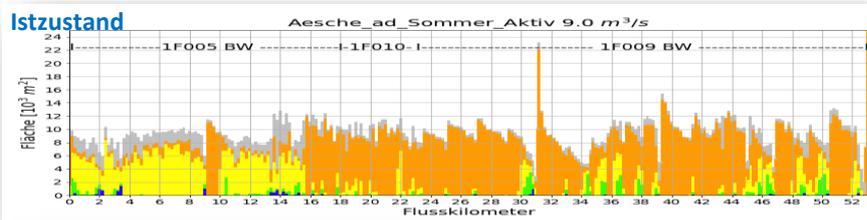
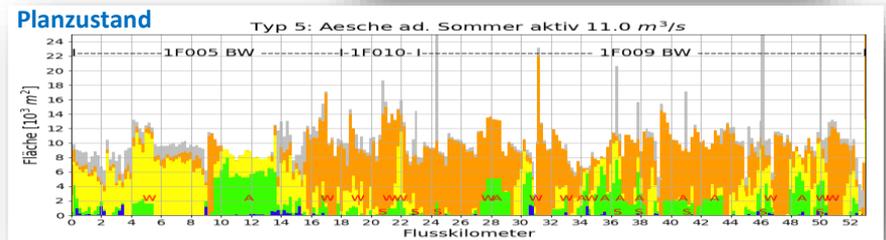
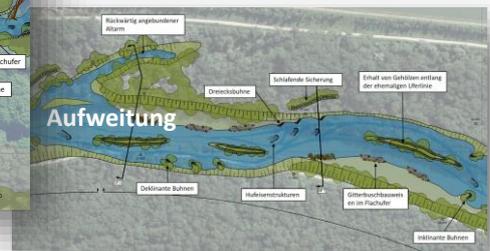


Ingenieurbiologisches Gutachten Iller - Untersuchungen zum ökologischen Abfluss für die Untere Iller



Habitateignung

- 0.00 <= SI < 0.20
- 0.20 <= SI < 0.40
- 0.40 <= SI < 0.60
- 0.60 <= SI < 0.80
- 0.80 u. besser



Stuttgart 12.10.2021



SJE - Ecohydraulic Engineering GmbH
Viereichenweg 12, 70569 Stuttgart
URL: www.sjeweb.de

GEITZ & PARTNER GBR

Landschaftsarchitekturbüro Geitz & Partner GbR
Sigmaringer Str. 49, 70567 Stuttgart Möhringen
URL: www.geitz-partner.de



flussbau iC GesmbH
Schönbrunner Str. 297, 1120 Wien, Österreich
URL: www.flussbau-ic.at



Büro für Gewässerökologie Mürle und Ortlepp
Mühlweg 17, 75223 Öschelbronn
URL: www.hydra-institute.com



I AM HYDRO GmbH
Märtishofweg 2, 78112 St. Georgen
URL: www.iamhydro.com

Ingenieurbiologisches Gutachten Iller - Untersuchungen zum ökologischen Abfluss für die Untere Iller

Stuttgart, 12.10.2021

Auftraggeber: Regierungspräsidium Tübingen Referat 53.1 – Gewässer I. Ordnung, Hochwasserschutz und Gewässerökologie Donau – Iller

Bearbeiter/*Autoren:

Dr. Matthias Schneider*	SJE Ecohydraulic Engineering GmbH, Stuttgart
Johannes Ortlepp*	Hydra Büro Mürle & Ortlepp GbR, Öschelbronn
Tobias Hägele*	SJE Ecohydraulic Engineering GmbH, Stuttgart
Stefan Sattler*	flussbau IC GesmbH, Wien
Elisabeth Los*	flussbau IC GesmbH, Wien
Andreas Eisner*	Landschaftsarchitekturbüro Geitz & Partner GbR, Stuttgart
Peter Geitz*	Landschaftsarchitekturbüro Geitz & Partner GbR, Stuttgart
Ianina Kopecki	SJE Ecohydraulic Engineering GmbH, Stuttgart
Christian Haas	I AM HYDRO GmbH, St. Georgen
Philipp Thumser	I AM HYDRO GmbH, St. Georgen
Verena Petnehazi	Landschaftsarchitekturbüro Geitz & Partner GbR, Stuttgart
Uta Mürle	Hydra Büro Mürle & Ortlepp GbR, Öschelbronn

Zitiervorschlag

Schneider M., Ortlepp J., Hägele T., Sattler S., Eisner A., Los E., Geitz P. (2021): Ingenieurbiologisches Gutachten Iller – Untersuchungen zum ökologischen Abfluss für die Untere Iller. Auftraggeber: Regierungspräsidium Tübingen, Referat 53.1, Projekt „Agile Iller“

Mitglieder der Begleitgruppe

Born, Dr. Oliver	Fischereifachberatung Schwaben, Salgen
Clermont, Philipp	Wasserwirtschaftsamt Kempten
Faigle, Peter	Regierungspräsidium Tübingen, Ref. 53.1 Riedlingen
Gallasch, Steve	Regierung von Schwaben, Augsburg
Heinle, Dr. Franz-Xaver	Regierung von Schwaben, Augsburg
Horst, Bernd	Wasserwirtschaftsamt Donauwörth
Linde, Piet	Wasserwirtschaftsamt Kempten
Lutz, Armin	Regierungspräsidium Tübingen, Ref. 53.1 Riedlingen
Meinzer, Jonas	Wasserwirtschaftsamt Kempten
Neumeier, Ralph	Regierung von Schwaben, Augsburg
Reiss, Johannes	Büro am Fluss e.V., Wendlingen am Neckar
Rimböck, Dr. Andreas	Wasserwirtschaftsamt Donauwörth
Schindele, Karl	Wasserwirtschaftsamt Kempten
Schumann-Beck, Sophie	Wasserwirtschaftsamt Donauwörth
Schynawa, Laura	Wasserwirtschaftsamt Donauwörth
Stegmaier, Andreas	Regierungspräsidium Tübingen, Ref. 53.1 Riedlingen
Wölfle, Gunther	Wasserwirtschaftsamt Donauwörth

Gastmitglieder

EnBW Energie Baden-Württemberg AG, Stuttgart
UIG Untere Iller GmbH, Landshut

Inhaltsverzeichnis

Glossar	6
1 Zusammenfassung	9
1.1 Istzustand und Defizite	9
1.2 Referenzmaßnahmen und Wirkung	11
1.3 Planzustand und Zielerreichung	12
1.4 Empfehlungen	14
1.5 Gesamtfazit	16
2 Einleitung	17
2.1 Veranlassung und Zielsetzung	17
2.1.1 Großprojekt Illersanierung	17
2.1.2 Bewirtschaftungsziele	17
2.1.3 Maßnahmenvorschläge	17
2.1.4 Mindestabfluss	18
2.1.5 Ingenieurbiologisches Gutachten	18
2.2 Ablauf der Untersuchungen	19
2.3 Projektphasen	20
3 Verwendete Methoden	21
3.1 Vor-Ort-Erhebungen	21
3.1.1 Begehung und Kartierung	21
3.1.2 Entnahme von Substratproben	21
3.1.3 Vermessung von Detailstrecken	21
3.1.4 Temperatur- und Sauerstoffmessungen	22
3.2 Hydraulische Berechnungen	23
3.3 Morphologische Analyse mit EROSED	24
3.3.1 Basis der Auswertemethodik EROSED	24
3.3.2 Methodik – Erläuterung zur Anwendung	25
3.4 Habitatmodellierung mit CASiMiR	27
3.4.1 Modellansatz	27
3.4.2 Habitatansprüche	28
3.4.2.1 Berücksichtigte Habitatparameter / Schlüsselparameter	28
3.4.2.2 Abgeleitete Habitatparameter	30
3.4.2.3 Regelwerke	31
3.4.2.4 Eignungsquadrate	33
3.5 Ökologische Bewertung	34
3.5.1 Biologische Qualitätskomponenten	34
3.5.2 Hydromorphologische Defizite	34
3.5.3 Zielermittlung, Habitat-/Strukturtypen und Zielerreichung	35
3.6 Auswertung der Grundwasserinformationen	36
3.7 Fachplanung	37
4 Analyse Istzustand	38
4.1 Untersuchungsgebiet	38
4.1.1 Untere Iller	38
4.1.2 Flusswasserkörper und Einstufung nach WRRL (2015 und 2021)	39
4.2 Vermessung und Kartierung	40
4.2.1 Vermessung und Kartierung Detailstrecken	40
4.2.2 Kartierung Gesamtstrecke	42

4.3	Hydrologie	45
4.3.1	Aktuelle Informationen und Quellen	45
4.3.2	Abschätzung des Abflusses am Beginn der EnBW Ausleitung	46
4.4	Hydraulik	49
4.4.1	Detailstrecken	49
4.4.2	Teilmodelle und modellierte Abflüsse	50
4.5	Morphologie, Sedimenthaushalt	51
4.5.1	Ursprünglicher und aktueller Zustand	52
4.5.2	Morphologische Prozesse	52
4.5.3	Analysen	53
4.5.3.1	Sohlbreiten	54
4.5.3.2	Korngrößen	56
4.5.3.3	Abflussanalysen – EROSED (HQ ₂)	59
4.5.4	Morphologische Zustandsbewertung	62
4.6	Grundwasser	64
4.7	Temperatur und Sauerstoffhaushalt	67
4.7.1	Stationäre Temperatur-/O ₂ -Messungen	67
4.7.2	Einmalige Temperatur-/O ₂ -Messungen im Staubereich bei Fkm 39,400	70
4.8	Makrozoobenthos	72
4.8.1	Typische Besiedlung	72
4.8.2	Aktueller Zustand der Makrozoobenthosfauna	72
4.8.3	Bestimmende Parameter der Makrozoobenthoshabitate	72
4.9	Fische und Fischhabitate	74
4.9.1	Fischfauna der Iller	74
4.9.1.1	Referenzfischfauna	74
4.9.1.2	Aktuelle Fischbesiedlung	75
4.9.2	Fische als Indikatoren des Gewässerzustandes	75
4.9.2.1	Auswahl der Fischarten	75
4.9.3	Habitate – Übergang von Detail- auf Grobskala	78
4.9.4	Habitatangebot im Istzustand	79
4.9.4.1	Habitateignungen im Längsschnitt	79
4.9.4.2	Strukturtyp 1: Flache, strömungsarme Uferbereiche = Larvalhabitate Äsche, Nase u.v.m.	81
4.9.4.3	Strukturtyp 2: Flach abfallende, angeströmte Hänge = Jungfischhabitate Nase, Barbe u.v.m.	83
4.9.4.4	Strukturtyp 3: Überströmte Kiesflächen = Laichhabitat Kieslaicher z.B. Äsche, Barbe	85
4.9.4.5	Strukturtyp 4: Stark überströmte Kies- und Steinflächen/Furten = Laich- /Refugialhabitat - Nasenlaichplatz	87
4.9.4.6	Strukturtyp 5: Fließrinnen = Adulthabitate Äsche, Hasel, Nase u.v.m.	89
4.9.4.7	Strukturtyp 6: Ausgedehnte Kolke= Wintereinstände für Äsche, Barbe, Nase u.v.m.	91
4.9.4.8	Hochwasserrefugien	93
4.10	Bewertung: Defizite und Verbesserungsmaßnahmen	94
4.10.1	FWK 1F005_BW	95
4.10.2	FWK 1_F010	96
4.10.3	FWK 1F009_BW	97

4.10.4	Erreichbarkeit, Durchgängigkeit und Fließgeschwindigkeit	98
4.10.5	Zusammenfassung der Defizite in der FWK	99
4.10.6	Wichtigste Maßnahmenelemente	100
4.11	Fazit: Istzustand und Defizite	102
5	Referenzmaßnahmen und Wirkung	104
5.1	Auswahl der Zonen für die Referenzmaßnahmen	104
5.1.1	Auswahlkriterien und Entscheidungshilfen	104
5.1.2	Festlegung von drei Referenzmaßnahmen	105
5.1.2.1	Maßnahmentyp Strömungsverbesserung → Maßnahme 33	106
5.1.2.2	Maßnahmentyp Seitenarm → Maßnahme 42	107
5.1.2.3	Maßnahmentyp Aufweitung → Maßnahme 46 + 47	107
5.2	Beschreibung Einzelstrukturen	108
5.2.1	Raubäume und Stummelfaschinen	108
5.2.2	Störsteingruppen	110
5.2.3	Steinbuhnen, Tauchbuhnen	111
5.2.4	Faschinenbuhnen	111
5.2.5	Gitterbuschbau	112
5.2.6	Steilufer, Abbruchkanten	113
5.2.7	Pflanzungen	114
5.2.8	Schlafende Ufersicherungen	114
5.2.9	Inseln	116
5.3	Referenzmaßnahme M33 Absenkung	118
5.3.1	Planungskonzept	118
5.3.2	Hydraulik	120
5.3.3	Morphologie, Sedimenthaushalt	121
5.3.4	Grundwasser	124
5.3.5	Habitate und ökologische Bewertung	129
5.3.6	Kostenrahmen	130
5.3.6.1	Herstellungskosten	130
5.3.6.2	Unterhaltungskosten	130
5.4	Referenzmaßnahme M42 Seitenarm	131
5.4.1	Planungskonzept	131
5.4.2	Hydraulik	133
5.4.3	Morphologie, Sedimenthaushalt	138
5.4.4	Ein- und Auslauf des Seitenarms	141
5.4.5	Situation bei Hochwasser und Steuerung	142
5.4.6	Grundwasser und Aue	144
5.4.7	Habitate und ökologische Bewertung	148
5.4.8	Kostenrahmen	150
5.5	Referenzmaßnahme M46 Aufweitung	151
5.5.1	Planungskonzept	151
5.5.2	Hydraulik	152
5.5.3	Morphologie, Sedimenthaushalt	153
5.5.4	Grundwasser und Aue	155
5.5.5	Habitate und ökologische Bewertung	157
5.5.6	Kostenrahmen	158
5.6	Vergleich der Referenzmaßnahmen	159
5.7	Fazit: Referenzmaßnahmen und Wirkung	161

6	Analyse Planzustand	163
6.1	Morphologie, Sedimenthaushalt im Planzustand	163
6.2	Grundwasser im Planzustand	165
6.3	Maßgebende Habitat-/Strukturtypen und Zielwerte	168
6.3.1	Habitattypen und Strukturtypen	168
6.3.2	Vorbemerkungen	169
6.3.3	Zielwerte für das Habitatangebot	169
6.4	Übertragung der Referenzmaßnahmen	171
6.5	Habitatangebot im Planzustand, Gesamtsystem	174
6.5.1	Strukturtyp 1: flache, strömungsarme Uferbereiche (Larven Äsche, Nase u.v.m.)	174
6.5.2	Strukturtyp 2: flach abfallende, angeströmte Hänge (Jungfischhabitats Nase, Barbe u.v.m.)	176
6.5.3	Strukturtyp 3: überströmte Kiesflächen (Kieslaichhabitats z.B. Äsche, Barbe)	178
6.5.4	Strukturtyp 4: stark überströmte Furten (Laich-/Refugialhabitat Nasenlaichplatz)	180
6.5.5	Strukturtyp 5: Fließrinne (Adulthabitats Äsche, Hasel, Nase, Barbe u.v.m.)	182
6.5.6	Strukturtyp 6: ausgedehnte Kolke (Wintereinstände für Äsche, Barbe, Nase u.a.)	184
6.5.7	Hochwasserrefugien	186
6.6	Zielerreichung der Habitats in den FWK	189
6.6.1	Integration der Habitatflächen	189
6.6.2	Zielerreichung der Struktur-/Habitattypen in den FWK	190
6.6.3	Beurteilung der Zielerreichung	193
6.6.3.1	FWK F005_BW	193
6.6.3.2	FWK F010	195
6.6.3.3	FWK F009_BW	196
6.6.4	Zielerreichung und verbleibende Defizite	197
6.7	Erreichbarer Ökologischer Zustand und Mindestabflüsse	199
6.7.1	Bewertungsaspekte neben der Zielerreichung der Strukturtypen	199
6.7.1.1	Saisonale Aspekte	199
6.7.1.2	Räumliche Aspekte und Nachbarschaften	199
6.7.1.3	Unsicherheiten in der Bewertung	200
6.7.2	FWK 1_F005_BW	201
6.7.3	FWK 1_F010	201
6.7.4	FWK 1_F009_BW	202
6.7.5	Durchgängigkeit und rheoaktive Fließgeschwindigkeit	203
6.7.6	Kartendarstellung: Ökologischer Zustand und Zielerreichung	204
6.7.6.1	Istzustand: Ökologischer Zustand – Zielerreichung der Strukturtypen (Modell)	204
6.7.6.2	Planzustand: Zielerreichung der Strukturtypen - abgeleiteter ökologischer Zustand	205
6.8	Berücksichtigung der Kanäle	206
6.8.1	Temperatur und Sauerstoffhaushalt	206
6.8.2	Habitats in den Kraftwerkskanälen	209
6.9	Fazit: Planzustand und Zielerreichung	211
7	Abschließende Bewertung und Empfehlungen	214
7.1	Ökologisch begründeter Mindestabfluss	214
7.1.1	Begriffsbestimmungen: Abfluss und erforderliches Habitatangebot	214
7.1.2	Mutterbett	215

7.1.3	Seitenarme	215
7.1.4	Kanäle	215
7.1.5	Abflussdynamik	216
7.2	Abflusssituationen und Abflussregelungen	218
7.2.1	Mindestwasserabgaben in die Iller	218
7.2.2	Vollabflusssituation Iller und Kanäle	218
7.2.3	Systemrelevantes Niedrigwasser NQ und Extremniedrigwasser NNQ	219
7.2.3.1	NQ _{sys} : Systemrelevantes Niedrigwasser	219
7.2.3.2	NNQ _{sys} : Systemrelevantes-Extremniedrigwasser	219
7.2.4	Niedrigwassersituationen und Abflussverteilung	220
7.2.5	Abschätzung der Häufigkeit von NW-Situationen mit Regelungsbedarf	222
7.2.6	Einfluss des Rottachspeichers und der Kraftwerke flussaufwärts	224
7.3	Hinweise zum Sedimentmanagement	225
7.4	Hinweise zur Umsetzung von Maßnahmen	227
7.5	Hinweise zu zusätzlichen Maßnahmen	228
7.6	Hinweise zu einem Monitoring	229
7.7	Fazit: Empfehlungen	230
8	Verwendete Literatur	233
9	Anlagen	236
9.1	Habitatansprüche der modellierten Fischarten	237
9.1.1	Habitatansprüche des Huchen	238
9.1.2	Habitatansprüche der Äsche	240
9.1.3	Habitatansprüche der Barbe	243
9.1.4	Habitatansprüche des Hasel	245
9.1.5	Habitatansprüche der Nase	247
9.1.6	Habitatansprüche der Schneider	249
9.1.7	Habitatansprüche der Groppe	251
9.1.8	Habitatansprüche der Trüsche	252
9.1.9	Hochwassereinstände	254
9.2	Habitatergebnisse Referenzmaßnahmen	255
9.2.1	M33 Wehrabsenkung und Instream-Maßnahmen	255
9.2.2	M42 Neuanlage Seitenarm	261
9.2.3	M46 Aufweitung	264
9.3	Ergebnisse Hydraulikmodell für die Referenzmaßnahmen	270
9.3.1	M33 Wehrabsenkung	270
9.3.2	M46 Aufweitung	272
9.4	Maßnahmenbewertung (Übertragbarkeit)	274
9.5	Planungen der Referenzmaßnahmen M33, M42 und M46/47	275
9.6	Kostenrahmen der Referenzmaßnahmen	276
9.7	Zu den Temperaturmessungen und Sauerstoffmessungen	277
9.8	Abschätzung der morphologischen Eigendynamik der Iller	280
9.9	Flächenanteile der Struktur-/Habitattypen in den FWK	281

Glossar

Abflüsse

HQ100	Hochwasser mit einem statistischen Wiederkehrintervall von 100 Jahren
HQ2	Hochwasser mit einem statistischen Wiederkehrintervall von 2 Jahren
MNQ	Mittlerer Niedrigwasserabfluss (Mittelwert der niedrigsten Abflüsse eines Jahres über eine Zeitreihe von mehreren Jahren (i.d.R. mindestens 20 a))
MNQ_Iller_EnBW	Mittlerer Niedrigwasserabfluss direkt oberhalb der EnBW Ausleitung: (in der Studie abgeschätzt aus dem Abflussverhältnis KW Aitrach zu Pegel Kempten im Jahr 2018)
MNQ_Iller_UIAG	Mittlerer Niedrigwasserabfluss direkt oberhalb der Ausleitungen in den Altenstädter und UIAG Kanal: in der Studie abgeschätzt aus dem Abflussverhältnis KW Aitrach zu Pegel Kempten im Jahr 2018 plus Zuflüsse aus Nebengewässern (Buxach, Memminger Ach) und Grundwasserzuflüssen
MQ	Mittelwasserabfluss (Mittelwert der Abflüsse über eine mehrere Jahre (i.d.R. mindestens 20 a))
MQ_Iller_theor	MQ_Iller_theor ist der Mittlere Abfluss der Iller am Pegel Wiblingen, der vorhanden wäre, wenn nicht ein Teil des Abflusses über den an den UIAG-Kanal angeschlossenen Illerkanal direkt in die Donau fließen würde. (s.a. Kap. 4.3.1). Er beträgt im Untersuchungsabschnitt der Unteren Iller ca. 70 m ³ /s.
NNQ	Niedrigster Abfluss über eine Zeitreihe von mehreren Jahren (i.d.R. mindestens 20 a)
NNQ _{sys}	Systemrelevantes-Niedrigstwasser: Oberhalb dieses Illerabflusses können noch alle technischen, aber nicht mehr alle ökologischen Erfordernisse außerhalb des Mutterbetts sowie in Bescheiden festgelegte Abflussmengen im System der Unteren Iller eingehalten werden Unterhalb dieses Illerabflusses können noch alle technischen, aber nicht mehr die ökologischen Erfordernisse im System der Unteren Iller – auch nicht im Mutterbett – eingehalten werden
NQ _{sys}	Systemrelevantes-Niedrigwasser: bis zu diesem Abfluss können alle ökologischen und technischen Erfordernisse sowie in Bescheiden festgelegten Abflüsse im System der Unteren Iller eingehalten werden
Agile Iller	Gemeinschaftsprojekt der Bundesländer Bayern und Baden-Württemberg zur Verbesserung des ökologischen Zustandes der Unteren Iller mittels hydromorphologischer Maßnahmen https://www.agile-iller.de/
dm	Mittlerer Korndurchmesser, ermittelt aus der Kornverteilungskurve (theoretischer Wert, die mittlere Korngröße ist nicht notwendigerweise die dominante Korngröße)
FWK	Flusswasserkörper
GÖP	Gutes Ökologisches Potential nach EU-WRRL, Zielzustand für HMWB Ökologisches Potential: Der Zustand eines erheblich veränderten oder

	<p>künstlichen Oberflächenwasserkörpers, der nach den einschlägigen Bestimmungen des Anhangs V WRRL entsprechend eingestuft wurde; die Bewertungsskala ist vierstufig: gut und besser – mäßig – unbefriedigend – schlecht</p>
GÖZ	<p>Guter Ökologischer Zustand nach EU-WRRL, Zielzustand für NWB</p> <p>Ökologischer Zustand: Die Qualität von Struktur und Funktionsfähigkeit von Oberflächenwasserkörpern gemäß der Einstufung nach Anhang V WRRL. Die Bewertungsskala ist fünfstufig: sehr gut – gut – mäßig – unbefriedigend – schlecht</p>
HMWB	<p>Erheblich veränderter Wasserkörper (Heavily Modified Water Body)</p> <p><i>"Die Ausweisung erheblich veränderter Gewässer soll sich auf die Fälle beschränken, bei denen die strukturellen Eingriffe zum Erreichen der guten Qualität die Gewährleistungen der erforderlichen Nutzungen nachweislich unmöglich macht."</i> (Ulrich Irmer und Stephan von Keitz, Die Ausnahmeregelung für künstliche und erheblich veränderte Gewässer, in: von Keitz, Schmalholz [Hrsg.], Handbuch der EU-Wasserrahmenrichtlinie, S. 80</p>
hydromorphologischer Zielzustand	<p>Zustand des Gewässer(abschnittes) hinsichtlich seiner Ausstattung mit hydromorphologischen Strukturen, der abgeleitet ist aus den Angaben aus LS GÖ 2019 hinsichtlich der Strukturansprüche der Zielfischarten der unteren Iller</p>
LSGÖ	<p>Landesstudie Gewässerökologie (LS GÖ)</p> <p>"In der Landesstudie Gewässerökologie werden aktuelle Erkenntnisse der Zusammenhänge zwischen Gewässerstruktur und Qualität biologischer Komponenten (Makrozoobenthos und Fische) aus dem Monitoring der EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) aufgegriffen und für die Planung und Umsetzung von Strukturmaßnahmen an Gewässern I. Ordnung durch die Landesbetriebe Gewässer gezielt aufbereitet."</p> <p>https://rp.baden-wuerttemberg.de/themen/wasserboden/gsgoe/ls-goe/</p> <p>LSGÖ (2020): s. Kap. 8 Verwendete Literatur; Die Arbeit gibt für eine Reihe von Fischarten Hinweise auf die Ansprüche an die Flächenanteile wichtiger Gewässerstrukturen</p>
Mindestabfluss, ökologisch begründeter	<p>Der "ökologisch begründete Mindestabfluss" bezeichnet im vorliegenden Bericht den Abfluss, der zum Erreichen bestimmter ökologischer Zielsetzungen im jeweils betrachteten Gewässersystemelement (z.B. Mutterbett, Seitenarm, Kanal) erforderlich ist. Er darf nicht mit der Mindestwasserabgabe an Ausleitungsbauwerken verwechselt werden.</p>
Mindestwasserabgabe	<p>Der Abfluss, der an einem Ausleitungsbauwerk im Gewässer belassen werden muss. Die Mindestwasserabgabe dient der Sicherung der "ökologisch begründeten Mindestabflüsse" in den unterstromigen Gewässerabschnitten. Die Mindestwasserabgabe kann dabei geringer ausfallen als der ökologisch begründete Mindestabfluss (im Falle relevanter, stabiler Zuflüsse unterhalb der Abgabestelle) aber auch höher sein als der im einzelnen Gewässersystemelement erforderliche Mindestabfluss (bei Flussverzweigungen, Seitenarmen, weiteren Ausleitungen etc.).</p>
MZB	<p>Makrozoobenthos (mit bloßem Auge sichtbare wirbellose Lebewesen der Gewässersohle)</p>

NWB	Natürlicher Wasserkörper (Natural Water Body)
Richtwerte	hier: in LSGÖ (2020) als Richtwert angegebener Bedarf einzelner Fischarten an Flächen bzw. an Flächenanteilen verschiedener Strukturtypen
SI	Suitability Index = Eignungsindex, Wert der Habitateignung einer Gewässerfläche zwischen 0 = ungeeignet und 1,0 = optimal geeignet, gute Habitate werden für eine Eignung von 0,6 oder höher angenommen
SI-Klassen Diagramm	Flächendiagramme, welche die Flächenanteile der Habitat-Eignungsklassen für einen Gewässerabschnitt in Abhängigkeit vom Abfluss anzeigen
Trittsteine	<i>Trittsteine sind morphologische Bestandteile der Strahlwege, die sowohl Gewässerorganismen die Durchwanderung erleichtern (in Durchgangs- und Aufwertungsstrahlwegen), als auch die notwendigen Habitate für deren vorübergehende An- und Besiedlung bereitstellen können (in Aufwertungsstrahlwegen). Sie können sowohl kurze Teilabschnitte der Strahlwege mit naturnahen morphologischen Bedingungen (z.B. Abschnitte, die die Anforderungen an die Qualität von Strahlursprüngen erfüllen, aber die Mindestlänge nicht erreichen = qualitativ hochwertige Trittsteine) sein, als auch lediglich aus einzelnen Strukturelementen (z.B. Wurzelteller) bestehen.</i> aus: Strahlwirkungs- und Trittsteinkonzept in der Planungspraxis. LANUV-Arbeitsblatt 16, Recklinghausen, 2011
Untere Iller	hier: der bearbeitete Abschnitt der Iller von der Gemeinde Aitrach bei Fkm 56,725 bis zur Mündung in die Donau bei Fkm 0,0 oberhalb von Ulm
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie der Europäischen Union
Zielwert	<p>hier: Flächenanteil eines Habitat-/Strukturtyps an der Gesamtwasserfläche, der als erforderlich zum Erreichen des "Guten ökologischen Potenzials" bzw. des "Guten ökologischen Zustands" (nach WRRL) angesehen wird. Die jeweils angenommenen Flächenanteile beruhen auf den <i>Richtwerten</i> für fischrelevante Strukturen, die in LSGÖ (2020) angegeben werden (s. Kap. 6.3.3).</p> <p>Die <i>Richtwerte</i> der LSGÖ (2020) sind auf Planungsräume bezogen, die 50% eines Betrachtungsraumes ausmachen. In LSGÖ (2020) wird eine Umsetzung der <i>Richtwerte</i> für die Zielarten in den Planungsräumen als Voraussetzung für einen „Guten ökologischen Zustand“ GÖZ im Betrachtungsraum angesehen. In der Unteren Iller entsprechen die Betrachtungs-räume den einzelnen Flusswasserkörpern. Da hier keine speziellen Planungsräume ausgewiesen sind, wurden die auf 50% reduzierten <i>Richtwerte</i> aus LSGÖ 2020 auf den gesamten Betrachtungsraum/Wasserkörper bezogen. Die Zielwerte für das „Gute Ökologische Potential“ GÖP wurden nochmals um 50% reduziert und liegen damit bei 25% der <i>Richtwerte</i> (s. Kapitel 6.3.3)</p>

1 Zusammenfassung

Hauptziel der vorliegenden Studie ist es, die Erreichbarkeit des Guten Ökologischen Zustands (GÖZ) bzw. Guten Ökologischen Potentials (GÖP) nach Wasserrahmenrichtlinie der EU durch die im Arbeitsprogramm „Agile Iller“ geplanten flussmorphologischen Maßnahmen einzuschätzen, dafür notwendige Mindestabflüsse festzulegen, und Empfehlungen zu geben, welche über das Arbeitsprogramm hinausgehende Maßnahmen notwendig bzw. sinnvoll sind.

Zu diesem Zweck werden die Auswirkungen der Maßnahmen auf die Ökologie der Unteren Iller mit den beinhalteten drei Wasserkörpern 1_F005_BW, 1_F010 und 1_F009_BW untersucht. Um die erwarteten Verbesserungen zu quantifizieren, wurden mit dem Simulationsmodell CASiMiR das Angebot an Fischhabitaten im aktuellen Istzustand und im Planzustand nach Umsetzung der Maßnahmen modelliert und für verschiedene Abflusszenarien untersucht.

1.1 Istzustand und Defizite

Untersuchungsgebiet (Kap. 4.1)

Die Untere Iller zwischen dem Wehr Mooshausen (Fkm 52,925) und der Mündung in die Donau oberhalb Ulm (Fkm 0,000) wird in drei Flusswasserkörper (FWK) gegliedert.

Geprägt werden die Untere Iller wie auch ihr ökologischer Zustand von zwei großen Wasserausleitungen am Wehr Mooshausen (Fkm 52,925 bis 32,000; EnBW) und am Filzinger Wehr (Fkm 31,000 bis 17,600; UIAG) sowie durch morphologische Vereinheitlichung und Begradigung in Verbindung mit insgesamt 34 Querbauwerken (Wehre, Schwellen, Sohlrampen), die lange Staubereiche verursachen (Kap 4.1.1).

Während der unterste FWK 1_F005_BW (Fkm 0,00 bis 17,600) einen „Guten ökologischen Zustand“ aufweist, besitzen die beiden anschließenden FWK, 1_F010 (Fkm 17,600 bis 23,000) und 1_F009_BW (Fkm 23,000 bis 57,000) nur ein „Mäßiges ökologisches Potential“ (Stand 2021) (Kap. 0).

Hydrologie (Kap. 4.3)

Die Hydrologie der Iller ist einerseits durch Schmelzwasserabflüsse aus den Alpen und Voralpen geprägt, andererseits existieren in der Oberen Iller mehrere große Stauhaltungen, welche das Abflussregime beeinflussen (HW-Schutz, Mindestwasservorgaben, Optimierung der Energieerzeugung).

Für die Untersuchungsstrecke relevante Pegel sind der Pegel Kempten (Fkm 102,690) und der Pegel Wiblingen (Fkm 2,100). Seit 2020 liefert der neue Pegel Ferthofen oberhalb des Wehres Mooshausen (Fkm 52,925) Abflusswerte kurz oberhalb der Ausleitungen, allerdings ohne den Zufluss der Aitrach.

Der Abfluss in der Iller steigt nicht proportional zur Einzugsgebietsgröße an, weshalb die Niedrigwassersituation in der Unteren Iller verschärft ist. Die Beziehung zwischen den Niedrigwasserabflüssen am Wehr Mooshausen und den Abflüssen am Pegel Kempten wurde aus Messdaten des Jahres 2018 mit einer sehr trockenen Sommerphase abgeschätzt (Kap. 4.3).

Morphologie (Kap. 4.5)

Die Untere Iller war ursprünglich stark verzweigt mit Auebereichen und Gewässerbreiten bis zu 1000 m. Sie ist heute morphologisch deutlich verändert, verbaut, begradigt und in ein enges Bett gefasst. Als Folge dieser Verbauungen und des Geschieberückhalts im Oberlauf weist die Untere Iller ein beträchtliches Geschiebedefizit mit einer erheblichen Tendenz zur Eintiefung auf. Der Bedarf an Geschiebematerial für eine längerfristige Sohlstabilisierung wird im Mittel auf rd. 500 bis 1 000 m³ pro km und Jahr geschätzt.

Grundwasser (Kap. 4.6)

Die Eintiefung der Illersohle um mehrere Meter und die Ausleitung eines großen Abflussanteils in die abgedichteten Kanäle haben deutliche Grundwasserabsenkungen bewirkt, die durch die zahlreichen Schwellen teilweise kompensiert wurden. Die GW-Stände weisen in den letzten Jahren zu einem Großteil eine sinkende Tendenz auf.

Temperatur und O₂ (Kap. 4.7)

Bei Temperatur- und O₂-Messungen über 16 Monate wurden keine kritischen Sauerstoffsättigungen festgestellt. Vereinzelt wurden jedoch mit 23 bis 24 Grad Wassertemperaturen erreicht, die über dem Grenzwert für Cypriniden-geprägte Gewässer des Rhithrals liegen. Diese hohen Temperaturen treten allerdings schon oberhalb der Ausleitungsstrecken auf und werden durch Abflusserhöhungen in den Mindestwasserstrecken nur wenig beeinflusst. (Temperaturmessungen im EnBW Kanal sind in Kap. 6.8.1 erläutert.)

Makrozoobenthos (MZB) (Kap. 4.8)

Eine Bewertung anhand der MZBFauna (Umweltatlas Bayern, 2021) ergibt für die drei FWK hinsichtlich der Saprobie die Stufe „gut“, hinsichtlich der "allgemeinen Degradation" im untersten FWK 1_F005_BW die Stufe "gut". Das Potenzial im mittleren FWK (F010) wird mit "mäßig" und im obersten FWK 1_F009_BW mit "gut" angegeben. Die Habitatbedingungen für das Zoobenthos werden in der vorliegenden Studie über die Habitatsimulationen für die Fischhabitats mit abgedeckt, wobei für das Zoobenthos insgesamt eine größere Diversität der bestimmenden Parameter anzustreben ist.

Habitats (Kap. 4.2, 4.4, 4.9)

Zentraler Bestandteil der Defizitanalyse für den Istzustand der Unteren Iller sind Habitatuntersuchungen mit dem Modell CASiMiR:

Als Basis hierfür dienten zum einen Kartierungen von Sohlsubstraten und Unterständen (Kap. 4.2.2) und ein hydraulisches Modell der gesamten untersuchten Unteren Iller mit drei detaillierten Teilmodellen (Kap. 4.9.3).

Für insgesamt 23 Fischarten/-altersstadien wurden Habitatmodellierungen durchgeführt, die anschließend auf 6 maßgebende Habitat-/Strukturtypen reduziert wurden

Als Ergebnis liegen die Flächenanteile dieser 6 Habitat-/Strukturtypen, differenziert nach 5 Eignungsklassen, vor. Die Modellierungen wurden für 10 Abflüsse durchgeführt.

Defizite und Verbesserungsmaßnahmen (Kap. 4.10)

Die Auswertung der Habitat-Längsschnitte und ein Vergleich mit den hydromorphologischen Zielwerten ermöglicht die Identifizierung der Defizite und führt zu folgenden Aussagen (Kap. 4.10.4):

- Die durch Wasserentnahmen und zahlreiche Querbauwerke beeinflussten FWK 1_F010 und 1_F009_BW weisen für alle Habitat-/Strukturtypen außer Typ 6 deutliche bis starke Defizite auf.
- Der weitgehend freifließende FWK 1_F005_BW, der von einer wesentlich geringeren Abflussreduzierung betroffen ist, weist vor allem an den verbauten Ufern und teilweise auch bei den geschlebeabhängigen Kiesstrukturen Defizite auf. Die anderen Typen sind in ausreichendem oder nahezu ausreichendem Umfang vorhanden.

Als wichtigste Elemente von Verbesserungsmaßnahmen ergeben sich hieraus:

- Erhöhung der Fließgeschwindigkeiten in tiefen und flachen Zonen
- Einbringung von kiesigen Substraten mittlerer Größe und Schutz vor schnellem Austrag
- Strukturierung der Uferbereiche
- Strukturierung des Gewässerbetts
- Schaffung von Ersatzlebensräumen
- Verringerung der Hochwasserbelastung

1.2 Referenzmaßnahmen und Wirkung

Anhand von drei unterschiedlichen Referenzmaßnahmen wurde untersucht, welche Auswirkungen auf den ökologischen Zustand der Unteren Iller von den 59, im Rahmen des Arbeitsprogramms „Agile Iller“ geplanten Maßnahmen, zu erwarten sind.

An diesen „Referenzmaßnahmen“ wurden beispielhaft Planungen durchgeführt, die mittels Hydraulik, Morphologie- und Habitatmodellierungen iterativ optimiert wurden. Ziel der Planungen war die bestmögliche Kompensation der im Istzustand festgestellten Defizite.

Ausgewählt wurden die folgenden Maßnahmen:

Maßnahme	Fkm	Typ
M33	34,680	Strömungsverbesserung / Absenkung - Umbau der Schwelle in eine flache Sohlrampe
M42	27,100	Seitenarm - Herstellung eines Seitenarmes rechtsseitig
M46 + 47	21,000 – 22,100	Aufweitung - Naturnahe Umgestaltung des Gewässerprofils beidseitig (Entnahme Uferverbau, Abflachen der Ufer und Einbau von Strukturelementen (Buhnen, Totholz)); Schaffung von Kieslaichplätzen

Vergleich der Referenzmaßnahmen (Kap. 5.6)

Durch Seitenarme kann die größte Vielfalt an Habitaten geschaffen werden, Seitenarme können als einzige Maßnahme den Habitat-/Strukturtyp 3 „Überströmte Kiesflächen“ und den Habitat-/Strukturtyp 4 „stark überströmte Kies-Steinflächen/Furten“ in deutlichem Umfang zur Verfügung stellen. In den Seitenarmen ist es am ehesten möglich, Dynamik mit Umlagerung von Kiesbänken zu erreichen und auch der Habitat-/Strukturtyp 5 „Fließrinnen“ kann in merklichem Umfang geschaffen werden.

Struktur-Typ		M33 Wehrabsenkung		M42 Seitenarm	M46 Aufweitung
Typ		um 0,5 m	um 1m	Bezug: Seitenarm + Mutterbett	
1	Flache, strömungsarme Ufer				
2	Flach abfallende, angeströmte Hänge				
3	Überströmte Kiesflächen				
4	stark überströmte Furten				
5	gut durchströmte Fließrinnen				
6	ausgedehnte Kolke				

	< 25% des Zielwerts erreicht		75 bis < 100% des Zielwerts erreicht
	25 bis < 50% des Zielwerts erreicht		Zielwert erreicht oder übertroffen
	50 bis < 75% des Zielwerts erreicht		

Absenkungen haben großräumigere Strömungsverbesserung zur Folge, die in Kombination mit struktureller Aufwertung der Ufer vor allem Habitattypen für strömungsliebende Arten fördern. Larval- und Laichhabitate (Habitat-/Strukturtyp 1) entstehen nur in geringem Umfang.

Aufweitungen im Mutterbett können vor allem für **Jugendstadien** (Habitat-/Strukturtyp 2) gute Habitats schaffen. Sie sind die einzige Maßnahme mit einem merklichen Angebot an Rückzugsräumen, zumindest bei kleineren Hochwässern. Für strömungsliebende Arten und Stadien bleibt das Angebot an wichtigen Fließrinnen (Habitat-/Strukturtyp 5) bei den meist niedrigen Abflüssen auf den kurzen Stauwurzelbereich beschränkt, auch wenn Strömung und Substrat durch die heterogene Morphologie insgesamt vielfältiger werden.

1.3 Planzustand und Zielerreichung

Sedimenthaushalt (Kap. 6.1)

Für die Iller ist generell, insbesondere aber für Absenkungs- und Aufweitungsmaßnahmen die Bereitstellung von zusätzlichem Geschiebe notwendig. Die Absenkung von Schwellen würde ohne Deckung des Kiesdefizits mittel- bis langfristig zu unveränderten Sohl- und Strömungsverhältnissen bei niedrigerem Sohl- und Grundwasserniveau führen. Die Aufweitungsmaßnahmen erhöhen zwar die Heterogenität des Gewässers und der Strömung, jedoch fehlt weiterhin das Kies- bzw. Geschiebematerial zur Erzielung einer besseren Substratdiversität. Die Aktivierung einer begrenzten Morphodynamik mit periodischer Umlagerung von Kiesbänken ist vor allem in den Seitenarmen und hier mit weitaus kleineren Abflüssen als im Mutterbett möglich (s.a. Kap.5.4.5). Zusätzliche Geschiebequellen können lokal durch das Zulassen von Seitenerosion erschlossen werden.

