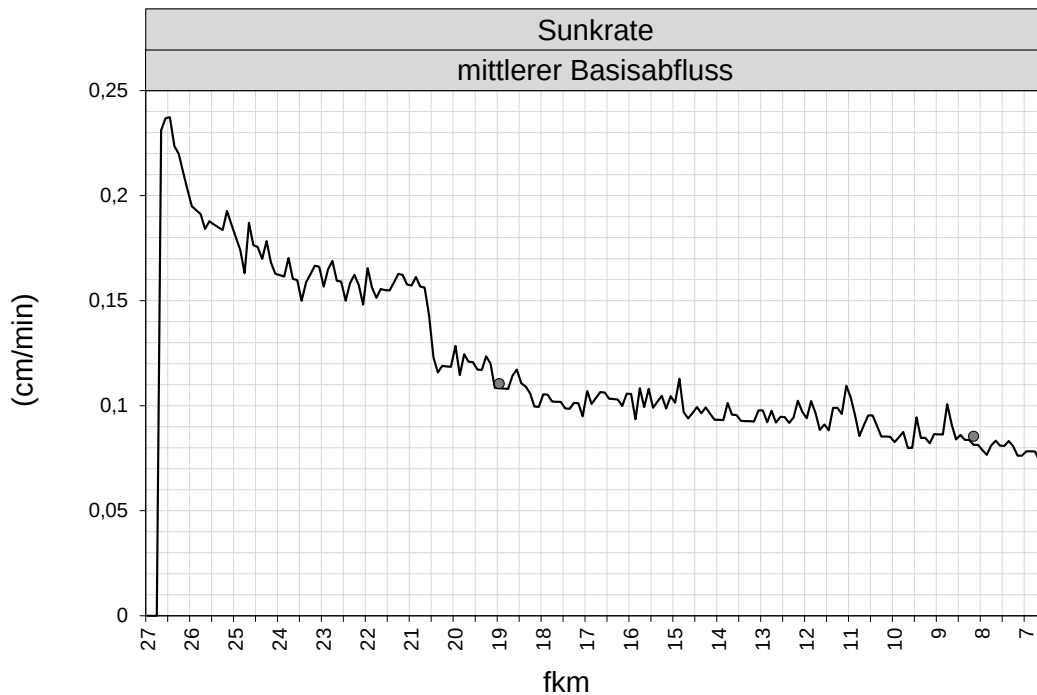


Abbildung 213: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Sunkereignisse/Szenario B2 (Linie) bei mittlerem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

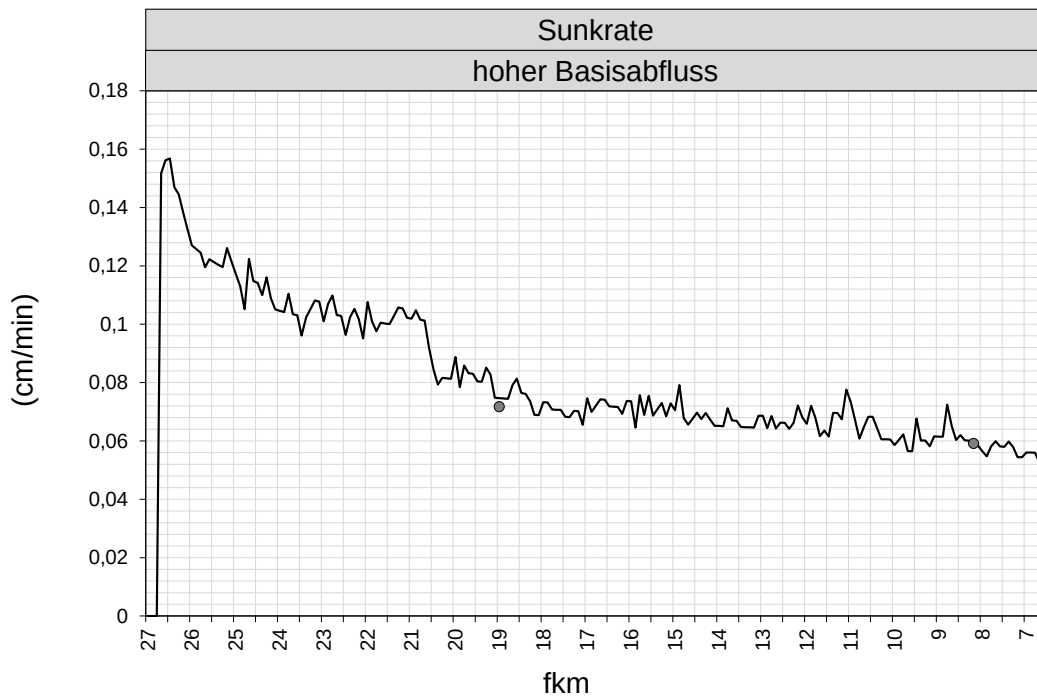


Abbildung 214: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Sunkereignisse/Szenario B2 (Linie) bei hohem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

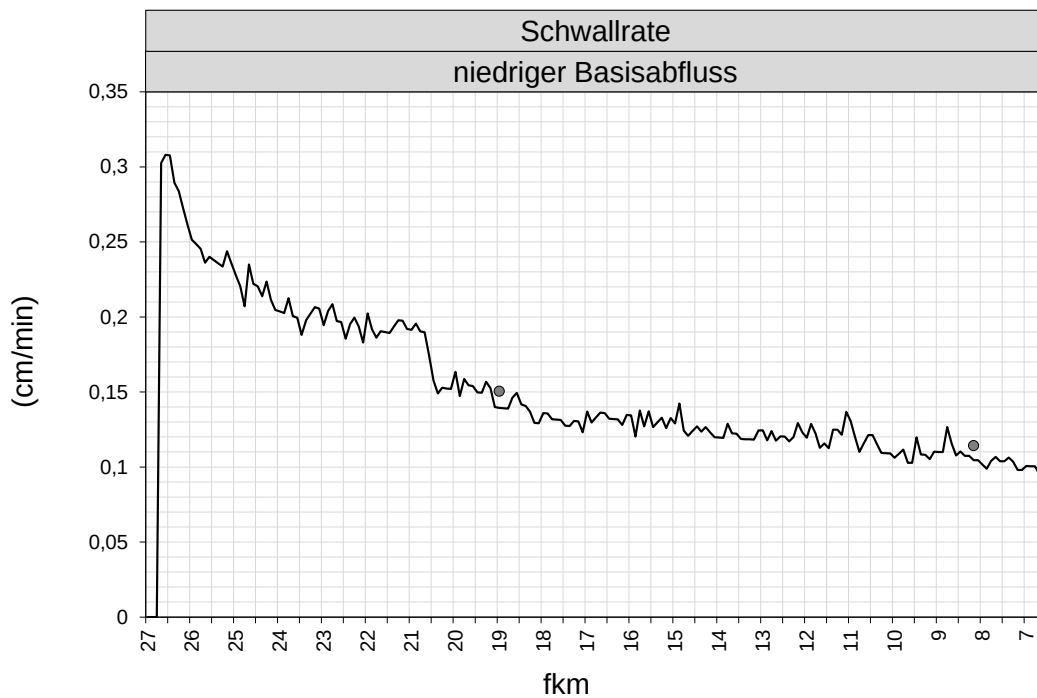
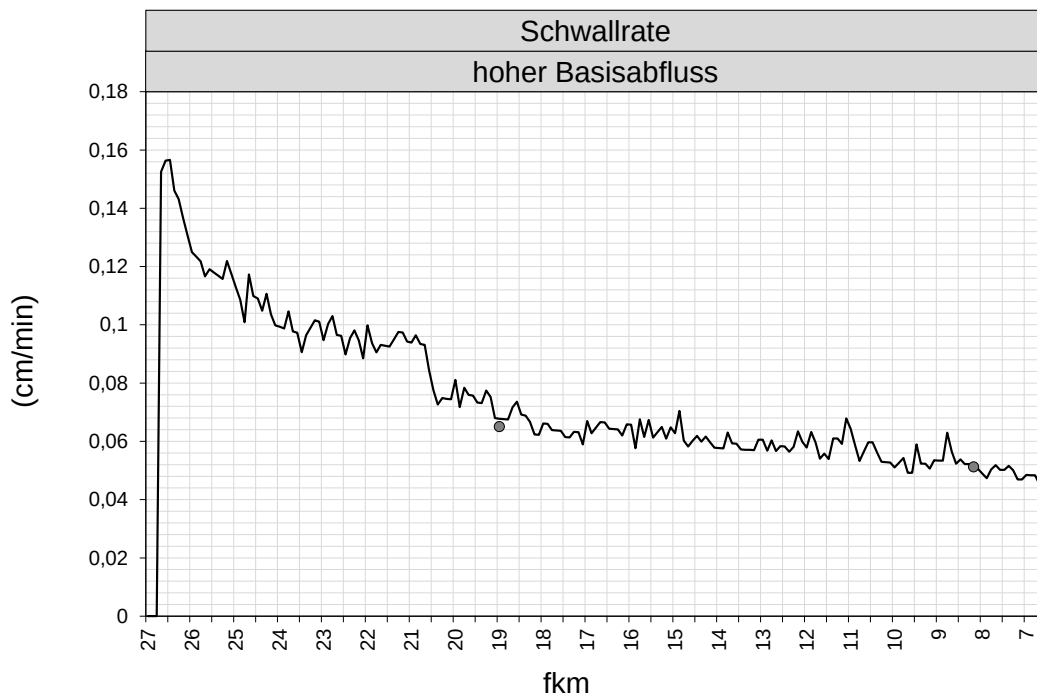
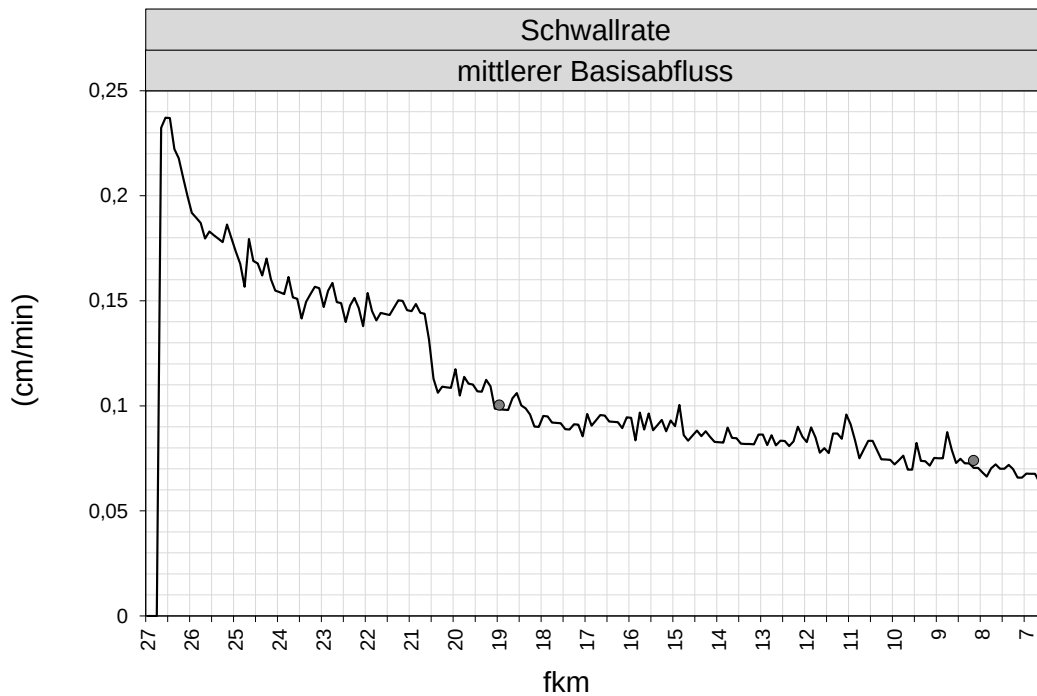


Abbildung 215: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Schwallereignisse/Szenario B2 (Linie) bei niedrigem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).



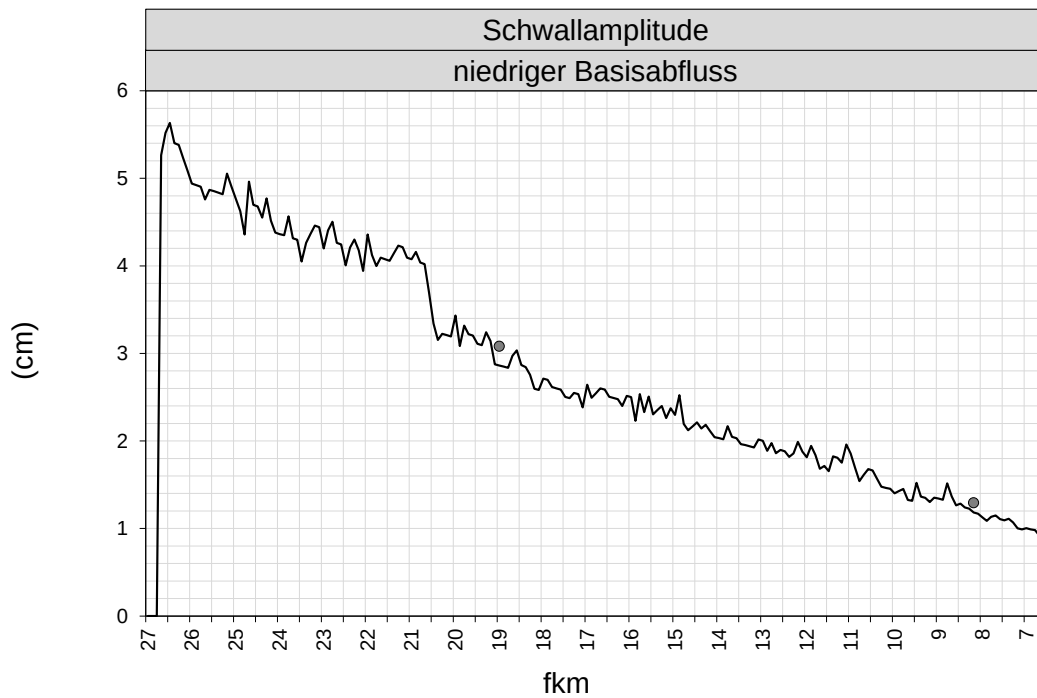


Abbildung 218: KW Außerfragant – Retentionskurve dW für Schwallereignisse/Szenario B2 (Linie) bei niedrigem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

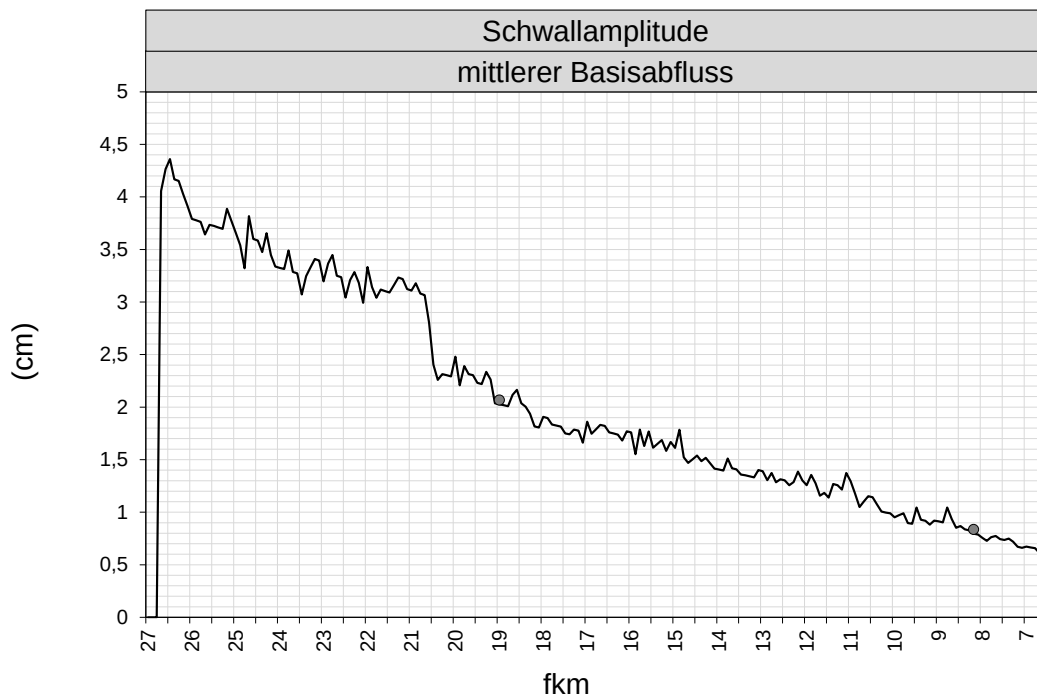


Abbildung 219: KW Außerfragant – Retentionskurve dW für Schwallereignisse/Szenario B2 (Linie) bei mittlerem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