Grundwasser (Kap. 6.2)

Bei Feldversuchen zeigte sich, dass sowohl Sohlerhöhungen als auch Absenkungsmaßnahmen sich auf die Grundwasserspiegel zwar im Nahbereich der Iller schnell und deutlich auswirken, aber mit zunehmender Entfernung schnell abklingen. In Bereichen mit überwiegendem Grundwasseraustrag ist davon auszugehen, dass Maßnahmen im Flussbereich geringen Einfluss auf die begleitenden Grundwasserspiegel haben. Zusätzlichen Einfluss hat die Kolmation der Illersohle, die bei starker Ausprägung den Einfluss auf den Grundwasserspiegel zusätzlich abmindert.

Generell ist eine Erhöhung des Mindestabflusses in den Ausleitungsstrecken der Iller mit der damit verbundenen Erhöhung des Wasserspiegels im Mutterbett im Hinblick auf das Grundwasser als positiv zu bewerten.

Maßgebende Habitat-/Strukturtypen und Zielwerte (Kap. 6.3)

Die im Istzustand untersuchten 23 Habitattypen wurden für die Untersuchung des Planzustands auf 6 fischökologisch relevante Strukturtypen reduziert. Die einzelnen Strukturtypen entsprechen in der Regel mehreren funktionellen Habitattypen. Unter diesen wurde jeweils der Habitattyp mit dem anspruchsvollsten Flächenbedarf berücksichtigt.

Mit dem Habitatmodell CASiMiR wurde das Flächenangebot der 6 fischrelevanten Strukturtypen ermittelt. Dieses Angebot wurde mit den entsprechenden Zielwerten verglichen und der Grad der Zielerreichung bestimmt.

Übertragung der Referenzmaßnahmen Ergebnisse (Kap. 6.4)

Die Habitatmodellierungen wurden nicht für alle geplanten Maßnahmen des Arbeitsprogramms „Agile Iller“ durchgeführt, sondern es wurde für die drei häufigsten Maßnahmentypen „Strömungsverbesserung (Absenkung)“, „Seitenarm“ und „Aufweitung“ je eine Referenzmaßnahme modelliert (s. Kap. 4.11)

Die Randbedingungen (verfügbarer Raum, Abfluss und Gefälle etc.) der Referenzmaßnahmen wurden, mit denen der übrigen geplanten Maßnahmen verglichen. Auf diesem Vergleich beruhend wurden für jedes der verglichenen Projekte „Gestaltbarkeitsfaktoren“ abgeleitet. Mit Hilfe der Gestaltbarkeitsfaktoren wurden die Ergebnisse der Referenzmaßnahmen auf Maßnahmen an anderen Standorten projiziert.

Habitat-/Strukturangebot (Kap. 6.5)

Das Habitat-/Strukturangebot wurde entlang der gesamten untersuchten Illerstrecke dargestellt. Entsprechende Längsschnitte wurden für alle 6 Habitat-/Strukturtypen bei jeweils 5 Abflüssen zwischen 5 und 20 m³/s erstellt.

Die Längsschnitte stellen die Flächenanteile der Habitat-/Strukturtypen zusammen mit der Abgrenzung der Wasserkörper und den geplanten Maßnahmen dar und bilden so eine geeignete Grundlage für die Interpretation der räumlichen Verfügbarkeit und Vernetzung der Habitate.

Zielerreichung der Habitat-/Strukturtypen in den Wasserkörpern (Kap. 6.6)

Das Flächenangebot an gut nutzbaren Strukturen ergibt sich aus der Integration der in den Längsschnitten aufgezeigten sehr guten und guten Flächen (SI >= 0,6). Diese Integration erfolgte für jeden Strukturtyp jeweils bei 5 verschiedenen Abflüssen und innerhalb eines jeden der drei Wasserkörper. Das ermittelte abflussabhängige Flächenangebot wurde mit den Zielwerten verglichen. Hiermit kann beurteilt werden, inwieweit die Zielwerte erreicht werden (Zielerreichung) und welche Abflüsse hierfür erforderlich sind.

Erreichbarer ökologischer Zustand in den Wasserkörpern (Kap. 6.6.3)

Der erreichbare ökologische Zustand bzw. das erreichbare ökologische Potenzial werden auf Grundlage der Fläche der angebotenen Habitat-/Strukturtypen eingeschätzt. Neben dem Angebot an Habitat-/Strukturtypen spielen zusätzliche Aspekte (Kap. 6.7.1), wie die Saisonalität der Habitatnutzung sowie die räumliche Lage und Vernetzung von Habitaten für die Bewertung des ökologischen Zustands eine Rolle.

Für den nach Durchführung der geplanten Maßnahmen und bei Einhaltung der Mindestwasserempfehlung erwarteten ökologischen Zustand der Unteren Iller ergibt sich damit folgendes Bild:

FWK	Aktueller Zustand	Zielerreichung Gewässerstruktur (nach Maßnahmen)	empfohlene Zusatzmaßnahmen	Zielerreichung nach WRRL (biologisch)	Mindestabfluss (in F009_BW davon teilweise 2 m³/s in Seitenarmen)	
					Mrz. - Okt.	Nov. - Feb.
F005_BW	GÖZ 2021 bereits erreicht	fast erreicht Defizit bei überströmten Kiesflächen	Aufweitungen, Geschiebemanagement (grobe Fraktionen)	positiver Einfluss durch Verbindung mit der Donau	11 m³/s	5 m³/s
F010	GÖP	teilweise erreicht Defizit bei überströmten Kiesflächen & Schnellen	Absenkungen, Geschiebemanagement (mittlere Fraktionen), Seitenarme	Ein gutes ökologisches Potenzial kann sich ausbilden bei: <ul style="list-style-type: none"> • angepasstem Kies- und Geschiebemanagement • ökologisch verträglicher Hochwasserableitung (HW-Refugien, HW-Glättung) • weiterer gezielter Förderung der Defizitstrukturen 	11 m³/s	3 m³/s
F009_BW	GÖP	größtenteils erreicht Defizit bei überströmten Kiesflächen; kritisch bei strömungsarmen Uferbereichen	Aufweitungen, Geschiebemanagement (mittlere Fraktionen)		11 m³/s	5 m³/s

In allen Abschnitten sind die **hydromorphologischen Voraussetzungen zum Erreichen des guten Ökologischen Zustands (GÖZ) / des guten ökologischen Potentials (GÖP) wesentlich verbessert**. Ohne Zusatzmaßnahmen bleibt jedoch das Erreichen einer besseren Bewertungsstufe nach WRRL fraglich. Für ausreichende Verbesserungen sind zusätzliche Maßnahmen vor allem zur Schaffung von Hochwasserrefugien und ein umfassendes Geschiebemanagement erforderlich.

Aufbauend auf die morphologischen Maßnahmen kann insbesondere Flusswasserkörper 1_F009_BW durch Zusatzmaßnahmen eine bessere Bewertung erreichen (GÖP). In den Flusswasserkörpern 1_F005_BW und 1_F010 wird durch die geplanten Maßnahmen, neben der Verbesserung/Erhaltung des ökologischen Zustands/Potenzials, ihre wichtige Funktion als Verbindungsstrecke von der Donau zum Oberlauf der Iller deutlich gefördert.

Unsicherheiten wurden bei der Bewertung nur teilweise berücksichtigt (Kap. 6.7.1.3), d.h. es wurde **kein „ökologischer Sicherheitszuschlag“** angesetzt. Insofern ist davon auszugehen, dass die daraus abgeleiteten Abflüsse **untere Grenzwerte** darstellen, die im Falle, dass sich die erwarteten positiven ökologischen Effekte nicht einstellen, zu erhöhen sind.

Berücksichtigung der Kanäle (Kap. 6.8)

Die beiden großen Kanäle der EnBW und UIAG bieten nur vereinzelt fischrelevante Strukturen; bei niedrigen Abflüssen mit geringen Fließgeschwindigkeiten. Die kleinen Kanäle weisen zwar lokal gute Strukturen, eine kiesige Sohle und deutliche Strömung auf, insgesamt ist aufgrund ihrer Strukturarmut aber nur eine zahlen- und artenmäßig begrenzte Fischbesiedlung möglich.

In den großen Kanälen kann der Abfluss in extremen Wassermangelsituationen ohne gravierende ökologische Nachteile vorübergehend bis auf $0 \text{ m}^3/\text{s}$ reduziert werden. Als **technisch erforderlicher Abfluss** wurde $1 \text{ m}^3/\text{s}$ angenommen. In den **kleinen Kanälen** wird zur Erhaltung einer Mindestströmung von ca. $0,2 \text{ m/s}$ ein **Mindestabfluss** von $0,7 \text{ m}^3/\text{s}$ empfohlen, in Extremsituationen kann **kurzzeitig** eine Absenkung auf $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ toleriert werden.

1.4 Empfehlungen

Ökologisch begründeter Abfluss (Kap. 7.1)

Die Abflussempfehlungen beruhen auf den durchgeführten Habitatsimulationen für den Planzustand nach Umsetzung der Maßnahmen aus dem Arbeitsprogramm „Agile Iller“. Bei deren Auswertung wurden saisonale Aspekte und räumliche Vernetzung der Habitate berücksichtigt.

Im **Mutterbett der Iller** sollten nach vollständiger Umsetzung der Maßnahmen zur Sicherung der wenigen dort vorhandenen guten Laichhabitate im Mutterbett und der vorhandenen Adulthabitate die folgenden Abflüsse nicht unterschritten werden:

FWK 1_F009_BW, „Sommer“: $Q_{\min} = 11 \text{ m}^3/\text{s}$ (inkl. $2 \text{ m}^3/\text{s}$ Seitenarme)

FWK 1_F010, „Sommer“: $Q_{\min} = 11 \text{ m}^3/\text{s}$

Der relevante Zeitraum erstreckt sich von **1. März bis 31. Oktober** (Laichzeit der Frühjahrslaicher, Aktiv- und Wachstumsphase typischer rheophiler Flussfische bis Rückzug in die Winterhabitate).

Im **Winter (1. November bis 29. Februar)** können die Ansprüche ab $3 \text{ m}^3/\text{s}$ im Mutterbett erfüllt werden (s.a. Kap. 6.7.3 und 6.7.4). Unter $3 \text{ m}^3/\text{s}$ ist die Durchgängigkeit nicht gewährleistet. Die folgenden Abflüsse sollten demnach nicht unterschritten werden.

FWK 1_F009_BW, „Winter“: $Q_{\min} = 5 \text{ m}^3/\text{s}$ (inkl. $2 \text{ m}^3/\text{s}$ Seitenarme)

FWK 1_F010, „Winter“: $Q_{\min} = 3 \text{ m}^3/\text{s}$ (keine Abzweigung von Seitenarmen in 1-F010)

Die **Seitenarme** benötigen für Durchgängigkeit und Habitatfunktionen **ganzjährig** einen Q_{\min} von $2 \text{ m}^3/\text{s}$. In extremen Niedrigwassersituationen kann zeitweilig die Durchgängigkeit der Seitenarme aufgegeben werden. Damit kann der Abfluss in diesen Extremphasen auf $Q_{\min_extr} = 1 \text{ m}^3/\text{s}$ reduziert werden.

In den **großen Kanälen** kann der Abfluss ohne gravierende ökologische Nachteile reduziert werden bis auf $Q_{\min} = 0 \text{ m}^3/\text{s}$. Als **technisch erforderlicher Mindestabfluss** wird ein Wert von $Q_{\min} = 1 \text{ m}^3/\text{s}$ angenommen (evtl. aufgrund einer nachgewiesenen technischen Notwendigkeit anzupassen).

In den **kleinen Kanälen** (Altenstädter, Kaula, Gießen) sollte zum Schutz der lokal vorhandenen Habitate ein Durchfluss von $Q_{\min} = 0,7 \text{ m}^3/\text{s}$ nicht unterschritten werden. In extremen Niedrigwassersituationen wird eine **kurzfristige Reduktion auf $Q_{\min_extr} = 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$** als tolerierbar angesehen.

Abflusssdynamik

Ein "dynamisierter" Abfluss auf dem Niveau der Mindestwasserabflüsse ist als ökologisch **wenig wirksam** einzustufen.

Eine **Wehrsteuerung in Abhängigkeit von Hochwasseran- und -abstieg** wird jedoch empfohlen, um die derzeitigen schnellen Abflussänderungen, die weit höhere Änderungsraten aufweisen als natürliche Hochwässer, zu reduzieren.

Mindestwasserabgaben in die Iller

Aus den oben genannten ökologisch begründeten Abflüssen ergeben sich die folgenden empfohlenen Mindestwasserabgaben an den Entnahmen der EnBW und der UIAG:

Mindestwasserabgaben	März bis Oktober	November bis Februar
EnBW (Wehr Mooshausen)	11 m ³ /s	5 m ³ /s
UIAG (Filzinger Wehr)	11 m ³ /s	5 m ³ /s

Bis zur vollständigen Umsetzung der geplanten Maßnahmen wird empfohlen, die Mindestwasserabgabe im Sommer (März bis Oktober) auf 18 m³/s (Wehr Mooshausen und Filzinger Wehr) zu erhöhen (s. Kap. 7.2.1). Im Winter muss im Mutterbett ein Abfluss von mindestens 3 m³/s gewährleistet sein. Die Abgaben im Sommer können mit fortschreitender Umsetzung der Maßnahmen sukzessive verringert werden bis auf die in der Tabelle genannten Werte.

Abflussregelungen (Kap. 7.2)

Für die Abflussregelungen wird zwischen zwei Abflusswerten unterschieden, bei denen Regelungsbedarf für die kleinen Kanäle bzw. für die kleinen Kanäle und Seitenarme eintritt (Kap. 7.2.3).

Diese sind

NQ_{sys} = Systemrelevantes-Niedrigwasser und

NNQ_{sys} = Systemrelevantes-Extremniedrigwasser.

Bei Unterschreitung von NQ_{sys} ergibt sich Abflussregelungsbedarf für die kleinen Kanäle (Gießen, Altenstädter und Kaulakanal), bei Unterschreitung des NNQ_{sys} zusätzlich für die Seitenarme.

Für die detaillierten **Abflussregelungen** wird auf das entsprechende Kapitel 7.2 Abflusssituationen und Abflussregelungen verwiesen, da die einzelnen Regelungen am besten über die dort enthaltenen Schemadiagramme zu erfassen sind.

Häufigkeit des Regelungsbedarfs

Eine Auswertung der Pegeldata Kempten für die 20 Jahre zwischen 2000 bis 2019 ergibt folgenden Häufigkeiten:

- Der NQ_{sys} an der Ausleitung **Wehr Mooshausen** (EnBW) wurde an insgesamt **17 Tagen** unterschritten, Unterschreitungen traten in **2 von 20 Jahren** auf (2003 und 2018)
- Der NQ_{sys} an der Ausleitung **Filzinger Wehr** (UIAG) wurde an insgesamt **60 Tagen** unterschritten, Unterschreitungen traten in **6 von 20 Jahren** auf.
- Der NNQ_{sys} an der Ausleitung **Wehr Mooshausen** (EnBW) wurde an insgesamt **16 Tagen** unterschritten. Die Unterschreitungen traten in **2 von 20 Jahren** auf (2003 und 2018).
- Der NNQ_{sys} an der Ausleitung **Filzinger Wehr** (UIAG) wurde an insgesamt **15 Tagen** unterschritten. Die Unterschreitungen traten in **2 von 20 Jahren** auf (2003 und 2018).

Für die Hinweise zum **Sedimentmanagement** (Kap. 7.3), Hinweise zur **Umsetzung von Maßnahmen** (Kap. 7.4), Hinweise zu **zusätzlichen Maßnahmen** (Kap. 7.5) und Hinweise zum **Monitoring** (Kap. 7.6) wird auf die jeweiligen Kapitel verwiesen.

1.5 Gesamtfazit

Was bringen die Maßnahmen?

Die geplanten Maßnahmen bringen, bei adäquater Umsetzung, eine umfangreiche Wiederherstellung ökologisch relevanter Strukturen, ohne welche eine Erholung des ökologischen Systems Iller – zumindest bis zu den von der WRRL geforderten Qualitätsstufen (GÖP, GÖZ) – nicht denkbar ist. Die Umsetzung der Maßnahmen wird auf jeden Fall zu deutlichen Verbesserungen des Ökosystems Untere Iller führen.

Was bringen die Maßnahmen nicht?

Die geplanten Maßnahmen reichen nicht aus, die Realisierung der von der WRRL geforderten Zustandsklassen zu gewährleisten. Durch zusätzliche Maßnahmen kann dies jedoch erreicht werden und eine umfangreiche ökologische Erholung wesentlich gefördert werden.

Zusätzlich erforderliche Maßnahmen

Weitergehende Verbesserungen werden befördert durch:

- ein umfangreiches überregionales Kies- und Geschiebemanagement und weitere Maßnahmen, die sowohl die bestehenden Defizite an Kiesflächen als auch Geschiebeverluste im Hochwasserfall ausgleichen;
- eine ökologisch verträgliche Ableitung von Hochwassern, welche dadurch begünstigt wird, dass
 - Anstieg und Abfall der Abflusskurven durch ein angepasstes Wehrreglement abgeflacht werden (siehe Abflussdynamik)
 - der bislang konzentrierte Abfluss der Hochwasserwelle flächiger abgeleitet wird oder auf mehrere Abflussrinnen (Flutmulden) verteilt wird.
 - die Abflussspitzen durch Rückhaltmaßnahmen reduziert werden.

2 Einleitung

2.1 Veranlassung und Zielsetzung

2.1.1 Großprojekt Illersanierung

Die **Untere Iller zwischen Aitrach (Fkm 56,725) und der Mündung in die Donau (Fkm 0,0)** ist stark durch Begradigungen, Hochwasserschutzmaßnahmen, Wasserkraft und andere Nutzungen verändert. Infolge dieser Einflüsse sind u.a. folgende Beeinträchtigungen vorhanden:

- eine beträchtliche Störung des Geschiebehaushalts,
- eine starke Tiefenerosion des Flussbettes,
- eine Degradierung der Auebereiche und Absenkungen des Grundwasserspiegels.

Im Fluss selbst sind sowohl die Ufer (Verbau) wie auch die Gewässersohle (Erosion, fehlende Umlagerung, Strukturdefizite) degradiert. Das Längsgefälle ist durch zahlreiche Querbauwerke merklich reduziert, das Strömungsverhalten ist deutlich vereinheitlicht, es sind für Fließgewässer untypische ausgedehnte stillwasserähnliche Bereiche vorhanden.

Um die genannten Defizite zu verbessern, wurde 2017 unter der Leitung des Wasserwirtschaftsamtes Kempten (Bayern) und des Regierungspräsidiums Tübingen (Baden-Württemberg) das Projekt "Agile Iller" in die Wege geleitet. Maßgebend für die erreichbaren Verbesserungen ist u.a. ein **ökologischer Mindestabfluss**.

2.1.2 Bewirtschaftungsziele

Nach der WRRL der EU sollen die Fließgewässer bis spätestens 2027 einen für den jeweiligen Fließgewässertyp charakteristischen guten Zustand erreichen. Gewässer, in denen dieser Zustand aufgrund irreversibler Änderungen oder Nutzung nicht zu erreichen ist, sollen zumindest ein gutes ökologisches Potenzial aufweisen.

In der Unteren Iller werden drei Flusswasserkörper unterschieden:

- 1_F009_BW Iller von Aitrach bis Illertissen (Fkm 57 bis Fkm 23)
- 1_F010 Iller von Illertissen bis Einmündung UIAG-KANAL (Fkm 23 bis 17,6)
- 1_F005_BW Iller von Einmündung UIAG-KANAL bis Mündung in die Donau (Fkm 17,6 bis 0)

Die Flusswasserkörper **1_F_009_BW und 1_F_010** sind als erheblich verändert eingestuft, so dass ein **gutes ökologisches Potenzial** das Ziel ist. Der Flusswasserkörper **1_F_005_BW** ist als "nicht erheblich verändert" eingestuft, so dass ein **guter ökologischer Zustand** zu erreichen ist.

Wesentliche Indikatoren des Gewässerzustands sind nach der WRRL die biologischen Qualitätskomponenten. In der Unteren Iller sind dies vor allem die Fischfauna und die Makrozoobenthosbesiedlung. Diese Komponenten sollen eine für den Fließgewässertyp 4 „große Flüsse des Alpenvorlandes“ typische Ausprägung erreichen. In den Staubereichen sollen die Bedingungen für eine angepasste, stabile Fisch- und Makrozoobenthosbesiedlung geschaffen werden, die allerdings nicht mehr mit der ursprünglichen Gewässerfauna identisch sein muss.

Eine umfangreiche Analyse der bestehenden Situation, der Defizite und Vorschläge für Maßnahmen zu deren Behebung werden im Gewässerentwicklungskonzept Untere Iller Fkm. 0,0 bis 56,725 (Blasy & Øverland 2017) aufgeführt und im **Arbeitsprogramm Gewässerentwicklung Iller** (WWA Donauwörth 2017) weitergeführt. Auf dieser Grundlage erarbeiten der Freistaat Bayern und das Land Baden-Württemberg unter der Federführung des Wasserwirtschaftsamtes Donauwörth ein Arbeitsprogramm für Gewässerentwicklungsmaßnahmen in diesem Illerabschnitt.

2.1.3 Maßnahmenvorschläge

Im Gewässerentwicklungskonzept und Arbeitsprogramm Gewässerentwicklung für die Untere Iller werden Entwicklungsziele für die einzelnen Illerabschnitte benannt und Maßnahmen zu deren

Erreichung vorgeschlagen. Dabei handelt es sich überwiegend um Maßnahmen zur Verbesserung der Situation

1. des **Strömungsverhaltens** (Strömungsstrukturen und Fließgeschwindigkeit) im Mutterbett,
2. der **Habitatstrukturen** im Mutterbett,
3. der **Aueanbindung**, Regenerierung der Aue und des **Grundwasserkörpers**,
4. des **Geschiebehaushalts** im Mutterbett,
5. der **Durchgängigkeit** im Mutterbett,
6. des **Temperaturhaushalts** im Mutterbett insbesondere in den Staubereichen.

Ergänzend und als Ersatz für die im Mutterbett nicht realisierbaren Lebensräume wird

7. die Anlage von **naturnah gestalteten Seitenarmen** vorgeschlagen.

Im vorliegenden Gutachten wurden konkret die Auswirkungen von Seitenarmen und Gewässeraufweitungen, sowie die Verbesserung der Strömungsverhältnisse im Mutterbett betrachtet.

2.1.4 Mindestabfluss

Da die Untere Iller in langen Abschnitten durch umfangreiche Ausleitungen betroffen ist, sind all diese Maßnahmen im Zusammenhang mit den **ökologisch begründeten Mindestabflüssen** zu sehen. Diese hängen eng mit der morphologischen Gestaltung und Anpassung des Mutterbettes und der Seitenarme zusammen, deren Optimierung damit eine maßgebende Rolle bei der Wiederherstellung gewässertypischer Verhältnisse spielt.

Maßstab für die Bewertung der Verbesserungsmaßnahmen - in Kombination mit Abflussregelungen - ist das entstehende **Habitatangebot**. Besonderes Augenmerk dabei gilt dabei der konkurrierenden Beschickung von Mutterbett, Seitenarmen und Kraftwerkskanälen.

2.1.5 Ingenieurbiologisches Gutachten

Ergänzend zum Arbeitsprogramm wurde das vorliegende Ingenieurbiologische Gutachten erstellt, welches, neben der Konkretisierung der Maßnahmen zur Verbesserung des Habitatangebots, insbesondere die Ermittlung eines ökologisch begründeten Mindestabflusses in der Unteren Iller und den angeschlossenen Kanälen zwischen Fkm 52,925 und 0,000 zum Ziel hat.

Für das Erreichen des guten ökologischen Zustands (**GÖZ**)/guten ökologischen Potenzials (**GÖP**) wird die **Schaffung von gewässertypischen Habitaten** als maßgebend angesehen. Diese Habitate sind unmittelbar mit den genannten biologischen Qualitätskomponenten (Fischfauna und Makrozoobenthosbesiedlung) verknüpft.

Modellierungen der Habitatverhältnisse auf der Grundlage von Maßnahmenentwürfen lassen eine Wirkungsprognose zu. Anhand dieser Prognose wurden eine Konkretisierung, Optimierung und Wirkungsanalyse der Maßnahmen durchgeführt.

2.2 Ablauf der Untersuchungen

Die Untersuchungen zur vorliegenden Studie beinhalten die folgenden Hauptschritte, die sich auch in der Gliederung des Berichts widerspiegeln:

Istzustand und Defizite (Kap. 4)

- Vermessungen Detailstrecken, Kartierungen und Sedimentproben
- Hydraulikmodellierung für 4 Detailstrecken und das Gesamtsystem (10 Abflüsse) sowie Integration in ein Geographisches Informationssystem (GIS)
- Morphologische Modellierung und Bewertung
- Temperatur- und Sauerstoffmessungen
- Habitatmodellierung für die Detailstrecken und das Gesamtsystem im Istzustand
- Auswahl der maßgebenden Habitattypen (→ Strukturtypen) und Bewertung
- Auswertung der vorhandenen Flächenanteile der Habitat-/Strukturtypen
- Definition von Zielwerten für die Flächenanteile (orientiert an LSGÖ 2019)
- Synthese und Defizitbenennung

Referenzmaßnahmen und erreichbare Habitate (Kap. 5)

- Auswahl von 3 Maßnahmen aus dem Arbeitsprogramm (M33 Strömungsverbesserung, M42 Seitenarm, M46 Aufweitung) als Referenzmaßnahmen
- Durchführung der Planung für die Referenzmaßnahmen
- Erstellung von Digitalen Geländemodellen (DGMs) und Hydraulikmodellen
- Hydraulikmodellierung für die 3 Referenzmaßnahmen (10 Abflüsse)
- Modellierung der morphologischen Entwicklung
- Habitatmodellierung für die 3 Referenzmaßnahmen und Optimierung der Planung
- Auswertung der erreichbaren Flächenanteile für die Habitat-/Strukturtypen
- Beurteilung der Wirkungen der 3 Referenzmaßnahmen

Planzustand und Wirkungen der Maßnahmen auf das Gesamtsystem (Kap. 6)

- Übertragung der Habitatflächen aus den 3 Referenzmaßnahmen auf das Gesamtsystem mit allen Maßnahmen
- Auswertung der erreichbaren Flächenanteile für die Habitat-/Strukturtypen in den FWK
- Ermittlung der Zielerreichung für die maßgebenden Habitat-/Strukturtypen
- Bewertung des erreichbaren ökologischen Zustands in den FWK über die Flächenanteile der Habitate und deren räumliche Verteilung/Vernetzung
- Einbeziehung der Kraftwerkskanäle, sowie von Temperatur-, Morphologie- und Grundwasseraspekten

Bewertung und Empfehlungen (Kap.7)

- Ermittlung des ökologischen begründeten Mindestabflusses in den Systemelementen (Mutterbett, Seitenarme, große Kanäle, kleine Kanäle) auf Basis der Zielerreichung nach Maßnahmenumsetzung
- Entwicklung von Abflussregelungen für das System Iller Mutterbett – Seitenarme – Kanäle
- Gesamtbewertung mit Hinweisen zu Sedimentmanagement, Umsetzung und Monitoring

2.3 Projektphasen

Die Untersuchungsschritte spiegeln sich im Ablaufplan des Projekts wider, der in Abbildung 1 dargestellt ist. Es wurden in Phase 1 eine Zustandsanalyse, in Phase 2 die Planung und Untersuchung verschiedener Maßnahmen und in Phase 3 eine integrative Bewertung mit Maßnahmenempfehlung durchgeführt.

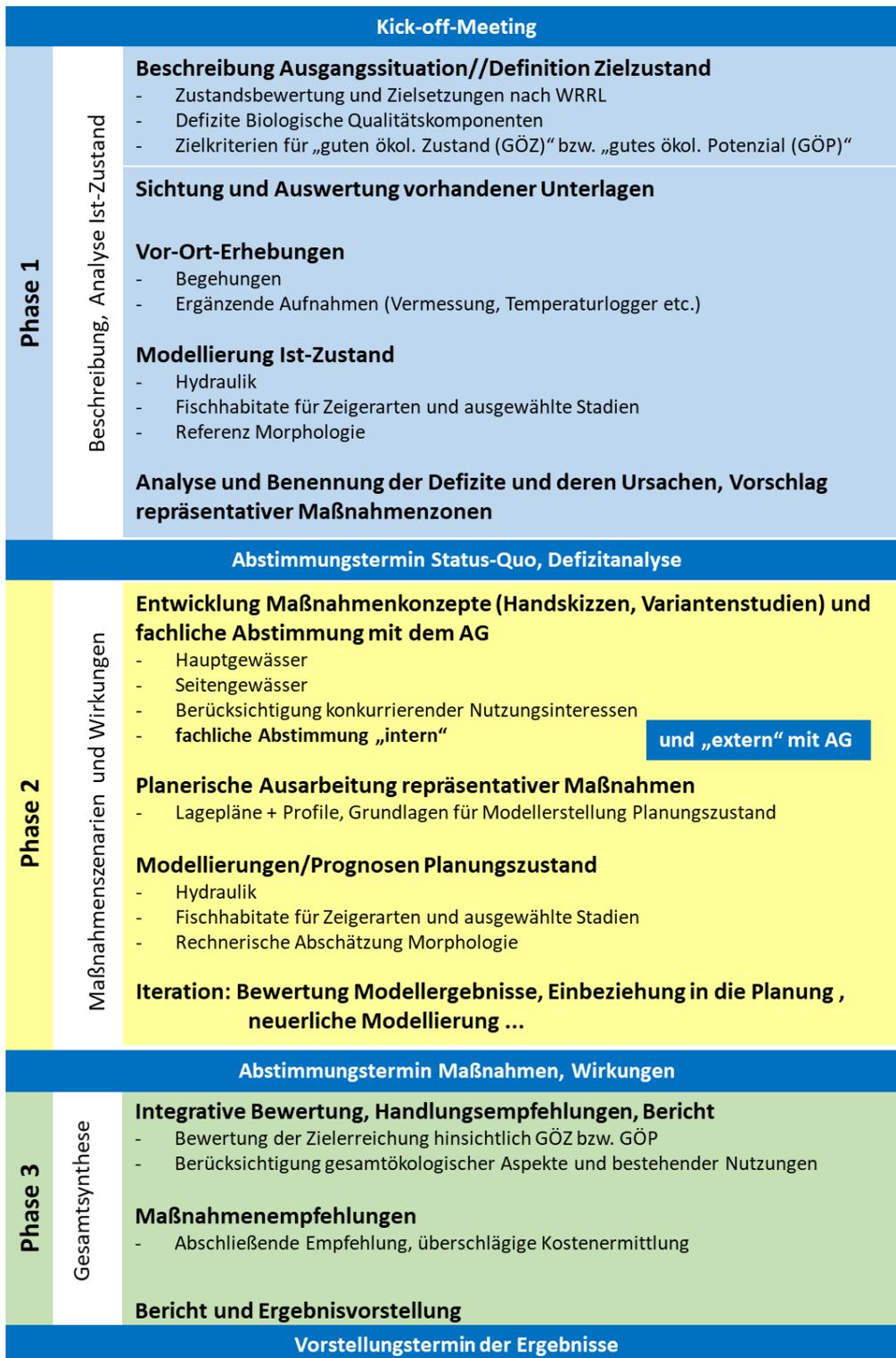


Abbildung 1: Ablaufplan der Untersuchungen zum Ökologischen Abfluss in der Unteren Iller

3 Verwendete Methoden

3.1 Vor-Ort-Erhebungen

Für die Untersuchungen wurden folgende Vor-Ort Erhebungen durchgeführt:

3.1.1 Begehung und Kartierung

Vom 10.9. bis 14.9.2018 erfolgte eine gemeinsame Begehung der gesamten Untersuchungsstrecke mit Teilnehmern aller Fachdisziplinen. Dabei wurde eine Kartierung der Habitatparameter Sohlsubstrat und Fischunterstände durchgeführt. In den zahlreichen Bereichen, in denen die Substrate aufgrund der großen Tiefe und der Wassertrübung nicht sichtbar waren, wurden anhand der Substratverhältnisse in den einsehbaren Zonen, der Angaben aus vorliegenden Untersuchungen und Stichprobenbegehungen mit Wathose die Substrate plausibel abgeschätzt. Weiterhin wurde während der Begehung die Plausibilität des vorliegenden Hydraulikmodells überprüft und die Teilstrecken für die Detailmodellierungen ausgewählt. Zum anderen wurden die Standorte für die geplanten Maßnahmen in Augenschein genommen und etwaige Einschränkungen für die Maßnahmenumsetzung identifiziert.

3.1.2 Entnahme von Substratproben

Ergänzend zu den vorliegenden Korngrößenverteilungen bzw. kennzeichnenden Korngrößen wurden im Rahmen der Begehungen Sohlproben erhoben und vereinfacht analysiert (Abbildung 29). Die Auswertung zur vereinfachten Ermittlung von Korngrößenverteilungen erfolgte mittels Bildauswertungen. Die verwendete Bildauswertesoftware BASEGRAIN wurde in der aktuellen Version verwendet. Dabei wird eine auf Matlab basierende automatische Objekterkennungssoftware für die granulometrische Analyse von fotografierten Geschiebeproben angewandt. Eine Kornverteilungskurve wird analog der Linienzahlanalyse von Fehr (1987) erstellt. Das Programm wurde in der Abteilung Flussbau der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich entwickelt.

Als Resultat kann eine realistische Korngrößenverteilung sowohl für Deck- als auch für Grundsicht in die weiteren Analysen übernommen werden.

3.1.3 Vermessung von Detailstrecken

Die vorliegenden Querprofile im Abstand von 100 bis 200 m sind ausreichend, um die Habitate in den strukturell meist homogenen Abschnitten der Iller abzubilden. Um zu untersuchen, ob diese Profile auch in heterogeneren Abschnitten die Habitatsituation realistisch wiedergeben, wurden in einigen Teilstrecken höher aufgelöste Modelle aufgesetzt. Diese wurden über Drohnenbefliegungen mit Structure from Motion (SfM) Technik erstellt. Das Verfahren beruht auf fortgeschrittener photogrammetrischer Auswertung von Drohnenfotos und erlaubt die genaue Nachbildung heterogener Gewässerzonen. Da für die Auswertung der Bilder eine gute Sichtbarkeit von Flusssohle und Geländeoberfläche notwendig ist, wurden für tiefere Bereiche sowie schwer zugängliche und dicht bewachsene Zonen Echolot- und Einzelpunktmessung mittels Tachymeter durchgeführt. Während der Feldmessungen wurden auch die Substrate flächendeckend kartiert. Außerdem wurde ein Abschnitt der bereits umgesetzten Renaturierungsmaßnahme bei Vöhringen auf Basis vorliegender Querprofilaten mit geringeren Abständen als den oben genannten modelliert.

Die Detailvermessungen fanden in den folgenden, vergleichsweise heterogenen Teilstrecken statt:

Tabelle 1 Untersuchte Detailstrecken und Lage

Streckenbezeichnung	Fkm
Unterer Abschnitt Renaturierung Vöhringen	13.600 bis 14.600
Rampe oberhalb Vöhringen	18.800 bis 19.400
Unterhalb Kirchdorfer Wehr	38.800 bis 39.300
Unterhalb Egelseer Schwelle	45.100 bis 45.400

3.1.4 Temperatur- und Sauerstoffmessungen

Stationäre Temperaturmessungen

Zur Untersuchung des Temperaturhaushalts wurden Temperatursensoren mit angeschlossenen Datenloggern an insgesamt 15 Stellen entlang des gesamten Iller-Untersuchungsabschnitts am 25.07.2018 installiert. Für die kontinuierliche Messung der Wassertemperatur an den ausgewählten Stellen wurden HOBO Pendant MX Temperatur Logger verwendet.

Bei der Festlegung der Sonden-Messorte wurden 8 Standorte berücksichtigt, die auch schon im Sonderuntersuchungsprogramm der Bundesländer Bayern und Baden-Württemberg Mitte der 1980er Jahre verwendet worden waren (Smija et al. 1986). Die Lage der Temperaturmessstellen ist im Kapitel 4.6 Analyse des Istzustands in Abbildung 37 gegeben.

Stationäre Sauerstoffmessungen

Zusätzlich wurden für Sauerstoffmessungen kombinierte Sauerstoff und Temperatursensoren mit Loggern von Atlas Scientific installiert. Diese wurden an drei Standorten am 26.10.2018 installiert, das System am Filzinger Wehr wurde am 13.06.2019 mit einem neuen Sensor bestückt, nachdem der Sensor im Frühjahr nach Geschiebeabgaben nicht mehr auffindbar war (Abbildung 37).

Stichprobenmessungen Temperatur und Sauerstoff Iller

Um den Einfluss von längeren Hitzeperioden auf Wassertemperatur und Sauerstoffkonzentrationen abzuschätzen, wurden am 2./3.8.2018, sowie am 8./9.8.2018 im Stau oberhalb und im freifließenden Bereich kurz unterhalb des Kirchdorfer Wehrs (Fkm 39.348) zusätzliche Messungen durchgeführt. Diese fanden abends, morgens und nachmittags statt, um den Tagesverlauf und Maxima zu erfassen. Außerdem wurde in verschiedenen Wassertiefen gemessen, um etwaige Temperaturschichtungen aufzuzeichnen. Es wurde ein Hach HQ40d mit optischer Sauerstoffsonde eingesetzt.

Stichprobenmessungen Temperatur und Sauerstoff EnBW Kanal

Um die Temperaturverhältnisse im EnBW Kanal in Phasen mit hohen Temperaturen zu erfassen, wurden außerdem am 25./26.7.2019 in den Staubereichen des Kraftwerks Tannheim und Dettingen Messungen durchgeführt. Diese fanden wegen etwaiger Schichtungen ebenfalls in verschiedenen Tiefen statt. Weiterhin wurde nachmittags, spätabends und frühmorgens gemessen, um den Tagesverlauf und Maxima zu berücksichtigen.

3.2 Hydraulische Berechnungen

Die vom AG zur Verfügung gestellten Modelle und 2D-Strömungsberechnungen wurden mit der Software Hydro_AS-2D erstellt. Diese Software wurde für die Strömungsberechnungen des Gesamtsystems vom Wehr Mooshausen bis zur Mündung in die Donau verwendet. In Teilbereichen (Detailstrecken, s.o.) wurden die bestehenden Modelle verfeinert. Für die hydraulischen Untersuchungen in diesen Abschnitten wurde für das Pre- und Postprocessing die Software Surface Water Modelling System SMS eingesetzt, für die Strömungsberechnungen selbst das vom Bureau of Reclamation entwickelte 2D HN-Modell SRH2D.

3.3 Morphologische Analyse mit EROSED

Zur morphologischen Analyse wurde die von Mayr & Sattler OG entwickelte Analysemethodik EROSED (EROSion-SEDimentation, Sattler & Mayr 2008) angewandt, die Rückschlüsse auf die zu erwartende morphologischen Entwicklung und die Veränderungen des Feststoffhaushalts aufgrund baulicher Veränderungen ermöglicht. Diese Bearbeitungsmethodik basiert auf 2D-Hydraulikberechnungen und ist prinzipiell modell-unabhängig.

Die im Anschluss dargestellten Abbildungen und Analysebeschreibungen basieren auf dem Erweiterungsmodul EROSED. Dabei werden Erosions- und Sedimentationsbereiche einzelner Abflusszustände einer ablaufenden Welle dargestellt und bewertet. Die Grundlage der Bewertung bilden die theoretischen Ansätze zum Bewegungsbeginn.

Dies erlaubt die Analyse und Bewertung der morphologischen Veränderungen unter Berücksichtigung des Feststoff-Inputs, der Kornzusammensetzung und des Wellenablaufs, aufbauend auf einer 2D-Hydraulikberechnung. Dabei können weiterführende Untersuchungen und Methoden (v.a. Langzeitanalysen mittels Geschiebetransportmodellen (1D/2D ggf. kleinräumig auch 3D) für vertiefende Analysen nicht ersetzt werden, es können aber mit deutlich geringerem Aufwand einfache Entwicklungsprognosen abgegeben werden. Die Methode ermöglicht Expertinnen und Experten auf dem Gebiet der hydraulischen und hydromorphologischen Prozesse eine gute Einschätzung der zu erwartenden zukünftigen Entwicklung der Flussmorphologie.

In Abbildung 2 ist die Darstellungsform für die nachfolgenden Entwicklungsanalysen exemplarisch dargestellt. Der Bereich um den Wert 0 (weiß) stellt den Transportbeginn (bezogen auf $dm_G = dm$ der Grundsichte) dar. Sedimentationsbereiche < 0 sind grün dargestellt, Erosionsbereiche > 0 sind verlaufend von gelb bis rot dargestellt.