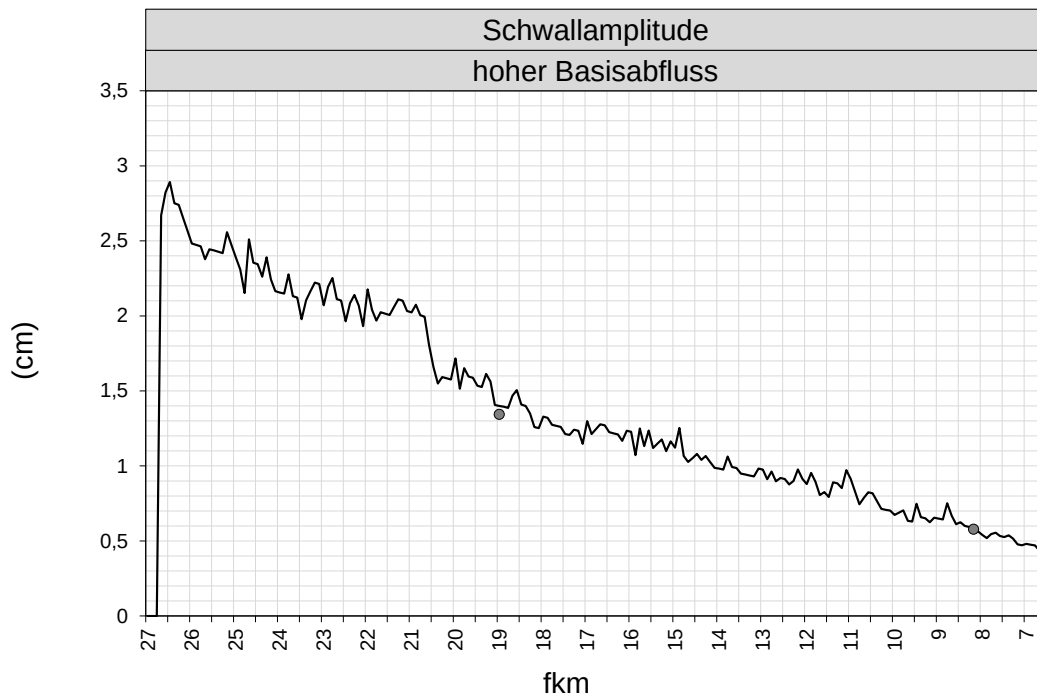


Abbildung 220: KW Außerfragant – Retentionskurve dW für Schwallereignisse/Szenario B2 (Linie) bei hohem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

10.9.7KW Außerfragant, Szenario B3

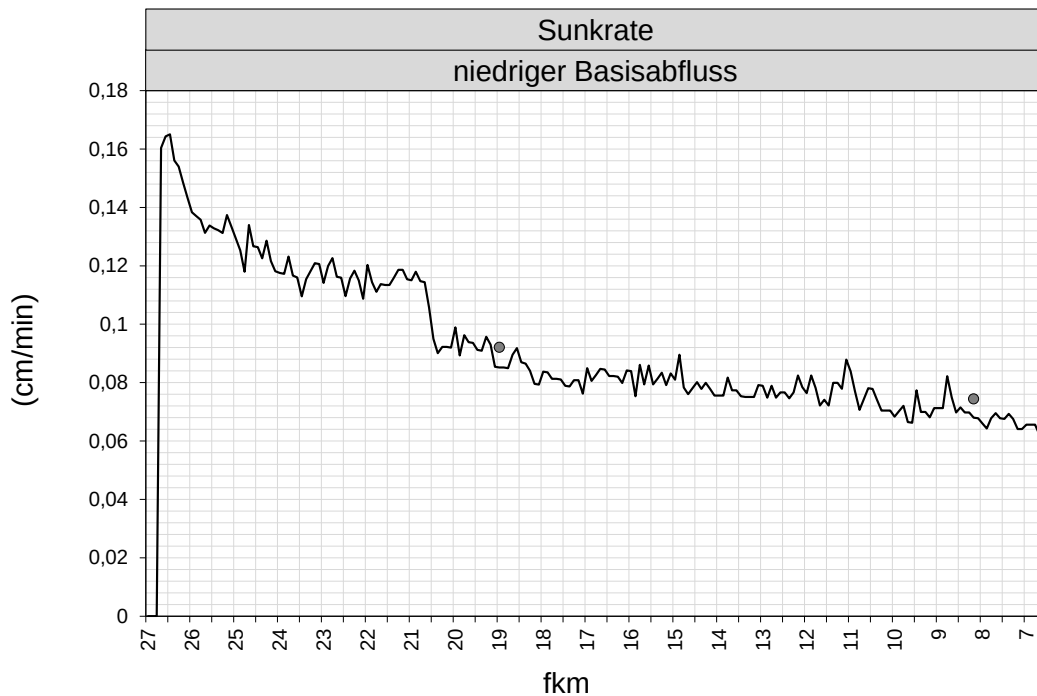


Abbildung 221: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Sunkereignisse/Szenario B3 (Linie) bei niedrigem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, $fk m$ – Flusskilometer/orographisch).

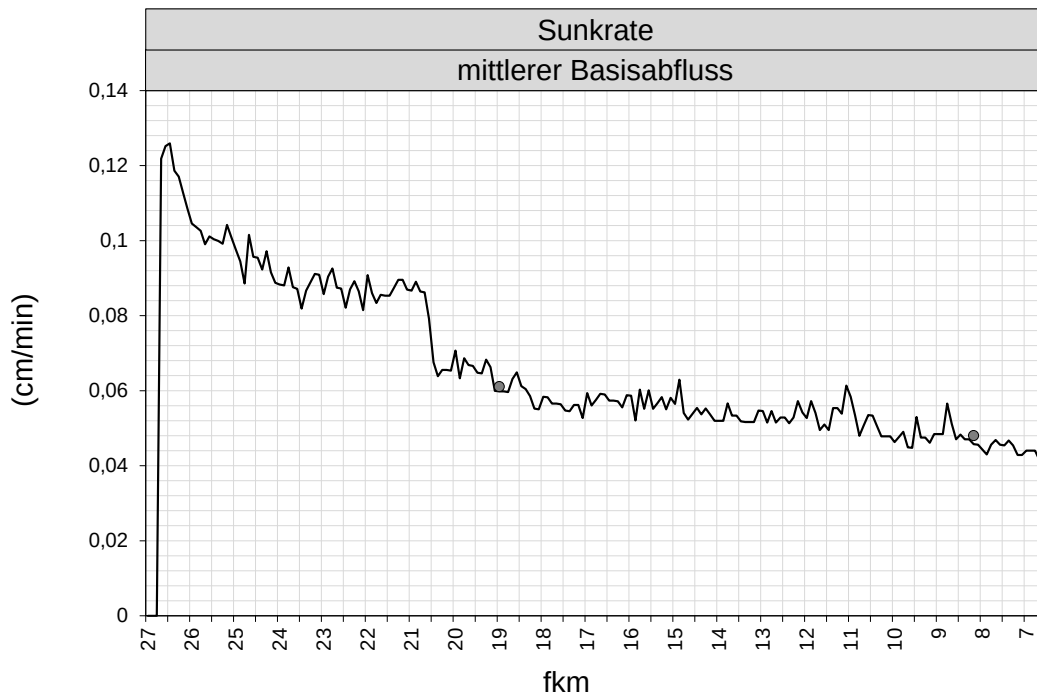


Abbildung 222: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Sunkereignisse/Szenario B3 (Linie) bei mittlerem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, $fk m$ – Flusskilometer/orographisch).

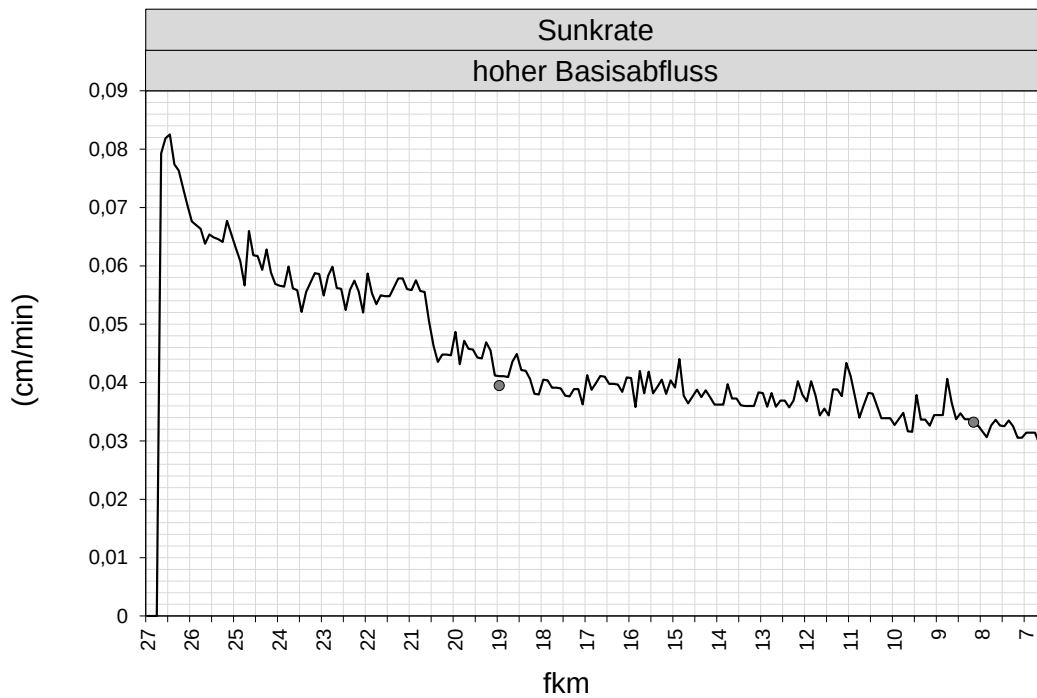


Abbildung 223: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Sunkereignisse/Szenario B3 (Linie) bei hohem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

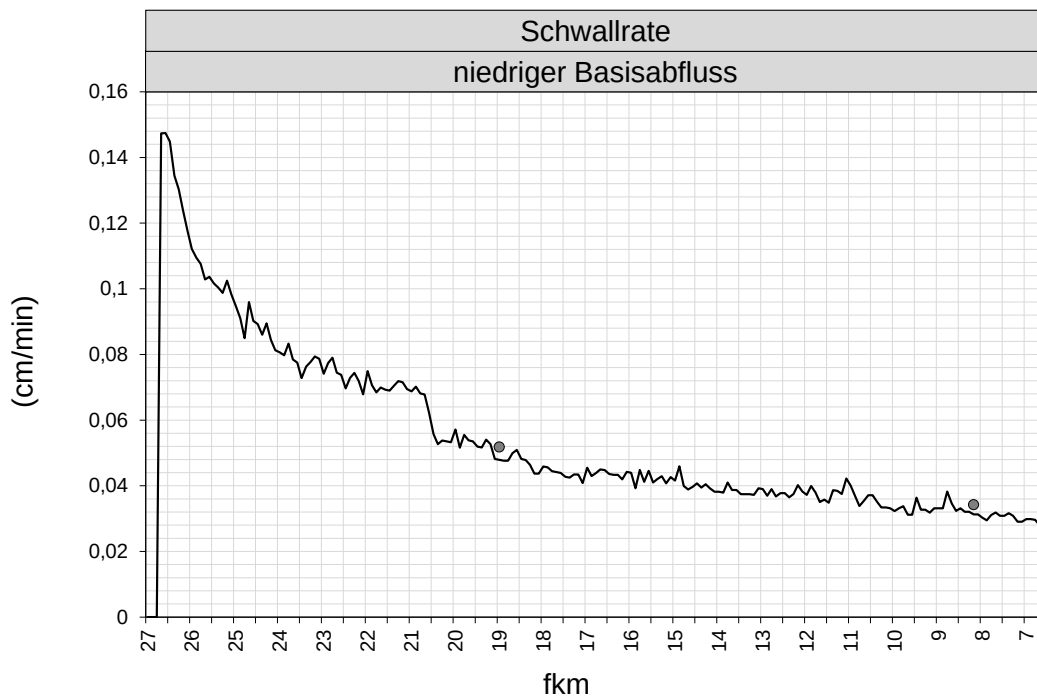


Abbildung 224: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Schwallereignisse/Szenario B3 (Linie) bei niedrigem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

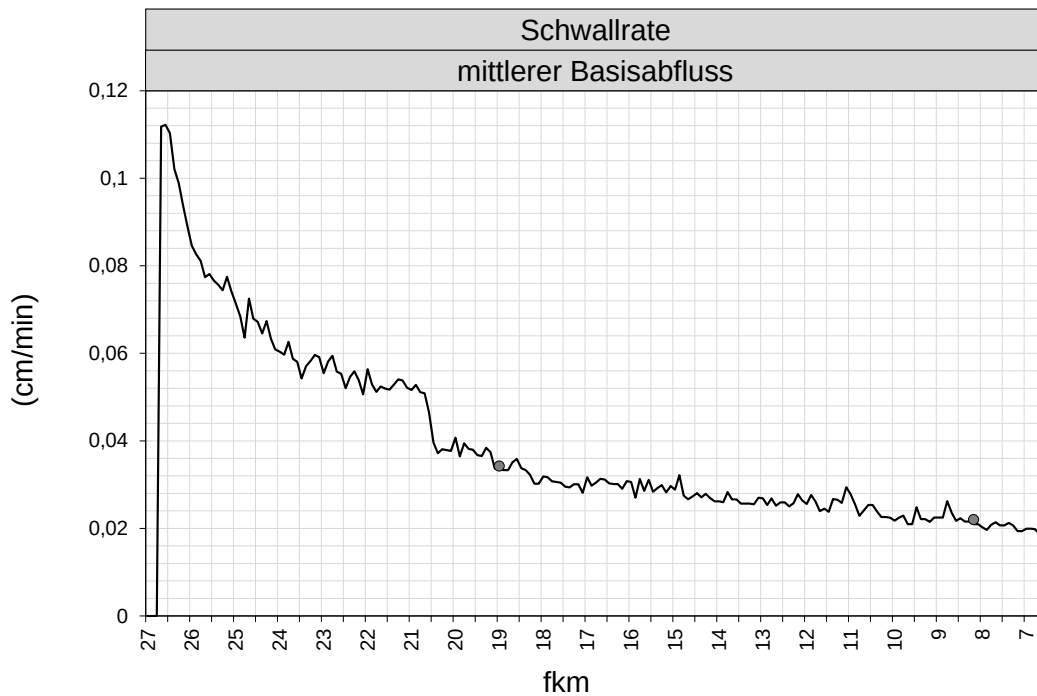


Abbildung 225: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Schwallereignisse/Szenario B3 (Linie) bei mittlerem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

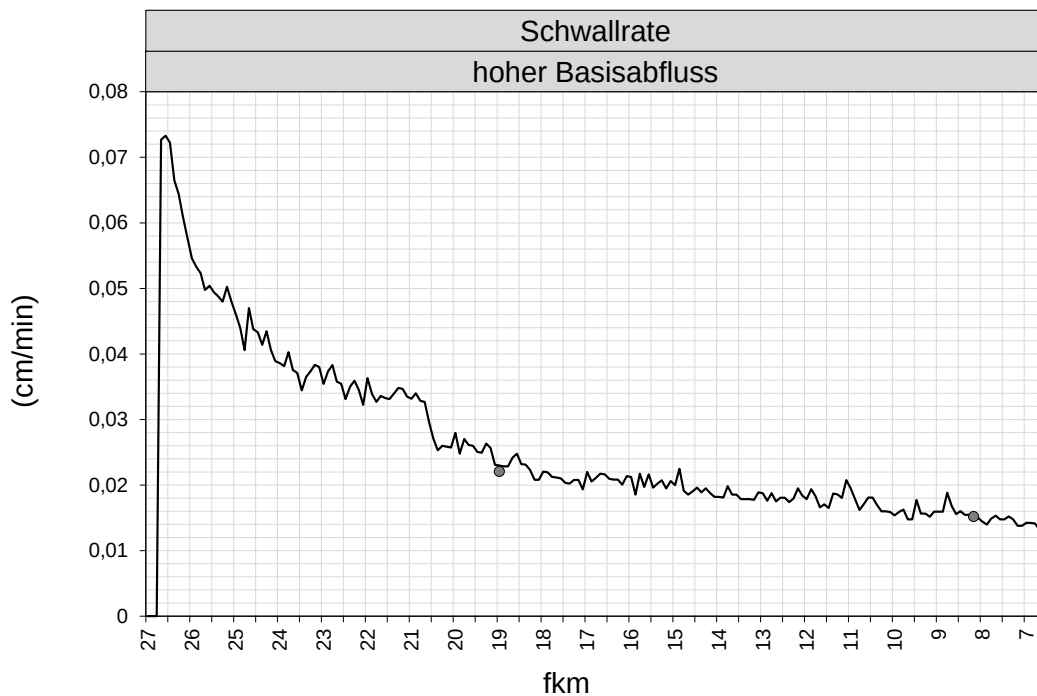


Abbildung 226: KW Außerfragant – Retentionskurve dW/dt für Schwallereignisse/Szenario B3 (Linie) bei hohem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