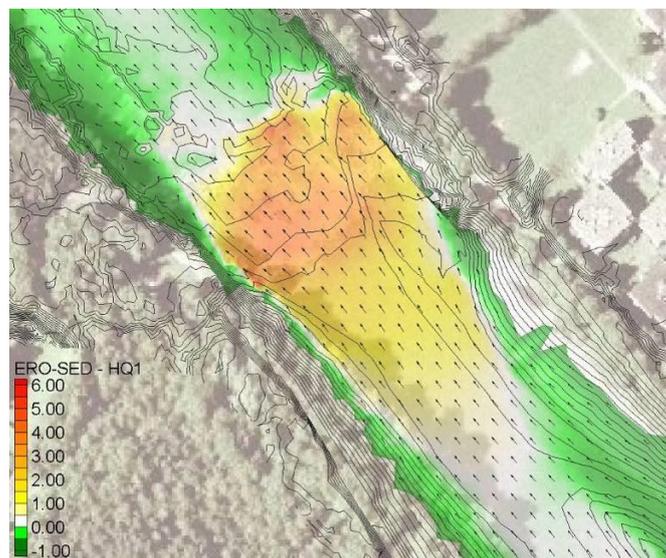


Abbildung 2: Beispiel Rampe (Bregenzer Ach) – Abflussituation HQ1

3.3.1 Basis der Auswertemethodik EROSED

Die Strömung eines Fließgewässers setzt das Flussbett einer Reibung aus. Die daraus resultierende Schlepptension oder Sohlschubspannung bewirkt die Geschiebebewegung. SHIELDS (1936) definiert den Bewegungsbeginn (Abbildung 3) durch die Einführung einer kritischen Sohlschubspannung τ_{krit} und Schubspannungsgeschwindigkeit v_{crit} .

Die genannten kritischen Werte werden in ERO-SED für die Abschätzung der Sohlentwicklung verwendet.

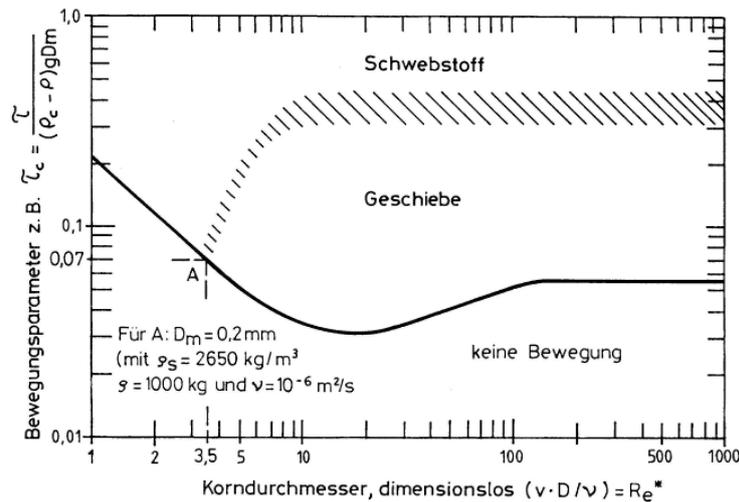


Abbildung 3: Bewegungsbeginn nach SHIELDS (aus MANIAK, 1997)

3.3.2 Methodik – Erläuterung zur Anwendung

Auf Basis der ERO-SED Ergebnisse und weiteren Analysen (instationäre Gesamtbetrachtung) wird in mehreren Schritten eine Sohlentwicklung abgeschätzt. ERO-SED basiert auf der Anwendung der Ergebnisse aus einer zweidimensionalen hydraulischen Berechnung. 2012 wurde die Methodik vom Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiven Wasserbau (IWHW) der Universität für Bodenkultur Wien (BOKU) am Fluss Schwechat/Österreich angewandt und überprüft (Kraml et al. 2013)

Grundlage der Methodik sind mehrere Einflussfaktoren (Abbildung 4). Bei der Erfassung der vorhandenen Sedimentsituation werden verschiedene Aspekte berücksichtigt. U.a. werden im Rahmen von Feldbeobachtungen/Beprobungen werden die Korngrößenverteilung der oberen und unteren Sedimentschicht erhoben (siehe Kap. 4.5.2).

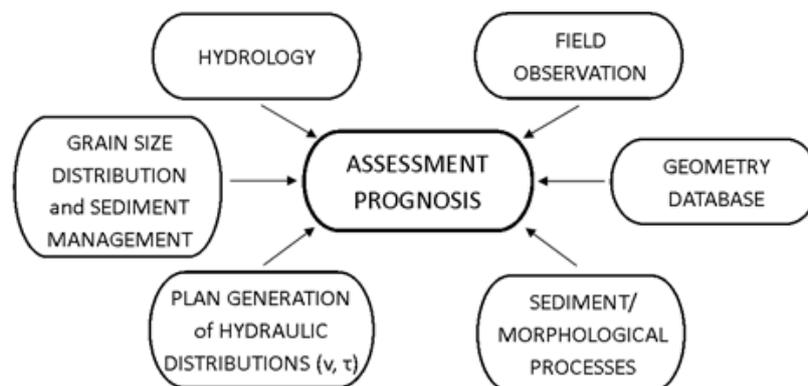


Abbildung 4: Einflussfaktoren EROSED (Sattler S.; Kraml J., 2013)

Die ERO-SED-Bewertung erfolgt auf Basis der Grenzwertbestimmung des Bewegungsbeginns für unterschiedliche Korngrößen oder einen repräsentativen Korndurchmesser (d_m). Der dimensionslose Parameter ERO-SED beschreibt die Stärke der Krafteinwirkung ober- bzw. unterhalb des Grenzwertes des Bewegungsbeginns. Während Werte unter Null (s. z.B. Abbildung 30) eine erhöhte Sedimentationswahrscheinlichkeit anzeigen, lassen Werte über Null eine höhere Erosionswahrscheinlichkeit erwarten.

Durch Überlagerung und Vergleich der gesammelten Daten und durchgeführten Berechnungen (analog Abbildung 4) wird eine Entwicklungsprognose erstellt. Die Veränderung des ERO-SED Parameters bei Änderung der Rahmenbedingungen (Feststoffeintrag, Breitenänderung, Strukturen) kann weitergehend in eine Sohlhöhenänderung (Entwicklungsabschätzung) übertragen werden. Dies stellt eine vereinfachte Abschätzung dar, die nächste Stufe wäre eine Analyse mittels numerischer oder physikalischer Geschiebetransportmodellierung (nicht Teil dieser Untersuchung).

Die Methodik wurde in einer Studie an der Schwechat/Österreich durch die Universität für Bodenkultur Wien überprüft (Sattler & Kraml, 2013). Bei der Abschätzung der mittleren bzw. langzeitlichen morphologischen Entwicklung wird der Einfluss unterschiedlicher Abflusszuständen in Form einer zeitlichen Gewichtung berücksichtigt. Die Grenzen der Veränderungen (max. Eintiefung bzw. Anlandung) werden über beobachtete Entwicklungen (Profildaten) festgelegt und plausibilisiert. Die Gesamtveränderung wird abschließend auf Basis der Zustandseinschätzung (Geschiebeüberschuss/Geschiebedefizit) skaliert. Zur Plausibilisierung der Massenveränderung muss die mittlere Massenveränderung pro Jahr (ermittelte geometrischen Änderung bei Änderung der Rahmenbedingungen) aus der Zustandseinschätzung der Massenveränderung pro Jahr der Prognose entsprechen. Die so ermittelten Sohlmodelle bilden die Basis für die weiterführenden Habitat-Modellierungen.

Die Methodik führt mit relativ geringem Aufwand zu einer in mehreren Studien bestätigten, verlässlichen Abschätzung einer kurz- bis mittelfristigen Entwicklung und ist eine Alternative zu aufwendigeren Untersuchungen, wenn es an Kalibrierungsdaten mangelt. Im gegenständlichen Projekt werden die Ergebnisse der morphologischen Bewertung in eine Geometrieänderung übertragen. Das so ermittelte Geländemodell und entsprechend angepasste Hydraulikmodell bilden die Basis der weiterführenden Habitat-Untersuchungen. Die Methode wird sowohl zur Abschätzung kurz- bis mittelfristiger (mittlerer) Entwicklungen als auch zur Risikoanalyse von Extremereignissen (Einzelergebnisse) angewandt.

3.4 Habitatmodellierung mit CASiMiR

3.4.1 Modellansatz

Gewässerhabitate und deren Veränderung mit Abfluss, Fließverhalten und Morphologie sind Indikatoren für den ökologischen Zustand von Gewässern und die Ableitung von ökologisch verträglichen Abflüssen im Jahresverlauf. Für die Habitatuntersuchungen an der Iller wurde das am Institut für Wasser- und Umweltsystemmodellierung der Universität Stuttgart entwickelte Simulationsmodell CASiMiR verwendet (Jorde 1997, Schneider et al. 2001, Noack et al. 2014). Mit dem Modul CASiMiR-Fish ist es möglich, die Eignung von Fisch- und Benthoslebensräumen auf Basis eines hydraulischen Modells und anhand von am Gewässer erhobenen Informationen zu Morphologie und Strukturen zu berechnen und Habitateignungskarten zu erstellen. Dabei wird ein Fuzzy-Regel-basierter Ansatz verwendet, der auf Expertenwissen basiert, welches durch Daten aus vergleichbaren Gewässern und Literaturlauswertungen gewonnen wird (Abbildung 5).

Im Rahmen der Simulationen werden also die Lebensräume für gewässertypische Organismen – meist Fische - und deren Altersstadien betrachtet und ihre Eignung ermittelt. Dies kann für verschiedene Abflüsse und morphologische Szenarien erfolgen (Abbildung 6).

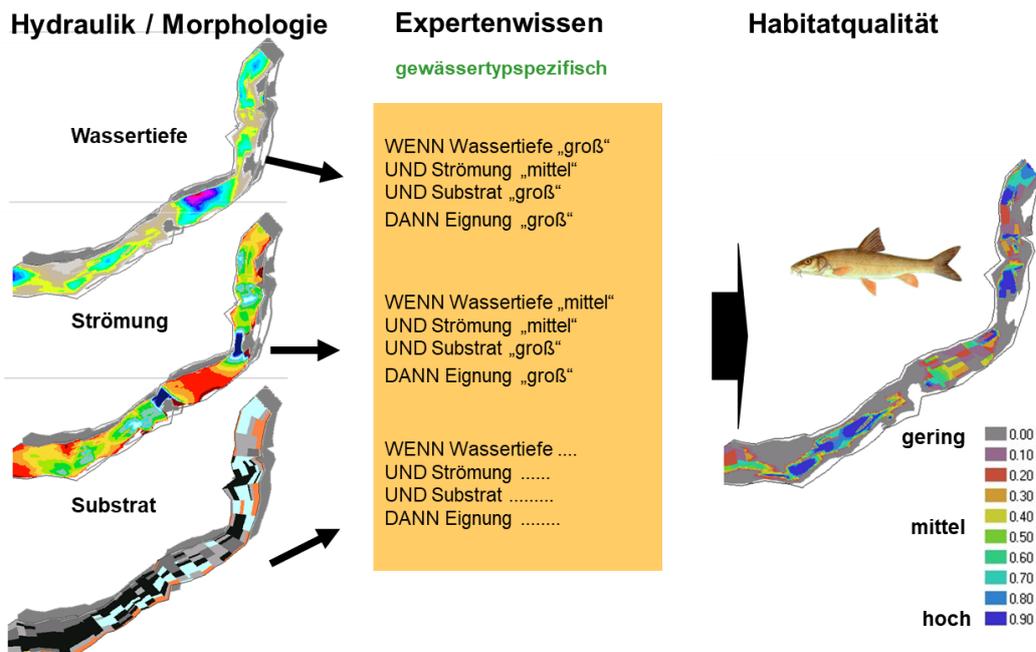


Abbildung 5: Prinzip des Fuzzy-Regel-basierten Habitatmodells CASiMiR Fish

Durch die Verknüpfung der Informationen über Gewässerstrukturen, Fließgeschwindigkeiten und Wassertiefen mit den Lebensraumansprüchen der Fischarten und -altersstadien kann berechnet werden, wie gut ein Gewässerelement für diese als Habitat geeignet ist. Die ermittelten Eignungsindizes SI (engl.: suitability index) zwischen 0 (=ungeeignet) und 1 (=sehr gut geeignet) sind Maß für die Habitateignung.

Es gilt die folgende Einteilung (hier gegenüber den Abbildungen auf 5 Klassen reduziert):

	Eignungsindex SI	Einschätzung der Eignung
	0 bis 0,2	ungeeignet
	> 0,2 bis 0,4	ungünstig
	> 0,4 bis 0,6	nutzbar
	> 0,6 bis 0,8	gut
	> 0,8 bis 1,0	sehr gut

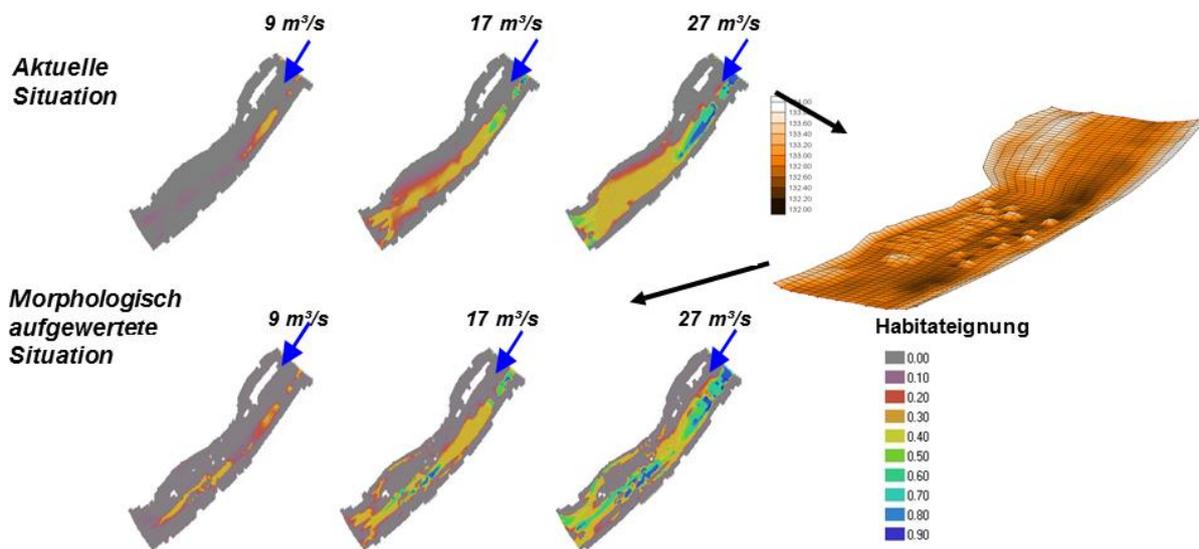


Abbildung 6: Habitateneignungen für die adulte Äsche für einen Gewässerabschnitt vor und nach morphologischer Aufwertung und unterschiedliche Abflüsse, Ergebnisse aus CASiMiR Fish

Die räumliche Verteilung der Eignungen kann über Habitataignungskarten (Abbildung 6) dargestellt werden. Dies ermöglicht eine direkte Beurteilung der Fischlebensräume in einer Gewässerstrecke, und darüber hinaus die Beurteilung der Abflussabhängigkeit. Außerdem ist aus den Karten die räumliche Verteilung der potenziellen Lebensräume erkennbar. Relative Lagen wichtiger Habitattypen, die Isolation und Erreichbarkeit geeigneter Habitats, Habitatausdehnung sowie Häufigkeit und Verteilung im Gewässerverlauf sind ablesbar und bei der Beurteilung des Habitatangebotes zu berücksichtigen.

3.4.2 Habitatsprüche

Die Ansprüche der Fischarten werden anhand von Regelwerken (s. Kap. 3.4.2.3) beschrieben. Diese Regelwerke beschreiben die Eignung eines Habitats anhand von Schlüsselparametern für die Habitataignung. Die Auswahl der Schlüsselparameter berücksichtigt Kriterien,

- 1) die abhängig von der Gewässerstruktur sind,
- 2) die abhängig vom Abfluss sind,
- 3) die mittels einer Kartierung ausreichend repräsentativ zu erheben oder abzuleiten sind und
- 4) die relevant für bestimmte Fischarten oder Fischstadien sind.

Das Regelwerk enthält Schlüsselparameter, die einen wesentlichen Teil der Habitatqualität bestimmen. Die einzelnen Schlüsselparameter sind nicht unabhängig voneinander, sondern können sich gegenseitig – vor allem kleinräumig - massiv beeinflussen. Diese Beeinflussung – z.B. die Strömungsreduktion in Sohlnähe abhängig von der Sohlrauheit – muss bei der Regelerstellung beachtet werden. Der räumliche Detaillierungsgrad ist durch die Auflösung der kartierten oder berechneten Parameter, die im Normalfall über deutlich über den Dimensionen des Fischkörpers liegen, begrenzt.

3.4.2.1 Berücksichtigte Habitatparameter / Schlüsselparameter

Fließgeschwindigkeit

Die durchgeführte hydraulische 2D Modellierung ermittelt anhand der Abflusswerte und der Gewässermorphologie eine tiefengemittelte Fließgeschwindigkeit. Diese Fließgeschwindigkeit umfasst ein relativ weites Spektrum von der Oberflächengeschwindigkeit, über die maximale Fließgeschwindigkeit bis zu der sehr stark reduzierten Fließgeschwindigkeit über Grund. Letztere wird wesentlich bestimmt von der Rauigkeit der Flusssohle, so dass die Verteilungskurve der tatsächlichen

Geschwindigkeiten niemals allein aus der mittleren Fließgeschwindigkeit in der Wassersäule zu ermitteln ist. Zusätzlich treten laterale Beeinflussungen der lokalen Fließgeschwindigkeit auf und erhebliche, oft regelmäßige temporäre Schwankungen der turbulenten Strömungen.

Der Fisch selbst ist in erster Linie den Fließgeschwindigkeiten in seiner nächsten Umgebung ausgesetzt, gemessen bisweilen als nose-point-velocity (NPV) – diese entspricht den Strömungen und Geschwindigkeiten, die der Fisch selbst direkt wahrnimmt. Diese NPV weicht oft beträchtlich von der angegebenen mittleren Fließgeschwindigkeit (Wassersäule) ab, besonders bei Fischen, die sich bodennah aufhalten. Für die Beschreibung des Habitats sind jedoch die habitatgestaltenden Strömungen der weiteren Umgebung durchaus von Bedeutung, sei es im Hinblick auf Transportvorgänge (Feststofftransport, Sedimentation, Erosion), Barrierewirkung etc.

Vor allem in der älteren Literatur wird häufig nicht exakt angegeben, von welcher Strömungsgeschwindigkeit die Rede ist, bzw. wie die betreffende Fließgeschwindigkeit ermittelt wurde, was die Interpretation von Literaturdaten erheblich erschwert.

Bei der Regelerstellung wird berücksichtigt, wo sich das betrachtete Habitat in der Wassersäule befindet (pelagisch/bodennah) und wie die übrigen Schlüsselfaktoren auf den betrachteten Faktor einwirken (z.B. Substrattyp – bodennahe Geschwindigkeit). So wird die teilweise grobe Auflösung des Modells durch das Regelwerk verfeinert.

Wassertiefe

Als Wassertiefe wird die mittlere Wassertiefe innerhalb eines Modelrasters angegeben.

Eine geringe Wassertiefe bedeutet einen hohen struktur- und strömungsbestimmenden Einfluss des Substrates über die gesamte Wassersäule. Dieser Einfluss geht mit zunehmender Wassertiefe zurück. Die oft beschriebene bevorzugte Nutzung flacher Gewässerbereiche durch Fische kann einerseits auf die (a) Nutzung der "Flachheit" zurückgeführt werden, andererseits auf (b) mit der Flachheit verbundene Phänomene aber auch (c) auf ein begrenztes Angebot an größeren Tiefen im Gewässer.

- So stellt für Jung- und Kleinfische eine geringe Wassertiefe einen Schutz vor großen Räubern (Fischen) dar - für adulte Fische bedeutet dagegen eine große Wassertiefe einen Schutz vor Prädatoren (Vögel) (a).
- Eine geringe Wassertiefe bewirkt bei begrenztem Querschnitt große Fließgeschwindigkeiten mit entsprechenden Scherkräften, Erosion und Turbulenzen (b).
- Eine geringe Wassertiefe in lateralen Gewässerbereichen ist häufig mit geringer Strömung, guter Durchlichtung, beschleunigter Erwärmung und oft einem konzentrierten Nahrungsangebot verbunden (b).

Die Bewertung der Wassertiefe erfolgt also oftmals in Abhängigkeit vom betrachteten Gewässertyp und muss meist in Abhängigkeit mehrerer anderer Faktoren bewertet werden.

Dominantes Sohlsubstrat

Zur Habitatbeschreibung wird das nach Augenschein kartierte, dominierende Substrat der Deckschicht herangezogen. Strukturierende Habitatgrößen (Blöcke, Steine) werden dabei stärker gewichtet als feinkörnige Einlagerungen. Bewertet wird hier die dominierende Korngröße, weniger die Lagerung (Dichte, Kolmation etc.).

Die Korngröße ist unmittelbar von Bedeutung für Fische, die sich oder ihren Laich ins Substrat eingraben oder die Lücken unter oder zwischen dem Substrat als Aufenthaltsraum nutzen (z.B. Kieslaicher, Groppe). Das Substrat ist aber auch als Lebensraum der Nahrungsorganismen der Fische relevant. Diese können abgeweidet werden (z.B. Nase) oder durch Aufwühlen des Substrats erbeutet werden (z.B. Barbe). Nicht zuletzt ermöglichen grobe Substrate als Blickschutz die Ausbildung kleinräumiger Territorien für territoriale, bodenorientierte Fische (z.B. junge Bachforellen).

Das dominierende Substrat wird nicht zuletzt auch als Faktor berücksichtigt, der die Strömungsverhältnisse an der Gewässersohle kleinräumig bestimmt. Durch die Rauigkeit wird die sohlennahe Fließgeschwindigkeit modifiziert und es werden können sich turbulente und strömungsberuhigte Zonen ausbilden, welche die bodenlebenden Fische unterschiedlich nutzen können.

Deckungsstrukturen (cover)

Deckungsstrukturen stellen für viele Fischarten eine wesentliche Habitatqualität dar. Die Kartierung dieser Strukturen ist allerdings sehr aufwendig. Die Abhängigkeit des Angebotes ist zwar stark vom Abfluss (Wasserstand) abhängig, allerdings ändert sich diese Abhängigkeit nicht regelmäßig, sondern lokal sehr unterschiedlich und sprunghaft. Bei der Regelerstellung wurde die strukturgebende Qualität des Substrats berücksichtigt, andere Deckungsstrukturen dagegen kaum.

3.4.2.2 Abgeleitete Habitatparameter

Das bei der Modellierung ermittelte Habitatangebot entspricht dem Angebot, soweit es durch die Schlüsselparameter beschrieben wird. **Das modellierte Habitatangebot wird in der Realität durch weitere Lebensraumfaktoren reduziert (eine Verbesserung ist dagegen nur durch günstigere Größen der Schlüsselparameter möglich).**

Das Habitatangebot wird reduziert durch ungeeignete Lagebeziehungen oder nicht ausreichende Größen einzelner Habitate, welche am fertigen Modell beurteilt werden.

Das Angebot kann darüber hinaus durch weitere Faktoren reduziert werden, die nicht in die Modellierung eingegangen sind und sich auch nicht aus deren Ergebnissen ableiten lassen (s.u.).

Lagebeziehungen wesentlicher Habitate - Erreichbarkeit

Insbesondere für schwimmschwache Fische ist die **Erreichbarkeit** geeigneter Habitate ein Problem. Diese Fische müssen die relevanten Habitate daher auch passiv driftend erreichen können. Dazu sollten diese Habitate entlang beider Ufer auf lange Strecken vorhanden sein. Günstige Habitate können durch starke Strömungen isoliert sein und für schwimmschwache Fische unerreichbar bleiben.

Die relevanten und geeigneten Habitate müssen untereinander durch gut passierbare Verbindungen verknüpft und damit für die jeweiligen Fische gut erreichbar sein. Dieses Erfordernis wird durch das Konzept der **Trittsteine** oder **Strahlwirkung** betont – hier allerdings mit dem Fokus der Wiederbesiedlung verödeter Abschnitte. Lange Strecken ohne attraktive Habitate, wie zum Beispiel lange Staubereiche, besitzen eine **Barrierewirkung**.

Lagebeziehungen wesentlicher Habitate - Habitatkomplexe

Die auch kleinräumig erforderliche Nachbarschaft und Erreichbarkeit unterschiedlicher Habitate soll hier an zwei Beispielen illustriert werden:

Nasen, Barben, Äschen u.a., die in großen Gruppen laichen (Laichwanderungen!), benötigen neben den Laichhabitaten auch Ruhehabitate, zwei Habitattypen, die oft sehr unterschiedlich ausgeprägt sind. Sind diese Habitate nicht in unmittelbarer Nachbarschaft vorhanden, können die Laichhabitate kaum genützt werden.

Bachforellen bevorzugen als Standplatz ruhige, tiefe Becken. Ihre Nahrung nehmen sie dagegen regelmäßig in kräftiger bis reissender Strömung auf. Eine großräumige Ausbildung dieser Habitattypen bleibt ein unzureichendes Habitatangebot, das allenfalls an seinen Rändern genutzt werden kann. Für sehr viele Habitattypen gilt, dass ihre Wertigkeit mit der angebotenen **Habitatvielfalt** zunimmt, durch monotone Ausprägung dagegen sehr rapide an Qualität verliert.

Mindestgrößen von Habitaten

Verschiedene Habitate (z.B. Einstände, Winterrefugien) können sehr kleinräumig realisiert sein und auch genutzt werden. Andere Habitate, häufig die Laichplätze oder Nahrungshabitate, können erst ab einer gewissen Mindestgröße von den Fischen – oft auch Fischschwärmen – genutzt werden. Anhaltspunkte für Anspruchsdaten an die Mindestgröße verschiedener Habitattypen können z.B. aus LSGÖ 2020 entnommen werden.

Gradienten

Viele von Fischen genutzte Gewässerstrukturen ergeben sich aus den Gradienten zwischen den Parametern benachbarter Habitate. Eine hohe Anzahl bemerkbarer Gradienten ist nebenbei auch ein Indikator für eine bestehende Habitatvielfalt.

Gradienten von hydrostatischem Druck und Strömungen, wie sie bei Gefälleänderungen auffällig auftreten, sind ein wesentlicher Faktor bei der Durchströmung von Kieslaichflächen, ohne die dieses Habitat zur Laichentwicklung ungeeignet wäre.

Strömungsgradienten spiegeln die Vielfalt vorhandener Strömungsgrößen wider, die wiederum unterschiedliche Nutzungen auf engem Raum ermöglicht (z.B. Ruhe- und Freißhabitate).

Steile Gradienten stellen eine scharfe Begrenzung von Lebensräumen dar und können der Orientierung dienen. Steile Strömungsgradienten werden oft zur Nahrungssuche genutzt, indem der Fisch in günstiger Strömung lauert, während die Nahrungsorganismen mit der starken Strömung herandriften.

Flache Gradienten bedeuten fein angepasste Nutzungsmöglichkeiten der Habitate z.B. für Fische unterschiedlicher Größe und unterschiedlichen Schwimmvermögens.

Tiefengradienten dienen als Leitelemente bei Wanderbewegungen. Sie sind infolge unterschiedlicher Strömungsverhältnisse in den voneinander abgegrenzten Bereichen in der Regel von unterschiedlichen Substrat- und Turbulenzverhältnissen begleitet.

Flache Gradienten bedeuten auch hier fein angepasste Nutzungsmöglichkeiten der Habitate für Fische unterschiedlicher Größe und unterschiedlichen Schwimmvermögens

Uferanbindung

Die Uferanbindung von Strukturen erlaubt deren Nutzung durch schwimmschwache Fische, die nicht in der Lage sind, inselartig im Gewässer verstreute Strukturen aktiv aufzusuchen (z.B. Larven, Jungfische). Durch Strömungsverteilung und Driftphänomene werden Uferhabitate so zu einem eigenen Lebensraum, der allerdings auch über lange Strecken unterbrochen sein kann (Steilufer, dichte Verbauung).

3.4.2.3 Regelwerke

Modelliert und bewertet wird die Habitateignung hinsichtlich Strukturen, Substrat, Wassertiefe und Fließgeschwindigkeit. Diese Parameter sind in vielfältiger Weise voneinander abhängig, was bei der Regelerstellung zur Modellierung berücksichtigt wird.

Die Formulierung der Ansprüche erfolgte durch sogenannte Inferenzregeln. Diese Regeln, die Grundlage für die fuzzy-logischen Berechnungen des Habitatmoduls von CASiMiR sind, beruhen auf den Parametern Fließgeschwindigkeit, Wassertiefe und dem im jeweiligen Gewässerbereich vorherrschenden Substrat und Deckung. Die verwendeten Regeln wurden auf Grundlage von umfangreichen Literaturrecherchen, Datenauswertungen und Expertenwissen erstellt.

Ein Beispiel für eine derartige Expertenregel ist im Folgenden gegeben:

*WENN Fließgeschwindigkeit „mittel“ UND Wassertiefe „groß“
UND dominierendes Substrat „mittel“
UND Deckung „vorhanden“,
DANN Habitateignung „groß“*

Die Einbindung derart unscharfer Formulierungen in Habitatberechnungen wird durch einen fuzzy-logischen Berechnungsansatz ermöglicht (s. Schneider 2001). In Abbildung 7 ist am Beispiel der laichenden Nase dargestellt, welche Fließgeschwindigkeiten, Wassertiefen und Substratgrößen den Klassen „gering“, „mittel“ usw. zugeordnet sind. Die Habitateignungen werden in derselben Weise definiert.

Bsp.: Eine Fließgeschwindigkeit von 1,2 m/s gehört bei der Definition von Ansprüchen für die laichende Nase zu 50 % zu den „hohen“ Fließgeschwindigkeiten, gleichzeitig aber zu 50 % zu den „sehr hohen“ Fließgeschwindigkeiten an (s. li. o.).

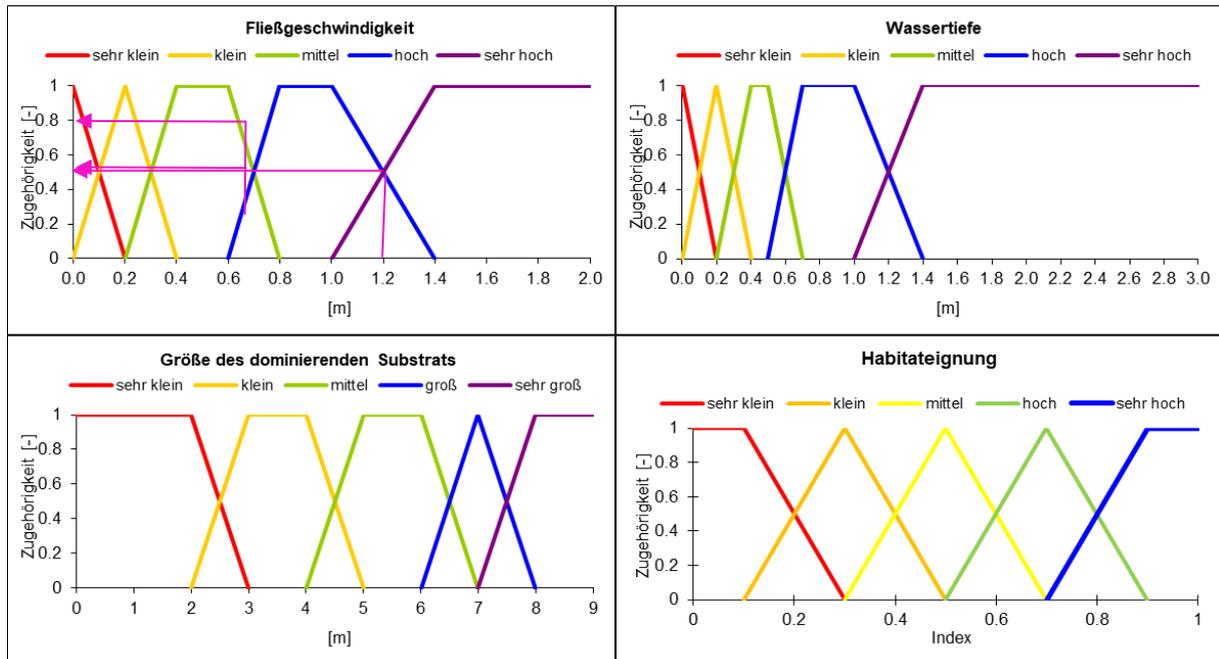


Abbildung 7 Beispiel Fuzzy-Mengen der Habitatparameter Fließgeschwindigkeit, Wassertiefe, Substrat und der Zielgröße Habitateignung für die Fischart Nase laichend

Tabelle 2 stellt den Ausschnitt eines Regelwerks für die Beschreibung der Habitatsprüche einer laichenden Nase dar. Die Regel 43 lautet „Wenn Fließgeschwindigkeit „Hoch“ und Wassertiefe „Gering“ und Substratgröße „mittel“, dann Habitateignung „Sehr Hoch“ und gibt damit die optimale Kombination der drei Habitatparameter an. das Regelwerk besteht insgesamt aus 5 x 5 x 5 = 125 Regeln.

Tabelle 2 Ausschnitt aus dem Fuzzy-Regelwerk den Habitattyp „Nase, laichend“

Regelnr.	Fließgeschw.	Wassertiefe	Substrat	Habitateignung
.
35	L	L	VH	VL
36	M	L	VL	VL
37	M	L	L	L
38	M	L	M	M
39	M	L	H	M
40	M	L	VH	L
41	H	L	VL	VL
42	H	L	L	M
43	H	L	M	VH
44	H	L	H	H
45	H	L	VH	M
46	VH	L	VL	VL
47	VH	L	L	M
48	VH	L	M	H
49	VH	L	H	H
50	VH	L	VH	L
51	VL	M	VL	VL
52	VL	M	L	VL
53	VL	M	M	VL
.

VL = very low
 L = low
 M = medium
 H = high
 VH = very high

3.4.2.4 Eignungsquadrate

Die Regelwerke sind aufgrund der vielen Parameterkombinationen und eingeführten Kategorien (z.B. „geringe“ und „mittlere“ Wassertiefe) für den Laien nicht ohne Weiteres zu interpretieren. Eine einfach zu interpretierende Darstellung sind jedoch sogenannte „Eignungsquadrate“. Diese spiegeln die Habitatansprüche an die mittlere Fließgeschwindigkeit, die Wassertiefe, das Sohlsubstrat und Deckungsstrukturen integrierend wider. Abbildung 8 zeigt die Eignungsquadrate für die adulte Barbe.

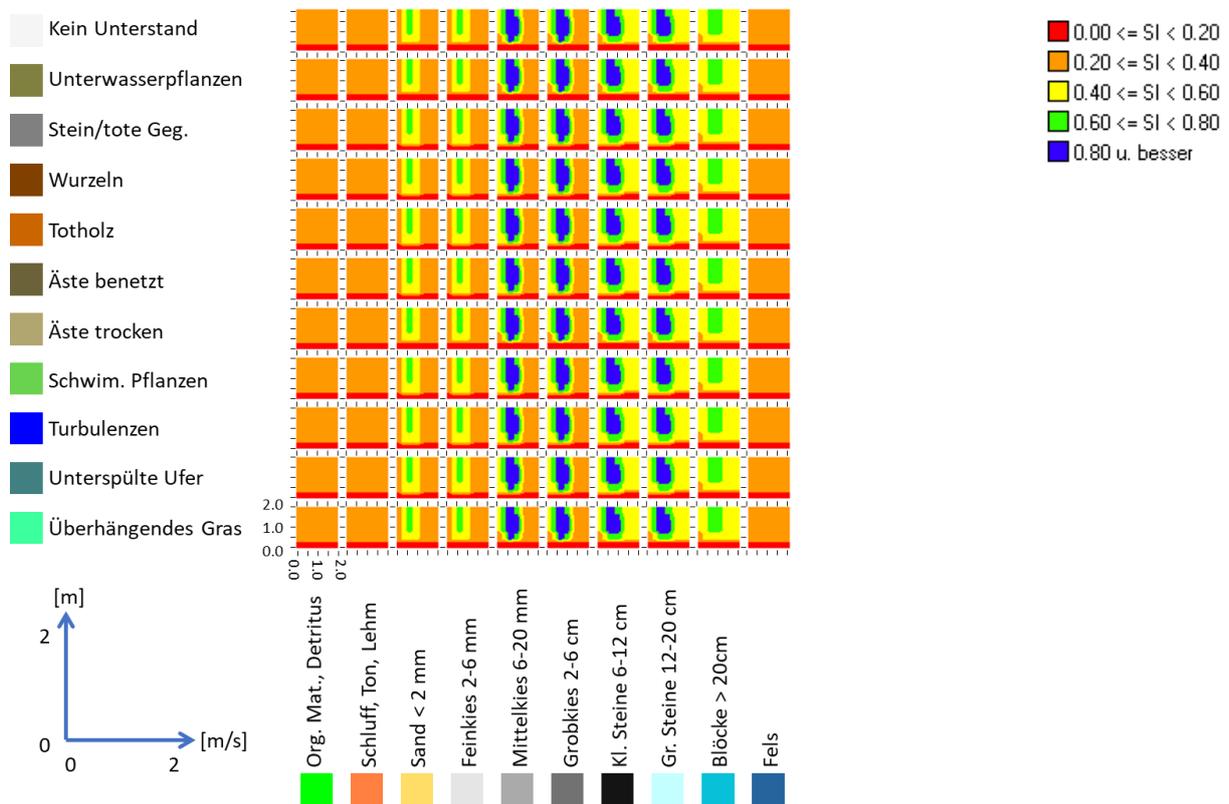


Abbildung 8: Habitatansprüche Barbe Adultfisch dargestellt in Form von Eignungsquadraten

Jedes Quadrat ist, für sich genommen, eine Habitateignungstafel für die Kombinationen von Fließgeschwindigkeit (horizontale Achse) und Wassertiefe (vertikale Achse). Die unterschiedlichen Quadrate ergeben sich aus der zusätzlichen Kombination von Substrattypen und Unterständen (10 Substrattypen horizontal x 11 Unterstandstypen vertikal = 110 Quadrate).

Die Habitatansprüche dargestellt als Eignungsquadrate sind für alle modellierten Fischarten und deren Altersstadien in Anlage 9.1 beigefügt.

3.5 Ökologische Bewertung

3.5.1 Biologische Qualitätskomponenten

Wesentliche Indikatoren für den Zustand eines Fließgewässers sind im System der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) die biologischen Qualitätskomponenten. Für die Iller gehören dazu insbesondere die Fischbesiedlung und das Makrozoobenthos (MZB). Der Zustand dieser zwei Qualitätskomponenten wird beurteilt in Bezug auf ihr Abweichen von der Referenz eines vergleichbaren, durch menschliche Einflüsse unbeeinträchtigten Gewässerbereichs.

Die Iller gehört in den betrachteten Abschnitten zu den cyprinidengeprägten Gewässern des Rhithrals mit den entsprechenden Referenzfischzönosen (s. Kap. 3.8.1.1). Die Makrozoobenthoszönosen für große voralpine Gewässer (Fließgewässertyp 4) umfassen besonders Arten mit hohen Ansprüchen an Sauerstoffversorgung, Strömung und niedrige Sommertemperaturen. Sie ernähren sich bevorzugt als Weidegänger, Zerkleinerer und Sedimentfresser (s. Kap.3.9.1).

Der Zustand des Makrozoobenthos und der Fischfauna wird von den zuständigen Behörden aufgrund von Befischungsergebnissen und Benthosuntersuchungen für jeden Flusswasserkörper des untersuchten Illerabschnittes bewertet. Defizite bestehen, wenn der Zustand bzw. das Potential des Makrozoobenthos oder der Fischbesiedlung nicht als gut oder sehr gut zu beurteilen ist.

In Bezug auf die Referenzbiozönosen werden die relevanten Habitattypen und die zugehörigen Habitatparameter abgeleitet. Da Fischbiozönosen deutlich empfindlicher auf großräumige Strukturdefizite reagieren als Makrozoobenthoszönosen, die oft auch kleinräumig günstige Strukturen nutzen können, wurden zur Planung der Referenzmaßnahmen und zur Beurteilung der jeweiligen Strukturen vor allem die Ansprüche der Fischbiozönosen herangezogen. Es wird dabei davon ausgegangen, dass die Vielfalt der damit abgedeckten Gewässerstrukturen die Makrozoobenthoszönosen zumindest im gleichen Maße fördert.

3.5.2 Hydromorphologische Defizite

Die Defizite der biologischen Qualitätskomponenten können anhand von Daten zur Gewässermorphologie (Luftbilder, ergänzende Begehungen etc.), hydrologischer Daten (Abflussdaten) und physikalisch-chemischer Daten (insbesondere Temperatur und Sauerstoffmessungen) auf hydromorphologische Defizite und Defizite der Wasserqualität zurückgeführt werden.

Modelliert werden eine große Zahl von Habitattypen, welche die Ansprüche vieler verschiedener Fischarten und ihrer Lebensraumsprüche in unterschiedlichen Situationen wiedergeben. Diese Habitattypen überschneiden sich zu einem großen Teil oder lassen sich nicht ausreichend mittels hydromorphologischer Komponenten differenzieren. Daher werden zur vertieften Betrachtung die Habitattypen ausgewählt, welche wichtige Lebensräume beinhalten, die nach erstem Überblick im Betrachtungsraum selten sind oder typische oder extreme Situationen im ursprünglichen oder im aktuellen Gewässer markieren. Das Vorkommen dieser ausgewählten Habitattypen in der Bearbeitungsstrecke sowie in den einzelnen Flusswasserkörpern wird – jeweils abflussabhängig - dargestellt.

Auf der Grundlage der Kartierungen und Hydraulikmodellierungen werden das aktuelle Habitatangebot modelliert und die Defizite des aktuellen Habitatangebots abgeschätzt und lokalisiert [ausgewählte maßgebende Habitat-/Strukturtypen Kap. 4.9.4].

Durch eine detaillierte Planung hydromorphologischer Maßnahmen wird versucht, die festgestellten Defizite der Gewässerstrukturen bzw. der Habitatangebote zu reduzieren. Eine numerische Modellierung dieser Maßnahmen quantifiziert die Änderungen des Habitatangebotes. Durch Übertragung und Anpassung der Ergebnisse dieser modellierten Maßnahmentypen auf weitere geplante Maßnahmen, lässt sich das durch diese Maßnahmen erreichbare Habitatangebot in den Flusswasserkörpern der Iller abschätzen.

3.5.3 Zielermittlung, Habitat-/Strukturtypen und Zielerreichung

In einem weiteren Schritt wird abgeschätzt, inwieweit mit morphologischen Maßnahmen und Abflussanpassungen, die das Habitatangebot verbessern, die Erfüllung des Anspruchs der WRRL ermöglicht wird, d.h. ob durch die Maßnahmen die Biozönosen der biologischen Qualitätskomponenten einen guten ökologischen Zustand oder zumindest ein gutes ökologisches Potenzial erreichen können.

Die Wasserrahmenrichtlinie unterscheidet zwischen den Zielen für "natürliche Gewässer" ("natural water body", NWB) und "erheblich veränderte Oberflächenwasserkörper" („heavily modified water body“, HMWB). Für die NWB wird der "gute ökologische Zustand (GÖZ)" angestrebt, für die HMWB ein "gutes ökologisches Potenzial (GÖP)". Für beide sind unterschiedliche Anforderungen formuliert, die allerdings nicht quantifiziert werden. Im untersuchten Illerabschnitt gibt es zwei Flusswasserkörper, die als "erheblich verändert" eingestuft werden (F009_BW, 1_F010), einen, der als "natürlich" angesehen wird (F005_BW).

Anhand der aktuellen Biozönose (Fische oder MZB) kann der aktuelle Gewässerzustand gegenüber einem Referenzzustand (für das GÖZ bzw. GÖP) bewertet werden. In der vorliegenden Studie wurde abgeschätzt, inwieweit hydromorphologische Maßnahmen und angepasste Abflüsse die Etablierung gewässertypischer Biozönosen ermöglichen können. Hierfür gibt es bislang nur wenig entwickelte Vorhersage-Werkzeuge und kaum quantitative Zieldefinitionen. Im vorliegenden Fall wurde auf die Richtwerte aus der Landesstudie Gewässerökologie (LSGÖ 2020) zurückgegriffen. In dieser Handreichung werden Gewässerflächenanteile für Strukturelemente angegeben, die als erforderlich zur Ausbildung gewässertypischer Bestände unterschiedlicher Fischarten angesehen werden.

Zur Anwendung dieser Handreichung mussten zunächst die **Habitatansprüche** der Fische (formuliert im Regelwerk, Kap. 2.1.4.2) den entsprechenden **hydromorphologischen Strukturtypen** (mit denen die LSGÖ arbeitet) zugeordnet werden (siehe Kap. 4.9.4 und Kap. 6.3.1). Diese hydromorphologischen Strukturen sollen, nach Durchführung der erforderlichen Maßnahmen, nach Qualität und Umfang, eine gewässertypische Besiedlung durch Fische und MZB ermöglichen.

Das abflussabhängige Habitatangebot, das sich für die Referenzmaßnahmenstrecken ergibt, wurde anhand der CASiMiR Habitatmodellierung quantifiziert und die Ergebnisse auf weitere an der Iller geplante Maßnahmen übertragen und angepasst. Das so erhaltene Gesamtangebot an spezifischen Fischhabitaten bzw. Strukturtypen in den drei Wasserkörpern der Iller wurde mit den Richtwerten der LSGÖ (2020) verglichen und bewertet.

Die LSGÖ-Handreichung geht davon aus, dass zum Erreichen des **"guten ökologischen Zustandes"** eine **Realisierung des angestrebten Habitatangebots (Richtwert) auf 50%** der Bearbeitungsstrecke ausreicht (**Zielwert GÖZ**, natürliche Wasserkörper). Im vorliegenden Fall, in dem ein nach WRRL definierter Flusswasserkörper beurteilt werden sollte, wurde die gesamte Gewässerfläche der einzelnen Wasserkörper als Bezugsgröße gewählt. Berücksichtigt werden neben den Zielwerten für die Flächenanteile auch die Verteilung der Habitate im Gewässer, saisonale Aspekte und lokale Besonderheiten.

Die Sicherstellung der hydromorphologischen Voraussetzungen für das **"gute ökologische Potenzial"** wurde in Absprache mit den Fachleuten der Begleitgruppe bereits bei einer Realisierung von **25% der Richtwerte** als gegeben angesehen (**Zielwert GÖP**, erheblich veränderte Wasserkörper HMWB). Auch in diesem Fall werden neben den Zielwerten für die Flächenanteile die Verteilung der Habitate im Gewässer, saisonale Aspekte und lokale Besonderheiten berücksichtigt.

3.6 Auswertung der Grundwasserinformationen

Es erfolgt eine qualitative Abschätzung der Auswirkungen der geplanten Maßnahmen auf die Grundwassersituation auf Basis vorliegender Daten. Hierbei werden die Maßnahmen und ihre Auswirkungen unter Kenntnis der prinzipiellen Grundwasserströmungsvorgänge und Einbeziehung bekannter Durchlässigkeitsbeiwerte oder deren Abschätzung beurteilt. Wesentliches Bewertungskriterium ist die Änderung von Wasserspiegeln nach Maßnahmen. Differenzen werden in Bezug zu vorhandenen Grundwasserdaten (Höhe des Grundwasserhorizonts, jahreszeitliche Schwankungen, etc.) gesetzt. Die Analyse bezieht sich auf die vorliegenden Daten.

3.7 Fachplanung

Die Fachplanung gewässerökologischer Maßnahmen erfolgt üblicherweise entsprechend den Leistungsphasen der HOAI 2013, §§38-40, Freianlagen, da es sich bei den zu planenden Bauwerken um „Einzelgewässer mit überwiegend ökologischen und landschaftsgestalterischen Elementen“ handelt (vgl. HOAI § 38 (1) 1).

Je nach Problemstellung werden in Leistungsphase 1, Grundlagenermittlung, die zur fachlich qualifizierten Planung erforderlichen Grundlagen erhoben und für den jeweiligen Bedarf brauchbar aufbereitet.

Nach Vorlage der Grundlagenerhebungen werden erste planerische Vorentwürfe in Form grober Skizzen erstellt, die während des Entstehungsprozesses fortlaufend auf die heranzuziehenden Randbedingungen und Planungsziele abzustimmen und zu dimensionieren sind. In der Regel entstehen Varianten von Planungen, die jedoch die grundsätzlichen Anforderungen gleichermaßen erfüllen müssen. Die wesentlichen Unterschiede zeichnen sich hauptsächlich in der Gewichtung der einzelnen Anforderungen aus, so kann z. B. bei gleicher Flächenverfügbarkeit der Erhalt bestehender Auwaldstrukturen einmal höher gewichtet sein als die Initiierung neuer Auedynamik und umgekehrt.

4 Analyse Istzustand

4.1 Untersuchungsgebiet

4.1.1 Untere Iller

Als Untere Iller wird im Folgenden die Iller von der Gemeinde Aitrach bei Fkm 56,725 bis zur Mündung in die Donau bei Fkm 0,0 oberhalb von Ulm bezeichnet. Die Iller stellt in diesem Bereich die Landesgrenze zwischen Baden-Württemberg und dem Freistaat Bayern dar. Gemäß der Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) ist die Untere Iller dem Fließgewässertyp 4 „Große Flüsse des Alpenvorlandes“ zuzuordnen.

Das Untersuchungsgebiet liegt zwischen dem Wehr Mooshausen (Fkm 52,925) und der Mündung in die Donau oberhalb Ulm (Fkm 0,000) wird in drei Flusswasserkörper (FWK) gegliedert: der unterste Flusswasserkörper (1_F005_BW, Fkm 0,00 bis 17,600), der mittlere Flusswasserkörper (1_F010, Fkm 17,600 bis 23,000) und der oberste Flusswasserkörper (1_F009_BW, Fkm 23,000 bis 57,000).

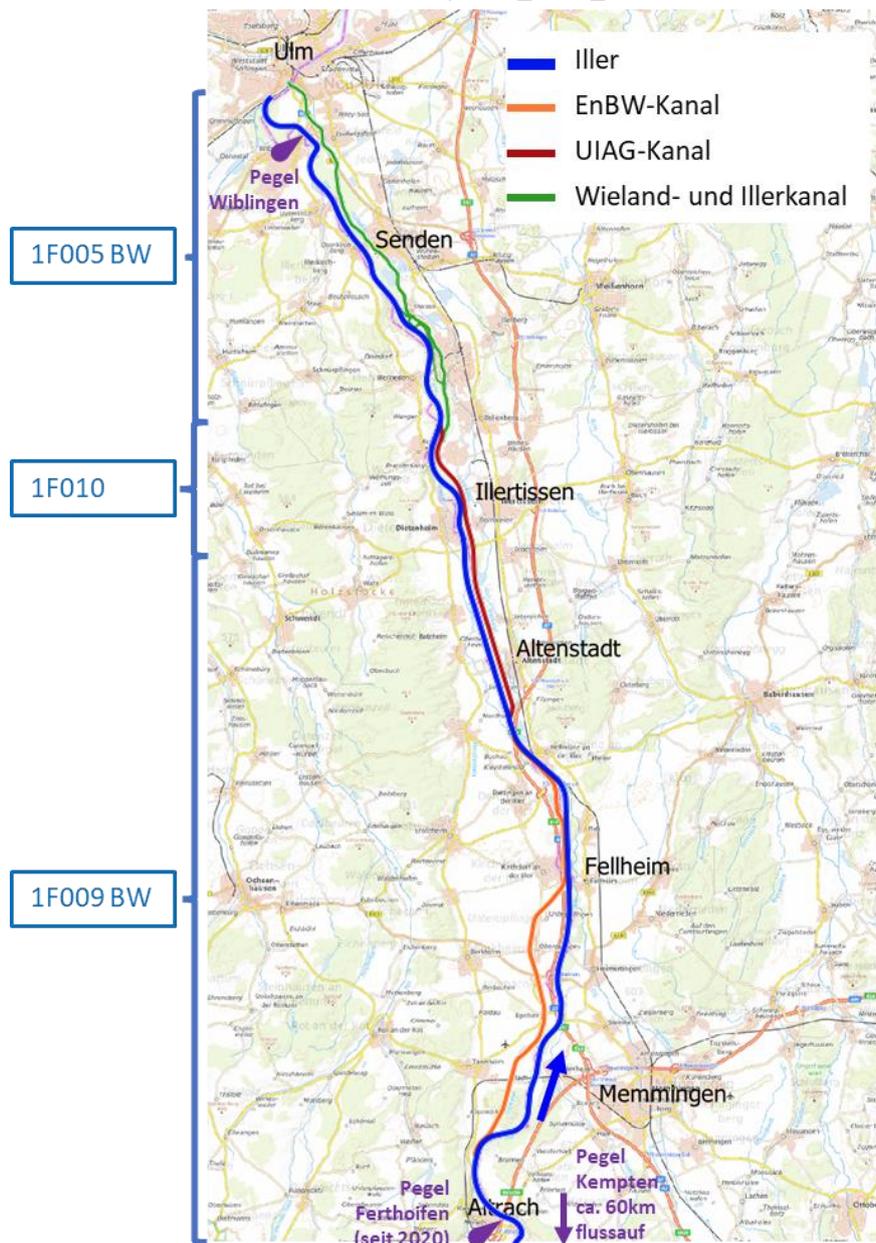


Abbildung 9 Untersuchungsgebiet Untere Iller, Fkm 0,0 – 56,725 mit Flusswasserkörpern (FWK), [www.geoportal.de - Datenlizenz Deutschland – TopPlusOpen – Version 2.0]

4.1.2 Flusswasserkörper und Einstufung nach WRRL (2015 und 2021)

Die Iller wird im Bearbeitungsabschnitt zur Bearbeitung nach WRRL in drei Flusswasserkörper (FWK) eingeteilt, die einen unterschiedlichen Status besitzen. Sie werden in der folgenden Tabelle vorgestellt.

FWK 1_F005_BW Iller von Einmündung UIAG-KANAL bis Mündung in die Donau (Fkm 17,6 bis 0)

<i>natürlicher Wasserkörper</i>	2015	2021
• Länge* Flusswasserkörper [km]	17,7	17,8
• Ökologischer Zustand	Mäßig	Gut
• Makrozoobenthos	Gut	Gut
- Modul Saprobie:	Gut	
- Modul Allgemeine Degradation:	Gut	
• Fischfauna	Mäßig	Gut

Der Abschnitt ist durchgängig, seit das einzige Wehr eine Fischaufstiegshilfe hat. Nach der Rückleitung des UIAG Kanals (noch oberhalb des Ayer-Wehres) führt die Iller hier nahezu den gesamten Abfluss wobei die Wasserführung aber stark vom Wehrmanagement im Mittellauf abhängt.

FWK 1_F010 Iller von Illertissen bis Einmündung UIAG-KANAL (Fkm 23 bis 17,6)

<i>Erheblich veränderter Wasserkörper</i>	2015	2021
• Länge* Flusswasserkörper [km]	5,3	
• Ökologischer Zustand	Unbefriedigend	
Ökologisches Potenzial		Mäßig
• Makrozoobenthos	Unbefriedigend	Mäßig
- Modul Saprobie	Gut	
- Modul Allgemeine Degradation	Unbefriedigend	
• Fischfauna	Mäßig	Mäßig

Restwasserstrecke; Abschnitt 1_F010 wird durch zahlreiche mehrere Meter hohe Schwellen in einzelne Becken aufgeteilt, die Stauwurzeln sind in der Regel sehr kurz. Diese Schwellen sollen zur Sicherung des Grundwasserstandes nicht abgesenkt werden.

FWK 1_F009_BW Iller von Aitrach bis Illertissen (Fkm 57 bis Fkm 23)

<i>Erheblich veränderter Wasserkörper</i>	2015	2021
• Länge* Flusswasserkörper [km]	34,2	33,9
• Ökologisches Potenzial	Mäßig	Mäßig
• Makrozoobenthos	Gut	Gut
- Modul Saprobie	Gut	
- Modul Allgemeine Degradation	Gut	
• Fischfauna	Mäßig	Mäßig

Restwasserstrecke; mehrere Querbauwerke stauen beträchtliche Gewässerstrecken.

Angaben aus: Wasserkörper-Steckbriefe Flusswasserkörper (Bewirtschaftungszeitraum 2016–2021 und 2022–2027), Fachdaten Informationssystem Wasserwirtschaft, Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU), Augsburg, www.lfu.bayern.de, Erzeugt mit dem UmweltAtlas Bayern am 17.04.2020 und 20.06.2021

Eine Bewertung der Iller hinsichtlich der Zielerreichung nach den WRRL-Vorgaben muss jeweils in Bezug auf die drei festgelegten Wasserkörper erfolgen. Dabei wird der Wasserkörper 1_F005_BW von der Mündung in die Donau bis Einmündung UIAG Kanal als natürlich eingestuft, die Wasserkörper 1_F010 (Illertissen bis Einmündung UIAG Kanal) und 1_F009_BW (Aitrach bis Illertissen) als erheblich verändert. Auf diese Einteilung wird im Folgenden immer wieder Bezug genommen.

4.2 Vermessung und Kartierung

4.2.1 Vermessung und Kartierung Detailstrecken

In der vorliegenden Studie wurde ein Habitatmodell für die gesamte Untere Iller zwischen dem Mooshausener Wehr bei Fkm 52,925 und der Mündung in die Donau (Fkm 0,000) erstellt. Es war davon auszugehen, dass ein Großteil der genannten Flussabschnitte durch das vorliegende Hochwassermodell mit i.d.R. Querprofilen im 200 m Abstand ausreichend genau abgebildet wird, da dort die Morphologie wenig heterogen ist. In einigen Abschnitten, z.B. unterhalb von Wehren weist der Fluss jedoch variabelere Strukturen auf. Deshalb wurden zusätzlich zum Gesamtmodell vier sogenannte Detailabschnitte der Iller genauer untersucht. Tabelle 3 zeigt eine Übersicht der zusätzlichen Strecken, Abbildung 10 zeigt die vier untersuchten Detailstrecken aus der Orthoperspektive.

Tabelle 3: Übersicht der zusätzlich untersuchten Detailstrecken

Detailstrecken	Position
Strecke 3 Vöhringen	Fkm. 13,600 – 14,600
Strecke 9 Raue Rampe	Fkm. 18,800 – 19,400
Strecke 26 Kirchdorf	Fkm. 38,800 – 39,300
Strecke 30 Egelsee	Fkm. 45,100 – 45,500

In diesen vier Detailstrecken wurden zunächst terrestrische Vermessungen, Drohnenbefliegungen, Abflussmessungen, Wasserspiegelmessungen und Substratkartierungen durchgeführt, die den aktuellen Zustand abbilden. Auf Basis dieser Daten wurden digitale Geländemodelle und hydrodynamisch-numerische Modelle erstellt, als Grundlage für die Habitatmodelle.

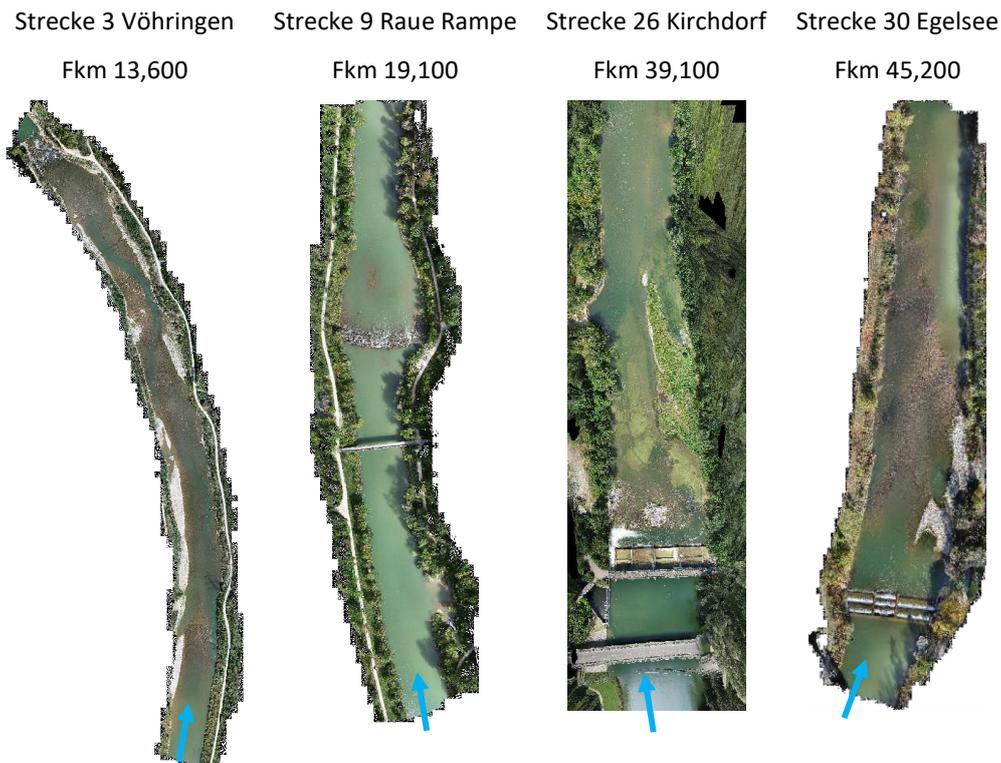


Abbildung 10: Orthofotos der vier untersuchten Detailstrecken

Die im Zuge der Vermessungsarbeiten durchgeführten Substratkartierungen sind in Abbildung 12 dargestellt. Die Sohle in den vier Detailstrecken setzen sich vor allem aus kleinen Steinen bis 12 cm

Durchmesser, großen Steinen bis 20 cm, Blöcken und Fels zusammen. Vereinzelt sind auch sandige und kiesige Bereiche vorhanden.

Beim kartierten dominanten Substrat ist zu beachten, dass die Größe des dominanten Substrats der Deckschicht i.d.R. über der für die morphologischen Berechnungen herangezogenen mittleren Korngröße d_m liegt. Das liegt zum einen daran, dass bei der Kartierung die größeren Substrate visuell oftmals dominieren, zum anderen sind für die Berechnungen die Korndurchmesser der Unterschichten mit maßgebend. Vor allem aber ist der rechnerisch ermittelte mittlere Korndurchmesser d_m eine theoretische Größe, die bei grobkörnigen Sohlen i.d.R. unterhalb der vom Gewichtsanteil her dominanten Substrat liegt. Ein Beispiel für den Unterschied zwischen dominantem Substrat und der mittleren Korngröße ist in Abbildung 11 gegeben.



Abbildung 11 Sohlsubstrat mit dominantem Substrat „kleine Steine (6 bis 12 cm) und subdominantem Substrat „Grobkies“ (2 bis 6 cm), die mittlere Korngröße d_m liegt unter 6 cm



Abbildung 12: Kartierte Sohlsubstrate in den vier Detailstrecken

Auf Basis der aufgenommenen Daten wurde für jede der Detailstrecken ein Digitales Geländemodell (DGM) erstellt. Beispielhaft ist in Abbildung 13 das DGM für die Detailstrecke 26 Kirchdorf dargestellt.

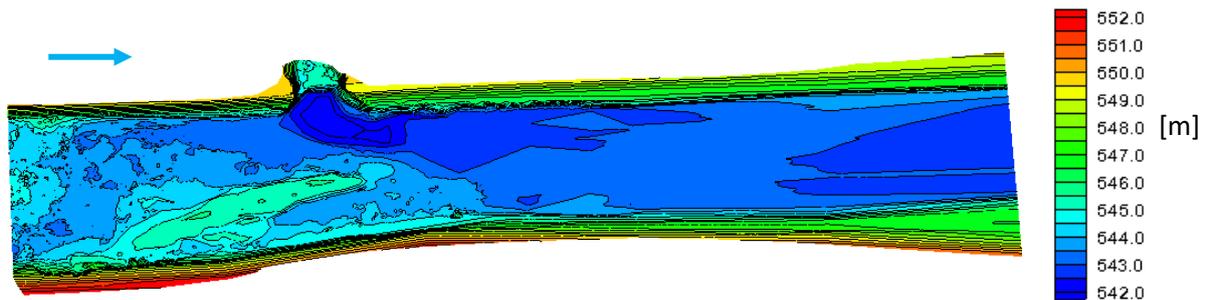


Abbildung 13: Digitales Geländemodell für Detailstrecke 26 Kirchdorf

4.2.2 Kartierung Gesamtstrecke

Bei der Grobkartierung während der Begehung vom 11.9. bis 14.9.2018 wurden die Parameter Sohlssubstrat und Fischunterstände für den gesamten 53 km langen Iller-Abschnitt aufgenommen. Aufgrund der großen Wassertiefe und -trübung konnten die Substrate in weiten Teilen nur geschätzt werden. Teilweise war es aber möglich, das Gewässer zu begehen. An diesen Stellen wurde meist grobes Material vorgefunden, so dass den Staubereichen mit nicht einsehbarer Sohle zumeist die Substratklassen 6 = kleine Steine oder 7 = große Steine zugewiesen wurden. Im Bereich von befestigten Stauanlagen wurden auch die Substratklassen 8 = Blöcke oder 9 = Fels zugewiesen, letztes in Zonen in denen Beton oder stark verfestigte Sohlen festgestellt oder vermutet wurden.

Alle Informationen wurden in ein GIS integriert und lassen sich auf diese Weise überlagern mit den Informationen aus dem Hydraulikmodell. Die Screenshots in den folgenden Abbildungen stellen die Layer „Sohlssubstrate“ (substrate) und „Fischunterstände“ (cover) des GIS dar.

Abbildung 14 und Abbildung 15 zeigen zwei hinsichtlich des Substrats überdurchschnittlich heterogene Abschnitte bei Egelsee und unterhalb des Wehrs Mooshausen.

Fischunterstände waren in den oberen, zumeist kanalartigen Abschnitten der Iller oftmals kaum vorhanden. In den unteren strukturreicheren Bereichen waren z.B. Totholz, überhängende Vegetation oder Wurzeln lokal eher zu finden. Abbildung 16 zeigt einen derartigen Abschnitt bei Fkm 21,000.

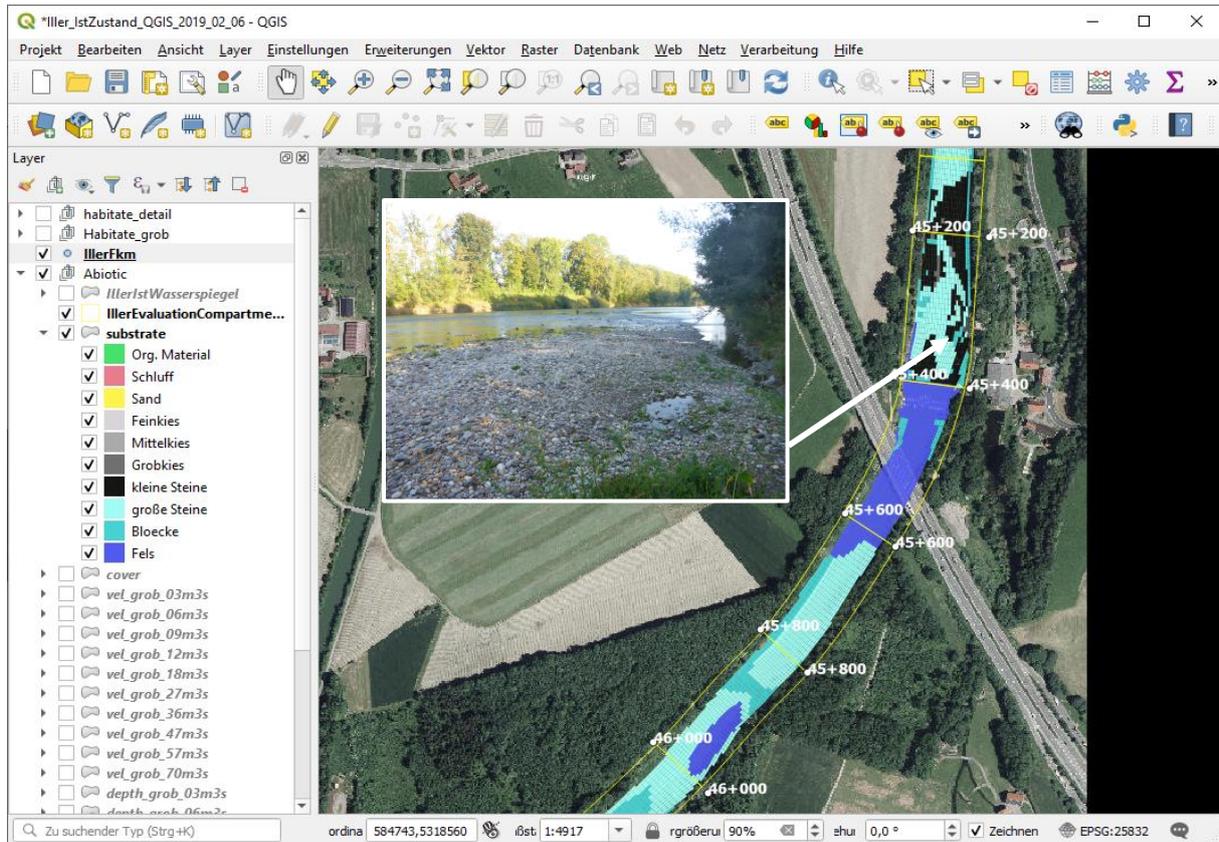


Abbildung 14 In ein GIS integrierte Grobkartierung im Bereich Egelsee oberhalb Fkm 45,000

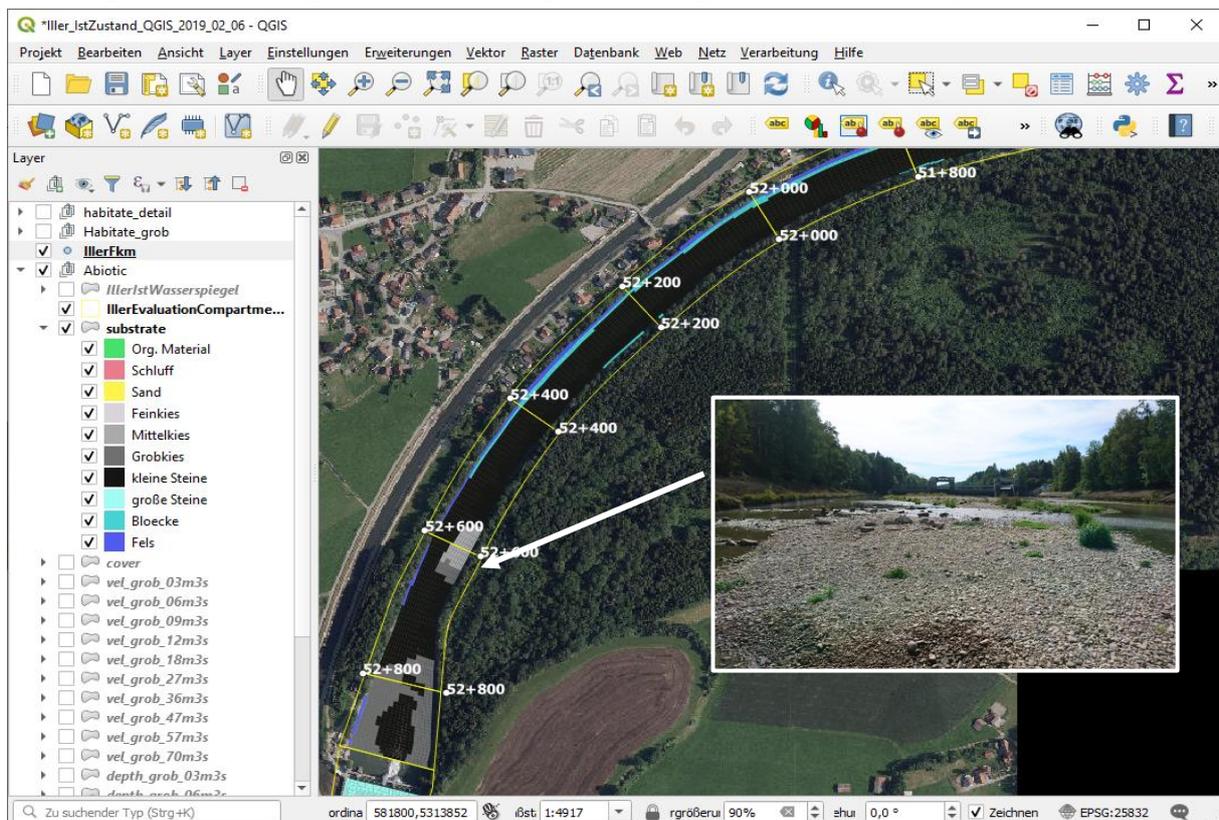


Abbildung 15 In ein GIS integrierte Grobkartierung im Bereich unterhalb des Wehrs Mooshausen, Fkm 53,000

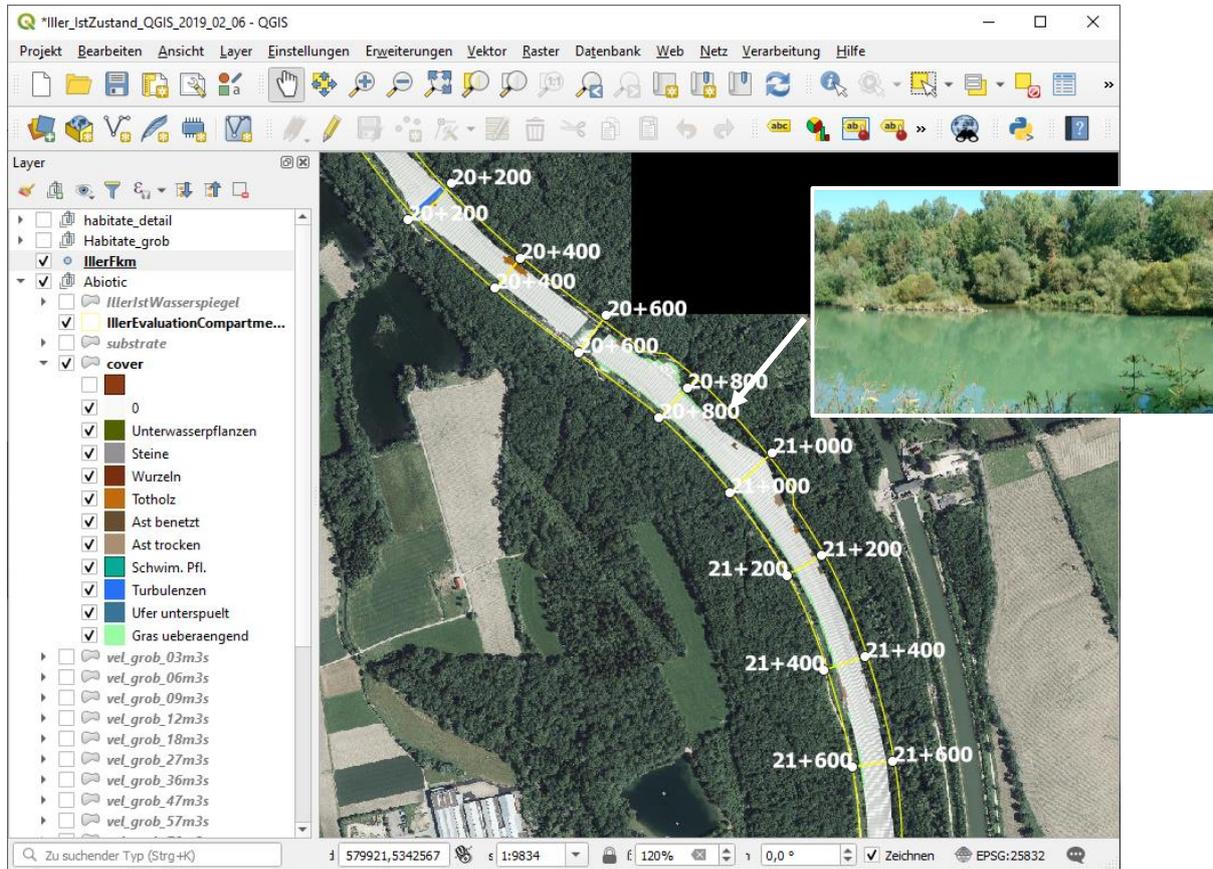


Abbildung 16 In ein GIS integrierte Grobkartierung im Bereich Fkm 21,000 mit Buchten und Inselstrukturen

4.3 Hydrologie

4.3.1 Aktuelle Informationen und Quellen

Die Hydrologie der Iller ist bestimmt durch das alpine und voralpine Einzugsgebiet, das sich von den Allgäuer Alpen bis zum Donautal erstreckt. Die geodätischen Höhen im Einzugsgebiet liegen zwischen ca. 650 und 2.600 müNN, ein Viertel des Einzugsgebietes liegt über 1.000 müNN. Das im Unterlauf nur noch kleinere Seitengewässer einmünden, ist das Abflussverhalten bis zur Mündung in die Donau stark alpin geprägt, d.h. die Abflüsse im Winter sind i.d.R. niedrig, im Frühjahr steigt der Abfluss mit der Schneeschmelze deutlich an und im Sommer sind größere Abflüsse und Hochwässer mit Niederschlagsereignissen im Einzugsgebiet verbunden, die aufgrund des hohen Gefälles im oberen Einzugsgebiet oftmals schnell ablaufen. Die Iller trägt zum Abfluss der Donau mehr bei als der Oberlauf der Donau und prägt damit das Abflussverhalten der Donau unterhalb der Mündung.

Eine Schwierigkeit bei der Ermittlung des Abflusses am Wehr Mooshausen und damit des Wasserdargebots an der dort beginnenden Mindestwasserstrecke besteht darin, dass zwischen dem Pegel Kempten bei Fkm 102,690 und dem Pegel Wiblingen bei Fkm 2,100 bis zum November 2020 kein weiterer Abflussmesspegel lag. Messwerte vom seit diesem Zeitpunkt dort neu installierten Pegel Ferthofen konnten also für die vorliegende Studie nicht verwendet werden. Die Hauptwerte der Pegel Kempten und Wiblingen sind in Tabelle 4 gegeben.

Tabelle 4 Hydrologische Kennwerte für die Pegel Kempten und Wiblingen, Iller (Angaben für Kempten nach www.gkd.bayern.de abgerufen Jan 2021, Angaben für Wiblingen von udo LUBW, Stand Jan 2013)

Pegel Kempten, Iller Fkm 102,690; EZG = 955,3 km ²		Pegel Wiblingen, Iller Fkm 2,100; EZG = 2064,2 km ²	
NQ	4,06 m ³ /s	NQ	1,42 m ³ /s
MNQ	9,45 m ³ /s	MNQ	7,92 m ³ /s
MNQ Winter	9,88 m ³ /s	MNQ Winter	9,02 m ³ /s
MNQ Sommer	13,8 m ³ /s	MNQ Sommer	11,4 m ³ /s
MQ	46,5 m ³ /s	MQ	53,9 m ³ /s
MHQ	379 m ³ /s	MHQ	425 m ³ /s
HQ2	379 m ³ /s	HQ2	435 m ³ /s
HQ10	534 m ³ /s	HQ10	638 m ³ /s
HQ200	609 m ³ /s	HQ200	719 m ³ /s
HQ50	728 m ³ /s	HQ50	828 m ³ /s
HQ100	829 m ³ /s	HQ100	912 m ³ /s

Es zeigt sich aus der Betrachtung der hydrologischen Kennwerte, dass der Pegel Wiblingen, nahe der Mündung in die Donau, nicht für eine Herleitung des Abflusses am Wehr Mooshausen verwendet werden kann. Trotz des im Vergleich zu Kempten ca. doppelt so großen Einzugsgebiets in Wiblingen ist dort der mittlere Niedrigabfluss MNQ geringer, der mittlere Abfluss nur leicht höher als in Kempten. Dies liegt daran, dass ein Teil des von der UIAG abgezogenen Wassers nicht wieder in die Iller zurückgelangt, sondern direkt über den Wieland-Kanal und den daran anschließenden Illerkanal der Donau zufließt.

MQ_Iller_theor ist der Mittlere Abfluss der Iller am Pegel Wiblingen, der vorhanden wäre, wenn nicht ein Teil des Abflusses über den an den UIAG Kanal angeschlossenen Iller Kanal direkt in die Donau fließen würde. Er beträgt ca.:

$$\begin{aligned} \text{MQ_Iller_theor} &= \text{MQ_Wiblingen} + \text{ca. } 16 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (Illerkanal)}, \\ &= 54 \text{ m}^3/\text{s} + 16 \text{ m}^3/\text{s} = \text{ca. } 70 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Zwar wurden von der EnBW als Betreiber des Kraftwerks Aitrach, das wenige km oberhalb der Ausleitung am Wehr Mooshausen in den EnBW Kanal liegt, Abflussdaten am dortigen Kraftwerk zur

Verfügung gestellt. Diese werden allerdings aus der Turbinenleistung rückgerechnet und sind damit mit Unsicherheiten behaftet.

Die Angaben aus dem hydrologischen Längsschnitt der LUBW scheinen die realen Verhältnisse ebenfalls unzureichend wiederzugeben. Dort wird das Verhältnis zwischen dem mittleren Niedrigwasserabfluss MNQ nach dem Zufluss der Aitrach (kurz oberhalb Mooshausen) und dem Pegel Kempten mit ca. 1,8 angegeben. Dies entspricht in etwa dem Verhältnis der Einzugsgebiete, scheint aber den Abfluss unterhalb Aitrach deutlich zu überschätzen (siehe folgendes Kapitel 4.3.2).

4.3.2 Abschätzung des Abflusses am Beginn der EnBW Ausleitung

Hinweis: Die folgenden Ausführungen stellen keine detaillierte hydrologische Analyse dar, sondern lediglich eine Abschätzung der Abflüsse am Wehr Mooshausen in sehr trockenen Perioden. Deshalb wurde das Jahr 2018 mit einer extrem trockenen Sommerphase betrachtet.

Wie oben dargestellt, liegt das Verhältnis des EZG der Iller unterhalb des Aitrach Zuflusses zum Pegel Kempten bei ca. 1,8. Die Ganglinien aus dem Jahr 2018 legen allerdings nahe, dass das Abflussverhältnis deutlich geringer ist. In Abbildung 17 sind die Abflusstageswerte der Summe KW Aitrach + Aitrach Zufluss und des Pegels Kempten, sowie deren Verhältniswert dargestellt.