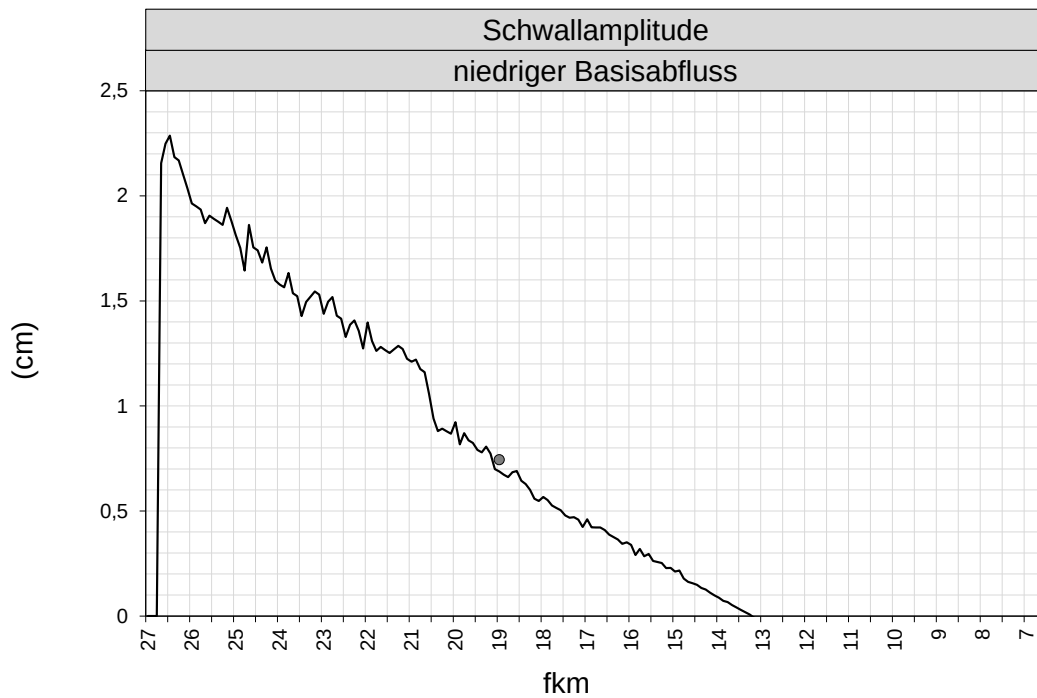


Abbildung 227: KW Außerfragant – Retentionskurve dW für Schwallereignisse/Szenario B3 (Linie) bei niedrigem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

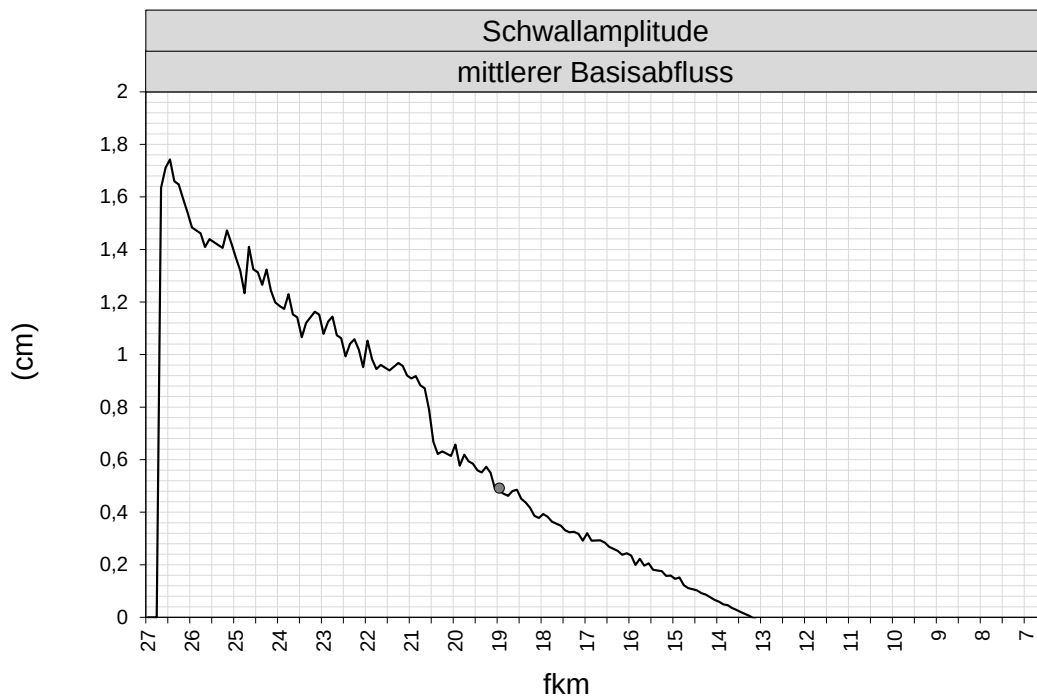


Abbildung 228: KW Außerfragant – Retentionskurve dW für Schwallereignisse/Szenario B3 (Linie) bei mittlerem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

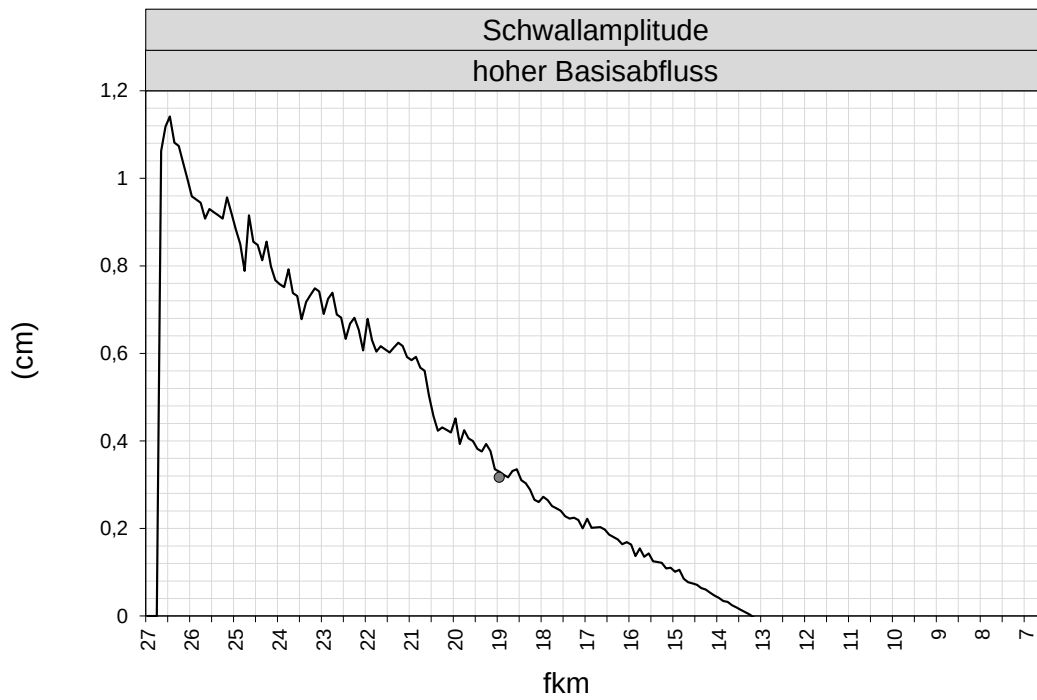


Abbildung 229: KW Außerfragant – Retentionskurve dW für Schwallereignisse/Szenario B3 (Linie) bei hohem Basisabfluss (Punkte – Werte bei Sonde Obervellach und Pegel Kolbnitz, fkm – Flusskilometer/orographisch).

10.9.8KW Außerfragant, Zusammenfassung der Routingergebnisse

Tabelle 34: KW Außerfragant – Zusammengefasste Routingergebnisse für Sunkereignisse gemäß Kapitel 5.2.1.1.

Szenario	Abflussbereich	Code	dW/dt (cm/min)	fkm_Sum	Sum_fkm_M0	Sum_fkm_M1	Sum_fkm_M2	Sum_fkm_M3
F	NW	Sz_100_NW	<1	0	0	0	0	0
		Sz_100_NW	<0.5	0	0	0	0	0
		Sz_100_NW	<0.25	0	0	0	0	0
		Sz_100_NW	<0.1	0	0	0	0	0
	MW	Sz_100_MW	<1	3	0	0,5	2	0,5
		Sz_100_MW	<0.5	0	0	0	0	0
		Sz_100_MW	<0.25	0	0	0	0	0
		Sz_100_MW	<0.1	0	0	0	0	0
	HW	Sz_100_HW	<1	12	0	6,5	5	0,5
		Sz_100_HW	<0.5	0	0	0	0	0
		Sz_100_HW	<0.25	0	0	0	0	0
		Sz_100_HW	<0.1	0	0	0	0	0
E	NW	Sz_75_NW	<1	1	0	0,5	0,5	0
		Sz_75_NW	<0.5	0	0	0	0	0
		Sz_75_NW	<0.25	0	0	0	0	0
		Sz_75_NW	<0.1	0	0	0	0	0
	MW	Sz_75_MW	<1	11	0	5,5	5	0,5
		Sz_75_MW	<0.5	0	0	0	0	0
		Sz_75_MW	<0.25	0	0	0	0	0
		Sz_75_MW	<0.1	0	0	0	0	0
	HW	Sz_75_HW	<1	13,5	0	6,5	6	1
		Sz_75_HW	<0.5	1	0	0,5	0,5	0
		Sz_75_HW	<0.25	0	0	0	0	0
		Sz_75_HW	<0.1	0	0	0	0	0
D	NW	Sz_50_NW	<1	12	0	6,5	5	0,5
		Sz_50_NW	<0.5	0	0	0	0	0
		Sz_50_NW	<0.25	0	0	0	0	0
		Sz_50_NW	<0.1	0	0	0	0	0
	MW	Sz_50_MW	<1	13,5	0	6,5	6	1
		Sz_50_MW	<0.5	3	0	0,5	2	0,5
		Sz_50_MW	<0.25	0	0	0	0	0
		Sz_50_MW	<0.1	0	0	0	0	0
	HW	Sz_50_HW	<1	18,5	0	7,5	9,5	1,5
		Sz_50_HW	<0.5	11	0	5,5	5	0,5
		Sz_50_HW	<0.25	0	0	0	0	0
		Sz_50_HW	<0.1	0	0	0	0	0
C	NW	Sz_25_NW	<1	19	0	7,5	10	1,5
		Sz_25_NW	<0.5	11	0	5,5	5	0,5
		Sz_25_NW	<0.25	0	0	0	0	0
		Sz_25_NW	<0.1	0	0	0	0	0
	MW	Sz_25_MW	<1	20	0	8,5	10	1,5
		Sz_25_MW	<0.5	13,5	0	6,5	6	1
		Sz_25_MW	<0.25	1	0	0,5	0,5	0
		Sz_25_MW	<0.1	0	0	0	0	0
	HW	Sz_25_HW	<1	20	0	8,5	10	1,5
		Sz_25_HW	<0.5	18,5	0	7,5	9,5	1,5
		Sz_25_HW	<0.25	11	0	5,5	5	0,5
		Sz_25_HW	<0.1	0	0	0	0	0
B1	NW	Sz_12.5_NW	<1	20	0	8,5	10	1,5
		Sz_12.5_NW	<0.5	19	0	7,5	10	1,5
		Sz_12.5_NW	<0.25	8	0	3,5	4	0,5
		Sz_12.5_NW	<0.1	0	0	0	0	0
	MW	Sz_12.5_MW	<1	20	0	8,5	10	1,5

		Sz_12.5_MW	<0.5	20	0	8,5	10	1,5
		Sz_12.5_MW	<0.25	13,5	0	6,5	6	1
		Sz_12.5_MW	<0.1	0	0	0	0	0
	HW	Sz_12.5_HW	<1	20	0	8,5	10	1,5
		Sz_12.5_HW	<0.5	20	0	8,5	10	1,5
		Sz_12.5_HW	<0.25	18,5	0	7,5	9,5	1,5
		Sz_12.5_HW	<0.1	1	0	0,5	0,5	0
B2	NW	Sz_6_NW	<1	20	0	8,5	10	1,5
		Sz_6_NW	<0.5	20	0	8,5	10	1,5
		Sz_6_NW	<0.25	19	0	7,5	10	1,5
		Sz_6_NW	<0.1	0	0	0	0	0
	MW	Sz_6_MW	<1	20	0	8,5	10	1,5
		Sz_6_MW	<0.5	20	0	8,5	10	1,5
		Sz_6_MW	<0.25	20	0	8,5	10	1,5
		Sz_6_MW	<0.1	11	0	5,5	5	0,5
	HW	Sz_6_HW	<1	20	0	8,5	10	1,5
		Sz_6_HW	<0.5	20	0	8,5	10	1,5
		Sz_6_HW	<0.25	20	0	8,5	10	1,5
		Sz_6_HW	<0.1	13,5	0	6,5	6	1
B3	NW	Sz_3_NW	<1	20	0	8,5	10	1,5
		Sz_3_NW	<0.5	20	0	8,5	10	1,5
		Sz_3_NW	<0.25	20	0	8,5	10	1,5
		Sz_3_NW	<0.1	13,5	0	6,5	6	1
	MW	Sz_3_MW	<1	20	0	8,5	10	1,5
		Sz_3_MW	<0.5	20	0	8,5	10	1,5
		Sz_3_MW	<0.25	20	0	8,5	10	1,5
		Sz_3_MW	<0.1	19	0	7,5	10	1,5
	HW	Sz_3_HW	<1	20	0	8,5	10	1,5
		Sz_3_HW	<0.5	20	0	8,5	10	1,5
		Sz_3_HW	<0.25	20	0	8,5	10	1,5
		Sz_3_HW	<0.1	20	0	8,5	10	1,5

(Wirkungsszenario B3 bis F, Kapitel 5.2.1.1; NW – niedriger Basisabfluss, MW – mittlerer Basisabfluss, HW – hoher Basisabfluss, Kapitel 5.2.3.3); Sum_fkm – summierte Gewässerstrecke im jeweiligen Intensitätsbereich, Kapitel 5.3.2; Sum_fkm_M0-3 – Sum_fkm in Abhängigkeit der morphologischen Strukturgüte (M0: Anthropogen überprägt; M1: Strukturiert NW; M2: Strukturiert MW; M3: Strukturiert HW; Kapitel 5.1.2))

Tabelle 35: KW Außerfragant – Zusammengefasste Routingergebnisse für Schwallereignisse gemäß Kapitel 5.2.1.1.

Szenario	Abflussbereich	Code	dW/dt (cm/min)	fkm_Sum	Sum_fkm_M0	Sum_fkm_M1	Sum_fkm_M2	Sum_fkm_M3
F	NW	Sz_100_NW	<1	0	0	0	0	0
		Sz_100_NW	<0.5	0	0	0	0	0
		Sz_100_NW	<0.25	0	0	0	0	0
		Sz_100_NW	<0.1	0	0	0	0	0
	MW	Sz_100_MW	<1	0	0	0	0	0
		Sz_100_MW	<0.5	0	0	0	0	0
		Sz_100_MW	<0.25	0	0	0	0	0
		Sz_100_MW	<0.1	0	0	0	0	0
	HW	Sz_100_HW	<1	0	0	0	0	0
		Sz_100_HW	<0.5	0	0	0	0	0
		Sz_100_HW	<0.25	0	0	0	0	0
		Sz_100_HW	<0.1	0	0	0	0	0
E	NW	Sz_75_NW	<1	0	0	0	0	0
		Sz_75_NW	<0.5	0	0	0	0	0
		Sz_75_NW	<0.25	0	0	0	0	0
		Sz_75_NW	<0.1	0	0	0	0	0
	MW	Sz_75_MW	<1	0	0	0	0	0
		Sz_75_MW	<0.5	0	0	0	0	0
		Sz_75_MW	<0.25	0	0	0	0	0
		Sz_75_MW	<0.1	0	0	0	0	0
	HW	Sz_75_HW	<1	12	0	6,5	5	0,5
		Sz_75_HW	<0.5	0	0	0	0	0
		Sz_75_HW	<0.25	0	0	0	0	0
		Sz_75_HW	<0.1	0	0	0	0	0
D	NW	Sz_50_NW	<1	0	0	0	0	0
		Sz_50_NW	<0.5	0	0	0	0	0
		Sz_50_NW	<0.25	0	0	0	0	0
		Sz_50_NW	<0.1	0	0	0	0	0
	MW	Sz_50_MW	<1	13,5	0	6,5	6	1
		Sz_50_MW	<0.5	0	0	0	0	0
		Sz_50_MW	<0.25	0	0	0	0	0
		Sz_50_MW	<0.1	0	0	0	0	0
	HW	Sz_50_HW	<1	18	0	7,5	9	1,5
		Sz_50_HW	<0.5	0	0	0	0	0
		Sz_50_HW	<0.25	0	0	0	0	0
		Sz_50_HW	<0.1	0	0	0	0	0
C	NW	Sz_25_NW	<1	19	0	7,5	10	1,5
		Sz_25_NW	<0.5	0	0	0	0	0
		Sz_25_NW	<0.25	0	0	0	0	0
		Sz_25_NW	<0.1	0	0	0	0	0
	MW	Sz_25_MW	<1	20	0	8,5	10	1,5
		Sz_25_MW	<0.5	12	0	6,5	5	0,5
		Sz_25_MW	<0.25	0	0	0	0	0
		Sz_25_MW	<0.1	0	0	0	0	0
	HW	Sz_25_HW	<1	20	0	8,5	10	1,5
		Sz_25_HW	<0.5	18	0	7,5	9	1,5
		Sz_25_HW	<0.25	0	0	0	0	0
		Sz_25_HW	<0.1	0	0	0	0	0
B1	NW	Sz_12.5_NW	<1	20	0	8,5	10	1,5
		Sz_12.5_NW	<0.5	19	0	7,5	10	1,5
		Sz_12.5_NW	<0.25	1	0	0,5	0,5	0
		Sz_12.5_NW	<0.1	0	0	0	0	0
	MW	Sz_12.5_MW	<1	20	0	8,5	10	1,5
		Sz_12.5_MW	<0.5	20	0	8,5	10	1,5
		Sz_12.5_MW	<0.25	13,5	0	6,5	6	1
		Sz_12.5_MW	<0.1	0	0	0	0	0
	HW	Sz_12.5_HW	<1	20	0	8,5	10	1,5