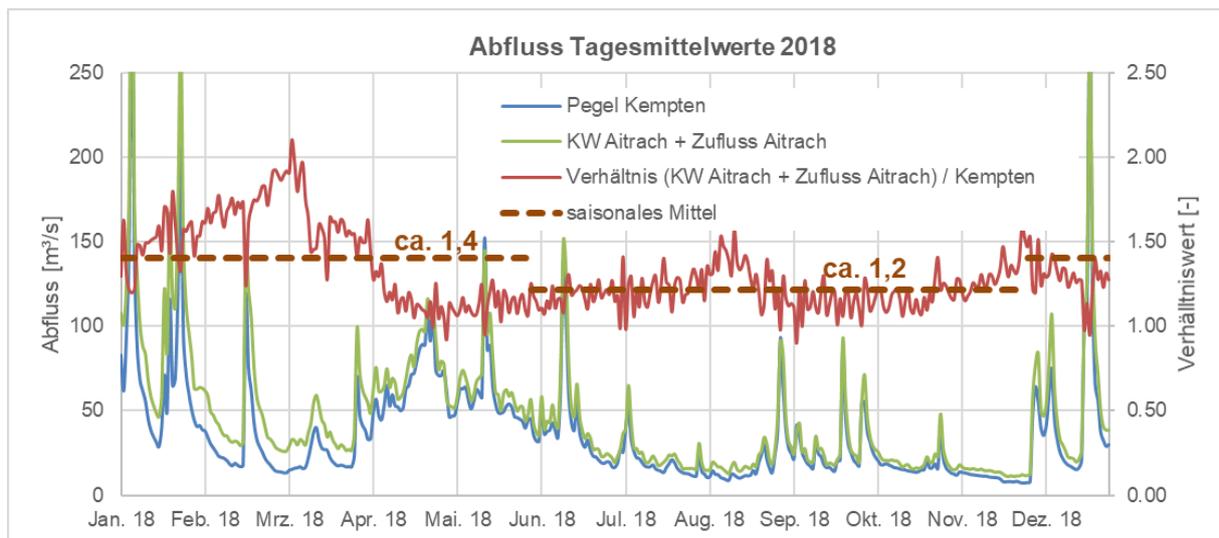


Abbildung 17 Abflusstageswerte 2018 am Pegel Kempten und oberhalb der EnBW Entnahme am Wehr Mooshausen, sowie Verhältniswerte

In der Niedrigwasserphase von Juni bis November liegt der Verhältniswert im Mittel bei ca. 1,2, in der Phase höhere Abflüsse von Dezember bis Mai liegt er im Mittel bei ca. 1,4. Daraus lässt sich der mittlere Abfluss in Niedrigwasserphasen unterhalb des Aitrach-Zuflusses (Wehr Mooshausen =r EnBW Entnahme) aus dem Pegel Kempten grob abschätzen:

$$\begin{aligned} \text{MNQ in Kempten für den Zeitraum 1901-2016:} & \quad 9,45 \text{ m}^3/\text{s} \\ \text{MNQ_Iller_EnBW (an der EnBW Entnahme; 1901-2016)} & \quad = \text{ca. } 1,2 \times 9,45 \text{ m}^3/\text{s} = \text{ca. } 11,3 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Allerdings zeigt sich bei näherer Betrachtung, dass die 12 niedrigsten Jahresabflüsse der gesamten Zeitreihe, mit Werten $\leq 6,1 \text{ m}^3/\text{s}$, sämtlich in der Phase zwischen 1900 und 1932 liegen. D.h. die sehr lange Zeitreihe ab 1900 „zieht“ den MNQ nach unten. Die Ursachen sind nicht klar, aber könnten z.B. in weniger verlässlicher Messtechnik in diesen Jahren liegen. Setzt man den **MNQ der letzten 40 Jahre 1981 bis 2020** an, ergeben sich **etwas höhere Werte**. Dies ist deshalb sinnvoll, da diese Zeitreihe die aktuellen Verhältnisse vermutlich besser als die Gesamtzeitreihe widerspiegelt. Dies wird auch durch die Darstellung des gleitenden Mittels der Jahresniedrigwasserabflüsse (NQ) in Kempten für die Zeitreihe ab 1901 mit Angabe der Jahrzehntmittel deutlich (Abbildung 18).

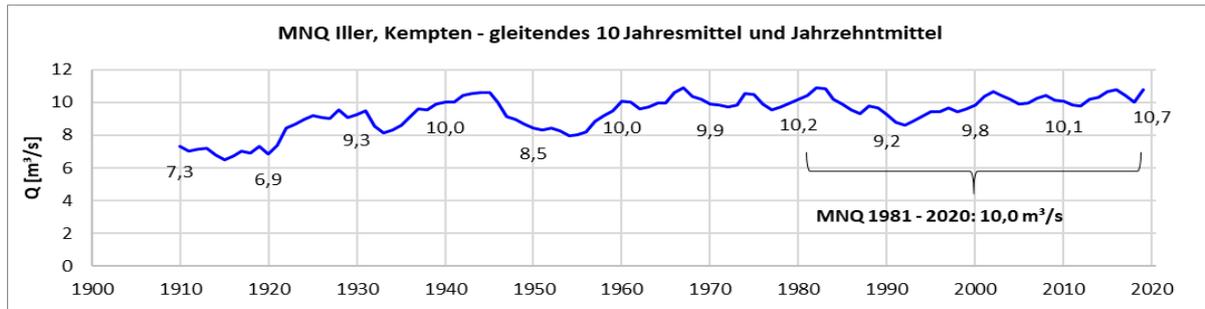


Abbildung 18: Mittlere Niedrigwasserabflüsse Iller am Pegel Kempten, 10 Jahres Mittel (gleitend) und Jahrzehntmittel

Der mittlere Niedrigwasserabfluss am Wehr Mooshausen wird deshalb folgendermaßen abgeschätzt und von diesem Wert bei den weiteren Betrachtungen ausgegangen:

MNQ in Kempten für den Zeitraum 1981 bis 2020: $10,0 \text{ m}^3/\text{s}$

MNQ_Iller_{Mooshausen} (1981 bis 2020) = ca. $1,2 \times 10,0 \text{ m}^3/\text{s}$ = **ca. $12,0 \text{ m}^3/\text{s}$**

Unterhalb der Entnahme durch die EnBW kommen in der Mindestwasserstrecke der Iller aus der Buxach und der Memminger Ach in Niedrigwasserphasen noch ca. $0,4 + 1,4 = 1,8 \text{ m}^3/\text{s}$ hinzu. Dazu gibt es noch Grundwasserzutritte (konservative Annahme: ca. $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$). D. h. an der Entnahme durch die UIAG am Filzinger Wehr ist die Annahme eines um $2,0 \text{ m}^3/\text{s}$ erhöhten MNQ im Vergleich zur Entnahmestelle der EnBW gerechtfertigt:

MNQ_Iller_Filzinger_Wehr (1981 bis 2020) = ca. $12,0 + 2,0 =$ ca. $14,0 \text{ m}^3/\text{s}$

Allerdings werden über den EnBW Kanal im Normalfall $1,3 \text{ m}^3/\text{s}$ in den Gießen abgeleitet, d.h. der tatsächliche MNQ ist ca.:

MNQ_Iller_Filzinger_Wehr (1981 bis 2020) = ca. $12,0 - 1,3 + 2,0 =$ ca. $12,7 \text{ m}^3/\text{s}$

Es sei hier noch einmal betont, dass die genannten Abflüsse eine Abschätzung sind. Alternative Berechnungen auf Basis der Einzugsgebietsgrößen (EZG) haben aber ergeben, dass diese Abschätzung die Realität besser wiedergibt als EZG-bezogene Abschätzungen. Der in 2020 neu installierte Pegel Ferthofen wird im Laufe des Betriebs verlässlichere Werte für die Abflüsse oberhalb der EnBW-Entnahme liefern.

Das hydrologische System der Iller mit angeschlossenen Kanälen im Untersuchungsraum und zugeordneten Abflüssen bei ausreichendem Wasserdargebot ist in Abbildung 19 dargestellt.

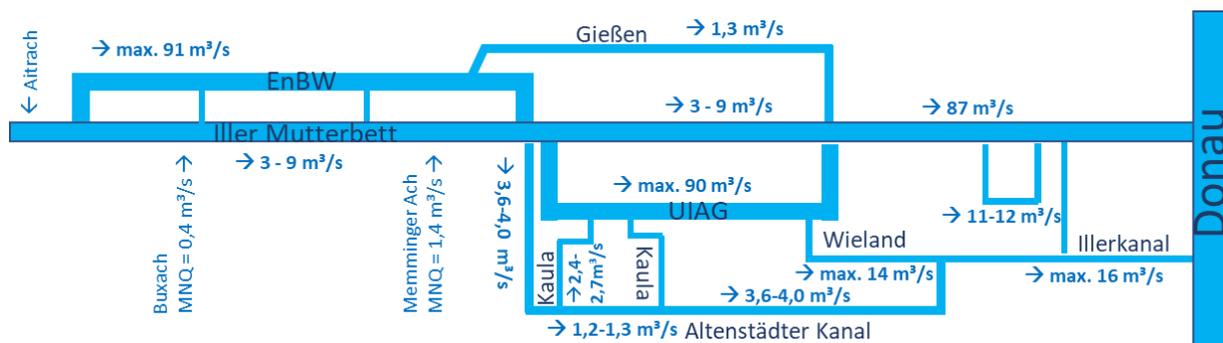


Abbildung 19 Systemplan der Iller im Untersuchungsraum mit Kanälen und Abflüssen

Die in der Abbildung gegebenen Abflusswerte beziehen sich auf die aktuelle Mindestwasserregelung in der Iller und auf die in Bescheiden geregelten Abflüsse in den Kanälen. Diese sind (mündl. Mitteilungen WWA Donauwörth und RP Tübingen):

- Gießen 1,3 m³/s
- Altenstädter Kanal 3,6 – 4,0 m³/s (Altrecht)
- Kaulakanal 2,4 bis 2,7 m³/s
- Wielandkanal: 2 m³/s aus Altenstädter Kanal, Rest aus UIAG Kanal, maximal 14 m³/s

Für die beiden großen Kanäle der EnBW und der UIAG liegen keine durch Bescheid geregelten Mindestabflüsse vor.

Aus den oben dargestellten Abschätzungen der Niedrigwasserabflüsse und dem Verteilungssystem im System lassen sich Grenzsituationen ableiten, ab denen nicht mehr alle Systemelemente mit dem vorgesehenen Abfluss versorgt werden können. Diese Grenzsituationen sind im Kap. 7.2 dargestellt und Vorschläge für die Abflussverteilung gegeben.

4.4 Hydraulik

4.4.1 Detailstrecken

Für die in Kap. 4.2.1 eingeführten Detailstrecken werden hydrodynamisch-numerische Modelle erstellt. Als Pre- und Postprozessor wird *SMS 11.2.16* der Fa. Aquaveo (<https://aquaveo.com>) verwendet. Die Berechnungen erfolgen mit der Software *SRH-2D-v3*, welche am U.S. Bureau of Reclamation (<https://www.usbr.gov/>) entwickelt wurde. Kalibriert und validiert werden die einzelnen Modelle anhand der gemessenen Abflüsse und den parallel aufgenommenen Wasserspiegellagen. Dazu wird die Sohlrauheit nach dem Ansatz von Kopecki et al. 2017, der die Sohlrauheit in Abhängigkeit der Wassertiefe berechnet, angenommen. Bei diesem Ansatz wird berücksichtigt, dass der Rauheitseinfluss der Sohle mit steigender Wassertiefe abnimmt und u.a. die Korngröße des Sohlsubstrats und das Verhältnis einer Rauheitsgrenzschicht an der Sohle zur Wassertiefe in die Berechnung miteinbezogen.

Für alle Detailstrecken werden Berechnungen für die Abflüsse 3, 6, 9, 12, 18, 27, 36, 47, 57 und 70 m³/s durchgeführt. In den folgenden beiden Abbildungen sind die berechneten Wassertiefen und tiefengemittelten Fließgeschwindigkeiten für sechs Abflüsse in Detailstrecke 26 Kirchdorf dargestellt.

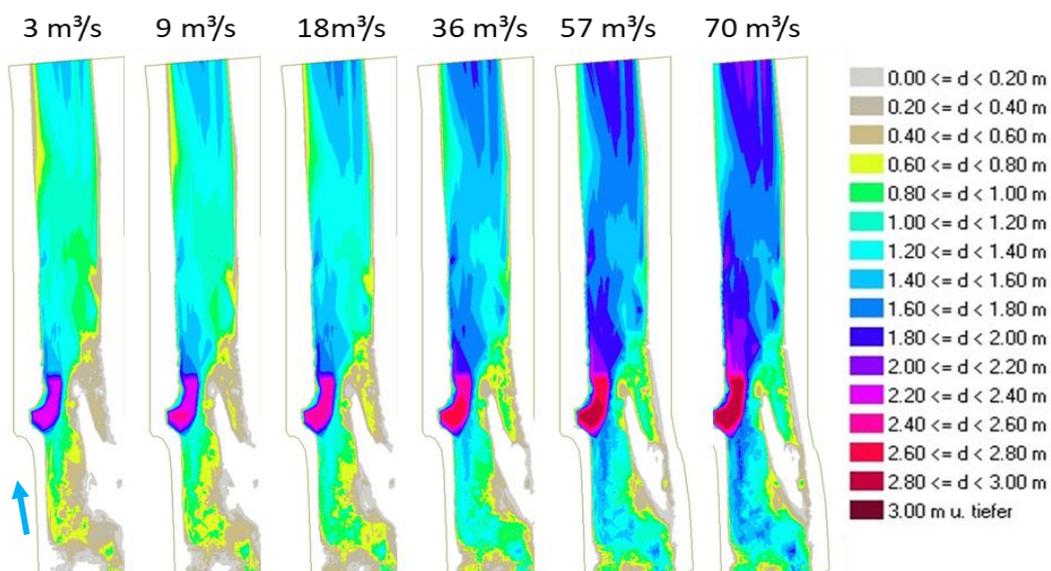


Abbildung 20: Detailstrecke 26 Kirchdorf berechnete Wassertiefen für 6 verschiedene Abflüsse

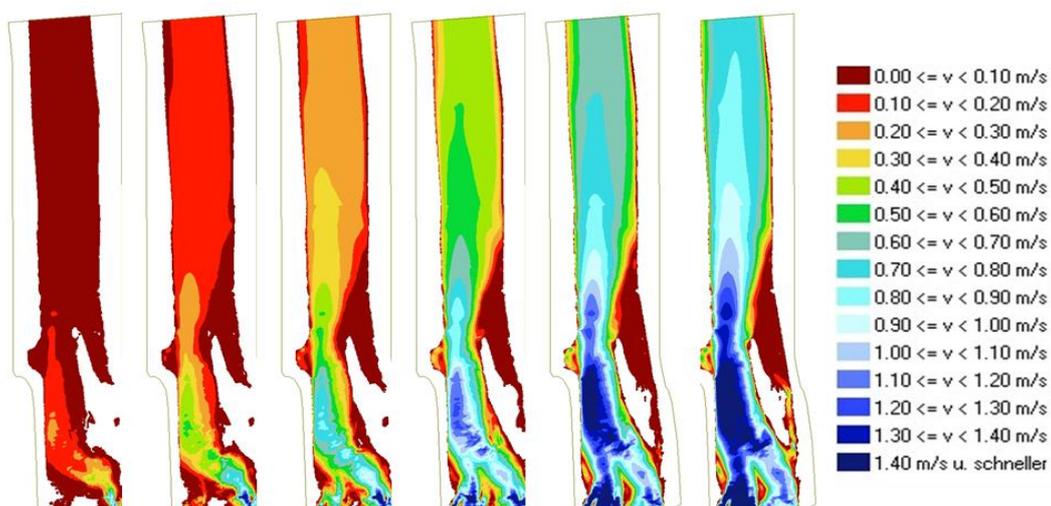
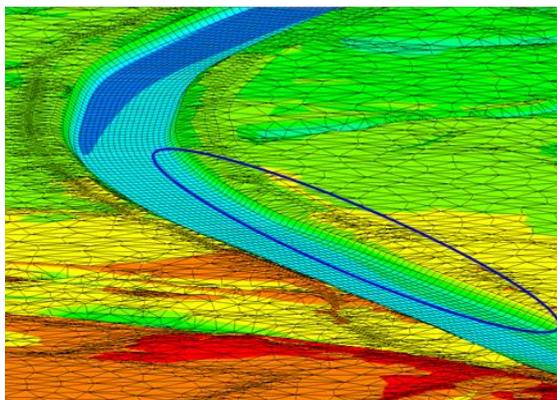


Abbildung 21: Detailstrecke 26 Kirchdorf berechnete tiefengemittelte Fließgeschwindigkeit für 6 verschiedene Abflüsse

4.4.2 Teilmodelle und modellierte Abflüsse

Im Rahmen des Projekts wurde ein bestehendes 2D Hydraulikmodell mit aktuellen Vermessungsdaten ergänzt. Das Modell besteht aus 3 Teilmodellen (TM1 bis TM3) welche den Abschnitt unterhalb des Ayer Wehrs (Fkm 9+242) bis zur Mündung in die Donau (TM1), den Abschnitt zwischen der Ausleitung in den Kanal der UIAG („Filzinger Wehr“, Fkm 31+126) und dem Ayer Wehr (TM2) und den Abschnitt zwischen der Ausleitung in den Kanal der EnBW (Wehr Mooshausen) und dem Filzinger Wehr (TM3) umfassen. In diese Teilmodelle, die auf Querprofildaten von 2009 basierten, wurden neuere Querprofile aus den Jahren 2014 (Gesamtstrecke) und aus 2018 (für den Abschnitt Fkm 9,240 bis 14,600) integriert. Ein Vergleich der Modelle vor und nach der Aktualisierung ist in Abbildung 22 beispielhaft für 2 Teilbereiche dargestellt.

Vor Aktualisierung



Nach Aktualisierung

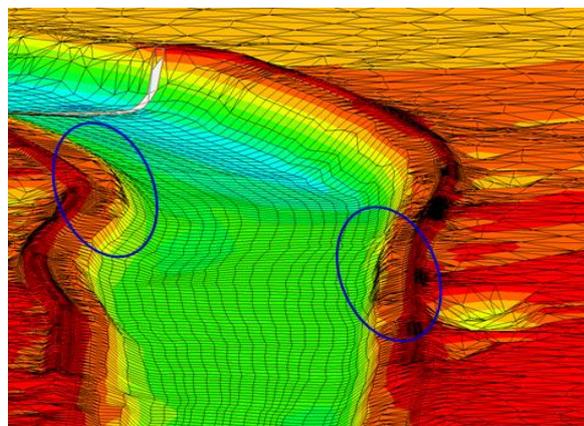
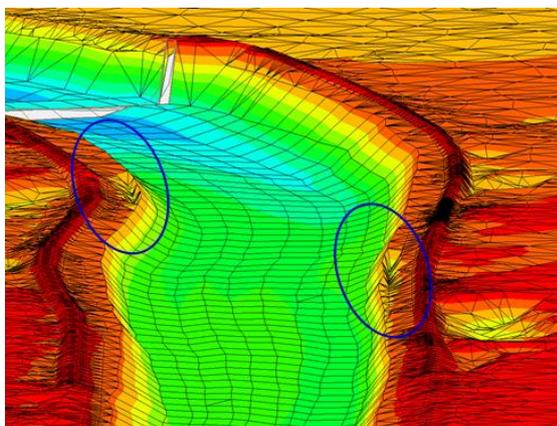
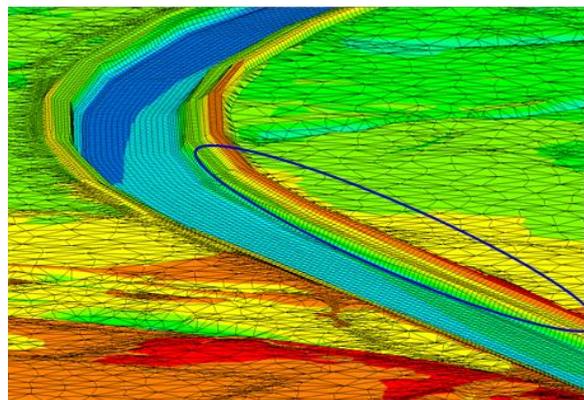


Abbildung 22 Ausschnitte aus dem Berechnungsnetz des Hydraulikmodells Iller vor und nach Einbau der aktuelleren Querprofile, Anpassung der Bruchkanten und Erhöhung der Auflösung

Daraufhin wurden Berechnungen für 10 Abflüsse durchgeführt, welche den gesamten Abflussbereich von extremen Niedrigwasserabflüssen bzw. dem derzeitigen Sommermindestwasser 3 m³/s bis zum Mittleren Abfluss MQ von ca. 70 m³/s abdecken. Die Modellabflüsse sind in Tabelle 5 gegeben.

Tabelle 5 Modellabflüsse Hydraulikmodell Iller

Q1	3 m ³ /s	Q4	12 m ³ /s	Q7	36 m ³ /s	Q10 70 m ³ /s = ca. MQ _{theor} (s. Kap. 4.3.1)
Q2	6 m ³ /s	Q5	18 m ³ /s	Q8	47 m ³ /s	
Q3	9 m ³ /s	Q6	27 m ³ /s	Q9	57 m ³ /s	

Die Ergebnisse der Berechnungen, d.h. die berechneten Wassertiefen und tiefengemittelten Fließgeschwindigkeiten wurden, ebenso wie die kartierten Habitatparameter Sohlsubstrate und Fischunterstände in ein GIS integriert. Damit wird die Grundlage für die Habitatmodellierungen in der Gesamtstrecke und den Istzustand geschaffen.

4.5 Morphologie, Sedimenthaushalt

Die morphologische Planung im gegenständlichen Projekt bezieht sich vor allem auf

- Planungselement Seitenarm
- Eigendynamische Prozesse
- Aktivierung und Einbeziehung von bestehenden Nebengewässersystemen
- Sohlanhebung und Sohlverbreiterung

In diesen Themenbereichen werden anhand von morphologischen Modellen Entwicklungsabschätzung durchgeführt, um die soilmorphologische Entwicklung in die Planung einfließen lassen zu können.

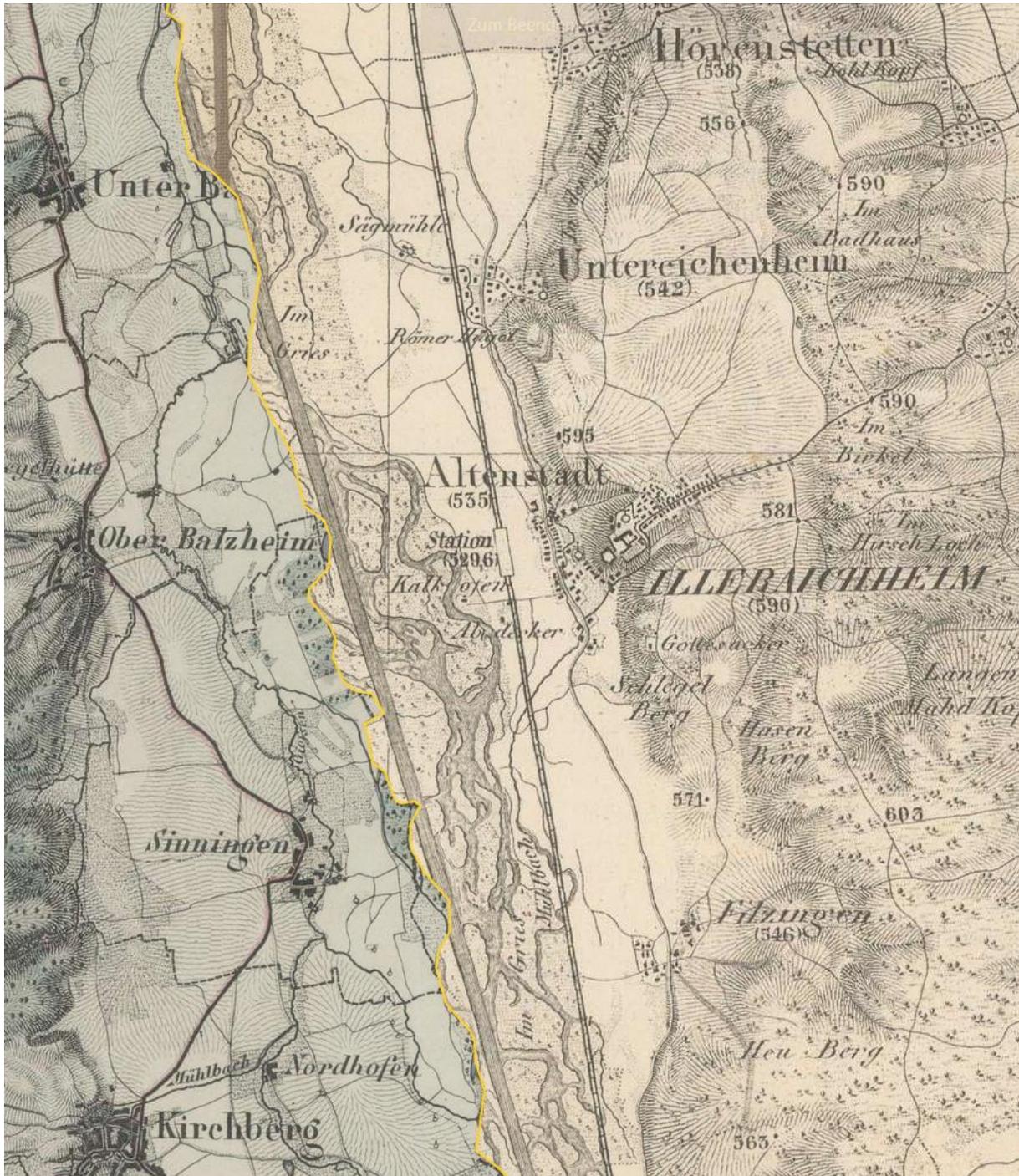


Abbildung 23: Iller im Bereich Altenstadt – bereits regulierte Strecke mit Altarmen (Quelle: mapire.eu, Europa im 19. Jahrhundert)

4.5.1 Ursprünglicher und aktueller Zustand

Die Iller war vor ihrer Regulierung ein weit verzweigter Wildfluss mit Gewässerbettbreiten von 400 bis 600 m (stellenweise bis zu 1000 m), gekennzeichnet durch unregelmäßige Schotter- und Kiesflächen, geprägt von einem alpinen Abflussregime und hohen Geschiebetransport, und morphologisch im Gleichgewichtszustand. Durch die Umlagerungsstrecken war das Gewässerbett vielseitig strukturiert mit Tief- und Flachwasserzonen und Anschluss an die begleitende Auenbereiche. Ursprüngliche Geschiebefrachten der Iller werden mit 65 000 m³/a angenommen (Blasy & Øverland 2017).

Im heutigen regulierten Zustand mit zahlreichen Querbauwerken im Längenschnitt ist die Geschiebeführung der Iller stark beeinträchtigt bzw. gänzlich unterbrochen. Eintiefungen aufgrund von Geschiebemangel unterhalb von Staustufen führten zum Bau von zusätzlichen Sohlschwellen. Durch die Kraftwerksketten gelangt kein Geschiebe mehr von oberhalb in das System und Geschiebeführung findet nur mehr bei Extremereignissen statt.

Im Zuge der Regulierung wurde die Iller als fast durchgehendes Trapezprofil mit einer einheitlichen Breite von rund 50 m rückgebaut. Das Abflussverhalten lässt sich als linear beschreiben, Bereiche mit unterschiedlichen Wassertiefen beschränken sich auf wenige Stellen unterhalb von Querbauwerken. Natürliche Umlagerungen finden so gut wie nicht statt (Blasy & Øverland 2017).

Das Gewässersystem Iller vom Beginn der Untersuchungsstrecke (etwa Fkm 56) bis etwa Fkm 17.7 (Abschnitt UIAG Kanal und EnBW Kanal) entspricht einem Flutmuldensystem mit massiver hydrologischer Limitierung.

4.5.2 Morphologische Prozesse

Eine Abschätzung (Abbildung 24) der morphologischen Prozesse, bezogen auf den Bereich UIAG - Kanal, auf Basis der Dauerlinie (Reihe 2009-2019 / Pegel Wiblingen) unter der Annahme eines mittleren Restwassers von 6 m³/s und einer Entnahme von rd. 95 m³/s (UIAG-Kanal mit 90 m³/s, Altenstädter-Kanal mit 3,6-4 m³/s und Gießen mit 1 m³/s) veranschaulicht die massive Einschränkung der für die morphologischen Prozesse maßgeblichen Abflusszeiten.

Durch den Abzug von rd. 95 m³/s kommt es erst **ab einem Gesamtabfluss von rd. 200 m³/s zu maßgeblichen Transportvorgängen im Illerbett**. Diese 200 m³/s entsprechen ca. 1,5 x dem theoretischen Mittleren Abfluss der Iller im Entnahmeabschnitt (MQ_Iller_theor, s. Glossar) + der Entnahme (95 m³/s) = 1,5 x 70 m³/s + 95 m³/s (zu MQ_Iller_theor siehe Glossar). Dies bedeutet eine **Reduktion der Dauer maßgeblicher Transportvorgänge von 36/54 Tagen pro Jahr (Mittelwert/Maximum) auf 8 bis 17 Tage pro Jahr** bzw. eine Reduktion um 70 – 80 %. Hinzu kommt die Reduktion des Gesamtabflusses (Reduktion der maximalen Transportkapazität) bis zur Einstellung der Entnahme im Hochwasserfall. Die mittleren Transportkapazitäten (mittl. jährliche Geschiebefracht) reduzieren sich dabei um rd. 90 %.

Die morphologischen Prozesse sind dadurch weitgehend auf die (durch Nutzung auch im HW-Fall abflussreduzierten) HW-Situationen \geq HQ1 (hohe Intensität aber geringe Dauer) reduziert. Die für die Materialverteilung gleichfalls maßgeblichen Prozesse mittlerer Intensität mit längerer Dauer ($<$ HQ1) sind massiv reduziert. Unter diesen Bedingungen wird die Sohlentwicklung maßgeblich nur mehr von Extremereignissen beeinflusst.

Unterhalb von Fkm 17.7 ist das hydrologische System wieder annähernd (zeitlicher Einfluss durch KW Betrieb) gebietstypisch. Morphologisch ist ein Geschiebedefizit gegeben, vor allem fehlen neben dem Volumen die für die Sohlstabilität erforderlichen größeren Kornfraktionen ($>$ 25-30 mm). Aufweidungsmaßnahmen (Vöhringen) führen zu einer zeitl. begrenzten Entspannung der Sohlsituation. Die Zusammensetzung des Materials aus potentieller Seitenerosion wird als zu fein beurteilt (Material aus ursprünglich verzweigtem Gewässersystem Iller) – Beimischungen (Depots) größeren Materials ($>$ 25-30 mm) wären für eine längerfristige Sohlstabilisierung zu empfehlen.

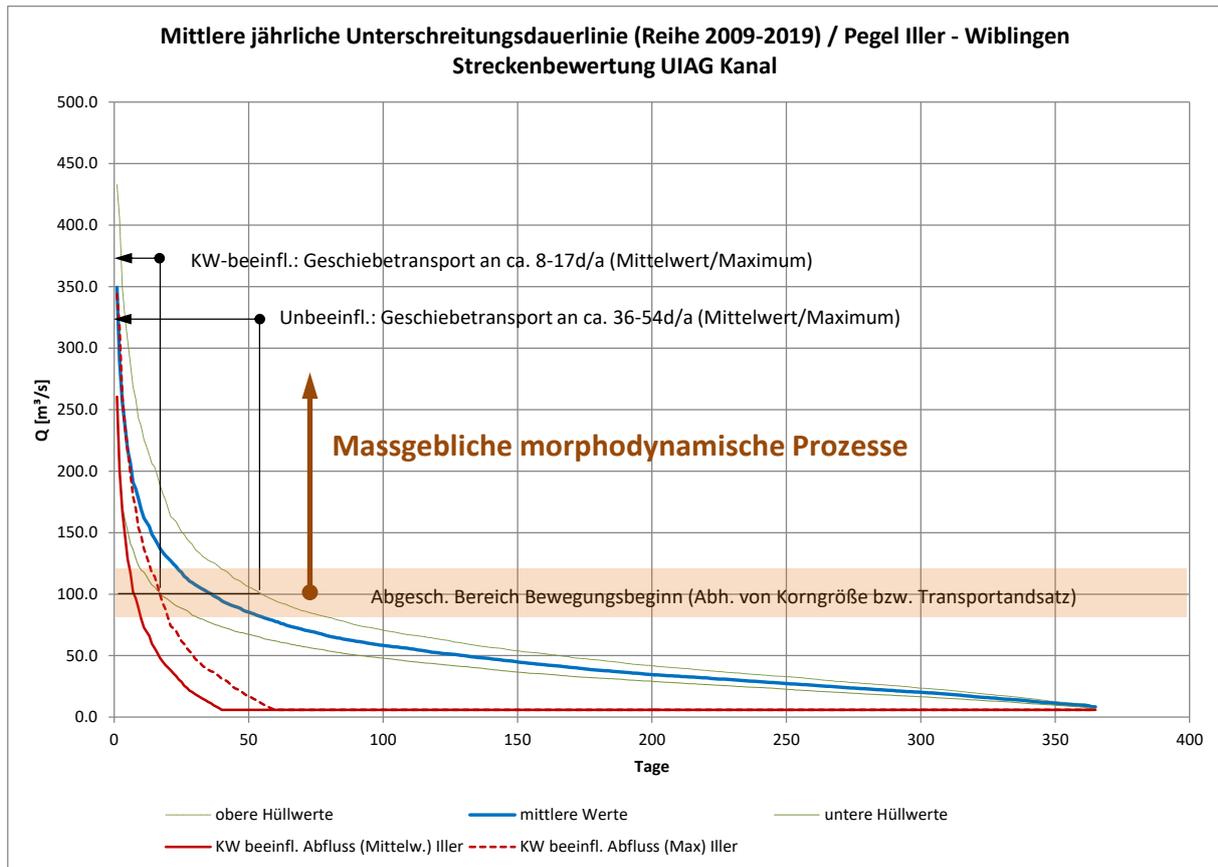


Abbildung 24: Streckenbewertung UIAG Kanal - mittlere jährliche Unterschreitungsdauerlinie

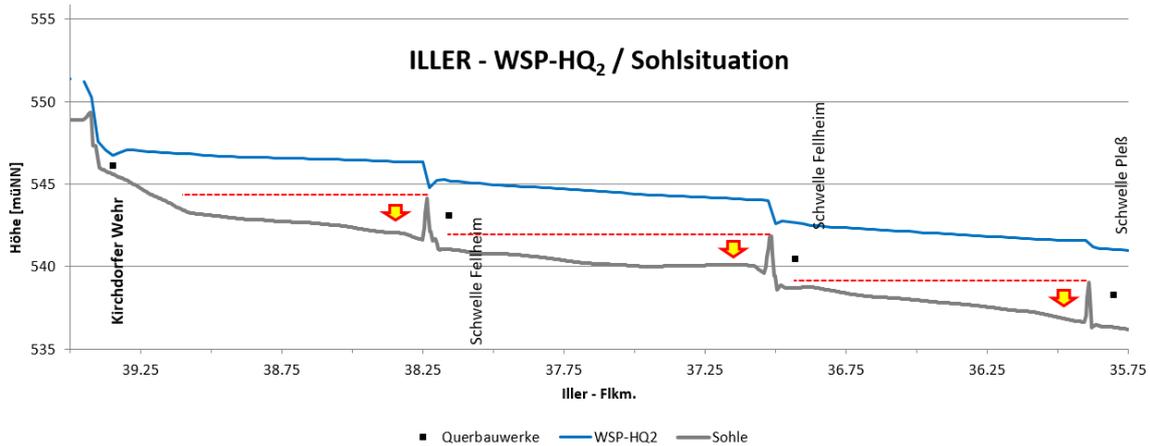


Abbildung 25: Darstellung Längenschnitt Iller - Wasserspiegel HQ2 und Sohlsituation

Die Sohlagen weisen z.T. auf deutliche Geschiebedefizite hin, wobei die Qualität (KGV) des Geschiebes von entscheidender Bedeutung ist. Eine dynamisch stabile Sohlage ohne Fixierungserfordernis und ohne künstliche Feststoffzugaben wäre der Idealzustand. Dieser ist im untersuchten Gewässerabschnitt aber nicht gegeben.

In einzelnen Abschnitten sind deutliche Eintiefungs-Tendenzen vorhanden (siehe exemplarisch Fkm 35-40 - Abbildung 25). Die Sohlbereiche oberhalb der Querwerke (Basis Kronenhöhe Querwerke – Rot strichliert) sind deutlich ausgeräumt. Diese Situationen sind v.a. auch in Hinblick auf Überlegungen hinsichtlich Schwellenabsenkungen zu berücksichtigen (siehe Kap. 5.3.3, Effekte von Schwellenabsenkungen).

4.5.3 Analysen

Der historische Gewässerzustand (Abbildung 23) zeigt für den Projektbereich die dynamisch genützte Gewässersystembreite (Wasser und Schotterflächen). Diese liegt um ein Vielfaches über der

regulierten Gewässerbreite. Die Iller entsprach einem stark verzweigten Flusstyp, welcher vor allem bei höheren Abflüssen oftmals die Fließstrecke änderte und durch unterschiedliche Fließgeschwindigkeiten, Korngrößen, Wassertemperaturen und Schwebstoffkonzentrationen gekennzeichnet war.

Es kann angenommen werden, dass die jährlichen Hochwässer ohne wesentliche Sohleintiefungen auftraten und der Grundwasserstand dementsprechend hoch war, was das Austrocknen der Nebengewässersysteme bei Niedrigwasser verhinderte.

Die historische Iller hatte eine Vielfalt von Gewässertypen und Lebensräumen. Vor allem Schotterbänke, Schotterinseln und ein weit verzweigtes Nebengewässersystem dominierten die Flussmorphologie. Sie stellten in ihrer Ausdehnung und Funktionalität vielfältige und hochwertige Lebensräume dar, welche in dieser Form in Mitteleuropa kaum noch existieren. Aufgrund mangelnder Gewässervernetzung, abgesenkter Grundwasserspiegel und Flächennutzung haben sich die flussnahen Lebensräume drastisch verändert.

Die Schwierigkeit bei der Definition eines natürlichen Gewässerverlauf sind die oftmals geänderten Rahmenbedingungen (Abbildung 26). Diese sind z.B. die Gefälleverhältnisse, der Feststoffeintrag, die Materialzusammensetzung des Sohlmaterials und des Materialeintrags aus dem Oberlauf sowie Änderungen der Hydrologie. Durch Änderung der Rahmenbedingungen kann die Gewässerentwicklung maßgeblich beeinflusst werden, daher sind neben baulichen Maßnahmen auch Änderungen der Rahmenbedingungen erforderlich, um langfristige positive Veränderungen zu erhalten.

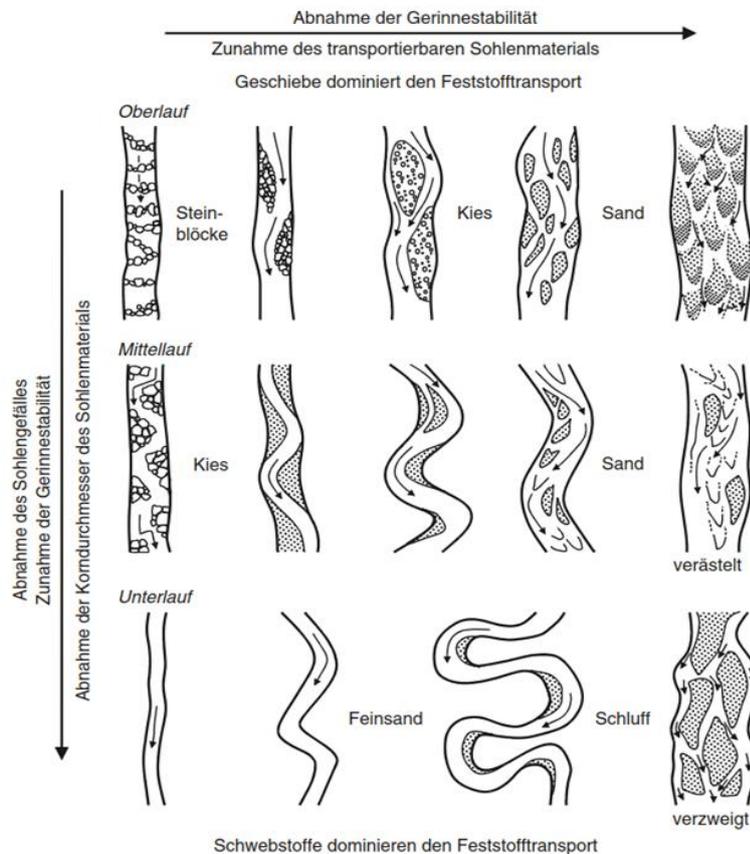


Abbildung 26: Gewässerentwicklung (Quelle: Patt, H.; Gonsowski, P.: Wasserbau Grundlagen, Gestaltung von wasserbaulichen Bauwerken (www.springer.com); 2011)

4.5.3.1 Sohlbreiten

Ziel der Sohlbreitenabschätzung ist die Einordnung der sich bei natürlichen Verhältnissen ausbildenden Sohlbreiten eines intakten Flusses mit denselben Parametern wie die der Iller. Diese Einordnung ist wichtig, um eine sinnvolle Größenordnung von Renaturierungs- bzw. Aufweitungsmaßnahmen abzustecken. In Kap. 4.5.1 wird der ursprüngliche Zustand der Iller als weit verzweigter Wildfluss mit Gewässerbettbreiten von rd. 400 bis rd. 600 m dargestellt.

Es wurde zunächst eine Kategorisierung der Iller-Flussmorphologie nach Yalin, Da Silva (2001) durchgeführt.

In Abbildung 27 ist die Ausprägung der Flusstypen in Abhängigkeit des mittleren Korndurchmessers und der mittleren Sohlbreite dargestellt. Bei den ursprünglichen Breiten von rd. 400 bis rd. 600 m liegt die Iller in der flussmorphologischen Kategorisierung „verzweigte Flüsse“, analog ihrer ursprünglichen Form. Im aktuellen Zustand (Sohlbreite etwa 40m, gelbe Linie) befindet sich die Iller in der flussmorphologischen Kategorisierung „mäandrierender Flüsse“ was aber durch die Fixierung durch Querbauwerke künstlich herbeigeführt und gehalten wird. Da die Parameter nicht durch natürliche morphologische Verhältnisse bestimmt sind, gilt hierfür die Istzustandsbewertung.