		Sz_12.5_HW	<0.5	20	0	8,5	10	1,5
		Sz_12.5_HW	<0.25	18	0	7,5	9	1,5
		Sz_12.5_HW	<0.1	0	0	0	0	0
B2	NW	Sz_6_NW	<1	20	0	8,5	10	1,5
		Sz_6_NW	<0.5	20	0	8,5	10	1,5
		Sz_6_NW	<0.25	19	0	7,5	10	1,5
		Sz_6_NW	<0.1	3	0	0,5	2	0,5
	MW	Sz_6_MW	<1	20	0	8,5	10	1,5
		Sz_6_MW	<0.5	20	0	8,5	10	1,5
		Sz_6_MW	<0.25	20	0	8,5	10	1,5
		Sz_6_MW	<0.1	13,5	0	6,5	6	1
	HW	Sz_6_HW	<1	20	0	8,5	10	1,5
		Sz_6_HW	<0.5	20	0	8,5	10	1,5
		Sz_6_HW	<0.25	20	0	8,5	10	1,5
		Sz_6_HW	<0.1	13,5	0	6,5	6	1
B3	NW	Sz_3_NW	<1	20	0	8,5	10	1,5
		Sz_3_NW	<0.5	20	0	8,5	10	1,5
		Sz_3_NW	<0.25	20	0	8,5	10	1,5
		Sz_3_NW	<0.1	19	0	7,5	10	1,5
	MW	Sz_3_MW	<1	20	0	8,5	10	1,5
		Sz_3_MW	<0.5	20	0	8,5	10	1,5
		Sz_3_MW	<0.25	20	0	8,5	10	1,5
		Sz_3_MW	<0.1	20	0	8,5	10	1,5
	HW	Sz_3_HW	<1	20	0	8,5	10	1,5
		Sz_3_HW	<0.5	20	0	8,5	10	1,5
		Sz_3_HW	<0.25	20	0	8,5	10	1,5
		Sz_3_HW	<0.1	20	0	8,5	10	1,5

(Wirkungsszenario B3 bis F, Kapitel 5.2.1.1; NW – niedriger Basisabfluss, MW – mittlerer Basisabfluss, HW – hoher Basisabfluss, Kapitel 5.2.3.3); Sum_fkm – summierte Gewässerstrecke im jeweiligen Intensitätsbereich, Kapitel 5.3.2; Sum_fkm_M0-3 – Sum_fkm in Abhängigkeit der morphologischen Strukturgüte (M0: Anthropogen überprägt; M1: Strukturiert NW; M2: Strukturiert MW; M3: Strukturiert HW; Kapitel 5.1.2))

10.10 KW Außerfragant, Interpretation der einzelnen Szenarien

10.10.1 KW Außerfragant, Szenario F

Szenario F entspricht einer hypothetischen Schwallwelle mit einer Amplitude von 23 m³/s und einer Schwall- und Sunkrate von 20 (m³/s)/15min (Tabelle 9).

In den Jahren 2012-2016 und 2024 wurden kaum Schwall- (Median und Maximum: 1 Ereignis/Jahr, Tabelle 10) oder Sunkereignisse (Median bis Maximum: 1-3 Ereignisse/Jahr, Tabelle 11) dokumentiert, deren Abflussänderungsgeschwindigkeit die Intensität von Szenario F erreicht hat. Die Amplitude von maximal zwei Schwallereignissen pro Jahr hat die Intensität von Szenario F erreicht (Tabelle 12).

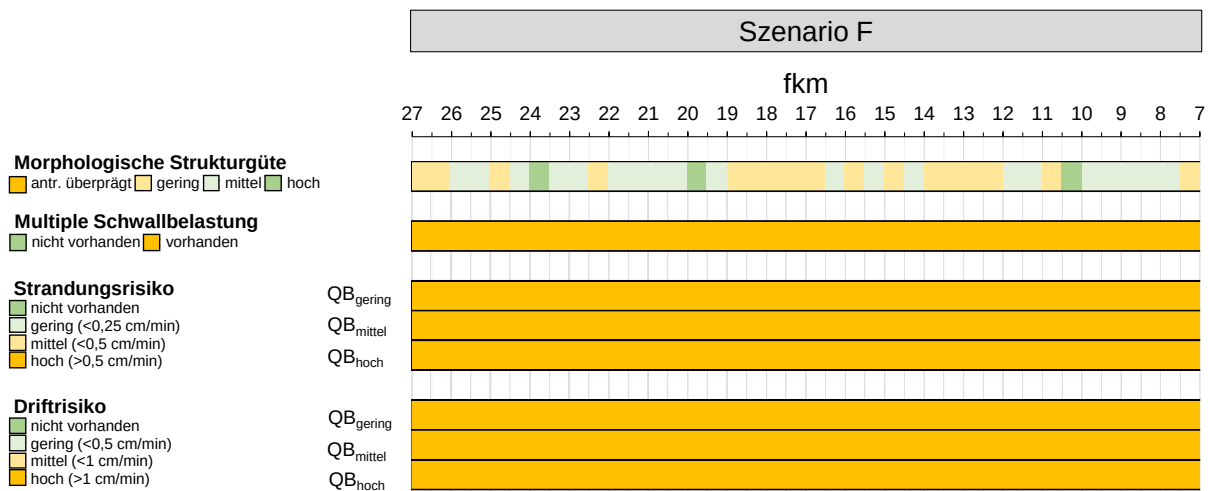


Abbildung 230: KW Außerfragant – Überblick zur Situation bei Szenario F (QB_{gering} – niedriger Basisabfluss (Quartal 1), QB_{mittel} – mittlerer Basisabfluss (Quartal 3 und 4); QB_{hoch} – hoher Basisabfluss (Quartal 2), fkm – Flusskilometer/orographisch)

Aufgrund der hohen Mortalität werden Strandrungsphänomene von **Fischlarven und frühen juvenilen Stadien** aus fischökologischer Sicht als die größte Belastung angesehen. Ein signifikantes Strandrungsrisiko besteht für Fischlarven, die Alpenraum vor allem im Quartal 2 vorkommen, bei Sunkraten über 0,1 cm/min (Forellenlarven) bzw. 0,2 cm/min (Äschenlarven). Für frühe Juvenilstadien im Quartal 3 besteht ein signifikantes Strandrungsrisiko bei Sunkraten über 0,4 cm/min (Kapitel 5.2.3.4). Im Untersuchungsraum wird im Quartal 2 ein hoher und im Quartal 3 ein mittlerer Basisabfluss erwartet (Kapitel 5.2.3.3). Gemäß den wasserstandbezogenen Retentionskurven ist davon auszugehen, dass für Forellen- und Äschenlarven (Abbildung 169) sowie für frühe Juvenilstadien bei Szenario F im gesamten Untersuchungsraum ein signifikantes Strandrungsrisiko besteht (Abbildung 168).

Bei **Benthosorganismen** ist von einer Wechselwirkung zwischen Drift- und Strandung auszugehen. Bei Schwallraten von < 0,5 cm/min besteht ein geringes, bei < 1 cm/min ein mittleres und bei > 1 cm/min ein hohes Driftrisiko (Kapitel 5.3.1.2). In Anlehnung an das Strandrungsrisiko für Fische wird bei Sunkraten < 0,2 cm/min von einem geringen, bei

Sunkraten $< 0,5$ cm/min von einem mittleren und bei Sunkraten $> 0,5$ cm/min von einem hohem Strandungsrisiko ausgegangen (Kapitel 5.3.1.1). Gemäß den wasserstandbezogenen Retentionskurven ist für Benthosorganismen bei Szenario F bei niedrigem und mittlerem Basisabfluss im gesamten Untersuchungsraum mit einem hohem Strandungsrisiko zu rechnen. Bei hohem Basisabfluss ist das Strandungsrisiko für Benthosorganismen am unteren Ende des Untersuchungsraumes als mittel einzustufen (Abbildung 230 bzw. Abbildung 167 bis Abbildung 169). Das Driftrisiko für Benthosorganismen ist unabhängig vom Basisabfluss im gesamten Untersuchungsraum hoch (Abbildung 159 bzw. Abbildung 170 bis Abbildung 172).

Schwallbedingte Einflüsse auf die Habitatverfügbarkeit und –qualität werden, aufgrund der bis dato weder für Fische noch für Benthosorganismen definierten Intensitätsschwellen, im Rahmen der vorliegenden Bewertung nicht in räumlich/zeitlich diskretisierter Form berücksichtigt (Kapitel 5.3.1.3). Dementsprechend wird im gesamten Untersuchungsraum in unbestimmtem Ausmaß von einer negativen Beeinflussung der Habitatverfügbarkeit und –qualität ausgegangen. Bei Szenario F und niedrigem Basisabfluss liegen die Amplituden im Untersuchungsraum gemäß den wasserstandbezogenen Retentionskurven in einer Größenordnung von 70 cm (Schwalleinleitestelle) bis 40 cm (flussauf Stau Rottau). Bei mittlerem Basisabfluss liegen die Amplituden zwischen 60 cm und 30 cm. Bei hohem Basisabfluss liegen die Amplituden zwischen 45 cm und 25cm (Abbildung 173 bis Abbildung 175). Die dadurch bedingte Änderung der benetzten Sohlbreite liegt bei geringem Basisabfluss durchschnittlich im Bereich von 5 bis 8 m, bei mittlerem Basisabfluss zwischen 4 und 6 m und bei hohem Basisabfluss zwischen 2 und 5 m (Kapitel 10.1.2).

Fazit:

- Die ex-post Analyse der Häufigkeit und Intensität der von Kraftwerk Außerfragant ausgehenden Schwallwellen zeigt, dass Szenario F hinsichtlich Schwall- und Sunkrate sowie Amplitude nur in Ausnahmefällen erreicht wird. Die maximale Intensität im Regelbetrieb wird durch Szenario F somit realistisch abgebildet.
- Ein signifikantes Strandungsrisiko besteht bei Szenario F für Fischlarven und frühe Juvenilstadien im gesamten Untersuchungsraum.
- Das Strandungsrisiko für Benthosorganismen ist bei Szenario F unabhängig vom Basisabfluss im gesamten Untersuchungsgebiet als hoch einzustufen.
- Das Driftrisiko bei Szenario F ist im gesamten Untersuchungsgebiet unabhängig vom Basisabfluss als hoch einzustufen.
- Per Definition stellt das Szenario F die maximale Intensität im Regelbetrieb dar. Eine Begrenzung der Schwallintensität auf Szenario F ist daher a priori nicht sinnvoll (Kapitel 5.2.1.1).

10.10.2 KW Außerfragant, Szenario E – Maximalintensität 75% von Szenario F

Szenario E entspricht einer hypothetischen Schwallwelle mit einer Amplitude von $17,3 \text{ m}^3/\text{s}$ und einer Schwall- und Sunkrate von $15 \text{ (m}^3/\text{s)}/15\text{min}$ (Tabelle 9).

In den Jahren 2012-2016 und 2024 wurden regelmäßig Schwall- (Median bis Maximum: 14-33 Ereignisse/Jahr, Tabelle 10) oder Sunkereignisse (Median bis Maximum: 20-28 Ereignisse/Jahr, Tabelle 11) dokumentiert, deren Abflussänderungsgeschwindigkeit die Intensität von Szenario E erreicht hat. Die Amplitude von 58-73 Schwallereignissen pro Jahr (Median bis Maximum) hat die Intensität von Szenario E erreicht (Tabelle 12).

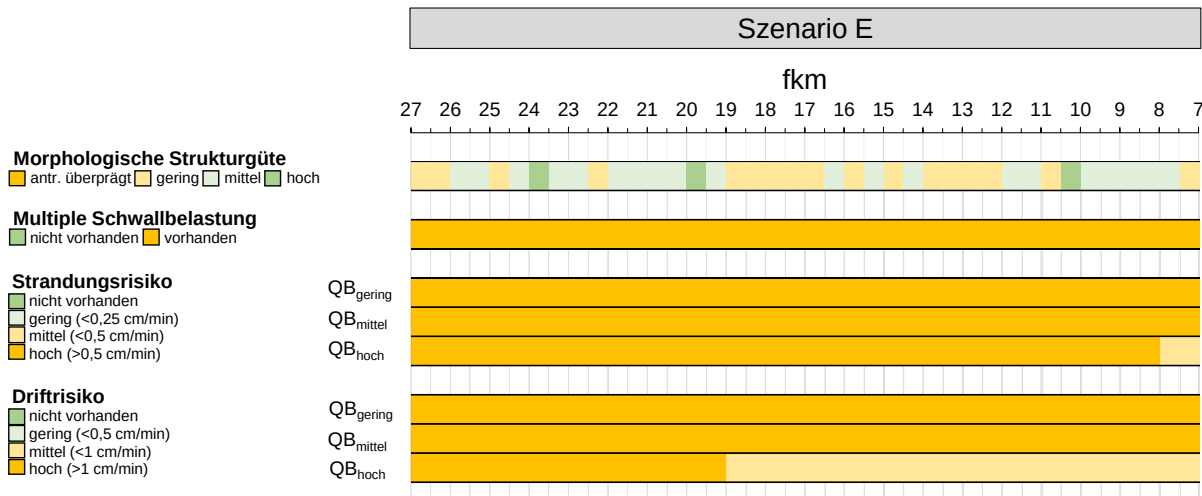


Abbildung 231: KW Außerfragant – Überblick zur Situation bei Szenario E (QB_{gering} – niedriger Basisabfluss (Quartal 1), QB_{mittel} – mittlerer Basisabfluss (Quartal 3 und 4); QB_{hoch} – hoher Basisabfluss (Quartal 2), fkm – Flusskilometer/orographisch)

Aufgrund der hohen Mortalität werden Strandungsphänomene von **Fischlarven und frühen juvenilen Stadien** aus fischökologischer Sicht als die größte Belastung angesehen. Ein signifikantes Strandungsrisiko besteht für Fischlarven, die Alpenraum vor allem im Quartal 2 vorkommen, bei Sunkraten über 0,1 cm/min (Forellenlarven) bzw. 0,2 cm/min (Äschenlarven). Für frühe Juvenilstadien im Quartal 3 besteht ein signifikantes Strandungsrisiko bei Sunkraten über 0,4 cm/min (Kapitel 5.2.3.4). Im Untersuchungsraum wird im Quartal 2 ein hoher und im Quartal 3 ein mittlerer Basisabfluss erwartet (Kapitel 5.2.3.3). Dementsprechend ist bei Szenario E davon auszugehen, dass für Forellen- und Äschenlarven im gesamten Untersuchungsraum ein signifikantes Strandungsrisiko besteht (Abbildung 178). Dies trifft auch für frühe Juvenilstadien zu (Abbildung 177).

Bei **Benthosorganismen** ist von einer Wechselwirkung zwischen Drift- und Strandung auszugehen. Bei Schwallraten von < 0,5 cm/min besteht ein geringes, bei < 1 cm/min ein mittleres und bei > 1 cm/min ein hohes Driftrisiko (Kapitel 5.3.1.2). In Anlehnung an das Strandungsrisiko für Fische wird bei Sunkraten < 0,2 cm/min von einem geringen, bei Sunkraten < 0,5 cm/min von einem mittleren und bei Sunkraten > 0,5 cm/min von einem hohem Strandungsrisiko ausgegangen (Kapitel 5.3.1.1). Bei Szenario E ist für Benthosorganismen bei geringem und mittlerem Basisabfluss im gesamten Untersuchungsraum von einem hohen Strandungsrisiko auszugehen. Bei hohem Basisabfluss ist das Strandungsrisiko am unteren Ende des Untersuchungsraumes mittel (Abbildung 231 bzw. Abbildung 176 bis Abbildung 178). Das Driftrisiko ist bei geringem und mittlerem Basisabfluss im gesamten Untersuchungsraum als

hoch einzustufen. Bei hohem Basisabfluss besteht flussab von Obervellach (ca. fkm 19) ein mittleres Driftrisiko (Abbildung 231 bzw. Abbildung 179 bis Abbildung 181).