Um die Basis einer morphologischen Dynamisierung und Eigenentwicklung herzustellen ist das Anheben in den Bereich „alternierender Bänke“ erforderlich. Hierfür (Basis Diagramm) wären Sohlbreiten von zumindest etwa 60-70m anzustreben. In Abbildung 27 sind die Verhältnisse von Flussbreite zur Wassertiefe (B/h) sowie der Wassertiefe zum mittleren Korndurchmesser (h/dm) für Sohlbreiten von 40 m (etwa Istzustand, gelb) bis 80 m (blau) eingetragen. Je größer die Breite, desto wahrscheinlicher ist der Übergang in den Typ „alternierende Bänke“. Wie bei allen angewandten Ansätzen sind dabei aber die massiv beeinflussten hydrologischen und feststoffspezifischen Rahmenbedingungen zu berücksichtigen.

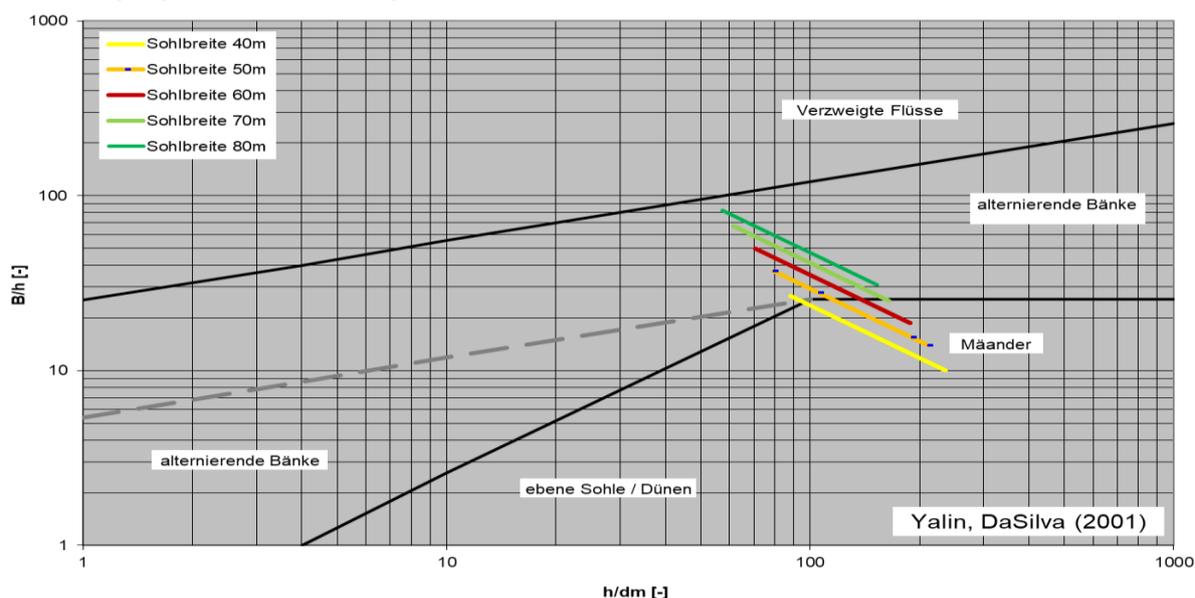


Abbildung 27: Morphologie der Iller - Sohlbreitenabschätzung, Diagramm nach Yalin, Da Silva (2001)

Eine Abschätzung der morphologischen Eigendynamik nach Scherle (1999, siehe Anhang 9.8) ergibt für die mittleren vorhandenen Gefälleverhältnisse zwischen 1 ‰ und 2 ‰ eine höhere Eigendynamik ab etwa 60 m Gewässerbreite. Diese Ergebnisse sind zwar aufgrund der massiven Einschränkungen der hydrologischen Rahmenbedingungen nicht 1:1 auf die Iller anwendbar, können aber als grober Richtwert angesetzt werden.

Die Regimebreitenabschätzung nach Yalin, Da Silva (1992), Bray (1982) und Blench (1967) ergibt die Werte in Tabelle 6

Tabelle 6: Regimebreitenabschätzung

Regimebreiten	Yalin & DaSilva	Blench	Bray	Hydrologie Pegel
B_R [m] - HQ_2/HQ_{10}	55-60	55-65	65-75	Kempton
B_R [m] - HQ_2/HQ_{10}	50-60	55-60	60-70	Wiblingen

Die Abschätzungen weisen in guter Übereinstimmung auf das Anstreben einer Sohlbreite von etwa 60-70 m (unter aktuellen Rahmenbedingungen) für eine eigendynamische Breitenentwicklung hin. Die verwendeten Ansätze gehen von einem weitgehend natürlichen Jahresabfluss aus. Aufgrund der massiv veränderten Hydrologie (Abbildung 24) können diese Abschätzungen aber nur einen groben Richtwert für sinnvolle Aufweitungsmaßnahmen liefern. Die geplanten Aufweitungen weisen ca. die genannten Dimensionen auf.

4.5.3.2 Korngrößen

Ergänzend zu den vorliegenden Korngrößenverteilungen bzw. kennzeichnenden Korngrößen wurden wie in 3.1.2 erwähnt im Rahmen der Begehungen Sohlproben erhoben und vereinfacht analysiert (Abbildung 29). Die Ermittlung von Korngrößenverteilungen erfolgte mittels Bildauswertungen über die Software BASEGRAIN (Abbildung 28).

Aus den Ergebnissen der Korngrößen-Analysen konnten realistische Korngrößenverteilungen sowohl für die Deck- als auch für die Grundsicht erstellt und in die morphologischen Analysen der Maßnahmenplanung übernommen werden.

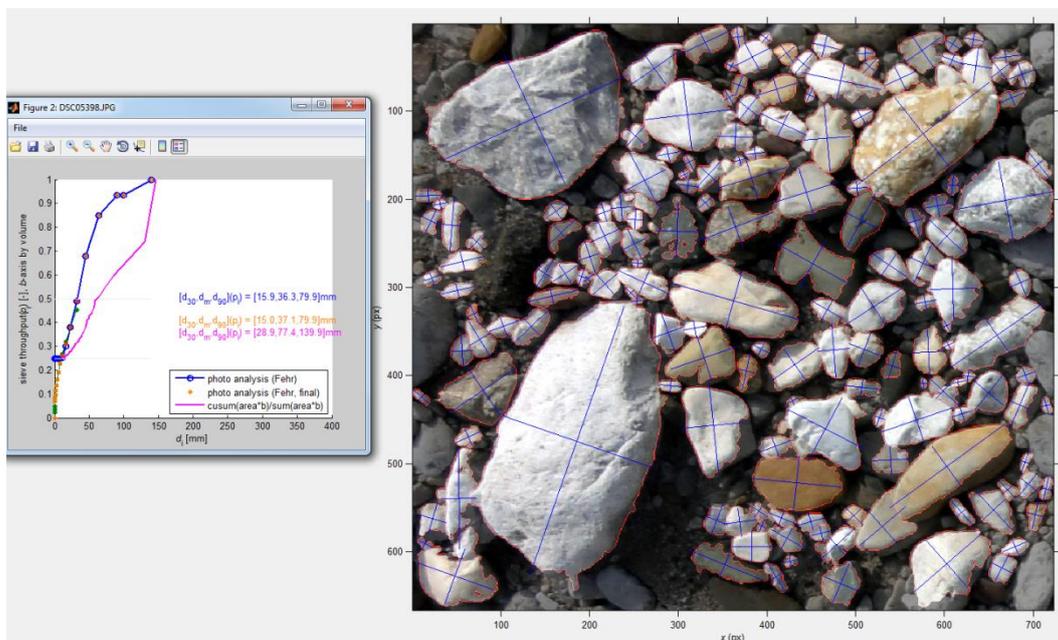


Abbildung 28: Automatisierte Auswertung einer Geschiebeprobe

In Tabelle 7 sind alle vorliegenden Sohlproben (u.a. aus Leo et al. (2016)) dargestellt.

ILLER – Übersicht Sohlproben

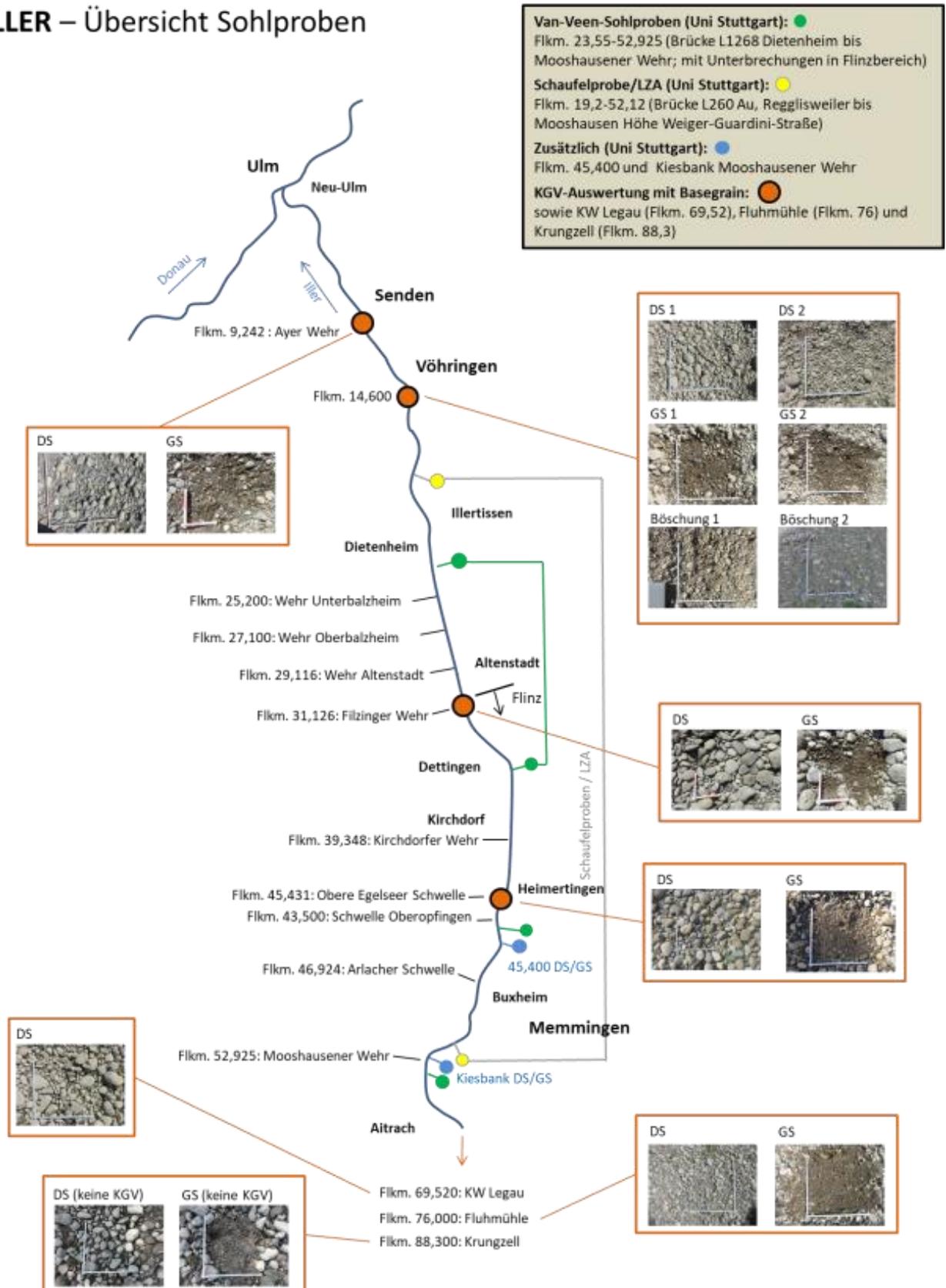


Abbildung 29: Zusätzliche Kornanalysen – Probebereiche

Tabelle 7: Zusammenfassung der vorliegenden Sohlproben (dm = mittlerer Korndurchmesser, d16 = Korndurchmesser, der von 16% Gewichtsanteil der Probe unterschritten wird, etc.)

Bereich/Probennummer Probe	Sohlmaterial		Granulometrische Krenngrößen						
	unten	oben	dm	d16	d30	d50	d84	d90	d100
	[mm] (=dmax)								
Fikm 23,55 - 52,925 Van-Veen Sohlproben (Uni Stuttgart)									
Van-Veen_min			19.75	8.98	13.00	18.69	28.30	30.00	60.00
Van-Veen_max			50.72	20.85	27.85	42.22	84.42	99.49	138.00
Van-Veen_mittel			35.24	14.92	20.43	30.45	56.36	64.75	99.00
Fikm 19,2 - 52,12 Schaufelprobe (Uni Stuttgart)									
Schaufelproben_min			17.16	1.51	3.83	15.04	29.83	40.09	60.00
Schaufelproben_max			57.53	11.00	25.80	55.29	102.29	112.54	148.00
Schaufelproben_mittel			37.34	6.25	14.81	35.17	66.06	76.31	104.00
Fikm 19,2 - 52,12 LZA (Uni Stuttgart)									
LZA_min			32.11	6.50	13.07	30.87	58.93	66.07	80.00
LZA_max			92.26	57.36	72.58	86.52	124.29	151.30	200.00
Schaufelproben_mittel			62.19	31.93	42.82	58.69	91.61	108.69	140.00
Fikm 45,400 (Uni Stuttgart)									
45,400_DS		x	93.65	57.14	73.33	86.67	127.34	155.47	220.00
45,400_GS	x		22.19	1.50	4.00	16.28	46.35	54.46	140.00
Fikm 52,925 Kiesbank (Uni Stuttgart)									
Kiesbank_DS_min		x	19.48	8.10	11.97	17.87	28.72	34.00	62.00
Kiesbank_DS_max		x	33.10	17.25	22.50	30.00	49.43	56.67	62.00
Kiesbank_DS_mittel		x	26.29	12.68	17.23	23.94	39.08	45.33	62.00
Kiesbank_GS_min	x		9.47	1.22	2.74	6.15	20.20	24.14	33.00
Kiesbank_GS_max	x		18.82	7.08	9.85	13.81	29.79	41.20	68.00
Kiesbank_GS_mittel	x		14.14	4.15	6.30	9.98	24.99	32.67	50.50
Fikm 9,24 Ayer Wehr									
Fotonummer: 4301		x	37.18	4.43	14.84	30.12	68.40	80.64	170.05
Fotonummer: 4307	x		14.78	2.00 *)	11.36	13.72	25.14	30.04	44.56
Fikm 15									
Fotonummer: 4151		x	28.72	3.48	11.59	24.46	53.93	65.98	117.43
Fotonummer: 4155		x	17.55	1.75	6.82	16.40	30.54	36.44	110.45
Fotonummer: 4152	x		15.47	8.24	10.98	13.49	22.51	35.83	63.61
Fotonummer: 4156	x		14.35	2.00 *)	11.38	14.15	22.29	26.71	184.36
Fotonummer: 4153		Böschung	17.65	1.68	6.49	16.05	30.86	36.93	84.04
Fotonummer: 4203		Böschung	17.68	2.00 *)	11.73	15.38	31.02	37.92	90.78
Fikm 31,126 Filzinger Wehr									
Fotonummer: 4273		x	53.42	5.37	20.69	45.97	106.32	118.95	176.28
Fotonummer: 4275	x		16.47	2.00 *)	11.14	14.63	28.52	32.15	49.79
fikm 43-45 Egelseer Schwelle									
Fotonummer: 3992		x	55.22	5.10	20.06	48.94	106.36	121.42	202.48
Fotonummer: 4037	x		15.10	2.00 *)	11.31	14.93	22.39	25.77	53.16
fikm 69,52 Legau									
Fotonummer: 4087		x	38.16	3.99	14.39	31.48	69.78	85.01	174.60
Fikm 76 Fluhmühle									
Fotonummer: 4130		x	20.92	2.55	9.51	19.39	37.61	41.74	88.41
Fotonummer: 4133	x		12.04	2.00 *)	11.24	13.23	17.86	19.64	38.82

*) Keine Auswertung möglich - Annahmen generell ≤ 2 mm

4.5.3.3 Abflussanalysen – EROSED (HQ₂)

Als maßgeblicher Referenz-Abfluss wird ein HQ₂ gewählt. Ein 1-2 jährlich auftretender Spitzenabfluss als Dauerbelastung ist für die Beurteilung langfristiger morphologischer Auswirkungen besser geeignet als ein seltenes Extremereignis. Diese Vorgehensweise wird analog der für Massenanalysen maßgeblichen Ermittlung mittlerer jährlicher Feststoff- bzw. Geschiebefrachten gewählt.

Die vorliegenden Probeanalysen (s. Kap. 4.5.3.2) stellen die Basis für die Annahmen der maßgeblichen Korngrößen (dm) dar. Die verwendeten Korngrößen (dm) werden in gerundeter Form für die Analysen verwendet (vereinfachte Annahmen).

Die Iller ist zwischen Fkm 53 und 17.7 (Abschnitt UIAG Kanal und EnBW Kanal) hydrologisch massiv verändert (siehe Abbildung 24). Erst unterhalb von Fkm 17.7 hat das Gewässer wieder einen erhöhten Abfluss (MQ unterhalb der Ausleitung ca. 54 m³/s; MQ in der Ausleitung ca. 16 m³/s).

Der Aufweitungsbereich Vöhringen (etwa Fkm 16.2 bis 13.7) ist dabei von besonderem Interesse, da er als Referenz eines zumindest naturnahen Geometrie- und Abflusszustands gesehen werden kann.

In Abbildung 30 sind die Oberflächenbelastungen (EROSED) bei HQ₂ dargestellt. Die linke Abbildung zeigt eine Abwandlung der EROSED Darstellung (ERODIM). Dabei wird jene Korngröße (Grenzkorn) dargestellt, welche beim jeweiligen Abfluss (hier HQ₂) in Bewegung kommt (transportierbar). Diese Darstellung ermöglicht die Abschätzung des für eine Sohlstabilisierung erforderlichen Grenzkorns.

Es zeigt sich, dass in den gering belasteten Abschnitten (oberhalb der Rampe bei Fkm 13.7) eine Korngröße von > 35 mm erforderlich ist, in den am höchsten belasteten Bereichen (Aufweitungsbeginn) wären Korngrößen > 65 mm für eine stabile Deckschicht (HQ₂) erforderlich.

Die mittlere Darstellung zeigt die EROSED Ergebnisse für dm =15 mm (Grundsicht), die rechte Darstellung für ein dm =30 mm (Deckschicht aus Kiesbankproben). Erst wenn die Deckschicht in Bewegung kommt, wird die Grundsicht mobilisiert. Die für die Berechnungen verwendete Korngröße von 30 mm für die Deckschicht ist hier vermutlich eher zu gering angesetzt. Die Deckschicht wäre für diesen Durchmesser großteils (gelb) in Bewegung. Die vorliegenden Kornproben (Fkm 19 und 19.2 der Universität Stuttgart, Tabelle 7) weisen aber darauf hin, dass die Korndurchmesser größer und die Deckschicht damit ausreichend stabil ist.

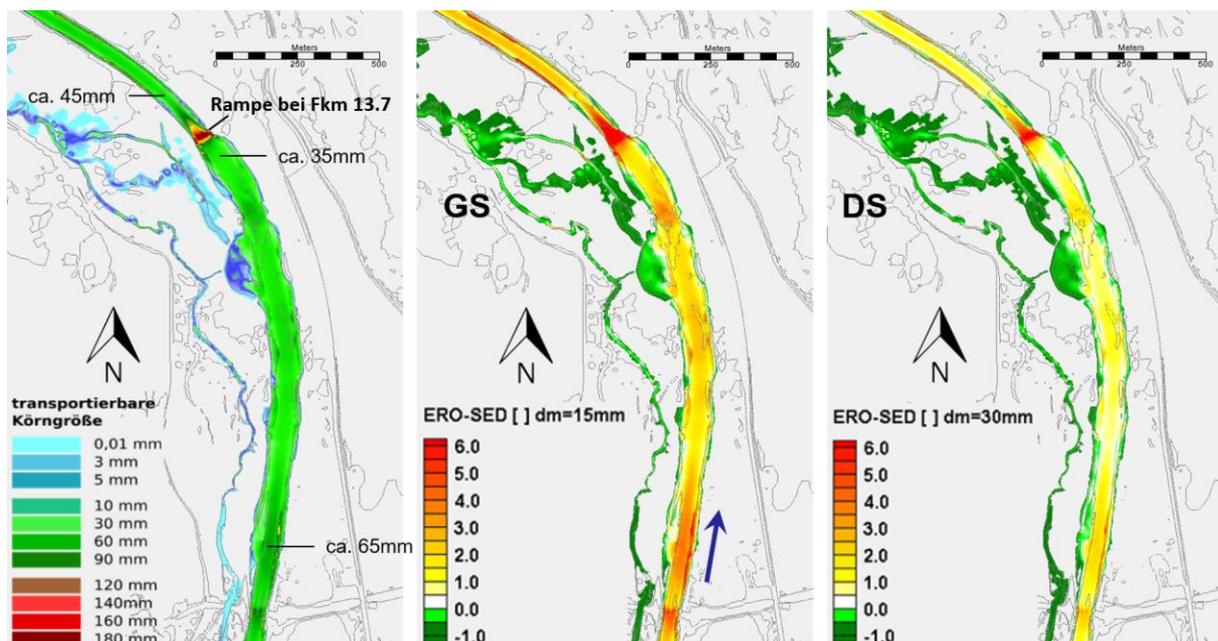


Abbildung 30: Analysebereich Vöhringen bei HQ₂, ERODIM mit Darstellung der bewegten Korngrößen (li.), EROSED mit Abschätzung der Erosions- und Sedimentationsstärke für dm = 15 mm (mi.) und dm = 30 mm (re.)

Durch die Aufweitung und die Rampe bei Fkm 13.7 wird eingetragenes, gröberes Material zurückgehalten, was die Sohlstabilität hier erhöht. Dieses Material wird aber flussab fehlen. Die Sohlentwicklung speziell am Aufweitungsbeginn (maximale Belastungen) wäre zu beobachten.

Unterhalb der Aufweitung (ab Fkm 13.7) ist der Abflussquerschnitt reguliert. Die Sohlbelastungen sind monoton hoch. In Abbildung 31 ist der Abschnitt zwischen Fkm 13.8 und Fkm 10.4 dargestellt. Die linke Abbildung stellt die bewegten Korngrößen dar (ERODIM). Dabei zeigt sich, dass die Belastung unterhalb der Rampe Fkm 13.7 zunimmt. Für eine stabile Deckschicht wäre ein $dm > 45 \text{ mm}$ (unterhalb der Rampe Fkm 13.7) bis $> 75 \text{ mm}$ erforderlich.

Die rechte Darstellung zeigt die Intensität von Erosion und Sedimentation (EROSED) für $d=30 \text{ mm}$ (entspricht dm der Deckschicht). Erst wenn die Deckschicht in Bewegung kommt, wird die Grundschicht mobilisiert. Wie für den Abschnitt Vöhringen liegen auch hier keine Sohlproben (Siebanalysen Kiesbank bzw. Proben aus Böschungen) vor. Durch die Aufweitung und die Rampe bei Fkm 13,7 wird gröberes Material zurückgehalten. Dieser Abschnitt tieft sich ein. Die Kornanalysen mittels Bildanalyse zeigen feineres Sohlmaterial (Ayer Wehr, etwa Fkm 9,2), was auf die ursprünglichen Kieseinbringungen in der Aufweitung Vöhringen zurückgeführt wird. Dieses Material ist jedoch zu fein, um langfristig eine Eintiefung verhindern zu können.

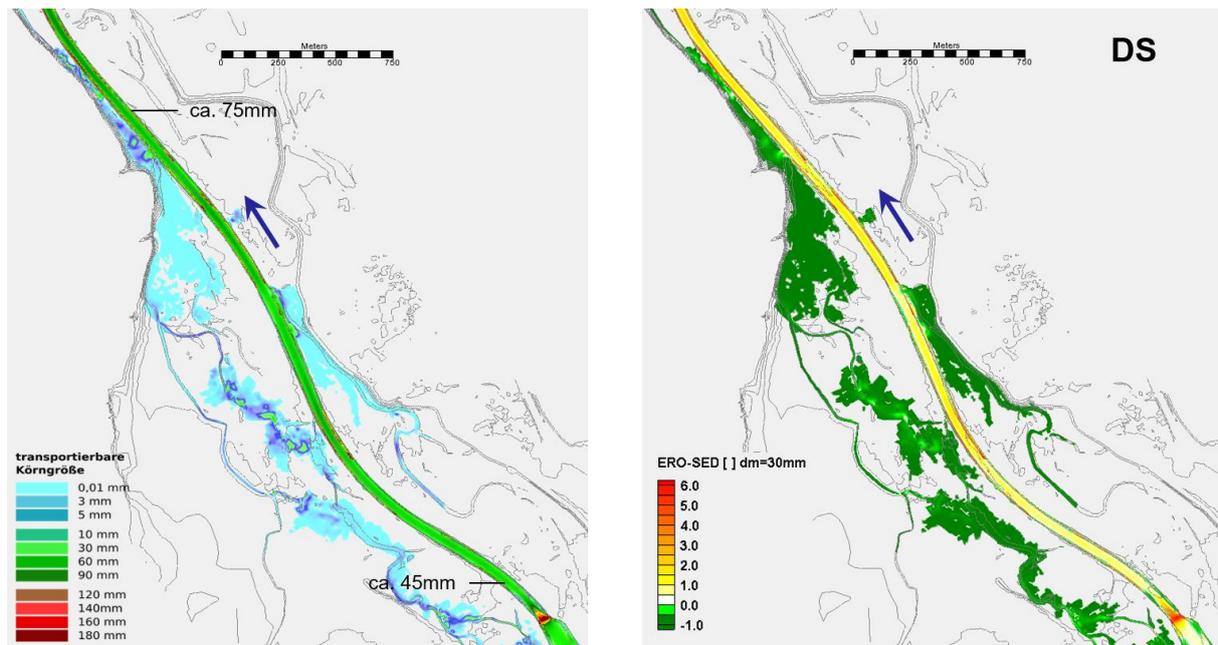


Abbildung 31: Analysebereich unterhalb Vöhringen bei HQ₂, ERODIM mit Darstellung der bewegten Korngrößen (li.), EROSED mit Abschätzung der Erosions- und Sedimentationsstärke für $dm = 30 \text{ mm}$ (mi.)

Nachfolgend werden die in Kap. 5 dargestellten Gewässerabschnitte der Referenzmaßnahmen M33, M42 und M46 im Istzustand beschrieben. Alle drei Maßnahmen liegen im hydrologisch massiv verändert Abschnitt zwischen Fkm 53 und 17.7 (Abschnitt UIAG Kanal und EnBW Kanal). Der Abflussquerschnitt ist überwiegend vereinheitlicht, die Sohlbelastungen sind monoton hoch.

Maßnahme M42 und M46 liegen unterhalb des Filzinger Wehrs (Fkm 31.1 - siehe Kap. 5), Maßnahme M33 oberhalb davon. Exemplarisch werden in den Maßnahmenabschnitten einzelne Bereiche genauer analysiert.

In Abbildung 32 ist die Situation direkt unterhalb des Filzinger Wehrs für ein HQ₂ dargestellt. Die linke Abbildung zeigt die bewegten Korngrößen (ERODIM). Es sind Korngrößen dominant zwischen $> 45 \text{ mm}$ (unterhalb der Rampe) bis $> 60 \text{ mm}$ für einen langfristig stabilen Sohlzustand erforderlich. Die Belastungssituation ist derjenigen unterhalb der Aufweitung Vöhringen ähnlich.

Außerdem ist die Intensität der Erosion und die Sedimentation (EROSED) für $dm = 20 \text{ mm}$ (Grundschicht, mi.) und $dm = 50 \text{ mm}$ (Deckschicht lt. Kiesbankproben, re.) gegeben. Erst wenn die Deckschicht in Bewegung kommt, wird die Grundschicht mobilisiert. Sohlmaterial mit einem mittleren Durchmesser $dm \geq 50 \text{ mm}$ ist weitgehend stabil. D.h. das für die ökologischen Bewertung maßgebende dominante Sohlmaterial (s.a. Kap. 4.2.1 zum **dominanten Substrat**) ist eher größer und damit z.B. für Kieslaicher wie die Äsche nicht geeignet.

Die Deckschicht ist in den meisten Flächen nicht in Bewegung (weiß/grün) und scheint demnach ausreichend stabil. Allerdings ist das dominante Korn, wie zuvor beschrieben größer als die mittlere Korngröße d_m . Die Sohle liegt jedoch bereits auf einem sehr niedrigen Niveau und wird durch Querbauwerke gestützt (siehe Abbildung 25).

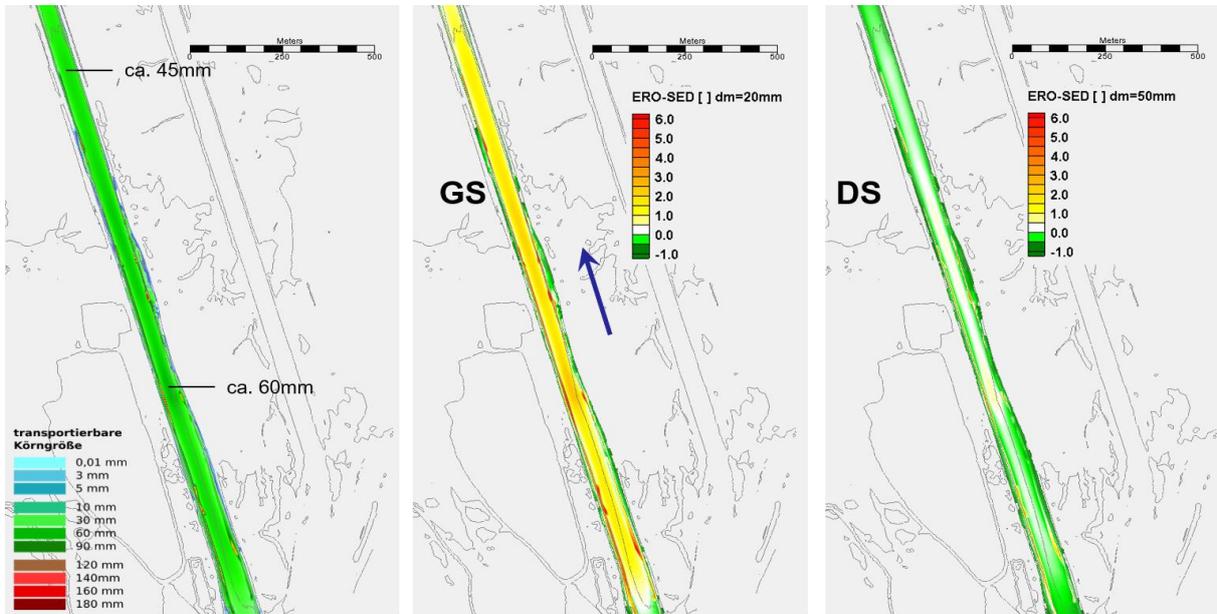


Abbildung 32: Analysebereich unterhalb Filzinger Wehr (etwa Fkm 30-31) bei HQ2, ERODIM mit Darstellung der bewegten Korngrößen (li.), EROSED mit Abschätzung der Erosions- und Sedimentationsstärke für $d_m = 20$ mm (Grundschiicht mi.) und $d_m = 50$ mm (Deckschicht re.)

Abbildung 33 zeigt die Situation oberhalb des Filzinger Wehrs, mit bewegten Korngrößen (li., ERODIM). Es ist ein d_m der Deckschichte zwischen > 45 mm (unterhalb der Rampe) bis > 65 mm für einen langfristig stabilen Sohlzustand erforderlich. Erosionsintensität und Sedimentation (EROSED) sind für $d_m = 20$ mm (mi., Grundschiicht) und $d_m = 55$ mm (re., Deckschicht aus Kiesbankproben) dargestellt. Die Deckschicht ist größtenteils nicht in Bewegung (weiß/grün). Es gelten die Aussagen analog dem Abschnitt unterhalb des Filzinger Wehrs.

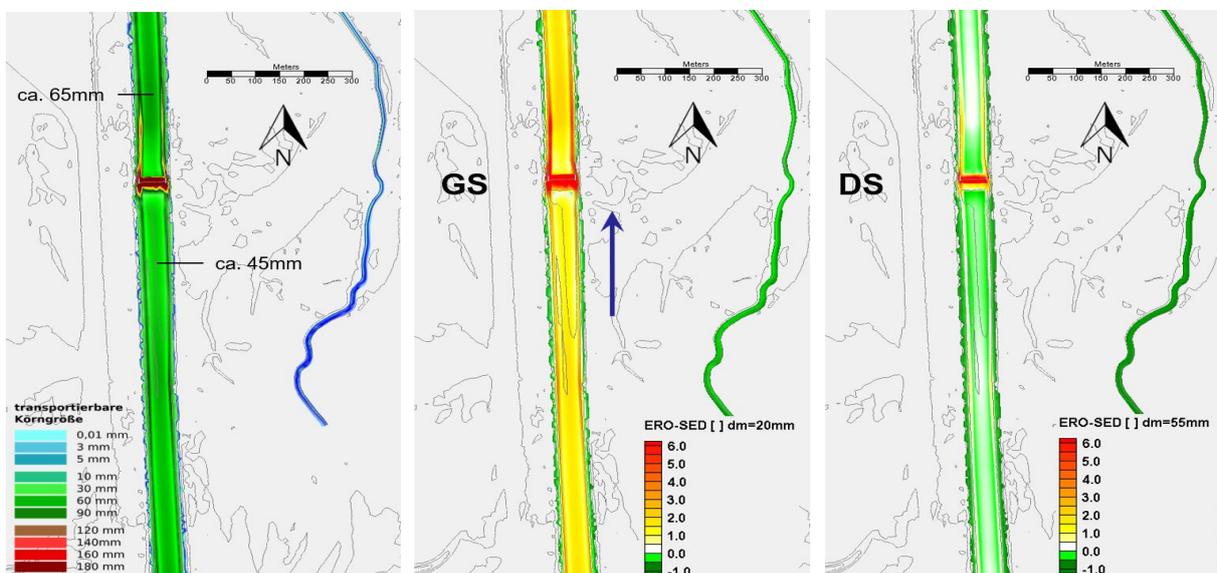


Abbildung 33: Analysebereich oberhalb Filzinger Wehr (etwa Fkm 37-38) – ERODIM und EROSED- HQ2

Abbildung 34 zeigt einen Abschnitt etwas weiter oberhalb mit leichter Aufweitung. Sie bestätigt die Aussagen für die regulierten Abschnitte, zeigt aber die belastungs- bzw. transportreduzierende Wirkung von Sohlverbreiterungen.

Im Aufweitungsbereich sinkt der für einen langfristig stabilen Sohlzustand erforderliche d_m der Deckschicht auf 30 mm (ERODIM, li.) Das flussab davon liegende Querbauwerk erhöht die Wirkung.

Die Darstellung der Erosionsintensität und Sedimentation für $d_m = 20$ mm (mi., Grundschicht) und $d_m = 55$ mm (re. Deckschicht aus Kiesbankproben) belegen, dass die Deckschicht größtenteils nicht in Bewegung gerät (weiß/grün). Darüber hinaus gelten die Aussagen analog dem Abschnitt unterhalb des Filzinger Wehrs. Sohlmaterial mit einem mittleren Durchmesser $d_m \geq 55$ mm ist weitgehend stabil. D.h. das dominante Sohlmaterial ist größer als 6 cm und damit z.B. für Kieslaicher wie die Äsche **nicht geeignet**.

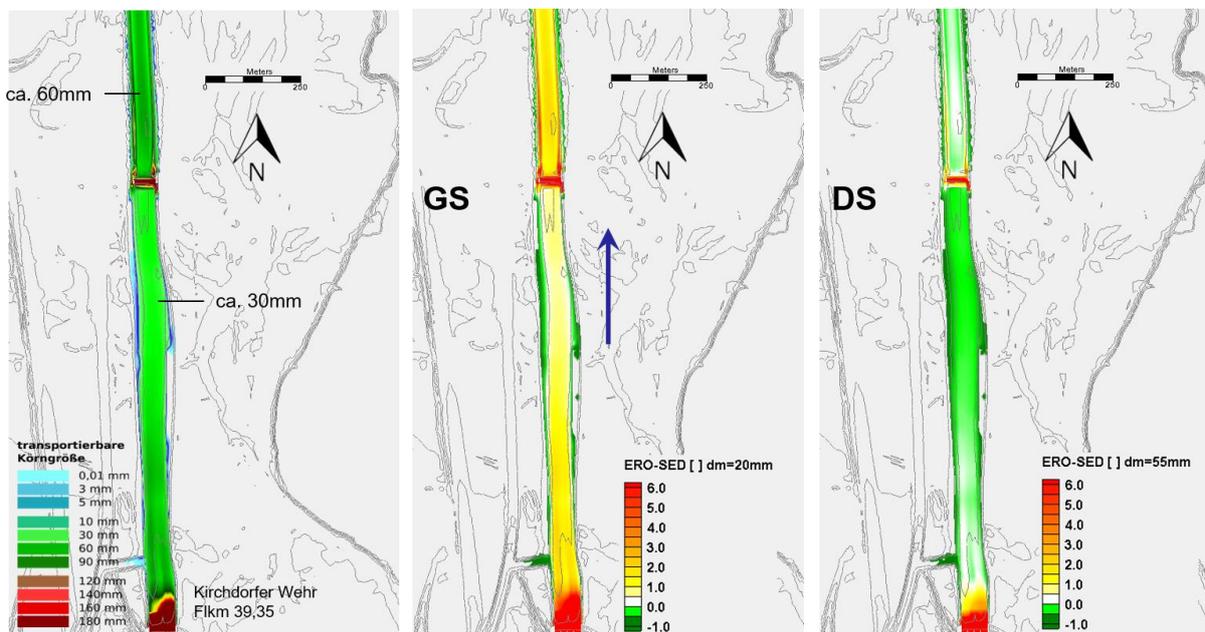


Abbildung 34: Analysebereich oberhalb Filzinger Wehr (etwa Fkm 38.8-39.4) – ERODIM und EROSED – HQ2

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Belastungssituation der regulierten Abschnitte generell sehr ähnlich ist. Die Sohlsituation weist auf ein deutliches Geschiebedefizit hin, die Querwerke stützen die Sohle, es bestimmen primär Extremereignisse die morphologischen Entwicklungen. Die Kornanalysen (Tabelle 7) zeigen ausreichend grobes Material, um weitere kontinuierliche Eintiefungen zu verhindern. Regulierte Abschnitte unter Geschiebedefizit neigen dazu gröberes Material in der Deckschicht anzureichern (Sohlabbpflasterung), wodurch die Eintiefungsraten sinken. Eintiefungen treten aber weiterhin bei Extremereignissen mit Aufreißen der Deckschicht auf. Der generelle Trend bleibt also bestehen, ist aber aufgrund der Abpflasterung und der Querwerke limitiert.

4.5.4 Morphologische Zustandsbewertung

Gemäß den vorliegenden Unterlagen (Blasy & Øverland 2017) lag die ursprüngliche mittlere jährliche Geschiebefracht bei rd. 65 000 m³/a. Diese Geschiebemenge war ausreichend im unregulierten Zustand ein furkierendes (verzweigtes) Flusssystem zu erhalten. Von einem dynamischen Gleichgewichtszustand (im Mittel stabil) wird ausgegangen. Die aktuelle mittlere jährliche Geschiebefracht liegt nach Westrich und Xu (1992) bei etwa 36 000 - 40 000 m³/a und nach Bechteler (2001) bei etwa 15 000 m³/a (Blasy & Øverland 2017). Die Bandbreite der angegebenen aktuellen mittleren jährlichen Geschiebefracht liegt somit bei 15 000 – 40 000 m³/a. Die Iller tiefte sich ein, die Sohle muss durch Querwerke gestützt werden.

Über die mittlere jährliche Eintiefung liegen keine Daten vor. Aufgrund der hohen Anzahl an stützenden Querbauwerken ist die potenzielle Eintiefung größer als die tatsächliche mittlere jährliche Eintiefung. Unter der Annahme einer mittleren jährlichen Eintiefung von etwa 1 bis 2 cm fehlt auf rd. 50 km (mittlere Breite von rd. 40 m) eine Materialmenge von rd. 20 000 – 40 000 m³/a an der Sohle, um die Eintiefung zu kompensieren. Bei Zugabe in Form eines gewässertypischen Korngemisches ist der Anteil an feinerem Material < 25-35 mm (aus der Iller ausgetragenen Material) noch hinzuzurechnen. Dabei kann vereinfacht (übliche Annahme) angenommen werden, dass rd. 2/3 des Materials verteilt und angelagert werden und rd. 1/3 ausgetragen wird.

Abgeschätzt wird daher im **Mittel ein Bedarf von rd. 500 bis 1 000 m³/km a** (abhängig auch von der Materialzusammensetzung) als Depots gröberer Materials (> 25-35 mm) für eine längerfristige Sohlstabilisierung. Dies entspricht für 50 km Flusslänge einer mittleren jährlichen Zugabe von rd. 25 000 – 50 000 m³/a) und ist als Mittelwert über den betrachteten Gesamtabschnitt zu sehen.

Bei Zugabe dieser Geschiebemenge pro Jahr liegt die Gesamtgeschiebemenge (Basis Westrich und Xu (1992) und Bechteler (2001) dann bei rd. 45 000 - 90 000 m³/a und liegt somit im Mittel, etwa im Bereich der ursprünglichen mittleren jährlichen Geschiebefracht von rd. 65 000 m³/a.

Im Hinblick auf den Austragsanteil ist dabei die Zusammensetzung des Materials wichtig. Die Materialzusammensetzung ist von der Zielsetzung abhängig. Für ökologische Ziele ist feineres Material erforderlich, für das Ziel der Sohlstabilisierung gröberes Material. Das Material sollte aber grundsätzlich einer in der Iller natürlich anzutreffenden Materialzusammensetzung (s. Kap. 4.5.3.2) entsprechen.