Schwallbedingte Einflüsse auf die Habitatverfügbarkeit und –qualität werden, aufgrund der bis dato weder für Fische noch für Benthosorganismen definierten Intensitäts-Schwellen, im Rahmen der vorliegenden Bewertung nicht in räumlich/zeitlich diskretisierter Form berücksichtigt (Kapitel 5.3.1.3). Dementsprechend wird im gesamten Untersuchungsraum in unbestimmtem Ausmaß von einer negativen Beeinflussung der Habitatverfügbarkeit und –qualität ausgegangen. Bei Szenario E und niedrigem Basisabfluss liegen die Amplituden im Untersuchungsraum gemäß den wasserstandbezogenen Retentionskurven in einer Größenordnung von 55 cm (Schwalleinleitestelle) bis 30 cm (flussauf Stau Rottau). Bei mittlerem Basisabfluss liegen die Amplituden zwischen 50 cm und 20 cm. Bei hohem Basisabfluss liegen die Amplituden zwischen 35 cm und 15 cm (Abbildung 182 bis Abbildung 184).

Fazit:

- Die ex-post Analyse der Häufigkeit und Intensität, der von Kraftwerk Außerfragant ausgehenden Schwallwellen zeigt, dass Szenario E hinsichtlich Schwall- und Sunkrate sowie Amplitude regelmäßig erreicht bzw. überschritten wird.
- Ein signifikantes Strandungsrisiko besteht bei Szenario E für Fischlarven und frühe Juvenilstadien im gesamten Untersuchungsraum.
- Das Strandungsrisiko für Benthosorganismen ist bei niedrigem und mittlerem Basisabfluss im gesamten Untersuchungsraum hoch. Bei hohem Basisabfluss ist das Strandungsrisiko am unteren Ende des Untersuchungsraumes mittel.
- Das Driftrisiko für Benthosorganismen ist bei niedrigem und mittlerem Basisabfluss im gesamten Untersuchungsraum hoch. Bei hohem Basisabfluss ist das Strandungsrisiko flussab von Obervellach mittel.
- Durch die Begrenzung der Schwall- und Sunkrate auf Szenario E ist bei hohen Basisabflüssen mit einer **geringfügigen Verringerung des Strandungs- und Driftrisikos** am unteren Ende des Untersuchungsraumes zu rechnen.

10.10.3 KW Außerfragant, Szenario D – Maximalintensität 50% von Szenario F

Szenario D entspricht einer hypothetischen Schwallwelle mit einer Amplitude von 11,5 m³/s und einer Schwall- und Sunkrate von 10 (m³/s)/15min (Tabelle 9).

In den Jahren 2012-2016 und 2024 wurden häufig Schwall- (Median bis Maximum: 128-151 Ereignisse/Jahr, Tabelle 10) oder Sunkereignisse (Median bis Maximum: 117-139 Ereignisse/Jahr, Tabelle 11) dokumentiert, deren Abflussänderungsgeschwindigkeit die Intensität von Szenario D erreicht hat. Die Amplitude von 248-270 Schwallereignissen pro Jahr (Median bis Maximum) hat die Intensität von Szenario D erreicht (Tabelle 12).

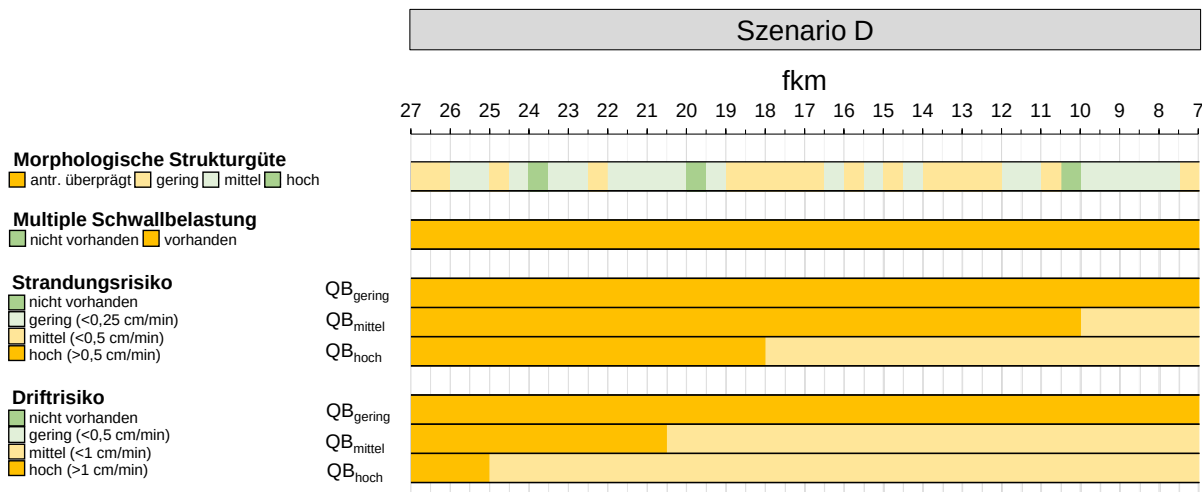


Abbildung 232: KW Außerfragant – Überblick zur Situation bei Szenario D (QB_{gering} – niedriger Basisabfluss (Quartal 1), QB_{mittel} – mittlerer Basisabfluss (Quartal 3 und 4); QB_{hoch} – hoher Basisabfluss (Quartal 2), fkm – Flusskilometer/orographisch)

Aufgrund der hohen Mortalität werden Strandrungsphänomene von **Fischlarven und frühen juvenilen Stadien** aus fischökologischer Sicht als die größte Belastung angesehen. Ein signifikantes Strandrungsrisiko besteht für Fischlarven, die Alpenraum vor allem im Quartal 2 vorkommen, bei Sunkraten über 0,1 cm/min (Forellenlarven) bzw. 0,2 cm/min (Äschenlarven). Für frühe Juvenilstadien im Quartal 3 besteht ein signifikantes Strandrungsrisiko bei Sunkraten über 0,4 cm/min (Kapitel 5.2.3.4). Im Untersuchungsraum wird im Quartal 2 ein hoher und im Quartal 3 ein mittlerer Basisabfluss erwartet (Kapitel 5.2.3.3). Dementsprechend ist davon auszugehen, dass für Forellen- und Äschenlarven bei Szenario D im gesamten Untersuchungsraum ein signifikantes Strandrungsrisiko besteht (Abbildung 187). Dies trifft auch für frühe Juvenilstadien zu (Abbildung 186).

Bei **Benthosorganismen** ist von einer Wechselwirkung zwischen Drift- und Strandung auszugehen. Bei Schwallraten von < 0,5 cm/min besteht ein geringes, bei < 1 cm/min ein mittleres und bei > 1 cm/min ein hohes Driftrisiko (Kapitel 5.3.1.2). In Anlehnung an das Strandrungsrisiko für Fische wird bei Sunkraten < 0,2 cm/min von einem geringen, bei Sunkraten < 0,5 cm/min von einem mittleren und bei Sunkraten > 0,5 cm/min von einem hohem Strandrungsrisiko ausgegangen (Kapitel 5.3.1.1). Bei Szenario D ist für Benthosorganismen unabhängig vom Basisabfluss flussauf von Obervellach (ca. fkm 19) von einem hohen Strandrungsrisiko auszugehen. Flussab davon ist das Strandrungsrisiko in Abhängigkeit des Basisabflusses hoch oder mittel (Abbildung 232 bzw. Abbildung 185 bis Abbildung 187). Auch das Driftrisiko ist weitgehend vom Basisabfluss abhängig und bei geringem Basisabfluss im gesamten Untersuchungsraum als hoch, bei mittlerem und hohem Basisabfluss mit Ausnahme des oberen Endes des Untersuchungsraumes als mittel einzustufen (Abbildung 232 bzw. Abbildung 188 bis Abbildung 190).

Schwallbedingte Einflüsse auf die Habitatverfügbarkeit und –qualität werden, aufgrund der bis dato weder für Fische noch für Benthosorganismen definierten Intensitäts-Schwellen, im Rahmen der vorliegenden Bewertung nicht in räumlich/zeitlich diskretisierter Form berücksichtigt (Kapitel 5.3.1.3). Dementsprechend wird im gesamten Untersuchungsraum in unbestimmtem Ausmaß von einer negativen Beeinflussung der Habitatverfügbarkeit und –qualität ausgegangen. Bei Szenario D und niedrigem Basisabfluss liegen die Amplituden im Untersuchungsraum

gemäß den wasserstandbezogenen Retentionskurven in einer Größenordnung von 40 cm (Schwalleinleitestelle) bis 20 cm (flussauf Stau Rottau). Bei mittlerem Basisabfluss liegen die Amplituden zwischen 35 cm und 15 cm. Bei hohem Basisabfluss liegen die Amplituden zwischen 25 cm und 12 cm (Abbildung 191 bis Abbildung 193).

Fazit:

- Die ex-post Analyse der Häufigkeit und Intensität, der von Kraftwerk Außerfragant ausgehenden Schwallwellen zeigt, dass Szenario D hinsichtlich Schwall- und Sunkrate sowie Amplitude häufig erreicht bzw. überschritten wird.
- Ein schwall- und sunkbedingtes Strandungsrisiko besteht bei Szenario D für Fischlarven und frühe Juvenilstadien im gesamten Untersuchungsraum.
- Das Strandung- und Driftrisiko für Benthosorganismen ist bei Szenario D flussauf von Obervellach unabhängig vom Basisabfluss hoch. Flussab davon ist das Strandungs- und Driftrisiko in Abhängigkeit des Basisabflusses hoch oder mittel.
- Durch die Begrenzung der Sunkrate auf Szenario D ist für Benthosorganismen bei mittleren und hohen Basisabflüssen in den flussab gelegenen 15-55% des Untersuchungsraumes mit einer **mehr als geringfügigen Verringerung des Strandungsrisikos** zu rechnen.
- Durch die Begrenzung der Schwallrate auf Szenario D ist für Benthosorganismen bei mittleren und hohen Basisabflüssen in den flussab gelegenen 70-90% des Untersuchungsraumes mit einer **mehr als geringfügigen Verringerung des Driftrisikos** zu rechnen.
- Um das bei Szenario D nach wie vor hohe Strandungsrisiko für Fischlarven und frühe Juvenilstadien bzw. das hohe Strandungs- und Driftrisiko für Benthosorganismen bei niedrigem Basisabfluss vermindern zu können, wäre einer weiteren Maßnahmenoptimierung im Rahmen der Einreichplanung sehr hohe Relevanz zu unterstellen.

10.10.4 KW Außerfragant, Szenario C – Maximalintensität 25% von Szenario F

Szenario C entspricht einer hypothetischen Schwallwelle mit einer Amplitude von 5,8 m³/s und einer Schwall- und Sunkrate von 5 (m³/s)/15min (Tabelle 9).

In den Jahren 2012-2016 und 2024 wurden ein- bis zweimal täglich Schwall- (Median bis Maximum: 565-626 Ereignisse/Jahr, Tabelle 10) oder Sunkereignisse (Median bis Maximum: 558-594 Ereignisse/Jahr, Tabelle 11) dokumentiert, deren Abflussänderungsgeschwindigkeit die Intensität von Szenario C erreicht hat. Die Amplitude von 739-796 Schwallereignissen pro Jahr (Median bis Maximum) hat die Intensität von Szenario C erreicht (Tabelle 12).

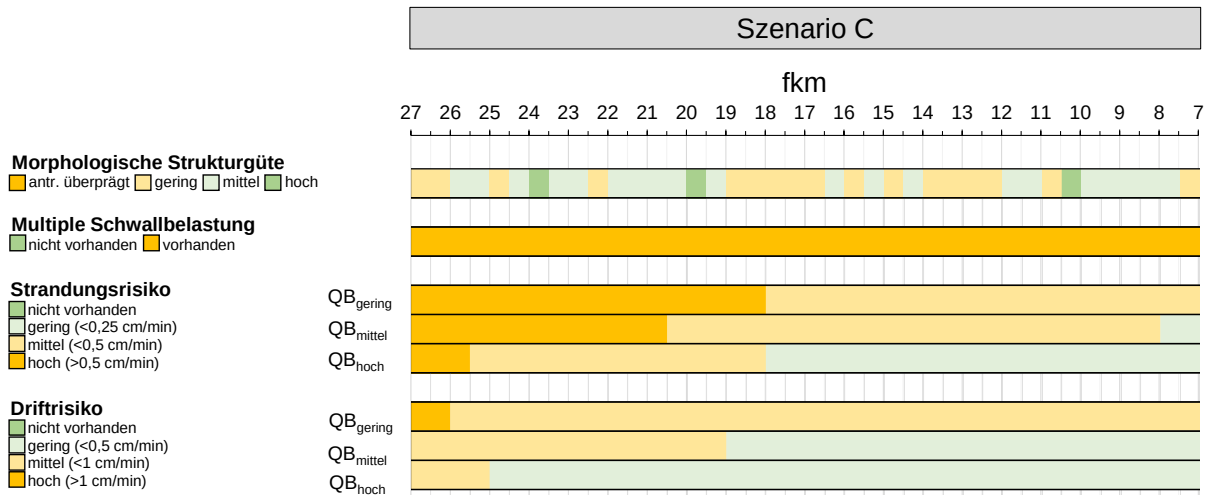


Abbildung 233: KW Außerfragant – Überblick zur Situation bei Szenario C (QB_{gering} – niedriger Basisabfluss (Quartal 1), QB_{mittel} – mittlerer Basisabfluss (Quartal 3 und 4); QB_{hoch} – hoher Basisabfluss (Quartal 2), fkm – Flusskilometer/ographisch)

Aufgrund der hohen Mortalität werden Strandungsphänomene von **Fischlarven und frühen juvenilen Stadien** aus fischökologischer Sicht als die größte Belastung angesehen. Ein signifikantes Strandungsrisiko besteht für Fischlarven, der Alpenraum vor allem im Quartal 2 vorkommen, bei Sunkraten über 0,1 cm/min (Forellenlarven) bzw. 0,2 cm/min (Äschenlarven). Für frühe Juvenilstadien im Quartal 3 besteht ein signifikantes Strandungsrisiko bei Sunkraten über 0,4 cm/min (Kapitel 5.2.3.4). Im Untersuchungsraum wird im Quartal 2 ein hoher und im Quartal 3 ein mittlerer Basisabfluss erwartet (Kapitel 5.2.3.3). Dementsprechend ist davon auszugehen, dass für Forellenlarven nach wie vor im gesamten Untersuchungsraum ein Strandungsrisiko besteht. Für Äschenlarven trifft dies auf den Abschnitt flussauf der Mündung des Teuchlbaches (ca. fkm 11,5) (Abbildung 196) und für frühe Juvenilstadien flussauf von Obervellach (ca. fkm 19) zu (Abbildung 195).

Bei **Benthosorganismen** ist von einer Wechselwirkung zwischen Drift- und Strandung auszugehen. Bei Schwallraten von < 0,5 cm/min besteht ein geringes, bei < 1 cm/min ein mittleres und bei > 1 cm/min ein hohes Driftrisiko (Kapitel 5.3.1.2). In Anlehnung an das Strandungsrisiko für Fische wird bei Sunkraten < 0,2 cm/min von einem geringen, bei Sunkraten < 0,5 cm/min von einem mittleren und bei Sunkraten > 0,5 cm/min von einem hohem Strandungsrisiko ausgegangen (Kapitel 5.3.1.1). Bei Szenario C ist für Benthosorganismen am oberen Ende des Untersuchungsraumes unabhängig vom Basisabfluss von einem hohen Strandungsrisiko auszugehen. Flussab von Obervellach (ca. fkm 19) ist das Strandungsrisiko in Abhängigkeit des Basisabflusses gering (hoher Basisabfluss) oder mittel (mittlerer und geringer Basisabfluss). Im Abschnitt zwischen den genannten Stellen ist das Strandungsrisiko mittel (hoher Basisabfluss) oder hoch (mittlerer und geringer Basisabfluss) (Abbildung 233 bzw. Abbildung 194 bis Abbildung 196). Das Driftrisiko ist hauptsächlich vom Basisabfluss abhängig und bei geringem Basisabfluss im gesamten Untersuchungsraum als hoch, bei mittlerem und hohem Basisabfluss weitgehend als gering einzustufen (Abbildung 233 bzw. Abbildung 197 bis Abbildung 199).

Schwallbedingte Einflüsse auf die Habitatverfügbarkeit und –qualität werden, aufgrund der bis dato weder für Fische noch für Benthosorganismen definierten Intensitäts-Schwellen, im Rahmen der vorliegenden Bewertung nicht

in räumlich/zeitlich diskretisierter Form berücksichtigt (Kapitel 5.3.1.3). Dementsprechend wird im gesamten Untersuchungsraum in unbestimmtem Ausmaß von einer negativen Beeinflussung der Habitatverfügbarkeit und –qualität ausgegangen. Bei Szenario C und niedrigem Basisabfluss liegen die Amplituden im Untersuchungsraum gemäß den wasserstandbezogenen Retentionskurven in einer Größenordnung von 23 cm (Schwalleinleitestelle) bis 10 cm (flussauf Stau Rottau). Bei mittlerem Basisabfluss liegen die Amplituden zwischen 19 cm und 7 cm. Bei hohem Basisabfluss liegen die Amplituden zwischen 13 cm und 5 cm (Abbildung 200 bis Abbildung 202).