Das Thema Verteilung ist vor allem für den Ausleitungsabschnitt entscheidend (erforderliche räumliche Verteilung durch stark reduzierte Transportkapazitäten und hohe Anzahl an Querwerken). Aufgrund des auf den HW-Fall reduzierten Transports wäre eine **räumliche Verteilung der Einbringung**, zu empfehlen, **idealerweise unterhalb jeder Schwelle im freifließenden Abschnitt** (oberhalb Stauwurzelbereich, s.a. Kap. 7.3). Dies ist deshalb der Fall, da der mittlere Abfluss zwischen Restwasser und erhöhten Abflüssen für die Verteilung weitgehend fehlt (siehe Kap. 4.5.2).

Im Rahmen einer Feststoffbewirtschaftung kann der angegebene Wertebereich für eine langfristige Planung verwendet werden (z.B. Steigerung der jährlichen Zugabe bis zum Maximalwert falls erforderlich, spätere Reduktion falls möglich). Der obere Wert (1 000 m³ pro Fkm und Jahr) wird dabei als obere Schranke ohne flankierende Maßnahmen (s.u.) gesehen. Je nach Wirkung der Maßnahmen kann die Menge dann angepasst bzw. die einzelnen Maßnahmen zur Deckung des Kiesbedarfs räumlich variiert werden.

Die aktuell während eines Hochwasserereignisses transportierte Geschiebefracht reicht allein nicht aus, eine sich im dynamischen Gleichgewicht (im Mittel stabil) befindliche Sohllage (ohne Fixierungen) zu erhalten. Ein erhöhter natürlicher Eintrag kann die aktuelle Einschätzung verändern.

Durch flankierende Maßnahmen wie beispielsweise Förderung von Seitenerosion, Förderung des Eintrags aus dem EZG, Verbesserung der Geschiebedurchgängigkeit, etc. kann diese künstliche Zugabe reduziert werden. Eine dynamisch stabile Sohllage ohne Fixierungserfordernis und ohne künstliche Feststoffzugaben wäre der Zielzustand. Dieser ist im untersuchten Gewässerabschnitt aufgrund der starken morphologischen und hydrologischen Veränderungen nicht mehr herzustellen.

4.6 Grundwasser

Die Iller fließt im betrachteten Abschnitt durch ehemalige Flussablagerungen, Schotterflächen und Flusstalfüllungen. Ausgedehnte Ablagerungen von Sanden, Kiesen und Schottern aus den Eiszeiten des Quartärs bilden großräumige Porengrundwasserleiter mit hohem Speichervolumen. Die überdeckenden Boden- und Gesteinsschichten bilden eher geringe Schutzbarrieren (Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, o. J.). Die begleitenden Wälder haben sich durch die Regulierung der Iller Ende des 19. Jahrhunderts und die dadurch selten gewordenen Überflutungen von typischen Auenvegetationen weg entwickelt.

Der bestimmende Grundwasserleiter ist der Quartär, der überwiegend aus sandigen Kiesen besteht, in denen inselartig feinkörnigere sandige und schluffige Einlagerungen vorkommen. Das Grundwasser fließt überwiegend mit freiem Grundwasserspiegel, lediglich an den Talrändern und im illernahen Bereich werden teilweise gespannte Grundwasserspiegel angetroffen (aus: BjörnSEN Beratende Ingenieure GmbH, 2020a).

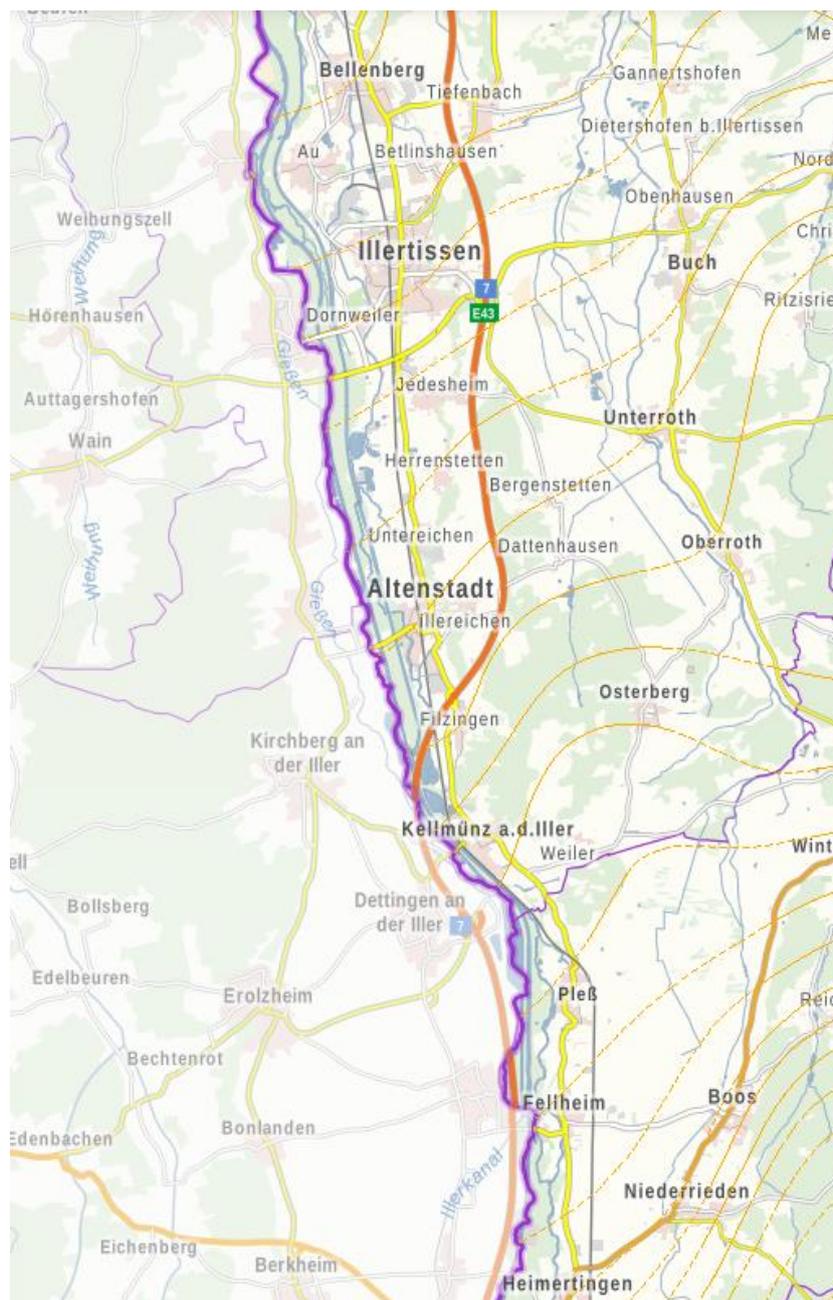


Abbildung 35: Digitale Hydrogeologische Karte mit Grundwassergleichen (orange, Quelle: BayernAtlas 2021)

Teilweise sind häufig sandfreie, reine Kieslagen („Rollkiese“) anzutreffen, die aufgrund ihrer hohen Durchlässigkeit als bevorzugte Fließwege für das Grundwasser fungieren. Durch diese Einlagerungen weichen die lokalen Grundwasserströmungen oft von der allgemeinen Strömungsrichtung des Grundwasserkörpers ab (HGK E, 1980). Dies ist vor allem in Hinblick auf Seitenarm-Maßnahmen zu berücksichtigen. Die Haupt-Grundwasserströmungsrichtung im Projektbereich bewegt sich entsprechend der Fließrichtung der Iller von Südost nach Nordwest (siehe Abbildung 35).

Die Begradigung und Einengung des Illerlaufs hatte eine Eintiefung der Sohle zur Folge, die sich stark auf den Grundwasserspiegel und dadurch auch auf die begleitende Ufervegetation auswirkte. Die Eintiefung der Illersohle um mehrere Meter bewirkte, dass sowohl Grundwasserstandsanhörungen bis in oberflächennahe Bereiche als auch Ausuferungen in anschließende Auenbereiche nur noch bei Extremereignissen stattfinden. Die Ausleitung des Hauptanteils des Abflusses der Iller in parallel verlaufende, abgedichtete Kraftwerkskanäle führt zu einem verkümmerten Abflussregime mit Restwassermengen zwischen 3 und 9 m³/s. Eine Abflussdynamik mit regelmäßigen Überschwemmungen der Vorländer wird dadurch und durch die begleitenden Dämme und Deiche weiter reduziert und ist de facto (bis zu Extremereignissen) nicht mehr vorhanden.

Durch diese hydrologischen Gegebenheiten wird das Grundwassersystem bestimmt. Die Ausleitungskanäle sind grundsätzlich abgedichtet. Im Illerbett verbleibt über weite Teile des Jahres lediglich das festgelegte Restwasser. Dieser Umstand führt zu einer überwiegend austragsbestimmten GW-Grundsituation im Iller-Einflussbereich (Wasser aus GW-Körper fließt in das Flussbett). Die Wasserstände entlang der Iller weisen zu einem Großteil eine sinkende Tendenz auf, wie exemplarisch an den zwei Messstellen im Bereich Dettingen ersichtlich (Abbildung 36, Trend -0,73 bzw. -0,39 cm pro Jahr). Entlang der Iller befinden sich Grundwassermessstellen, die von Baden-Württemberg und Bayern betrieben werden. Zusätzlich zu diesen Landesmessnetzen gibt es ein Sondermessnetz im Bereich Senden – Vöhringen.

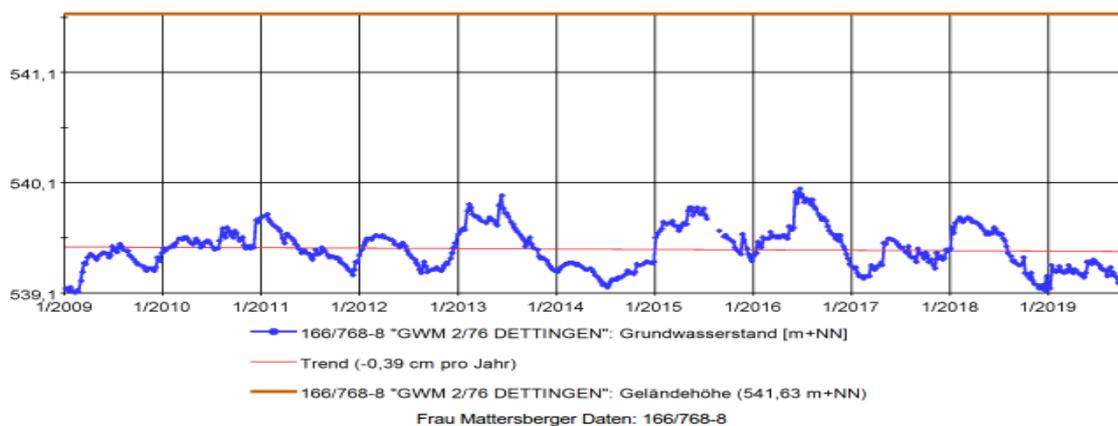
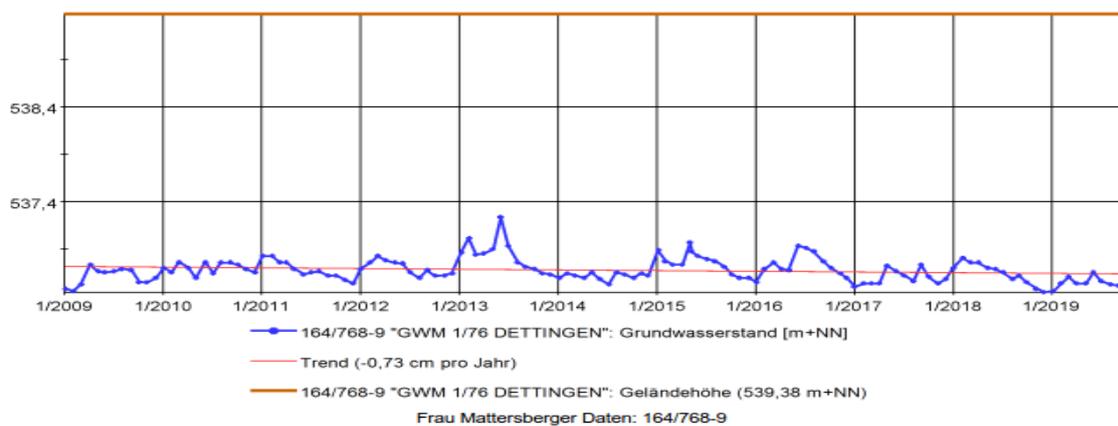


Abbildung 36: Darstellung von Grundwassermessungen linksufrig der Iller bei Dettingen (Darstellung und Daten: Regierungspräsidium Tübingen).

Die begleitenden Wälder haben ihren typischen Auwaldcharakter verloren und einen stark beeinträchtigten Wasserhaushalt (Blasy & Øverland 2017). Durch die Sohleintiefung und durch die Nutzung der Iller für die Energiegewinnung wurden Querbauwerke gebaut, in deren Nahbereichen teilweise Anhebungen des Grundwasserspiegels stattfanden. Auwaldüberflutungen fehlen dennoch durch die begleitenden Hochwasserschutzmaßnahmen.

Laut Gewässerentwicklungskonzept Untere Iller (Blasy & Øverland 2017) unterliegen die meisten begleitenden Waldbereiche einer starken forstlichen Überprägung, gekennzeichnet durch einen einschichtigen, gleichaltrigen Bestandsaufbau. Typische Aubereiche wie liegendes oder stehendes Totholz sowie Feuchtlebensräume bilden die Ausnahme und kommen nur mehr an Aubächen oder Seitenarmen vor.

Mit ökologisch orientierten Projekten wird seit einiger Zeit versucht durch Gewässerbettaufweitungen, Vorlandabsenkungen und Bereitstellung von Überflutungsraum wieder standorttypische Auenvegetationen durch natürliche Sukzession zu fördern (Quelle: Wasserwirtschaftsamt Donauwörth).

4.7 Temperatur und Sauerstoffhaushalt

Wie in Kap. 3.1.4 beschrieben wurden sowohl stationäre Temperaturmessungen ab Juli 2018 über einen Zeitraum von ca. 15 Monaten, stationäre Sauerstoffmessungen ab Oktober 2018 über einen Zeitraum von ca. 12 Monaten, Stichprobenmessungen von Temperatur und Sauerstoff im Mutterbett der Iller an zwei heißen Tagen im Sommer 2018 sowie Stichprobenmessungen im EnBW Kanal im Juli 2019 durchgeführt. Die Lage der stationären Messungen ist in Abbildung 37 gegeben, es wurden dabei einige der Messstellen aus der Sonderuntersuchung in den 1980er Jahren (Smija et al. 1986) berücksichtigt.



Name	Nr	Fkm	Beschreibung
	15	7.800	Ausleitungsstrecke ca. 200 m oberhalb Einmündung Ayerkanal
	14	12.000	Strecke ohne Querverbauung, ca. 400 m oberhalb der Einmündung Illerkanal
	13	13.600	Ende der Renaturierung bei Vöhringen, UW der Rampe
	12	15.100	Beginn Renaturierung bei Vöhringen, Brücke zwischen Illerrieden und Vöhringen
	11	16.900	Sohlrampe ca. 600 m unterhalb der UIAG Einmündung, UW
stat 3	10	17.950	Sohlrampe ca. 350 m oberhalb der UIAG Einmündung, OW
	9	22.800	Pegel Dietenheim OW , ca. 8 km unterhalb UIAG Ausleitung
			Flachwasserzone, ca. 400 m oberhalb rechts von Pegel
stat 2		23.200	Dietenheim
stat1		31.000	ca. 100 m unterhalb Filzinger Wehr, in Ausleitungsstrecke
	8	31.100	im UIAG Kanal, bei Ausleitung, Filzinger Wehr
	7	32.050	in Mündung EnBW Kanal
	6	33.100	Wehr Kellmünz (ca. 1 km oberhalb Mündung EnBW Kanal)
	5	39.348	Fellheimer Wehr OW (unterhalb Kläranlage)
	4	41.500	Festes Wehr OW (oberhalb Kläranlage)
	3	49.150	Obere Buxheimer Schwelle OW *
	2	50.650	Westerhartwehr, erstes Wehr nach Ausleitung EnBW, OW
	1	52.925	im Ausleitungskanal EnBW Kanal, Mooshauser Wehr

stat Stationäre Logger mit T und Sauerstoff Messung, Lieferung und Einbau im Okt 2018

Abbildung 37 Lage der Temperatur- und Sauerstoffmessungen (stat1 bis 3) in der Iller und Flusskilometer mit Ortsbeschreibung, (in blau: Standorte aus der Sonderuntersuchung der Bundesländer Bayern und Baden-Württemberg, Smija et al. 1986)

4.7.1 Stationäre Temperatur-/O₂-Messungen

Eine Gesamtübersicht der Ergebnisse aus den stationären **Temperaturmessungen** in Anlehnung an die Darstellung im Sonderuntersuchungsbericht aus den 1980er Jahren (Smija et al 1986) ist in Abbildung 38 gegeben. Es ist abzulesen, dass in der Phase sehr hoher Lufttemperaturen in der ersten Augushälfte die Tagesmaxima der Wassertemperaturen auf über 21 Grad ansteigen. Temperaturen über 23 Grad sind als für die gewässertypische Fischzönose (Cypriniden-geprägtes Rhithral) als äußerst kritisch anzusehen. Diese Phase ist zwar länger als während des Langzeitversuchs in 1985, allerdings war der Sommer 1985 deutlich kühler als der Sommer 2018 mit einer langen Hitzewelle.

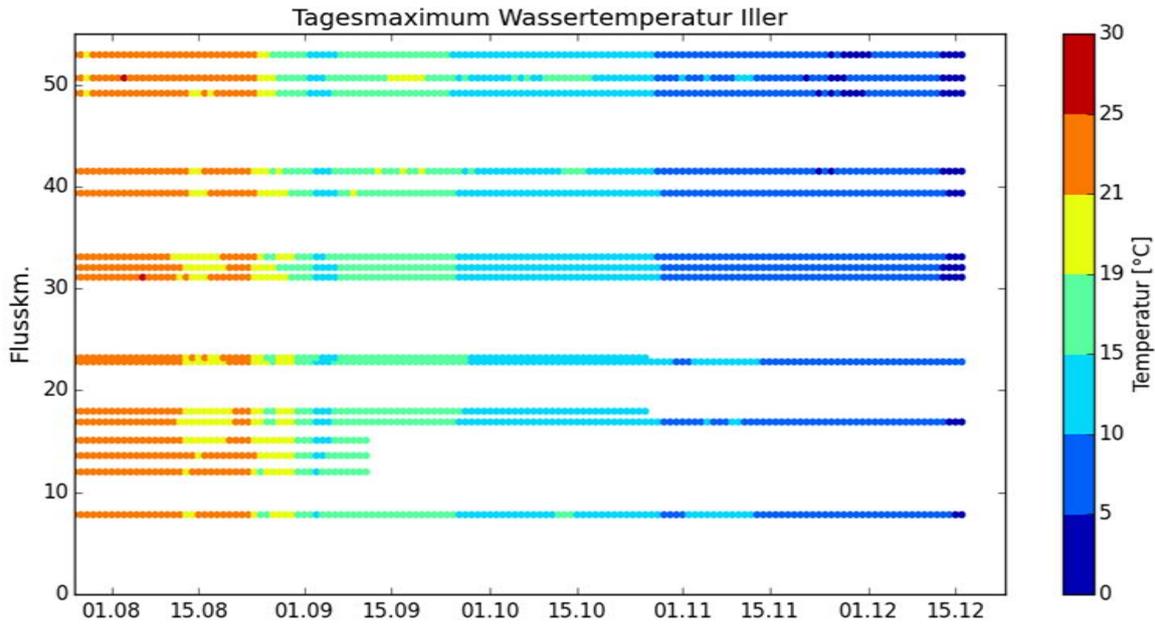


Abbildung 38 Tagestemperaturmaxima für den Zeitraum Ende Juli 2018 bis zum Jahresende

Abbildung 39 zeigt die Entwicklung der Wassertemperatur entlang der Unteren Iller über die an mehreren Tagen zu verschiedenen Tageszeiten gemessenen Werte. Es zeigt sich, dass in der zuvor bereits erwähnten Hitzeperiode Anfang August die Temperaturen abends am höchsten liegen und am untersten Messpunkt bei ca. Fkm 7,800 bis zu 24 Grad erreichen. Allerdings ist auch festzustellen, dass im Längsverlauf bei den Messwerten für den August keine ausgeprägte Erwärmung entlang der Mindestwasserstrecken zu erkennen ist. Das könnte daran liegen, dass das Illerwasser am obersten Messpunkt bei Fkm 53,000 (Ausleitung EnBW beim Mooshausener Wehr) bereits mit einer hohen Grundtemperatur von 23 bis 24 Grad ankommt. Eine kontinuierliche Erwärmung um ca. 1 Grad (1.10.2018) bzw. ca. 2,5 Grad (1.12.2018) ist dagegen in der Herbst- und Winterphase zu erkennen. Das liegt vermutlich an der geringeren Basistemperatur und der in den rückgestauten Bereichen durch Solarstrahlung und Konvektion über die höhere Lufttemperatur hervorgerufene Erwärmung.

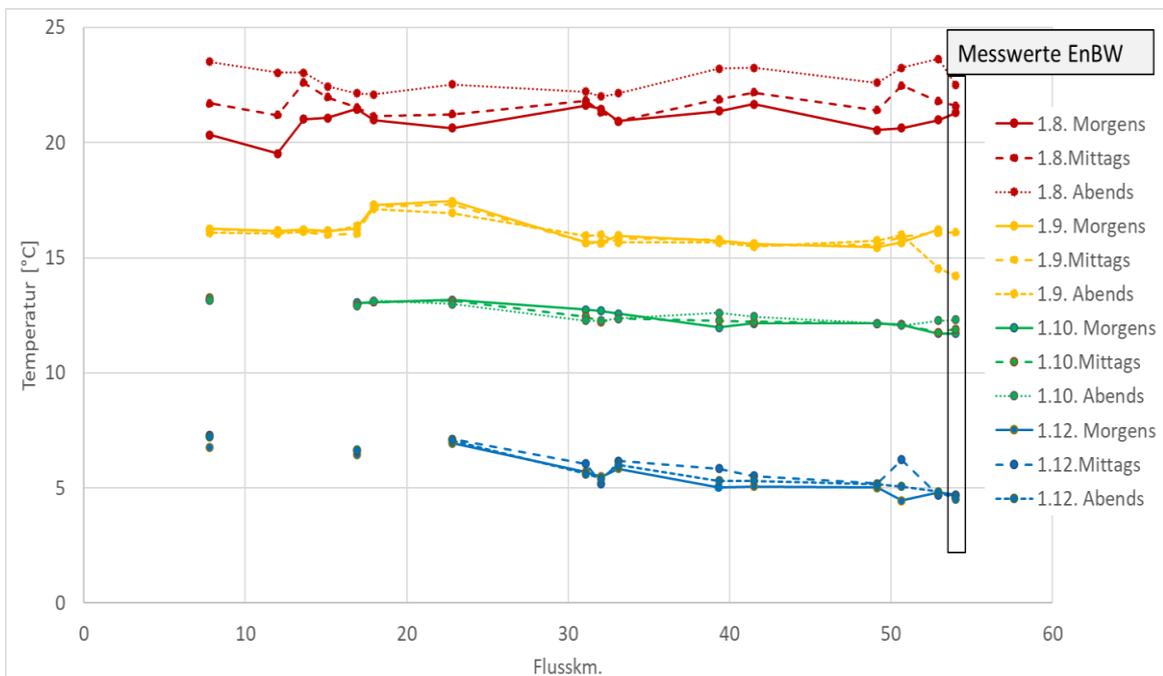


Abbildung 39 Längsschnitt der Temperaturen entlang der Iller an mehreren Tagen in der zweiten Jahreshälfte 2018 zu verschiedenen Tageszeiten

Abbildung 40 zeigt die Messdaten der stationären **Sauerstoffsonden**. Sonde 1 fiel aufgrund von Kiesschüttungen über einen längeren Zeitraum aus. Die Messwerte über den Zeitraum bis Ende September 2019 belegen, dass an keinem der Messorte kritische Werte erreicht wurden (Abbildung 40). Die relativ niedrigen Werte an der Station 2 könnten durch Grundwasserzutritte erklärbar sein.

Phasen mit hohen Sauerstoffübersättigung wie sie im Sonderuntersuchungsprogramm (Smija et al. 1986) festgestellt wurden, sind nicht zu beobachten.

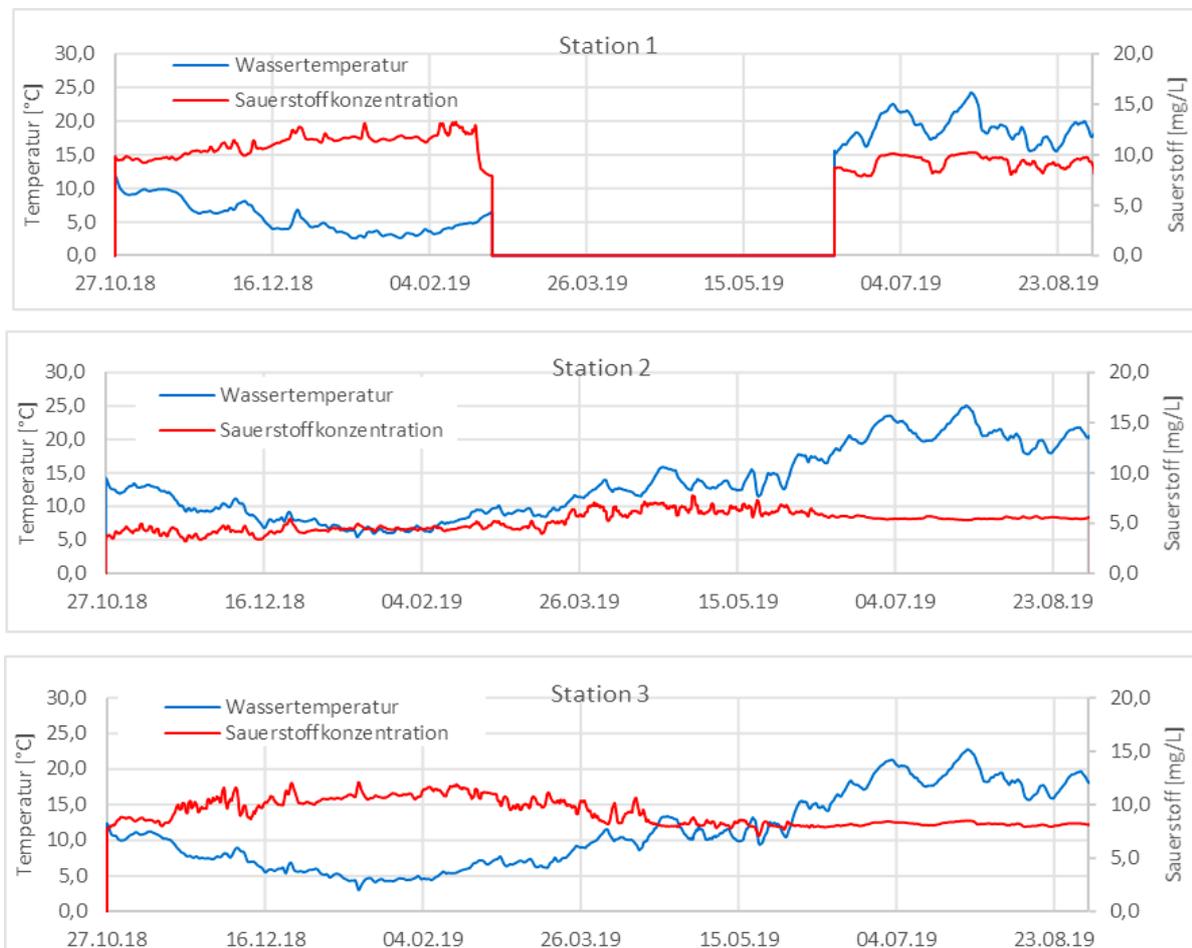


Abbildung 40 Messwerte der stationären Sauerstofflogger im Zeitraum Oktober 2018 bis August 2019

In der Anlage 9.7 in Abbildung 214 ist ein komplexes Schaubild zum Temperaturverlauf in der Iller im heißesten Monat der Messperiode, dem August 2018, gegeben, welches zusätzlich den Abfluss in der Iller vor dem Wehr Mooshausen (Vollabfluss) und unterhalb des Wehrs Mooshausen (Mindestabfluss) und die Lufttemperaturmaxima und -minima für denselben Monat zeigt.

Aus dem Schaubild lässt sich ablesen, dass

- zum einen **geringe Abflussänderungen in der Iller nur leichte Auswirkungen auf die Wassertemperatur** haben,
- zum zweiten **geringe Lufttemperaturänderungen deutlich stärkeren Einfluss auf die Wassertemperatur** haben und
- zum dritten **vor allem Änderungen des Abflusses und der Wassertemperatur oberhalb des Wehrs Mooshausen, also in der Vollwasserstrecke, zu Temperaturänderungen in der Mindestwasserstrecke** führen.

Dies führt zur Annahme, dass geringe Abflusserhöhungen in der Iller-Mindestwasserstrecke nur wenig Einfluss auf die Wassertemperatur dort haben. Bei niedrigen Iller-Abflüssen in den 1980er Jahren wurden aber deutliche Sauerstoffübersättigungen festgestellt (Smija et al. 1986), so dass eine **Verringerung des Mutterbettabflusses nicht zu empfehlen** ist.

4.7.2 Einmalige Temperatur-/O2-Messungen im Staubereich bei Fkm 39,400

Um etwaige kritische Wasserqualitätsverhältnisse an heißen Tagen in den rückgestauten Abschnitten mit reduziertem Abfluss zu dokumentieren, wurden in der Hitzeperiode 2018 an zwei Tagen zusätzliche Messungen der von Temperatur und Sauerstoffkonzentration im Stau oberhalb der Schwelle bei Fkm 39,400 durchgeführt (s.a. Lagebeschreibung in Kap. 3.1). Dabei wurden am Beginn, in der Mitte und am Ende des Staus, sowie etwas unterhalb der Schwelle Werte in verschiedenen Tiefen gemessen, um potentielle Aufwärmungs- und Schichtungseffekte zu erfassen.

Die Messwerte (Minimal- und Maximalwerte rot umrahmt, Abbildung 42 und Abbildung 42) belegen, dass es morgens zu leichten Untersättigungen und nachmittags/abends zu leichten Übersättigungen beim Sauerstoff kommt. Es sind aber keine kritischen Werte und keine ausgeprägten Schichtungseffekte zu erkennen. Das lässt darauf schließen, dass der momentan vorhandene Mindestabfluss von 8 m³/s im August ausreichend ist, um diese Effekte zu vermeiden.

Position	Datum	Uhrzeit	Wassertiefe Bereich	Wassertiefe Probe	Wassertemperatur °C	Sauerstoffkonzentration mg/l	Sauerstoffsättigung %	Luftdruck hPa
T1, Fkm 41,400	02-08-18	19:32	3,2m	0,2m	22.8	8.37	103.3	956
T1, Fkm 41,400	02-08-18	19:34	3,2m	1,5m	22.7	8.34	102.6	956
T1, Fkm 41,400	02-08-18	19:36	3,2m	3,0m	22.7	7.58	93.2	956
T2, Fkm 40,200	02-08-18	19:49	1,8m	0,2m	27.6	8.6	105.6	956
T2, Fkm 40,200	02-08-18	19:50	1,8m	1,0m	27.6	8.51	104.5	956
T2, Fkm 40,200	02-08-18	19:52	1,8m	1,6m	27.6	8.48	104.1	956
T3, Fkm 39,500	02-08-18	20:13	2,7m	0,2m	23.3	9.32	116	956
T3, Fkm 39,500	02-08-18	20:15	2,7m	1,2m	23.2	9.28	115.2	956
T3, Fkm 39,500	02-08-18	20:16	2,7m	2,5m	22.7	9.19	113	956
T4, Fkm 39,200	02-08-18	20:38	0,6m	0,2m	22.7	8.37	102.9	957
T1, Fkm 41,400	03-08-18	05:26	3,2m	0,2m	22.3	8.34	101.8	956
T1, Fkm 41,400	03-08-18	05:28	3,2m	1,5m	22.4	8.31	101.7	956
T1, Fkm 41,400	03-08-18	05:31	3,2m	3,0m	21.8	6.89	83.4	956
T2, Fkm 40,200	03-08-18	05:45	1,8m	0,2m	22.2	8.13	99	956
T2, Fkm 40,200	03-08-18	05:46	1,8m	1,0m	22.2	8.11	98.8	956
T2, Fkm 40,200	03-08-18	05:48	1,8m	1,6m	22.2	7.06	86	956
T3, Fkm 39,500	03-08-18	06:07	2,7m	0,2m	22.2	7.8	94.9	956
T3, Fkm 39,500	03-08-18	06:08	2,7m	1,2m	22.2	7.78	94.8	956
T3, Fkm 39,500	03-08-18	06:09	2,7m	2,5m	22.2	7.74	94.4	956
T4, Fkm 39,200	03-08-18	06:40	0,6m	0,2m	21.6	8.46	101.9	957
T1, Fkm 41,400	03-08-18	15:32	3,2m	0,2m	23.2	8.52	106	954
T1, Fkm 41,400	03-08-18	15:33	3,2m	1,5m	23	8.56	106.2	954
T1, Fkm 41,400	03-08-18	15:35	3,2m	3,0m	23	8.58	106.4	955
T2, Fkm 40,200	03-08-18	15:46	1,8m	0,2m	23.2	9.11	113.1	955
T2, Fkm 40,200	03-08-18	15:47	1,8m	1,0m	22.6	9.17	112.8	955
T2, Fkm 40,200	03-08-18	15:48	1,8m	1,6m	22.6	9.27	114	955
T3, Fkm 39,500	03-08-18	16:08	2,7m	0,2m	24.2	9.2	116.5	955
T3, Fkm 39,500	03-08-18	16:09	2,7m	1,2m	23.1	10.21	126.8	955
T3, Fkm 39,500	03-08-18	16:11	2,7m	2,5m	22.8	9.98	123.1	955
T4, Fkm 39,200	03-08-18	14:47	0,6m	0,2m	23.5	8.36	104.5	955

Abbildung 41 Ergebnisse der zusätzlichen lokalen O2- und Temperaturmessungen in und kurz unterhalb des Staubereichs der Schwelle bei Fkm 39.400 mit Kennzeichnung der Extremwerte der Sauerstoffsättigungen

Position	Datum	Uhrzeit	Wassertiefe	Wassertiefe	Wassertemp	Sauerstoffkor	Sauerstoffsät	Luftdruck hPa
T1, Fkm 20,200	08-08-18	16:06	1,9m	0,2m	21.4	9.2	110.3	957
T1, Fkm 20,200	08-08-18	16:07	1,9m	1,0m	21.4	9.2	110.3	957
T1, Fkm 20,200	08-08-18	16:08	1,9m	1,7m	21.4	9.22	110.5	957
T2, Fkm 19,800	08-08-18	16:12	3,2m	0,2m	21.7	9.4	113.4	956
T2, Fkm 19,800	08-08-18	16:13	3,2m	1,5m	21.5	9.32	112.1	956
T2, Fkm 19,800	08-08-18	16:14	3,2m	3,0m	21.4	9.35	112.2	956
T3, Fkm 19,600	08-08-18	16:18	2,9m	0,2m	21.9	9.51	115.3	956
T3, Fkm 19,600	08-08-18	16:18	2,9m	1,4m	21.5	9.53	114.5	956
T3, Fkm 19,600	08-08-18	16:19	2,9m	2,7m	21.4	9.59	115	957
T4, Fkm 19,400	08-08-18	16:23	0,7m	0,3m	22.2	8.53	114	956
T5, Fkm 19,300	08-08-18	16:36	0,4m	0,3m	22.6	8.67	106.3	956
T1, Fkm 20,200	08-08-18	20:14	1,9m	0,2m	21.6	8.92	107.5	956
T1, Fkm 20,200	08-08-18	20:15	1,9m	1,0m	21.6	8.93	107.6	956
T1, Fkm 20,200	08-08-18	20:15	1,9m	1,7m	21.6	8.93	107.6	956
T2, Fkm 19,800	08-08-18	20:21	3,2m	0,2m	21.4	9.07	108.8	956
T2, Fkm 19,800	08-08-18	20:21	3,2m	1,5m	21.4	9.03	108.3	956
T2, Fkm 19,800	08-08-18	20:22	3,2m	3,0m	21.4	8.97	107.7	956
T3, Fkm 19,600	08-08-18	20:26	2,9m	0,2m	21.4	9.08	109	956
T3, Fkm 19,600	08-08-18	20:26	2,9m	1,4m	21.5	9.08	109	956
T3, Fkm 19,600	08-08-18	20:27	2,9m	2,7m	21.5	9.07	109	956
T4, Fkm 19,400	08-08-18	20:34	0,7m	0,3m	21.4	8.8	105.5	956
T5, Fkm 19,300	08-08-18	20:39	0,4m	0,3m	21.6	8.44	101.7	956
T1, Fkm 20,200	09-08-18	05:49	1,9m	0,2m	20.9	8.42	101.7	956
T1, Fkm 20,200	09-08-18	05:50	1,9m	1,0m	20.9	8.42	101.7	956
T1, Fkm 20,200	09-08-18	05:50	1,9m	1,7m	20.9	8.37	99.6	956
T2, Fkm 19,800	09-08-18	05:57	3,2m	0,2m	20.9	8.29	98.7	955
T2, Fkm 19,800	09-08-18	05:57	3,2m	1,5m	21	8.29	98.5	955
T2, Fkm 19,800	09-08-18	05:58	3,2m	3,0m	20.9	8.24	98.1	955
T3, Fkm 19,600	09-08-18	06:03	2,9m	0,2m	20.9	8.27	98.3	955
T3, Fkm 19,600	09-08-18	06:03	2,9m	1,4m	20.9	8.26	98.2	955
T3, Fkm 19,600	09-08-18	06:04	2,9m	2,7m	20.9	8.25	98.1	956
T4, Fkm 19,400	09-08-18	06:13	0,7m	0,3m	20.7	8.2	97	956
T5, Fkm 19,300	09-08-18	06:17	0,4m	0,3m	20.5	8.26	97.2	957

Abbildung 42 Ergebnisse der zusätzlichen lokalen O2- und Temperaturmessungen in und kurz unterhalb des Staubereichs der Rampe bei Fkm 19,500 mit Kennzeichnung der Extremwerte der Sauerstoffsättigungen

4.8 Makrozoobenthos

4.8.1 Typische Besiedlung

Die typische Makrozoobenthosbesiedlung des Fließgewässertyps 4 wird von Pottgiesser (2018) folgendermaßen beschrieben:

Die Makrozoobenthos-Gemeinschaft ist sehr artenreich: es herrschen in Bezug auf Strömung, Sauerstoff und niedrige Wassertemperaturen sehr anspruchsvolle Arten vor.

Häufig sind strömungsliebende Steinbesiedler, daneben kommen aber auch Arten vor, die die kleinräumigen kiesig-sandigen Bereiche besiedeln.

Der Anteil an Epirhithralarten ist gering.

Auswahl charakteristischer Arten:

Ephemeroptera: Siphonurus lacustris, Baetis lutheri, Epeorus assimilis, Rhithrogena beskidensis, Plecoptera: Perla grandis, Chloroperla tripunctata, Rhabdiopteryx neglecta, Capnia nigra, Leuctra inermis.

Odonata: Ophiogomphus cecilia.

Heteroptera: Micronecta minutissima, Micronecta poweri.

Coleoptera: Bidessus delicatulus, Oreodytes septentrionalis, Laccobius striatulus, Hydraena minutissima, Elmis rioloides, Limnius volckmari, Esolus parallelepipedus.

Trichoptera: Rhyacophila dorsalis, Glossosoma boltoni, Agapetus nimbulus, Hydropsyche guttata, Allogamus auricollis.

Diptera: Simulium variegatum.

[aus Pottgiesser, 2018]

4.8.2 Aktueller Zustand der Makrozoobenthosfauna

In der aktuellen Bewertung des Gewässerzustandes anhand der MZB-Fauna (Umweltatlas Bayern, 2021) werden die drei Wasserkörper unterschiedlich bewertet. Alle drei Abschnitte werden hinsichtlich der Saprobie als gut eingestuft. Hinsichtlich des Moduls "Allgemeine Degradation" wird der Zustand im untersten Abschnitt der Iller (F005_BW) als "gut" eingestuft, das Potenzial im mittleren, durch Querbauwerke und Rückstaubereiche geprägte Abschnitt (F010) als "mäßig" und im obersten Abschnitt (F009_BW) als "gut".

Die Bewertung des untersten Abschnittes mit seinen relativ vielfältigen Strukturen und dem gegenüber den anderen Abschnitten erhöhten Abfluss ist leicht nachzuvollziehen. Im mittleren Abschnitt (HMWB) mit seinen ausgedehnten Staubereichen sind dagegen selbst kleinräumig kaum Stellen zu finden, die das Potenzial zu einer Besiedlung unter günstigeren Umständen aufzeigen könnten. Im obersten Abschnitt (ebenfalls HMWB) finden sich in den kurzen dynamischeren Bereichen direkt unterhalb von Wehren Stellen, die zumindest das Besiedlungspotenzial des Abschnittes widerspiegeln.