Fazit:

- Die ex-post Analyse der Häufigkeit und Intensität, der von Kraftwerk Außerfragant ausgehenden Schwallwellen zeigt, dass Szenario C hinsichtlich Schwall- und Sunkrate sowie Amplitude rund ein bis zweimal täglich erreicht bzw. überschritten wird.
- Ein schwall- und sunkbedingtes Strandungsrisiko besteht bei Szenario C für Forellenlarven im gesamten Untersuchungsraum, für Äschenlarven flussauf des Teuchlbaches und für frühe Juvenilstadien im Abschnitt flussauf von Obervellach.
- Für Benthosorganismen besteht am oberen Ende des Untersuchungsraumes ein hohes Strandungsrisiko. Flussab davon ist das Strandungsrisiko in Abhängigkeit des Basisabflusses gering bis hoch.
- Das Driftrisiko für Benthosorganismen bei Szenario C ist hauptsächlich vom Basisabfluss abhängig und bei geringem Basisabfluss im gesamten Untersuchungsraum als hoch, bei mittlerem und hohem Basisabfluss weitgehend als gering einzustufen.
- Durch die Begrenzung der Sunkrate auf Szenario C ist in den flussab gelegenen 55 bis 95 % des Untersuchungsraumes mit einer **mehr als geringfügigen Verringerung des Strandungsrisikos** zu rechnen, (obwohl davon auszugehen ist, dass für Forellenlarven nach wie vor im gesamten Untersuchungsraum ein gewisses Strandungsrisiko besteht).
- Durch eine Begrenzung der Schwallrate auf Szenario C ist mit Ausnahme des oberen Endes des Untersuchungsraumes im gesamten Untersuchungsraum mit einer **mehr als geringfügigen Verringerung des Driftrisikos** zu rechnen.
- Um das bei Szenario C im gesamten Untersuchungsraum nach wie vor hohe Strandungsrisiko für Forellenlarven vermindern zu können, wäre einer weiteren Maßnahmenoptimierung im Rahmen der Einreichplanung sehr hohe Relevanz zu unterstellen.

10.10.5 KW Außerfragant, Szenario B1 – Maximalintensität 12,5% von Szenario F

Szenario B1 entspricht einer hypothetischen Schwallwelle mit einer Amplitude von 2,9 m³/s und einer Schwall- und Sunkrate von 2,5 (m³/s)/15min (Tabelle 9).

In den Jahren 2012-2016 und 2024 wurden rund vier bis fünfmal täglich Schwall- (Median bis Maximum: 1508-1739 Ereignisse/Jahr, Tabelle 10) oder Sunkereignisse (Median bis Maximum: 1471-1686 Ereignisse/Jahr, Tabelle 11)

dokumentiert, deren Abflussänderungsgeschwindigkeit die Intensität von Szenario B1 erreicht hat. Die Amplitude von 1660-2030 Schwallereignissen pro Jahr (Median bis Maximum) hat die Intensität von Szenario B1 erreicht (Tabelle 12).

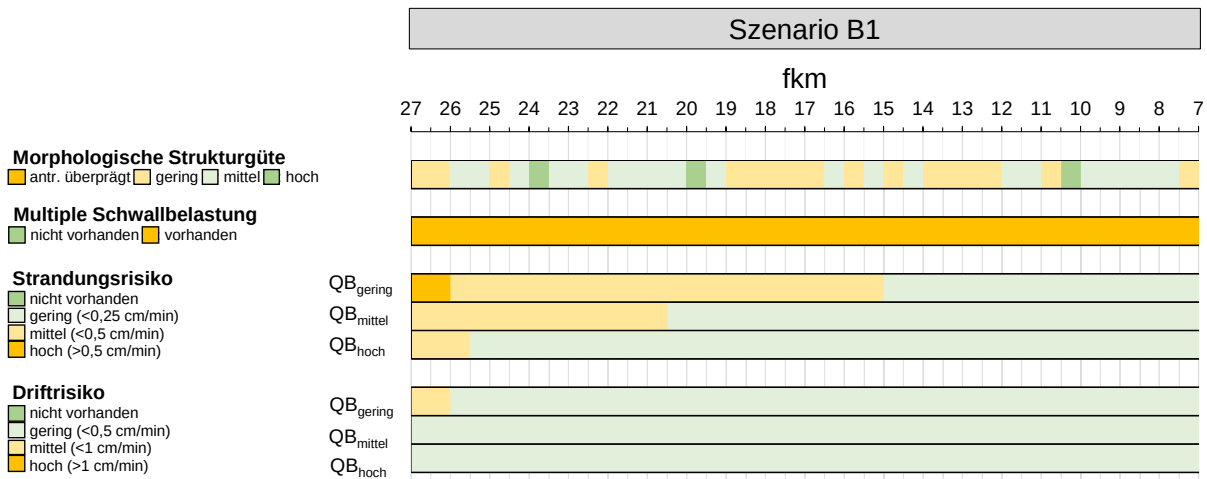


Abbildung 234: KW Außerfragant – Überblick zur Situation bei Szenario B1 (QB_{gering} – niedriger Basisabfluss (Quartal 1), QB_{mittel} – mittlerer Basisabfluss (Quartal 3 und 4); QB_{hoch} – hoher Basisabfluss (Quartal 2), fkm – Flusskilometer/orographisch)

Aufgrund der hohen Mortalität werden Strandungsphänomene von **Fischlarven und frühen juvenilen Stadien** aus fischökologischer Sicht als die größte Belastung angesehen. Ein signifikantes Strandungsrisiko besteht für Fischlarven, die Alpenraum vor allem im Quartal 2 vorkommen, bei Sunkraten über 0,1 cm/min (Forellenlarven) bzw. 0,2 cm/min (Äschenlarven). Für frühe Juvenilstadien im Quartal 3 besteht ein signifikantes Strandungsrisiko bei Sunkraten über 0,4 cm/min (Kapitel 5.2.3.4). Im Untersuchungsraum wird im Quartal 2 ein hoher und im Quartal 3 ein mittlerer Basisabfluss erwartet (Kapitel 5.2.3.3). Dementsprechend ist davon auszugehen, dass für Forellenlarven mit Ausnahme des unteren Endes des Untersuchungsraumes nach wie vor ein Strandungsrisiko besteht. Für Äschenlarven trifft dies auf den Abschnitt flussauf des Mallnitzbaches (ca. fkm 21) zu (Abbildung 205). Mit Ausnahme des oberen Endes des Untersuchungsraumes besteht für frühe Juvenilstadien ein geringes Strandungsrisiko (Abbildung 204).

Bei **Benthosorganismen** ist von einer Wechselwirkung zwischen Drift- und Strandung auszugehen. Bei Schwallraten von < 0,5 cm/min besteht ein geringes, bei < 1 cm/min ein mittleres und bei > 1 cm/min ein hohes Driftrisiko (Kapitel 5.3.1.2). In Anlehnung an das Strandungsrisiko für Fische wird bei Sunkraten < 0,2 cm/min von einem geringen, bei Sunkraten < 0,5 cm/min von einem mittleren und bei Sunkraten > 0,5 cm/min von einem hohem Strandungsrisiko ausgegangen (Kapitel 5.3.1.1). Bei Szenario B1 ist das Strandungsrisiko für Benthosorganismen unabhängig vom Basisabfluss flussab des Moserhofes in Penk (ca. fkm 15) als gering einzustufen. Flussauf ist das Strandungsrisiko in Abhängigkeit des Basisabflusses mittel (geringer Basisabfluss) oder gering (hoher Basisabfluss) (Abbildung 234 bzw. Abbildung 203 bis Abbildung 205). Das Driftrisiko ist im gesamten Untersuchungsraum unabhängig vom Basisabfluss als gering einzustufen (Abbildung 234 bzw. Abbildung 206 bis Abbildung 208).

Schwallbedingte Einflüsse auf die Habitatverfügbarkeit und –qualität werden, aufgrund der bis dato weder für Fische noch für Benthosorganismen definierten Intensitäts-Schwellen, im Rahmen der vorliegenden Bewertung nicht in räumlich/zeitlich diskretisierter Form berücksichtigt (Kapitel 5.3.1.3). Dementsprechend wird im gesamten Untersuchungsraum in unbestimmtem Ausmaß von einer negativen Beeinflussung der Habitatverfügbarkeit und –qualität ausgegangen. Bei Szenario B1 und niedrigem Basisabfluss liegen die Amplituden im Untersuchungsraum gemäß den wasserstandbezogenen Retentionskurven in einer Größenordnung von 12 cm (Schwalleinleitestelle) bis 5 cm (flussauf Stau Rottau). Bei mittlerem Basisabfluss liegen die Amplituden zwischen 10 cm und 3 cm. Bei hohem Basisabfluss liegen die Amplituden zwischen 6 cm und 2 cm (Abbildung 209 bis Abbildung 211).

Fazit:

- Die ex-post Analyse der Häufigkeit und Intensität, der von Kraftwerk Außerfragant ausgehenden Schwallwellen zeigt, dass Szenario B1 hinsichtlich Schwall- und Sunkrate sowie Amplitude rund vier bis fünfmal täglich erreicht bzw. überschritten wird.
- Ein schwall- und sunkbedingtes Strandungsrisiko besteht bei Szenario B1 für Forellenlarven mit Ausnahme des unteren Endes im gesamten Untersuchungsraum und für Äschenlarven flussauf des Mallnitzbaches (ca. fkm 21). Für frühe Juvenilstadien besteht mit Ausnahme des oberen Endes des Untersuchungsraumes ein geringes Strandungsrisiko.
- Für Benthosorganismen ist das Strandungsrisiko bei Szenario B1 unabhängig vom Basisabfluss flussab des Moserhofes in Penk als gering einzustufen. Flussauf ist das Strandungsrisiko in Abhängigkeit des Basisabflusses mittel oder gering.
- Das Driftrisiko bei Szenario B1 ist im gesamten Untersuchungsraum unabhängig vom Basisabfluss als gering einzustufen.
- Durch die Begrenzung der Sunkrate auf Szenario B1 ist im gesamten Untersuchungsraumes mit einer **mehr als geringfügigen Verringerung des Strandungsrisikos** zu rechnen (obwohl davon auszugehen ist, dass für Forellenlarven nach wie vor weitgehend ein gewisses Strandungsrisiko besteht).
- Durch eine Begrenzung der Schwallrate auf Szenario B1 ist im gesamten Untersuchungsraum mit einer **mehr als geringfügigen Verringerung des Driftrisikos** zu rechnen.
- Um das bei Szenario B1 nach wie vor weitgehend hohe Strandungsrisiko für Forellenlarven vermindern zu können, wäre einer weiteren Maßnahmenoptimierung im Rahmen der Einreichplanung sehr hohe Relevanz zu unterstellen.

10.10.6 KW Außerfragant, Szenario B2 – Maximalintensität 6% von Szenario F

Szenario B2 entspricht einer hypothetischen Schwallwelle mit einer Amplitude von 1,4 m³/s und einer Schwall- und Sunkrate von 1,2 (m³/s)/15min (Tabelle 9).

In den Jahren 2012-2016 und 2024 wurden rund fünf bis zehnmal täglich Schwall- (Median bis Maximum: 2668-3471 Ereignisse/Jahr, Tabelle 10) oder Sunkereignisse (Median bis Maximum: 2650-3412 Ereignisse/Jahr, Tabelle 11) dokumentiert, deren Abflussänderungsgeschwindigkeit die Intensität von Szenario B2 erreicht hat. Die Amplitude von 2685-3619 Schwallereignissen pro Jahr (Median bis Maximum) hat die Intensität von Szenario B2 erreicht (Tabelle 12).

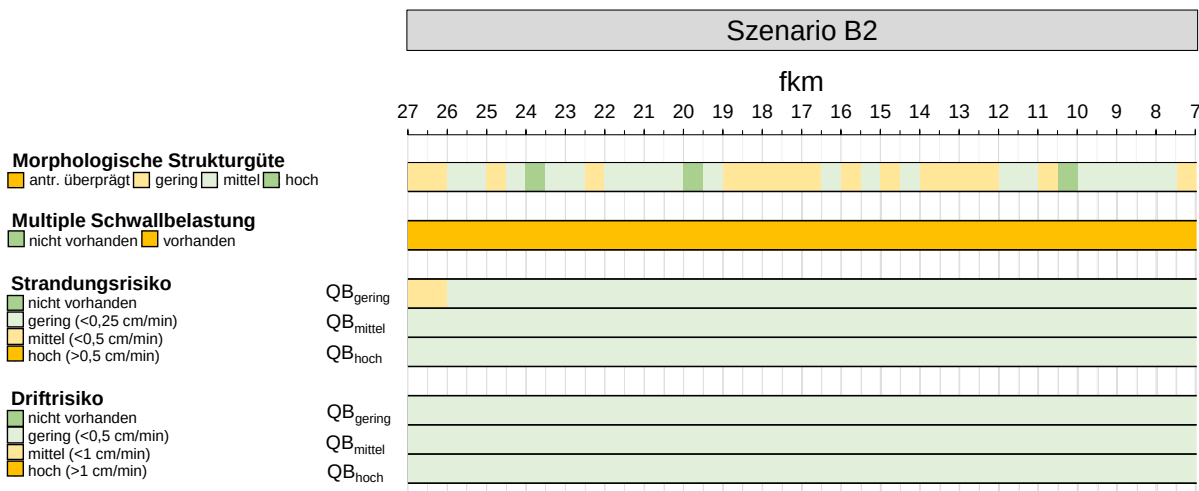


Abbildung 235: KW Außerfragant – Überblick zur Situation bei Szenario B2 (QB_{gering} – niedriger Basisabfluss (Quartal 1), QB_{mittel} – mittlerer Basisabfluss (Quartal 3 und 4); QB_{hoch} – hoher Basisabfluss (Quartal 2), fkm – Flusskilometer/orographisch)

Aufgrund der hohen Mortalität werden Strandungsphänomene von **Fischlarven und frühen juvenilen Stadien** aus fischökologischer Sicht als die größte Belastung angesehen. Ein signifikantes Strandungsrisiko besteht für Fischlarven, die Alpenraum vor allem im Quartal 2 vorkommen, bei Sunkraten über 0,1 cm/min (Forellenlarven) bzw. 0,2 cm/min (Äschenlarven). Für frühe Juvenilstadien im Quartal 3 besteht ein signifikantes Strandungsrisiko bei Sunkraten über 0,4 cm/min (Kapitel 5.2.3.4). Im Untersuchungsraum wird im Quartal 2 ein hoher und im Quartal 3 ein mittlerer Basisabfluss erwartet (Kapitel 5.2.3.3). Dementsprechend ist davon auszugehen, dass für Forellenlarven flussauf von Söbriach (ca. fkm 23) ein Strandungsrisiko besteht (Abbildung 214). Für Äschenlarven (Abbildung 214) und frühe Juvenilstadien (Abbildung 213) besteht im gesamten Untersuchungsraum ein geringes Strandungsrisiko.

Bei **Benthosorganismen** ist von einer Wechselwirkung zwischen Drift- und Strandung auszugehen. Bei Schwallraten von < 0,5 cm/min besteht ein geringes, bei < 1 cm/min ein mittleres und bei > 1 cm/min ein hohes Driftrisiko (Kapitel 5.3.1.2). In Anlehnung an das Strandungsrisiko für Fische wird bei Sunkraten < 0,2 cm/min von einem geringen, bei Sunkraten < 0,5 cm/min von einem mittleren und bei Sunkraten > 0,5 cm/min von einem hohem Strandungsrisiko ausgegangen (Kapitel 5.3.1.1). Bei Szenario B1 ist das Strandungsrisiko mit Ausnahme des oberen Endes des Untersuchungsraumes bei geringem Basisabfluss im gesamten Untersuchungsraum als gering einzustufen (Abbildung 234 bzw. Abbildung 212 bis Abbildung 214). Das Driftrisiko ist im gesamten Untersuchungsraum als gering einzustufen (Abbildung 234 bzw. Abbildung 215 bis Abbildung 217).

Schwallbedingte Einflüsse auf die Habitatverfügbarkeit und –qualität werden, aufgrund der bis dato weder für Fische noch für Benthosorganismen definierten Intensitäts-Schwellen, im Rahmen der vorliegenden Bewertung nicht in räumlich/zeitlich diskretisierter Form berücksichtigt (Kapitel 5.3.1.3). Dementsprechend wird im gesamten Untersuchungsraum in unbestimmtem Ausmaß von einer negativen Beeinflussung der Habitatverfügbarkeit und –qualität ausgegangen. Bei Szenario B1 und niedrigem Basisabfluss liegen die Amplituden im Untersuchungsraum gemäß den wasserstandbezogenen Retentionskurven in einer Größenordnung von 7 cm (Schwalleinleitestelle) bis 1 cm (flussauf Stau Rottau). Bei mittlerem Basisabfluss liegen die Amplituden zwischen 5 cm und <1 cm. Bei hohem Basisabfluss liegen die Amplituden zwischen 3 cm und <1 cm (Abbildung 218 bis Abbildung 220).

Fazit:

- Die ex-post Analyse der Häufigkeit und Intensität, der von Kraftwerk Außerfragant ausgehenden Schwallwellen zeigt, dass Szenario B2 hinsichtlich Schwall- und Sunkrate sowie Amplitude rund fünf bis zehnmal täglich erreicht bzw. überschritten wird.
- Ein schwall- und sunkbedingtes Strandungsrisiko besteht bei Szenario B2 für Forellenlarven flussauf von Söbriach. Für Äschenlarven und frühe Juvenilstadien ist im gesamten Untersuchungsraum ein geringes Strandungsrisiko zu erwarten.
- Für Benthosorganismen besteht im gesamten Untersuchungsraum unabhängig vom Basisabfluss weitgehend ein geringes Strandungsrisiko.
- Das Driftrisiko für Benthosorganismen ist bei Szenario B2 im gesamten Untersuchungsraum unabhängig vom Basisabfluss als gering einzustufen.
- Durch die Begrenzung der Sunkrate auf Szenario B2 ist im gesamten Untersuchungsraum mit einer **mehr als geringfügigen Verringerung des Strandungsrisikos** zu rechnen (obwohl für Forellenlarven flussauf von Söbriach nach wie vor ein gewisses Strandungsrisiko besteht).
- Durch eine Begrenzung der Schwallrate auf Szenario B2 ist im gesamten Untersuchungsraum mit einer **mehr als geringfügigen Verringerung des Driftrisikos** zu rechnen.

10.10.7 KW Außerfragant, Szenario B3 – Maximalintensität 3% von Szenario F

Szenario B3 entspricht einer hypothetischen Schwallwelle mit einer Amplitude von 0,7 m³/s und einer Schwall- und Sunkrate von 0,6 (m³/s)/15min (Tabelle 9).

In den Jahren 2012-2016 und 2024 wurden rund zehn bis zwölfmal täglich Schwall- (Median bis Maximum: 3171-4207 Ereignisse/Jahr, Tabelle 10) oder Sunkereignisse (Median bis Maximum: 3161-4233 Ereignisse/Jahr, Tabelle 11) dokumentiert, deren Abflussänderungsgeschwindigkeit die Intensität von Szenario B3 erreicht hat. Die Amplitude von 3192-4242 Schwallereignissen pro Jahr (Median bis Maximum) hat die Intensität von Szenario B3 erreicht (Tabelle 12).

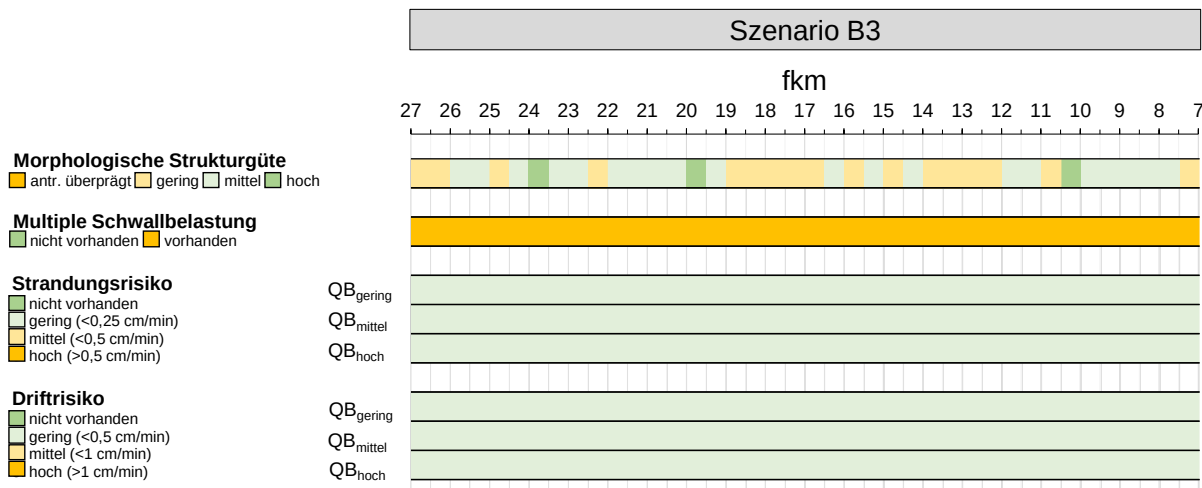


Abbildung 236: KW Außerfragant – Überblick zur Situation bei Szenario B3 (QB_{gering} – niedriger Basisabfluss (Quartal 1), QB_{mittel} – mittlerer Basisabfluss (Quartal 3 und 4); QB_{hoch} – hoher Basisabfluss (Quartal 2), fkm – Flusskilometer/orographisch)

Aufgrund der hohen Mortalität werden Strandrungsphänomene von **Fischlarven und frühen juvenilen Stadien** aus fischökologischer Sicht als die größte Belastung angesehen. Ein signifikantes Strandrungsrisiko besteht für Fischlarven, die Alpenraum vor allem im Quartal 2 vorkommen, bei Sunkraten über 0,1 cm/min (Forellenlarven) bzw. 0,2 cm/min (Äschenlarven). Für frühe Juvenilstadien im Quartal 3 besteht ein signifikantes Strandrungsrisiko bei Sunkraten über 0,4 cm/min (Kapitel 5.2.3.4). Im Untersuchungsraum wird im Quartal 2 ein hoher und im Quartal 3 ein mittlerer Basisabfluss erwartet (Kapitel 5.2.3.3). Dementsprechend ist davon auszugehen, dass für Forellen und Äschenlarven (Abbildung 223) sowie für frühe Juvenilstadien im gesamten Untersuchungsraum nur noch ein geringes Strandrungsrisiko besteht (Abbildung 222).

Bei **Benthosorganismen** ist von einer Wechselwirkung zwischen Drift- und Strandung auszugehen. Bei Schwallraten von < 0,5 cm/min besteht ein geringes, bei < 1 cm/min ein mittleres und bei > 1 cm/min ein hohes Driftrisiko (Kapitel 5.3.1.2). In Anlehnung an das Strandrungsrisiko für Fische wird bei Sunkraten < 0,2 cm/min von einem geringen, bei Sunkraten < 0,5 cm/min von einem mittleren und bei Sunkraten > 0,5 cm/min von einem hohem Strandrungsrisiko ausgegangen (Kapitel 5.3.1.1). Bei Szenario B3 ist das Strandrungsrisiko für Benthosorganismen im gesamten Untersuchungsraum als gering einzustufen (Abbildung 236 bzw. Abbildung 221 bis Abbildung 223). Auch das Driftrisiko für Benthosorganismen ist im gesamten Untersuchungsraum gering (Abbildung 236 bzw. Abbildung 224 bis Abbildung 226).

Schwallbedingte Einflüsse auf die Habitatverfügbarkeit und –qualität werden, aufgrund der bis dato weder für Fische noch für Benthosorganismen definierten Intensitäts-Schwellen, im Rahmen der vorliegenden Bewertung nicht in räumlich/zeitlich diskretisierter Form berücksichtigt (Kapitel 5.3.1.3). Dementsprechend wird im gesamten Untersuchungsraum in unbestimmtem Ausmaß von einer negativen Beeinflussung der Habitatverfügbarkeit und –qualität ausgegangen. Bei Szenario B3 und niedrigem Basisabfluss liegen die Amplituden im Untersuchungsraum gemäß den wasserstandbezogenen Retentionskurven in einer Größenordnung von 2 cm (Schwalleinleitestelle) bis

<1 cm (flussauf Stau Rottau). Bei mittlerem Basisabfluss liegen die Amplituden zwischen 2 cm und <1 cm. Bei hohem Basisabfluss liegen die Amplituden bei <1 cm (Abbildung 227 bis Abbildung 229).

Fazit:

- Die ex-post Analyse der Häufigkeit und Intensität, der von Kraftwerk Außerfragant ausgehenden Schwallwellen zeigt, dass Szenario B3 hinsichtlich Schwall- und Sunkrate sowie Amplitude rund zehn bis zwölfmal täglich erreicht bzw. überschritten wird.
- Das schwall- und sunkbedingtes Strandungsrisiko für Forellen- und Äschenlarven sowie für frühe Juvenilstadien ist bei Szenario B3 im gesamten Untersuchungsraum gering.
- Für Benthosorganismen besteht bei Szenario B3 im gesamten Untersuchungsraum unabhängig vom Basisabfluss ein geringes Strandungsrisiko.
- Das Driftrisiko für Benthosorganismen ist bei Szenario B3 im gesamten Untersuchungsraum unabhängig vom Basisabfluss als gering einzustufen.
- Durch die Begrenzung der Sunkrate auf Szenario B3 ist im gesamten Untersuchungsraum mit einer **mehr als geringfügigen Verringerung des Strandungsrisikos** zu rechnen.
- Durch eine Begrenzung der Schwallrate auf Szenario B3 ist im gesamten Untersuchungsraum mit einer **mehr als geringfügigen Verringerung des Driftrisikos** zu rechnen.

10.10.8 KW Außerfragant, Szenario A – Totalausleitung der Schwallwellen

Bei einer Totalausleitung der Schwallwellen werden bei der Schwalleinleitung keine anthropogen erzeugten Abflussschwankungen mehr eingeleitet.

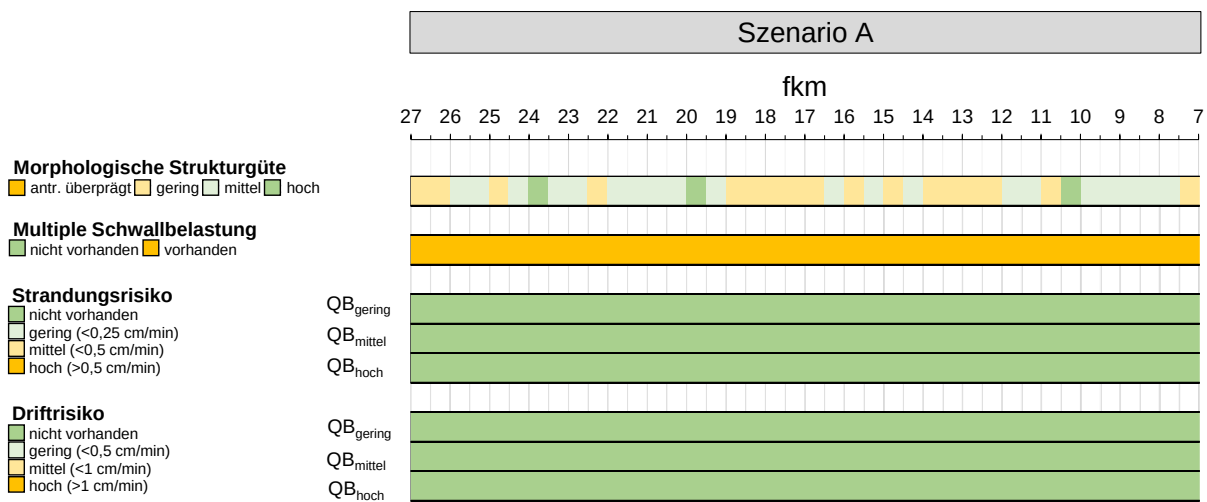


Abbildung 237: KW Außerfragant – Überblick zur Situation bei Szenario A (QB_{gering} – niedriger Basisabfluss (Quartal 1), QB_{mittel} – mittlerer Basisabfluss (Quartal 3 und 4); QB_{hoch} – hoher Basisabfluss (Quartal 2), fkm – Flusskilometer/orographisch)

Fazit:

- Durch eine Totalausleitung der Schwallwellen würden – die Schwalleinleitestelle Kraftwerk Gößnitz betreffend – sowohl das **Drift- und Strandungsrisiko** als auch der schwall- und sunkbedingte Einfluss auf die **Habitatverfügbarkeit und –qualität** im gesamten Untersuchungsraumes auf null reduziert (Abbildung 237). Die dadurch zu erwartende **ökologische Wirkung ist mehr als geringfügig**.

10.11 Ergebnisse der energiewirtschaftlichen Bewertung

Tabelle 36: Zusammengefasste Ergebnisse der energiewirtschaftlichen Maßnahmenbewertung (Neubarth, 2025)

Szenario	Maßnahme	Maßnahme	Systemrelevante Auswirkungen		Volkswirtschaftliche Auswirkungen		Betriebswirtschaftliche Auswirkungen	
			Verlorene (-) / zusätzliche (+) flexible Leistung	Verlorene (-) / zusätzliche (+) flexible Erzeugung	Zusätzliche (+) / vermiedene (-) CO ₂ -Emissionen	Zusätzliche (+) / vermiedene (-) Systemkosten	Barwert	Annuität
			[MW]	[GWh/a]	[tCO ₂ eq./a]	[Mio. €2025/a]	[Mio. €2025]	[Mio. €2025/a]
Szenario E	M1 AF	Betriebliche Einschränkungen Außerfragant	-3,3	-1,6 bis -2,8	+346 bis +603	+0,3	-2,7	-0,11
Szenario E	M1 GÖ	Betriebliche Einschränkungen Gößnitz	-0,3	-1,6 bis -2,0	+338 bis +416	+0,02	-0,6	-0,02
Szenario E	M1 AF+GÖ	Betriebliche Einschränkungen Außerfragant und Gößnitz	-4	-3,2 bis -4,8	+684 bis +1.019	+0,3	-3	0
Szenario E	M2 AF OT	Dämpfungsbecken Außerfragant Obertage	0	0	0	0	0,0 bis -0,9	0,00 bis -0,03
Szenario E	M2 GÖ OT	Dämpfungsbecken Gößnitz Obertage	0	0	0	0	-0,9 bis -1,0	-0,03 bis -0,04
Szenario E	M2 AF+GÖ OT	Dämpfungsbecken Außerfragant und Gößnitz Obertage	0	0	0	0	-0,9 bis -1,9	-0,03 bis -0,07
Szenario E	M2 AF UT	Dämpfungsbecken Außerfragant Untertage	0	0	0	0	-1,6 bis -1,9	-0,06 bis -0,08
Szenario E	M2 GÖ UT	Dämpfungsbecken Gößnitz Untertage	0	0	0	0	-1,6 bis -2,1	-0,06 bis -0,08
Szenario E	M2 AF+GÖ UT	Dämpfungsbecken Außerfragant und Gößnitz Untertage	0	0	0	0	-3,2 bis -4,0	-0,12 bis -0,16
Szenario E	M3 AF	Schwallausleitungskraftwerk Außerfragant	14	47	-20998	-5	-94,3 bis -102,2	-3,70 bis -4,02
Szenario E	M3 GÖ	Schwallausleitungskraftwerk Gößnitz	18	57	-26734	-7	-116,8 bis -126,4	-4,60 bis -4,98
Szenario E	M3 AF+GÖ ST	Schwallausleitungs-KW Außerfragant und Gößnitz Stollen	23	95	-39816	-10	-65,5 bis -80,7	-2,58 bis -3,18
Szenario E	M3 AF+GÖ TA	Schwallausleitungs-KW Außerfragant und Gößnitz Talboden	22	92	-38612	-10	-	-
Szenario E	M4 AF+GÖ	Betriebliche Einschränkungen Gößnitz und Schwallausleitungs-KW Außerfragant	13	+45,0 bis +45,4	-20.582 bis -20.660	-5	-94,9 bis -102,8	-3,72 bis -4,04
Szenario E	M5 AF+GÖ	Betriebliche Einschränkungen Gößnitz und Dämpfungsbecken Außerfragant mit Pumpwerk						
Szenario D	M1 AF	Betriebliche Einschränkungen Außerfragant	-10,0	-8,2 bis -12,2	+1.740 bis +2.604	+0,8	-9,9	-0,39
Szenario D	M1 GÖ	Betriebliche Einschränkungen Gößnitz	-0,9	-2,7 bis -3,4	+571 bis +722	+0,07	-1,9	-0,07
Szenario D	M1 AF+GÖ	Betriebliche Einschränkungen Außerfragant und Gößnitz	-11	-10,9 bis -15,6	+2.311 bis +3.325	+0,9	-12	0

Szenario D	M2 AF OT	Dämpfungsbecken Außerfragant Obertage	0	0	0	0	-0,9 bis -1,1	-0,03 bis -0,04
Szenario D	M2 GÖ OT	Dämpfungsbecken Gößnitz Obertage	0	0	0	0	-1,0 bis -1,3	-0,04 bis -0,05
Szenario D	M2 AF+GÖ OT	Dämpfungsbecken Außerfragant und Gößnitz Obertage	0	0	0	0	-1,9 bis -2,4	-0,07 bis -0,09
Szenario D	M2 AF UT	Dämpfungsbecken Außerfragant Untertage	0	0	0	0	-1,7 bis -2,7	-0,07 bis -0,10
Szenario D	M2 GÖ UT	Dämpfungsbecken Gößnitz Untertage	0	0	0	0	-1,8 bis -3,1	-0,07 bis -0,12
Szenario D	M2 AF+GÖ UT	Dämpfungsbecken Außerfragant und Gößnitz Untertage	0	0	0	0	-3,5 bis -5,8	-0,14 bis -0,22
Szenario D	M3 AF	Schwallausleitungskraftwerk Außerfragant	14	47	-20998	-5	-94,3 bis -102,2	-3,70 bis -4,02
Szenario D	M3 GÖ	Schwallausleitungskraftwerk Gößnitz	18	57	-26734	-7	-116,8 bis -126,4	-4,60 bis -4,98
Szenario D	M3 AF+GÖ ST	Schwallausleitungs-KW Außerfragant und Gößnitz Stollen	23	95	-39816	-10	-65,5 bis -80,7	-2,58 bis -3,18
Szenario D	M3 AF+GÖ TA	Schwallausleitungs-KW Außerfragant und Gößnitz Talboden	22	92	-38612	-10	-	-
Szenario D	M4 AF+GÖ	Betriebliche Einschränkungen Gößnitz und Schwallausleitungs-KW Außerfragant	13	+43,6 bis +44,3	-20.276 bis -20.426	-5	-96,2 bis -104,1	-3,77 bis -4,09
Szenario D	M5 AF+GÖ	Betriebliche Einschränkungen Gößnitz und Dämpfungsbecken Außerfragant mit Pumpwerk						
Szenario C	M1 AF	Betriebliche Einschränkungen Außerfragant	-29,7	-23,5 bis -31,9	+5.014 bis +6.790	+2,2	-31,2	-1,23
Szenario C	M1 GÖ	Betriebliche Einschränkungen Gößnitz	-2,9	-4,0 bis -5,1	+842 bis +1.092	+0,21	-4,3	-0,17
Szenario C	M1 AF+GÖ	Betriebliche Einschränkungen Außerfragant und Gößnitz	-33	-27,5 bis -37,0	+5.856 bis +7.882	+2,4	-36	-1
Szenario C	M2 AF OT	Dämpfungsbecken Außerfragant Obertage	0	0	0	0	-1,1 bis -1,9	-0,04 bis -0,07
Szenario C	M2 GÖ OT	Dämpfungsbecken Gößnitz Obertage	0	0	0	0	-1,3 bis -2,4	-0,05 bis -0,10
Szenario C	M2 AF+GÖ OT	Dämpfungsbecken Außerfragant und Gößnitz Obertage	0	0	0	0	-2,4 bis -4,3	-0,09 bis -0,17
Szenario C	M2 AF UT	Dämpfungsbecken Außerfragant Untertage	0	0	0	0	-2,2 bis -5,3	-0,09 bis -0,21
Szenario C	M2 GÖ UT	Dämpfungsbecken Gößnitz Untertage	0	0	0	0	-2,6 bis -6,2	-0,10 bis -0,24
Szenario C	M2 AF+GÖ UT	Dämpfungsbecken Außerfragant und Gößnitz Untertage	0	0	0	0	-4,8 bis -11,5	-0,19 bis -0,45
Szenario C	M3 AF	Schwallausleitungskraftwerk Außerfragant	14	47	-20998	-5	-94,3 bis -102,2	-3,70 bis -4,02
Szenario C	M3 GÖ	Schwallausleitungskraftwerk Gößnitz	18	57	-26734	-7	-116,8 bis -126,4	-4,60 bis -4,98
Szenario C	M3 AF+GÖ ST	Schwallausleitungs-KW Außerfragant und Gößnitz Stollen	23	95	-39816	-10	-65,5 bis -80,7	-2,58 bis -3,18
Szenario C	M3 AF+GÖ TA	Schwallausleitungs-KW Außerfragant und Gößnitz Talboden	22	92	-38612	-10	-	-
Szenario C	M4 AF+GÖ	Betriebliche Einschränkungen Gößnitz und Schwallausleitungs-KW Außerfragant	11	+41,9 bis +43,0	-19.906 bis -20.156	-5	-98,6 bis -106,5	-3,87 bis -4,19
Szenario C	M5 AF+GÖ	Betriebliche Einschränkungen Gößnitz und Dämpfungsbecken Außerfragant mit Pumpwerk						

Szenario B1	M1 AF	Betriebliche Einschränkungen Außerfragant	-58,6	-37,2 bis -49,3	+7.920 bis +10.497	+4,4	-59,4	-2,34
Szenario B1	M1 GÖ	Betriebliche Einschränkungen Gößnitz	-4,9	-5,2 bis -6,8	+1.113 bis +1.447	+0,37	-6,7	-0,26
Szenario B1	M1 AF+GÖ	Betriebliche Einschränkungen Außerfragant und Gößnitz	-64	-42,4 bis -56,1	+9.033 bis +11.944	+4,8	-66	-3
Szenario B1	M2 AF OT	Dämpfungsbecken Außerfragant Obertage	0	0	0	0	-1,7 bis -3,6	-0,07 bis -0,14
Szenario B1	M2 GÖ OT	Dämpfungsbecken Gößnitz Obertage	0	0	0	0	-2,1 bis -4,6	-0,08 bis -0,18
Szenario B1	M2 AF+GÖ OT	Dämpfungsbecken Außerfragant und Gößnitz Obertage	0	0	0	0	-3,8 bis -8,2	-0,15 bis -0,32
Szenario B1	M2 AF UT	Dämpfungsbecken Außerfragant Untertage	0	0	0	0	-3,1 bis -9,9	-0,12 bis -0,39
Szenario B1	M2 GÖ UT	Dämpfungsbecken Gößnitz Untertage	0	0	0	0	-3,9 bis -12,7	-0,15 bis -0,50
Szenario B1	M2 AF+GÖ UT	Dämpfungsbecken Außerfragant und Gößnitz Untertage	0	0	0	0	-7,0 bis -22,6	-0,27 bis -0,89
Szenario B1	M3 AF	Schwallausleitungskraftwerk Außerfragant	14	47	-20998	-5	-94,3 bis -102,2	-3,70 bis -4,02
Szenario B1	M3 GÖ	Schwallausleitungskraftwerk Gößnitz	18	57	-26734	-7	-116,8 bis -126,4	-4,60 bis -4,98
Szenario B1	M3 AF+GÖ ST	Schwallausleitungs-KW Außerfragant und Gößnitz Stollen	23	95	-39816	-10	-65,5 bis -80,7	-2,58 bis -3,18
Szenario B1	M3 AF+GÖ TA	Schwallausleitungs-KW Außerfragant und Gößnitz Talboden	22	92	-38612	-10	-	-
Szenario B1	M4 AF+GÖ	Betriebliche Einschränkungen Gößnitz und Schwallausleitungs-KW Außerfragant	9	+40,2 bis +41,8	-19.551 bis -19.884	-5	-101,0 bis -108,9	-3,96 bis -4,28
Szenario B1	M5 AF+GÖ	Betriebliche Einschränkungen Gößnitz und Dämpfungsbecken Außerfragant mit Pumpwerk						
Szenario B2	M1 AF	Betriebliche Einschränkungen Außerfragant	-74,9	-47,3 bis -60,9	+10.082 bis +12.979	+5,6	-80,0	-3,15
Szenario B2	M1 GÖ	Betriebliche Einschränkungen Gößnitz	-6,0	-6,3 bis -8,0	+1.343 bis +1.698	+0,45	-8,7	-0,34
Szenario B2	M1 AF+GÖ	Betriebliche Einschränkungen Außerfragant und Gößnitz	-81	-53,6 bis -68,9	+11.425 bis +14.677	+6,1	-89	-3
Szenario B2	M2 AF OT	Dämpfungsbecken Außerfragant Obertage	0	0	0	0	-2,9 bis -6,4	-0,11 bis -0,25
Szenario B2	M2 GÖ OT	Dämpfungsbecken Gößnitz Obertage	0	0	0	0	-3,6 bis -9,1	-0,14 bis -0,36
Szenario B2	M2 AF+GÖ OT	Dämpfungsbecken Außerfragant und Gößnitz Obertage	0	0	0	0	-6,5 bis -15,5	-0,25 bis -0,61
Szenario B2	M2 AF UT	Dämpfungsbecken Außerfragant Untertage	0	0	0	0	-5,3 bis -19,2	-0,21 bis -0,76
Szenario B2	M2 GÖ UT	Dämpfungsbecken Gößnitz Untertage	0	0	0	0	-7,1 bis -27,6	-0,28 bis -1,09
Szenario B2	M2 AF+GÖ UT	Dämpfungsbecken Außerfragant und Gößnitz Untertage	0	0	0	0	-12,4 bis -46,8	-0,49 bis -1,85
Szenario B2	M3 AF	Schwallausleitungskraftwerk Außerfragant	14	47	-20998	-5	-94,3 bis -102,2	-3,70 bis -4,02
Szenario B2	M3 GÖ	Schwallausleitungskraftwerk Gößnitz	18	57	-26734	-7	-116,8 bis -126,4	-4,60 bis -4,98
Szenario B2	M3 AF+GÖ ST	Schwallausleitungs-KW Außerfragant und Gößnitz Stollen	23	95	-39816	-10	-65,5 bis -80,7	-2,58 bis -3,18
Szenario B2	M3 AF+GÖ TA	Schwallausleitungs-KW Außerfragant und Gößnitz Talboden	22	92	-38612	-10	-	-

Szenario B2	M4 AF+GÖ	Betriebliche Einschränkungen Gößnitz und Schwallausleitungs-KW Außerfragant	7	+39,0 bis +40,7	-19.299 bis -19.655	-5	-103,0 bis -110,9	-4,04 bis -4,36
Szenario B2	M5 AF+GÖ	Betriebliche Einschränkungen Gößnitz und Dämpfungsbecken Außerfragant mit Pumpwerk						
Szenario B3	M1 AF	Betriebliche Einschränkungen Außerfragant	-89,9	-69,0 bis -80,3	+14.697 bis +17.098	+6,7	-107,2	-4,22
Szenario B3	M1 GÖ	Betriebliche Einschränkungen Gößnitz	-6,5	-7,7 bis -8,7	+1.646 bis +1.844	+0,49	-10,0	-0,40
Szenario B3	M1 AF+GÖ	Betriebliche Einschränkungen Außerfragant und Gößnitz	-96	-76,7 bis -88,9	+16.343 bis +18.942	+7,2	-117	-5
Szenario B3	M2 AF OT	Dämpfungsbecken Außerfragant Obertage	0	0	0	0	-5,4 bis -12,9	-0,21 bis -0,51
Szenario B3	M2 GÖ OT	Dämpfungsbecken Gößnitz Obertage	0	0	0	0	-7,3 bis -18,5	-0,29 bis -0,73
Szenario B3	M2 AF+GÖ OT	Dämpfungsbecken Außerfragant und Gößnitz Obertage	0	0	0	0	-12,7 bis -31,4	-0,50 bis -1,24
Szenario B3	M2 AF UT	Dämpfungsbecken Außerfragant Untertage	0	0	0	0	-9,0 bis -38,8	-0,35 bis -1,53
Szenario B3	M2 GÖ UT	Dämpfungsbecken Gößnitz Untertage	0	0	0	0	-11,8 bis -54,6	-0,46 bis -2,15
Szenario B3	M2 AF+GÖ UT	Dämpfungsbecken Außerfragant und Gößnitz Untertage	0	0	0	0	-20,8 bis -93,4	-0,81 bis -3,68
Szenario B3	M3 AF	Schwallausleitungskraftwerk Außerfragant	14	47	-20998	-5	-94,3 bis -102,2	-3,70 bis -4,02
Szenario B3	M3 GÖ	Schwallausleitungskraftwerk Gößnitz	18	57	-26734	-7	-116,8 bis -126,4	-4,60 bis -4,98
Szenario B3	M3 AF+GÖ ST	Schwallausleitungs-KW Außerfragant und Gößnitz Stollen	23	95	-39816	-10	-65,5 bis -80,7	-2,58 bis -3,18
Szenario B3	M3 AF+GÖ TA	Schwallausleitungs-KW Außerfragant und Gößnitz Talboden	22	92	-38612	-10	-	-
Szenario B3	M4 AF+GÖ	Betriebliche Einschränkungen Gößnitz und Schwallausleitungs-KW Außerfragant	7	+38,3 bis +39,3	-19.154 bis -19.352	-5	-104,3 bis -112,2	-4,10 bis -4,42
Szenario B3	M5 AF+GÖ	Betriebliche Einschränkungen Gößnitz und Dämpfungsbecken Außerfragant mit Pumpwerk						
Szenario A	M1 AF	Betriebliche Einschränkungen Außerfragant	-321,0	-610,0	+129.930	+24,1	-424,1	-16,69
Szenario A	M1 GÖ	Betriebliche Einschränkungen Gößnitz	-7,0	-26,0	+5.538	+0,53	-13,4	-0,53
Szenario A	M1 AF+GÖ	Betriebliche Einschränkungen Außerfragant und Gößnitz	-328	-636	+135.468	+24,6	-438	-17
Szenario A	M2 AF OT	Dämpfungsbecken Außerfragant Obertage	0	0	0	0	-33,4 bis -84,6	-1,31 bis -3,33
Szenario A	M2 GÖ OT	Dämpfungsbecken Gößnitz Obertage	0	0	0	0	-46,4 bis -118,1	-1,83 bis -4,65
Szenario A	M2 AF+GÖ OT	Dämpfungsbecken Außerfragant und Gößnitz Obertage	0	0	0	0	-79,8 bis -202,7	-3,14 bis -7,98
Szenario A	M2 AF UT	Dämpfungsbecken Außerfragant Untertage	0	0	0	0	-52,7 bis -280,9	-2,08 bis -11,05
Szenario A	M2 GÖ UT	Dämpfungsbecken Gößnitz Untertage	0	0	0	0	-73,2 bis -392,6	-2,88 bis -15,45
Szenario A	M2 AF+GÖ UT	Dämpfungsbecken Außerfragant und Gößnitz Untertage	0	0	0	0	-125,9 bis -673,5	-4,96 bis -26,50
Szenario A	M3 AF	Schwallausleitungskraftwerk Außerfragant	14	47	-20998	-5	-94,3 bis -102,2	-3,70 bis -4,02

Szenario A	M3 GÖ	Schwallausleitungskraftwerk Gößnitz	18	57	-26734	-7	-116,8 bis -126,4	-4,60 bis -4,98
Szenario A	M3 AF+GÖ ST	Schwallausleitungs-KW Außerfragant und Gößnitz Stollen	23	95	-39816	-10	-65,5 bis -80,7	-2,58 bis -3,18
Szenario A	M3 AF+GÖ TA	Schwallausleitungs-KW Außerfragant und Gößnitz Talboden	22	92	-38612	-10	-	-
Szenario A	M4 AF+GÖ	Betriebliche Einschränkungen Gößnitz und Schwallausleitungs-KW Außerfragant	6	21	-15460	-5	-107,7 bis -115,6	-4,23 bis -4,55
Szenario A	M5 AF+GÖ	Betriebliche Einschränkungen Gößnitz und Dämpfungsbecken Außerfragant mit Pumpwerk	-17	-49	20713	3	-	-

10.12 Anmerkungen zur Gewässernutzung Rafting

Die Gewässernutzung Rafting wurde bei der Ausweisung erheblich veränderter Wasserkörper nicht als allgemeines öffentliches Interesse berücksichtigt. Die Schwallbelastung ist daher zu reduzieren, sofern dies mit einer mehr als geringfügigem ökologischem Wirkung und ohne die bestehende Spitzenstromerzeugung signifikant einzuschränken möglich ist (BMLFUW, 2017; BMLRT, 2020; BMLRT, 2021; Europäische Kommission, 2020; BMLUK, in prep.).

Ob nach Umsetzung der schwalldämpfenden Maßnahmen anstelle des derzeit praktizierten Wildwasserraftings weiterhin Familienrafting möglich ist und welche touristischen Auswirkungen sich aus etwaigen Einschränkungen ergeben könnten, bleibt der Beurteilung durch andere Fachbereiche vorbehalten.

Damit Rafting gemäß § 105 WRG bzw. Art. 4.3 WRRL als überwiegendes öffentliches Interesse anerkannt werden kann, müsste nachgewiesen werden, dass es – insbesondere in der Ausprägung als Wildwasserrafting – dem Gemeinwohl dient. Wirtschaftliche Vorteile einzelner Personen sind hierfür nicht ausreichend. Erforderlich wäre der Nachweis, dass Rafting einen relevanten Beitrag zur regionalen Wirtschaft leistet (z. B. durch Arbeitsplätze, touristische Wertschöpfung) und dieser nach einer Schwallsanierung nicht mehr gegeben wäre. Darüber hinaus dürfte keine umweltverträglichere Alternative bestehen, und die ökologischen Auswirkungen müssten nachweislich minimiert worden sein.

Raftingwasserabgaben, wie sie etwa von der KELAG mit $\pm 2 \text{ m}^3/\text{s}$ im Sommer vorgeschlagen werden, sind nicht grundsätzlich auszuschließen. Solange Rafting jedoch nicht als überwiegendes öffentliches Interesse eingestuft wird, ist Voraussetzung für deren Zulässigkeit, dass negative ökologische Auswirkungen vollständig ausgeschlossen werden. Dies kann etwa durch konkrete Vorgaben zu Häufigkeit, Zeitpunkt und Intensität der Raftingwasserabgaben erfolgen, wobei sich diese an den saisonal typischen natürlichen Abflussschwankungen orientieren müssten.