Eine MZB-Probenahme in der revitalisierten Strecke bei Vöhringen (1_F005_BW) ergab aufgrund der "allgemeinen Degradation" nur einen mäßigen ökologischen Zustand, wobei die Besiedlungsdichte recht gering ausfiel, die Artenzusammensetzung aber als gut zu bewerten war. Damit lag die Bewertung eine Stufe besser als vor der Maßnahme, allerdings erfüllte sie noch nicht die Anforderungen nach WRRL.

4.8.3 Bestimmende Parameter der Makrozoobenthoshabitate

Die **Fließgeschwindigkeit** ist einer von drei wesentlichen Faktoren, die die Ausprägung der MZB-Fauna bestimmen. Sie sorgt für den Sauerstoff- und Nahrungstransport und dessen Ströme im Interstitial. Durch hydraulischen Stress bestimmt sie die Zusammensetzung der Besiedlung nach rheophilen und rheosensiblen Arten. Durch die Fließgeschwindigkeit entscheidet sich, ob ein Individuum sich an einem Ort aufhalten kann oder abgedriftet wird. Ihre Änderungen wirken sich auf

Stabilität oder Dynamik der Habitatbedingungen aus. Schließlich bestimmt die Fließgeschwindigkeit wesentlich Zusammensetzung und Lagerung des Sohlsubstrats und die Gewässerstrukturen mit.

Den zweiten wesentlichen Faktor stellen die **morphologischen Gewässerstrukturen**, einschließlich des **Substrates** dar. Diese Strukturen bestimmen – bei ausreichender Fließgeschwindigkeit - das Nebeneinander unterschiedlicher Habitatbedingungen. Das Substrat, seine Dynamik und Lagerung bestimmen das Vorhandensein eines besiedelbaren Interstitials (Refugialräume), die Möglichkeiten von Bewuchs durch unterschiedliche Algen und Makrophyten und das Verhältnis von dauerhaften Habitatbedingungen zu Störungen.

In der Iller ist das Substrat aufgrund des gestörten Geschiebehaushalts oftmals in einem ungünstigen Zustand. Aufgrund der fehlenden Dynamik bzw. des veränderten hydrologischen Regimes wird das Interstitial nicht ausreichend umgelagert/freigespült und durch Feinsedimente kolmatiert. Zahlreiche MZB-Organismen, die sich zumindest zeitweilig im Interstitial aufhalten, verlieren so ihren Lebensraum.

Durch zeitweiligen, **flächenhaften Algenbewuchs** auf der Substratoberfläche aufgrund chemischer/trophischer Belastung wird die Sohle weiter stabilisiert und kolmatiert. Zudem können viele Arten, die als Weidegänger dünne Algenbeläge von Steinen abweiden, den dichten Algenbewuchs nicht mehr als Nahrung nutzen.

Als dritter entscheidender Besiedlungsfaktor ermöglichen die **Wassertemperaturen** auch auf physiologischer Ebene das Vorkommen bestimmter Arten und schließen andere Arten aus. Insbesondere die gewässertypischen Arten mit hohen Ansprüchen an kühle, sauerstoffreiche Bedingungen (viele Steinfliegenarten) können in den nur mäßig durchströmten und im Sommer stark erwärmten Gewässerbereichen nicht überleben.

Ähnlich wie auch für die Fische ist der longitudinale Austausch durch Drift einerseits und durch Aufwärtswanderung andererseits als wesentlich für die Benthosbesiedlung anzusehen, vor allem in einem relativ dynamischen Umfeld, das beträchtliche Störeinflüsse durch heftige Hochwasserabflüsse aufweist. Hier kommt der Trittsteinwirkung inselartig verteilter Habitats besondere Bedeutung zu.

Für die vielen Wasserinsekten ist die laterale Vernetzung mit den terrestrischen Habitats von besonderer Bedeutung. Hier ist dabei weniger an Rückzugsräume bei Überflutungen zu denken als vielmehr an die Schlupf-, Adult- und Fortpflanzungshabitats.

Bei der Artenfülle der Zoobenthosarten unterscheidet sich die Zusammensetzung der Besiedlung der verschiedenen Gewässer des Typ 4 wesentlich stärker als die entsprechenden Fischfaunen. Die wesentlichen Habitatparameter sind jedoch mehr oder weniger die gleichen wie bei den Fischen. Sie sind für das Zoobenthos jedoch schon in wesentlich kleinskaligerer Ausprägung wirksam und daher wesentlich aufwendiger quantitativ zu erfassen (Groll 2008). Zwar sind aufgrund der vorgefundenen Benthosbesiedlung weitgehende Rückschlüsse auf zahlreiche Gewässerparameter möglich (Meier et al. 2006) umgekehrt ist allerdings die quantitative Festlegung der für eine bestimmte Benthosbesiedlung erforderlichen Habitatausstattung bei dem derzeitigen Kenntnisstand kaum möglich. Hydro-morphologische Parameter korrelieren allerdings oftmals deutlich mit einer naturnahen MZB-Besiedlung. Dazu gehören vor allem Parameter, welche die Vielfalt der vorhandenen Habitattypen widerspiegeln: **Strömungsvielfalt, Tiefenvarianz, Sohlenstruktur** (Groll 2008, Völker 2008). Diese Abhängigkeiten wurden jedoch vorwiegend an kleineren Flüssen und Bächen aufgezeigt, in großen Flüssen dürfte den Ufern eine besondere Rolle zukommen.

Aufgrund der Kleinskaligkeit der relevanten Benthosstrukturen und der Schwierigkeit, die "gewässertypische" Benthoshabitatzusammensetzung zu quantifizieren ist es **naheliegend, die Habitatbedingungen für das Zoobenthos durch die Bedingungen für die Fischhabitats zu beschreiben, wobei für das Zoobenthos allerdings eine größere Diversität der bestimmenden Parameter anzustreben ist**. Wie bei den Fischen kann dann auch für das Makrozoobenthos das Besiedlungspotenzial über das vorhandenen Habitatangebot abgeschätzt werden.

4.9 Fische und Fischhabitats

4.9.1 Fischfauna der Iller

4.9.1.1 Referenzfischfauna

Die Iller als Typ 4 "Großer Fluss des Alpenvorlands" wird in ihrem Unterlauf den "Cypriniden-geprägten Gewässern des Rhithrals" zugeordnet. Diese Zuordnung umschreibt grob die Bedingungen, die hier in der Iller zu erwarten sind und auch als Zielvorgaben der Gewässerentwicklung zu berücksichtigen sind. Detaillierter auf den Charakter der Iller abgestimmt ist die Referenzfischfauna, die angibt, welche Fischarten in einem einheitlichen Abschnitt eines Fließgewässers, bei Fehlen von größeren Beeinträchtigungen, dauerhaft vorkämen und welchen Anteil sie an der Fischfauna stellen würden. Für den untersuchten Illerabschnitt wurde die von der bayerischen Fischereiverwaltung erarbeitete Referenzfischzönose (Born 2020, schriftl. Mittl.) herangezogen.

Tabelle 8 Referenzfischfauna Nr. 47 Untere Iller und in der Habitatmodellierung bearbeitete Fischhabitats [fett und kursiv: Leitart ($\geq 5\%$); kursiv: Typspezifische Arten ($\geq 1\%$); normal: Begleitarten ($< 1\%$)]

Arten der Referenzzönose	Anteil an Besiedlung [%]	modellierte Habitatansprüche
Barbe	20.0	Adulthabitat, Laichhabitats, Juvenilhabitats
Nase	14.0	Laichhabitats, Juvenilhabitats
Äsche	12.0	Sommerhabitats (aktiv; adult) , Wintereinstand (adult), Laichhabitats, Larvalhabitats
Döbel, Aitel	12.0	
Gründling	8.0	
Schmerle	6.5	
Elritze	6.0	
<i>Hasel</i>	4.0	Sommerhabitats (aktiv; adult), Wintereinstand (adult), Laichhabitats
<i>Quappe, Rutte</i>	4.0	Larvalhabitats, Laichhabitats
<i>Schneider</i>	3.5	Sommerhabitats (adult, Wintereinstand (adult), Laichhabitats
<i>Groppe, Mühlkoppe</i>	2.0	Adulthabitats
<i>Ukelei, Laube</i>	2.0	
<i>Huchen</i>	1.0	
<i>Steingressling</i>	1.0	
<i>Strömer</i>	1.0	
Bachforelle	0.5	
Barsch, Flussbarsch	0.5	
Frauennerfling	0.5	
Rotauge, Plötze	0.5	
Aland, Nerfling	0.1	
Brachse, Blei	0.1	
Hecht	0.1	
Karpfen	0.1	
Rotfeder	0.1	
Schrätzer	0.1	
Steinbeißer	0.1	
Streber	0.1	
Zährte	0.1	
Zingel	0.1	

Die Ansprüche der verschiedenen Stadien werden in Kapitel 4.9.2.1 kurz skizziert. Habitatansprüche der nicht modellierten Arten werden größtenteils von den modellierten Arten/Stadien mit abgedeckt.

4.9.1.2 Aktuelle Fischbesiedlung

Der aktuelle Fischbestand wird in der WRRL-Bewertung überwiegend als mäßig eingestuft, nur im untersten Illerabschnitt (F005_BW) als gut (BWP 2022-2027, Umweltatlas Bayern). Da die Referenzzönose sich zum großen Teil aus Kieslaichern zusammensetzt, wirkt sich insbesondere der Mangel an geeigneten Kieslaichplätzen sehr negativ aus. Zudem gibt es für Brütlinge nur wenig strömungsarme Flachwasserbereiche und für Jungfische kaum Hochwasserrefugien, so dass der bereits beeinträchtigte Fischbestand durch Hochwasser nochmals empfindlich reduziert wird.

4.9.2 Fische als Indikatoren des Gewässerzustandes

4.9.2.1 Auswahl der Fischarten

Es ist das Ziel des Projektes, abzuklären, ob und durch welche gewässer- und abflussgestaltenden Maßnahmen die Anforderungen der WRRL hinsichtlich der biologischen Qualitätskomponenten Fische und Makrozoobenthos erfüllt werden können. Hierzu wird vorrangig die Qualitätskomponente Fische bearbeitet (zum MZB siehe Kapitel 4.8). Für eine Auswahl repräsentativer und sensibler Fischarten und deren besonders sensible Entwicklungsstadien werden ihre Ansprüche an hydromorphologische Umweltbedingungen formuliert. Der aktuelle Gewässerzustand und geplante Veränderungen werden anhand der durch die Habitatansprüche dieser Fische vorgegebenen Parameter modelliert und das ermittelte Habitatangebot anhand ebendieser Habitatansprüche bewertet.

Auswahlkriterien

Die Auswahl der bearbeiteten Arten erfolgt aus der Liste der Referenzarten und hier bevorzugt aus der Gruppe der gewässertypischen Leitarten (s.o.). Diese Arten bzw. ihre Entwicklungsstadien sollten gut definierte Ansprüche an zumindest einen der modellierten Habitatparameter stellen. Hierdurch kann ein Zusammenhang zwischen der Ausprägung (zumindest) dieses Habitatparameters und der Eignung des betrachteten Gewässerabschnittes für die jeweilige Fischart dargestellt werden. Fischarten mit extremen Ansprüchen müssen gesondert berücksichtigt werden, da ohne Erfüllung dieser Ansprüche die betreffende Fischart ausfällt. Es soll anhand der ausgewählten Arten aber auch möglich sein, die Eignung des Gewässers für das gesamte Referenzartenspektrum zu beurteilen.

- Habitatansprüche von Leitarten der Referenzfischfauna werden bevorzugt berücksichtigt.
- Habitatansprüche von Arten mit gut abgrenzbaren Habitatansprüchen werden bevorzugt berücksichtigt.
- Spezielle Habitatansprüche wichtiger Arten müssen berücksichtigt werden.
- Die berücksichtigten Habitatansprüche sollen für ein möglichst breites Artenspektrum repräsentativ sein.

Diese Anforderungen widersprechen sich teilweise, so dass die ausgewählten Fischarten/-stadien oft nur einzelne dieser Kriterien erfüllen können.

Besprechung der Arten

Im Folgenden werden die wesentlichen Habitatansprüche der betrachteten Fischarten aufgeführt. Besonders relevante Habitateigenschaften sind in Rot gelistet.

Tabelle 9 Übersicht der Habtatansprüche der Fischarten (modellierte Arten/Stadien in grün)

	Substrat	Tiefe	Strömung	Struktur	Laichen, sonstiges
Barbe					bodenorientiert, nachtaktiv
adult Sommer	Feinkies - Grobkies	mittel-tief	mittel-kräftig, gleichmäßig	Rinne	Nahrungs-/ Ruhehabitat verschieden
adult Winter		tief	gering, gleichmäßig	Kolk	
Laichplatz	Feinkies - Grobkies	flach-mittel	mittel-kräftig	Bänke/Rinne & pool/Bucht	Zuflüsse; Mai/Juni
juvenil	Sand, Feinkies	flach-mittel	mittel	Bänke, Hang	
Nase					Freiwasser
adult Sommer	indiff., Blöcke	mittel-tief	gering-mittel, gleichm.	Rinne; Blöcke	
adult Winter	indifferent	tief	gering, gleichmäßig	Kolk	
Laichplatz	Grobkies, Steine	flach	kräftig-s. kräftig; <i>komplex</i>	Riffle & pool/Bucht	Zuflüsse; keine Sedimentation; laicht Mrz-Mai
juvenil	Sand, Kies	mittel	gering-mittel, gleichmäßig	Bänke, Hang	
Döbel	Pflanzen, Kies	mittel-tief	mittel	Rinne, Hang; riffles & pools	Freiwasser, laicht Apr-Jun, Pflanzen & Grobkies,
Äsche					
adult Sommer aktiv	keine Blöcke	mittel	kräftig, gleichmäßig	Rinne	
adult Sommer Ruhe	keine Blöcke	mittel	gering-mittel	Rinne	
adult Sommer (gesamt)	keine Blöcke	mittel	komplex	Rinne	
adult Winter	keine Blöcke	tief	gering	Kolk	
Laichplatz	Kies	flach	stark	Bänke & Rinne	keine Sedimentation, keine Umlagerung; Hauptgewässer, laicht Mrz-Apr
Larve	Sand, Feinkies	flach	sehr gering	Flachufer	oberflächenorientiert
juvenil	keine Blöcke	mittel	mittel, gleichmäßig	Hang & Rinne	
Gründling	Sand (-Kies)	mittel-tief	gering - mittel	Rinne - Bänke	bodenorientiert; laicht Mai-Juli Sandflächen
Schmerle	Mittelkies - Steine	flach-mittel	sehr kräftig	Kiesufer: Hang	bodenorientiert; laicht Apr-Jul auf Sandflächen
Elritze	Kies	flach-mittel	gering - mittel, gleichmäßig	Uferstrukturen: Abbrüche, Totholz, Wurzeln; Buchten	uferorientiert; laicht Apr-Jun, Kies/Sand

Tabelle 10 Übersicht der Habtatansprüche der Fischarten (modellierte Arten/Stadien in grün), fortgesetzt

	Substrat	Tiefe	Strömung	Struktur	Laichen, sonstiges
Hasel					
adult Sommer	Sand, Kies	mittel-tief	mittel-kraftig, gleichmäßig	unterhalb von riffles oder Prallhängen	oberflächenorientiert
adult Winter		mittel-tief	gering-mittel, gleichmäßig	Buchten, pools	winteraktiv
Laichplatz	Grobkies - Steine	flach-mittel	mittel-kraftig	(oberhalb von) riffle & pool/Bucht	Zuflüsse, kein Sand, Feb-Apr
juvenil	organ., Sand-Kies	flach	gering-mittel, variabel	Sand-/Kiesbänke, Buchten	Vegetation; nachtaktiv
Trüsche					bodenorientiert nachtaktiv,
adult Sommer	indiff.	tief	gering - mittel	Höhlung	Sommerruhe
adult Winter	indiff.	tief	gering - mittel	Höhlung	winteraktiv
Laichplatz	Sand- Feinkies	gering-mittel	gering	Sand-Kiesbank	Dez-Feb
Larve	keine Blöcke, gleichmäßig	s. flach	s. gering	Flachufer	oberflächenorientiert
juvenil	indiff.	mittel-tief	gering	Höhlung	
Schneider					
adult Sommer	indiff.	mittel-tief, variabel	mittel-kraftig, variabel	Unterstände	Blockwurf, Wurzelwerk
adult Winter	indiff.	tief	gering-mittel	Unterstände, pools	winteraktiv, Blockwurf, Wurzelwerk
Laichplatz	(Sand) Kies - Steine	mittel	mittel-kraftig	Sand-/Kiesflächen	nicht bewachsen; Mai-Juli
juvenil	Kies -Steine	mittel, variabel	gering, variabel	Buchten,	Blockwurf, Wurzelwerk
Groppe					bodenorientiert
alle Stadien	grosse Steine, Blöcke, plattig	indiff.	mittel-stark		keine Sedimentation
Huchen					Nahrung!
adult Sommer	Fels, Feinkies - Steine	tief	gering	Kolke, Hinterwasser	
adult Winter	Fels, Kies - Steine	tief	gering	Kolke, Hinterwasser	
Laichplatz	Kies -kl. Steine	mittel	mittel-kraftig	Kiesbank, -rinne	Zuflüsse, April-Mai
juvenil	Sand - Kies	gering-tief	gering-mittel, gleichmäßig	Deckung	bodenorientiert

Die Definition der Habitatansprüche für die Modellierung in Form von Eignungsquadraten ist in der Anlage 9.1 dargestellt.

4.9.3 Habitate – Übergang von Detail- auf Grobskala

Die Modellierungen in den einige hundert Meter langen Detailstrecken beruhen auf räumlich hoch aufgelösten Vermessungen. Das gröbere Modell für die gesamte Illerstrecke von 53 km Länge basiert dagegen auf Querprofilen im Abstand von 100 bis 200 m. Es stellte sich deshalb die Frage, ob die Habitate im groben Modell genau genug abgebildet werden. Ein Vergleich der aus den beiden Modellauflösungen erhaltenen Ergebnisse ist in Abbildung 43 und Abbildung 44 gegeben.

Am Beispiel der Habitate für die adulte Äsche zeigt sich, dass sich zwar die räumliche Verteilung der Eignungen unterscheidet und der Verlauf der tieferen, schnell durchflossenen Zonen, der sich im Detailmodell unterhalb des Kirchdorfer Wehrs am unteren Bildrand, vom rechten zum linken Ufer zieht, im groben Modell nicht abgebildet werden kann. Betrachtet man allerdings die Flächenanteile der nutzbaren und guten Habitate (gelb und grün gekennzeichnet) sind abschnittsweise (jedes Säulenpaar stellt einen 200 m Abschnitt dar) zwar Unterschiede vorhanden, die Gesamtfläche der für die Auswertung interessierenden Habitate ist aber – auch bei unterschiedlichen Abflüssen - sehr ähnlich (Abbildung 43 re.).

Auch im Detailmodellabschnitt bei der Rampe 19.100 sind die Unterschiede zwischen den zwei Modellauflösungen nicht deutlich. Hier macht sich positiv bemerkbar, dass auch im größeren Modell das Geländemodell im Uferbereich eine erhöhte Auflösung hat und nur der eigentliche Flussschlauch mit Querprofilen modelliert wird. So sind auch die guten Habitate in der Flachwasserzone am oberen Modellrand rechts abgebildet. Die Habitatflächenverteilungen sind sehr ähnlich (Abbildung 44 re.)

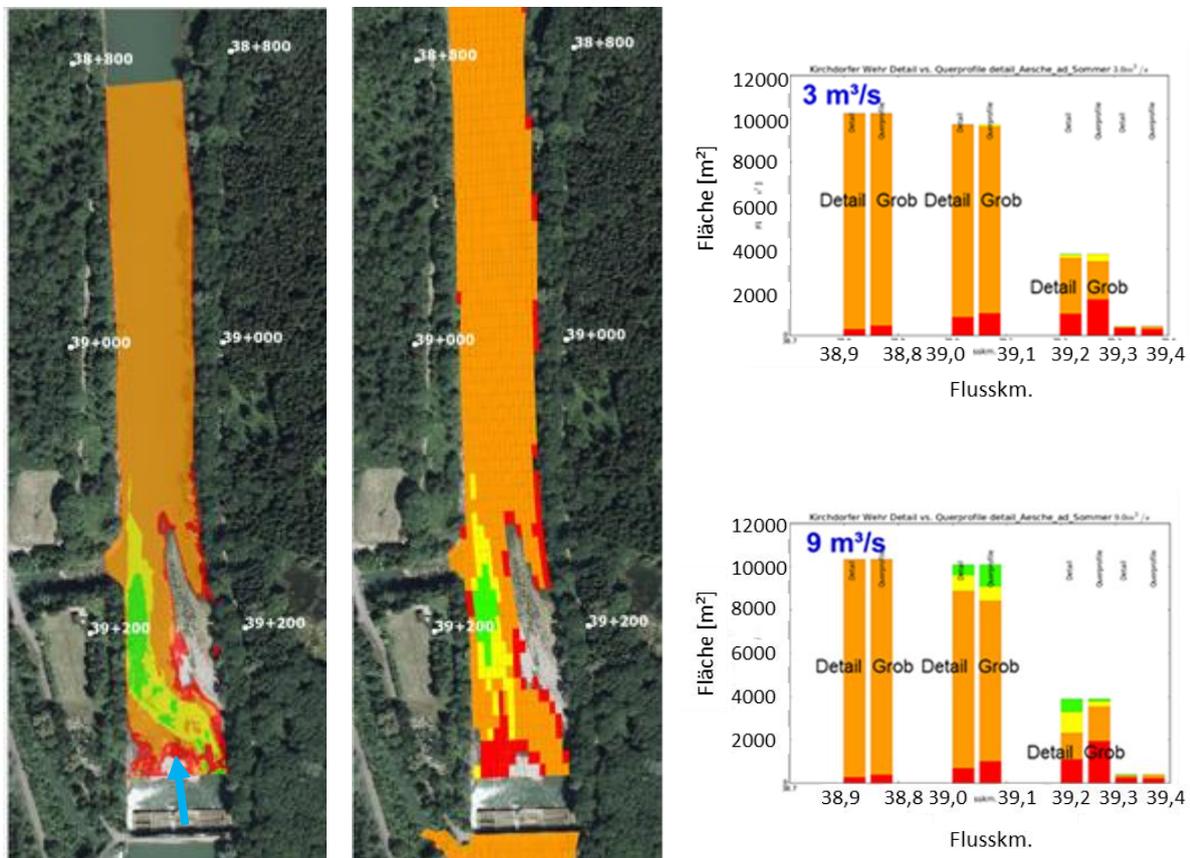


Abbildung 43 Vergleich der Eignungskarten für adulte Äschen bei 9 m³/s, Detailmodellierung (li.) und Grobmodellierung (mi.), Vergleich der ermittelten statistischen Verteilung der Eignungsklassen für adulte Äschen für 3 m³/s (re.o.) und 9 m³/s (re.u.), Abschnitt bei Kirchdorfer Wehr Fkm 39,100

Die Überprüfung der aus Detail- und Grobmodellen erhaltenen Habitatflächen für mehrere Arten und Altersstadien ergibt also, dass auch die heterogenen Bereiche der Iller durch das Grobmodell genau genug abgebildet werden. Es ist also zulässig, die Habitate für die Istzustand Situation für den

gesamten 53 km langen Illerabschnitt mit dem auf Querprofilen basierendem Hydraulikmodell zu ermitteln.

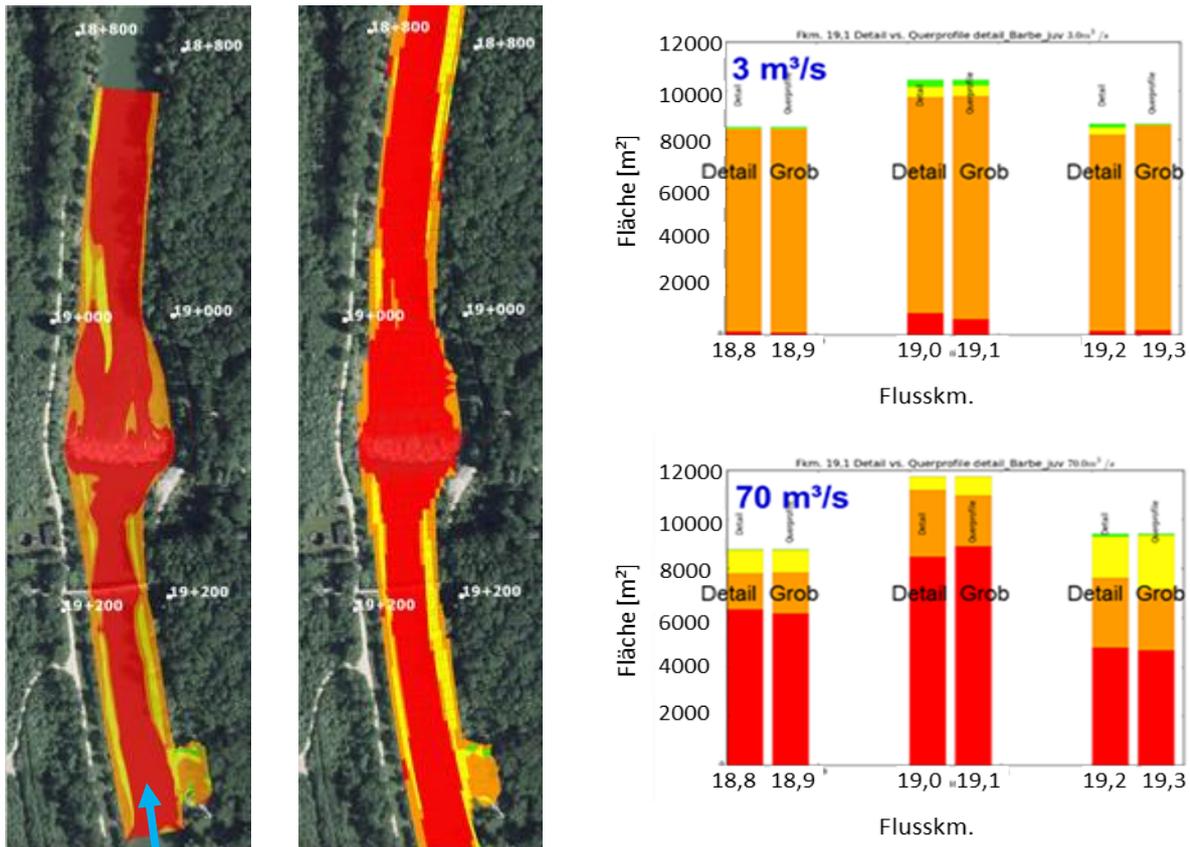


Abbildung 44 Vergleich der berechneten Eignungskarten für juvenile Barben bei 9 m³/s, Detailmodellierung (li.) und Grobmodellierung (re.), Vergleich der ermittelten statistischen Verteilung der Eignungsklassen für juvenile Barben für 3 m³/s (re. o.) und 9 m³/s (re. u.), Abschnitt bei Rampe Fkm 19.100

4.9.4 Habitatangebot im Istzustand

4.9.4.1 Habitateignungen im Längsschnitt

Um die abflussabhängige Qualität der Habitate für die gesamte Untere Iller bewerten zu können, wurde eine Darstellung gewählt, welche die Habitatflächen und Habitateignungen im Längsschnitt entlang des gesamten Untersuchungsgebiets zeigt. Hierfür wird die gesamte Untere Iller in Auswertungsabschnitte mit einer Länge zwischen 100 m und 200 m eingeteilt. Für diese einzelnen Abschnitte werden die Flächen der verschiedenen Eignungsklassen für den betrachteten Habittyp beim jeweiligen Abfluss bilanziert.

Werden diese Flächen entlang der Unteren Iller dargestellt, erhält man einen Längsschnitt, der die Habitate und deren Qualität für den gesamten Untersuchungsraum darstellt. Diese Längsschnitte können für jede Art und Altersstadien sowie unterschiedliche Abflüsse erstellt werden.

Die Habitatlängsschnitte für alle modellierten Arten und Altersstadien waren Hauptkriterium für die Beurteilung des aktuellen Zustands der Unteren Iller. Für die anspruchvollsten Leitarten und typspezifische Arten der Fisch-Referenzzönose werden die wichtigsten Habittypen (die den in Kap. 6.3.1 behandelten Habitat-/Strukturtypen entsprechen) auf den folgenden Seiten vorgestellt.

Die hier ausgewählten und vorgestellten Habitat- und Strukturtypen entsprechen den in Kap. 6.3.1 ausführlich behandelten Typen. Sie werden deshalb hier nur kurz aufgelistet (Tabelle 11).

Tabelle 11 Habitattypen und entsprechende Strukturtypen

Habitattyp	Strukturtyp
Larvalhabitate z.B. Äsche larval	Typ 1: Flache, strömungsarme Uferbereiche
Jungfischhabitate z.B. Nase juvenil	Typ 2: Flach abfallende, angeströmte Hänge
Kieslaichhabitate z.B. Laichhabitat Äsche	Typ 3: Überströmte Kiesflächen
Laich-/Refugialhabitat z.B. Laichhabitat Nase	Typ 4: Stark überströmte Kies-/Steinflächen / Furten
Adulthabitate z.B. Äsche adult	Typ 5: Fließrinnen
Wintereinstände z.B. Nase adult	Typ 6: Ausgedehnte Kolke

Im Folgenden sind die Längsschnitte der Habitatflächen für die maßgebenden 6 Habitat-/Strukturtypen und Hochwasserrefugien **im Istzustand** dargestellt und interpretiert.

4.9.4.2 Strukturtyp 1: Fläche, strömungsarme Uferbereiche = Larvalhabitate Äsche, Nase u.v.m.

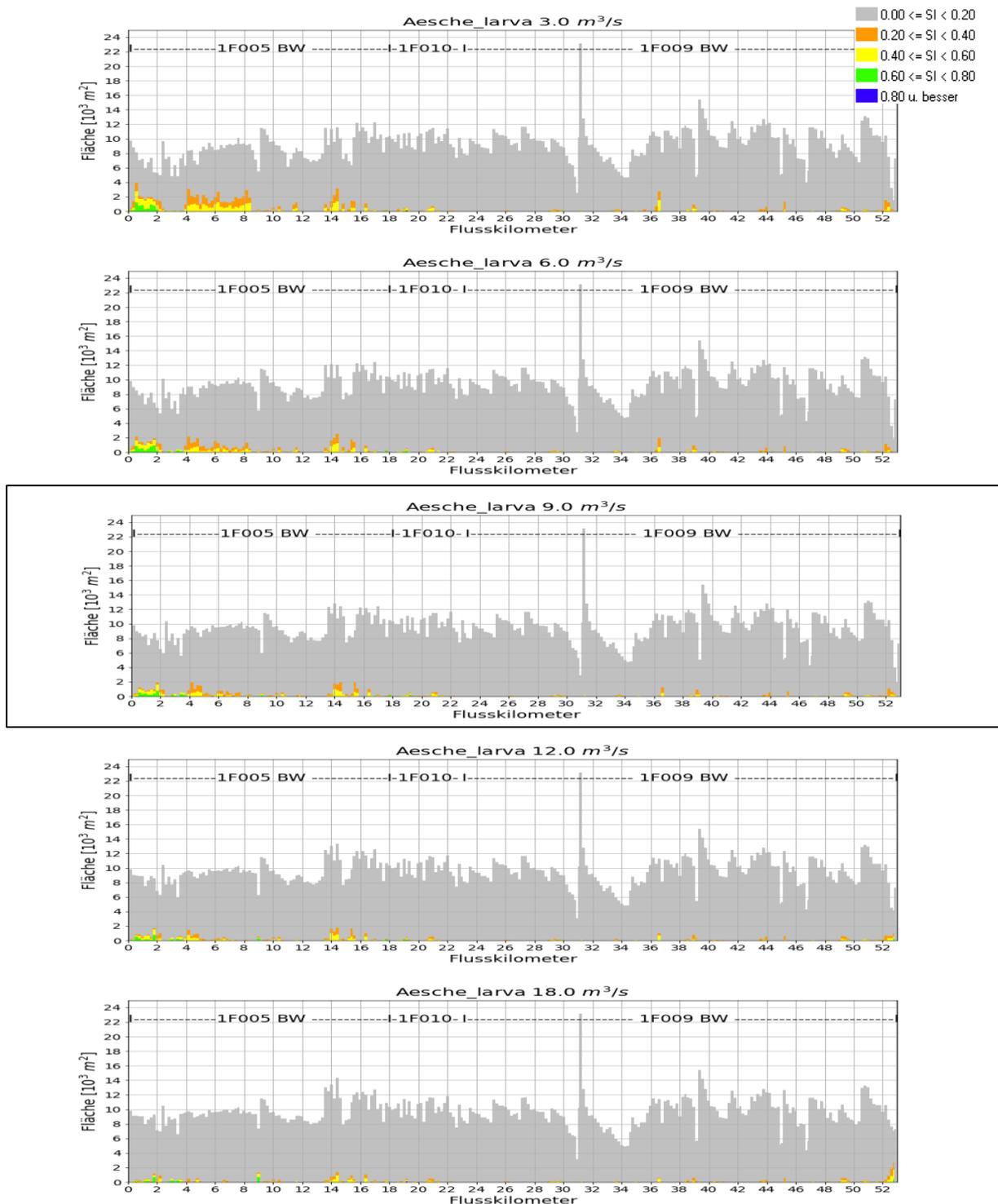


Abbildung 45: Fläche, strömungsarme Uferbereiche bei unterschiedlichen Abflüssen im Istzustand (Längsschnitte über die gesamte Bearbeitungsstrecke), aktueller Abfluss umrahmt

blau: sehr gute; **grün:** gute; **gelb:** nutzbare, **orange:** ungünstige, **grau:** vermiedene Habitate.

Bereits bei geringem Abfluss ist dieser Habittyp selten in guter Qualität vorhanden. Mit steigendem Abfluss verschwindet er fast völlig. Dies liegt in erster Linie am vereinheitlichenden Uferverbau mit nur wenigen flachen Uferbereichen, die auch bei höheren Abflüssen noch strömungsberuhigte Flachwasserzonen zur Verfügung stellen. Die besten Eignungen ergaben sich bei einem Abfluss um $3 \text{ m}^3/\text{s}$.

Habitatcharakteristik

Flache, strömungsarme Uferbereiche sind gekennzeichnet durch eine geringe Wassertiefe, geringe Strömung und ein geringes Gefälle. Als Larvalhabitat besitzen diese Bereiche ein recht einheitliches Substrat (Sand bis kleine Steine vorherrschend) und sind allenfalls dünn bewachsen. Die flachen Gewässerbereiche erwärmen sich leicht und Nahrungsorganismen entwickeln sich bereits früh im Jahr.

Das Substrat darf nur wenig leicht abbaubares Material enthalten, da der Abbau bei den erhöhten Temperaturen schnell zu Sauerstoffzehrung führt. Um Sauerstoffmangel zu vermeiden ist eine geringe Strömung erwünscht. Diese soll jedoch 10 cm/s nicht überschreiten, da die schwimm-schwachen Larven (besonders die planktischen Äschenlarven) sonst leicht verdriftet werden.

Nur flach überstaute oder überströmte Flächen bieten den Fischlarven gleichzeitig einen Schutz gegen Fraßfeinde, die hier nicht einschwimmen können. Einen weiteren Schutz stellen mittel- bis grobkiesige Substrate dar, die den Larven Deckung bieten.

Habitatgröße, Habitatgestalt und -verteilung

Das Habitat wird von den geschlüpften Larven passiv driftend erreicht. Die Habitatflächen sollten das Ufer daher beidseitig in einem schmalen Streifen begleiten. Langgestreckte Habitate erhöhen die Wahrscheinlichkeit, dass die driftenden Larven auf geeignete Flächen treffen. Da die Larven nicht aktiv die Gewässerseite wechseln können sind Larvalhabitate an beiden Ufern erforderlich.

Großflächige Habitatausbildungen, wie auch zu grobe Substrate, erhöhen bei Wasserstandsschwankungen die Gefahr, dass die Larven den Anschluss an die zurückgehende Wasserlinie verlieren, isoliert werden und trockenfallen.

Abflussabhängigkeit

Aktuell sind in der Iller geeignete Larvalhabitate oft nur sehr kleinräumig vorhanden und verschwinden bei zunehmendem (Fließgeschwindigkeit) oder zurückgehendem (Trockenfallen) Abfluss. Sohlstruktur und Gefälle des Habitats sollten sich daher lateral land- wie wasserseitig fortsetzen, so dass neue Uferlinien weiterhin ähnliche Habitatbedingungen bieten. Besonders bei steigenden Abflüssen müssen landseitig bereits Strukturen vorhanden sein, die zumindest lokal strömungs-beruhigte Zonen initiieren.

Lagebeziehungen

Besonders wichtig sind Larvalhabitate flussab der Laichplätze, je nach Strömungsbedingungen bereits im Anschluss an den Laichplatz bis mehrere 100 m flussab. Je besser das Angebot in Laichplatznähe ist, desto weniger Larven werden weit flussab verdriftet. Da die Drift einen wirksamen Verbreitungs- und Wiederbesiedlungsmechanismus darstellt, können geeignete "Auffang"habitate lokal die Besiedlung eines Gewässerabschnittes wesentlich unterstützen.

förderliche Maßnahmen

- Anlage von ausgedehnten Flachuferstreifen mit geeignetem Substrat;
- Schaffung von lokalen, strömungsberuhigten Uferzonen (Totholz, Buhnen);
- Abflachen der Ufer auch im terrestrischen Bereich.

4.9.4.3 Strukturtyp 2: Flach abfallende, angeströmte Hänge = Jungfischhabitate Nase, Barbe u.v.m.

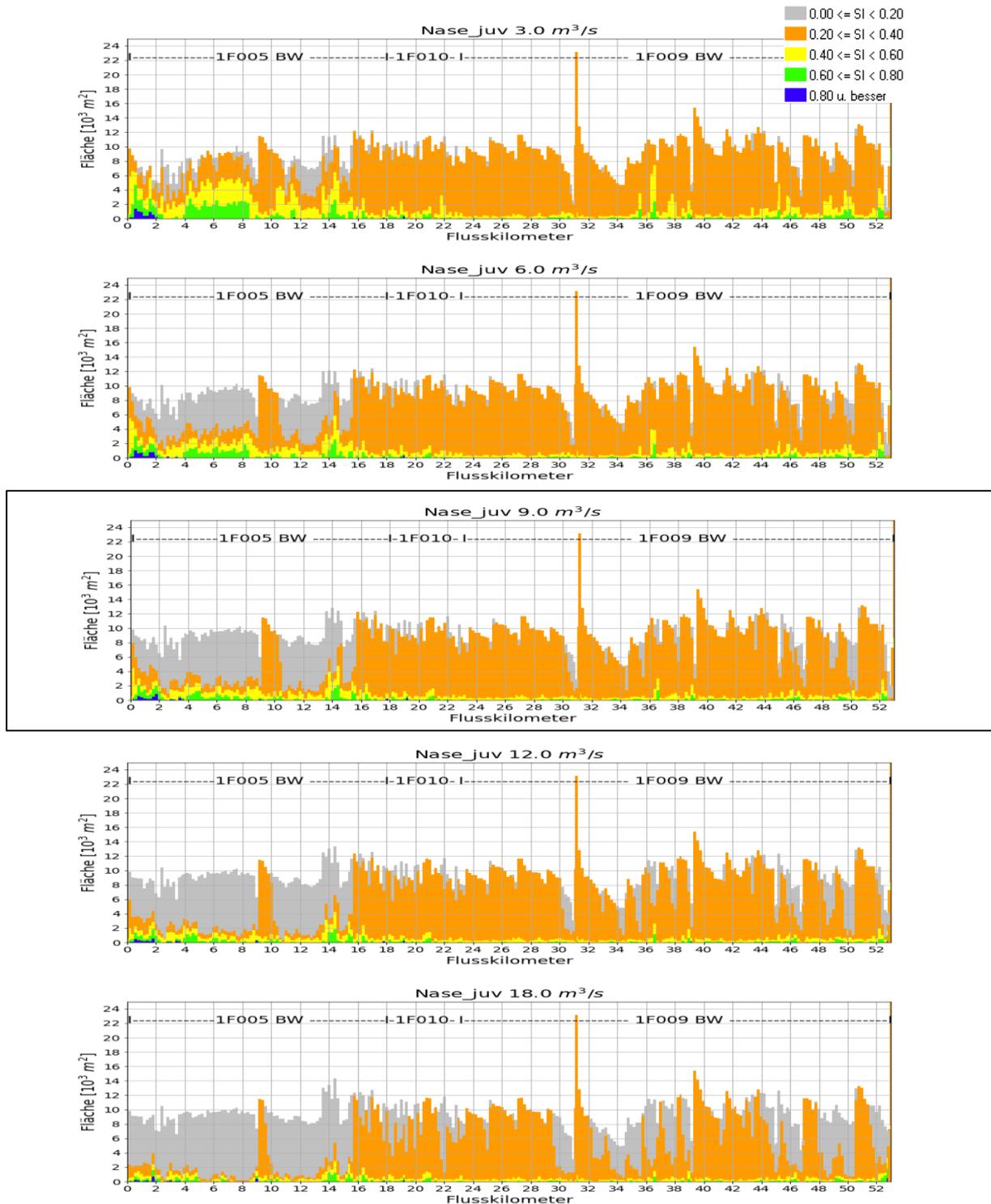


Abbildung 46: Flach abfallende, angeströmte Hänge bei unterschiedlichen Abflüssen im Istzustand (Längsschnitte über die gesamte Bearbeitungsstrecke), aktueller Abfluss umrahmt

blau: sehr gute; **grün:** gute; **gelb:** nutzbare, **orange:** ungünstige, **grau:** vermiedene Habitate.

Fläche und –qualität dieses Habitattyps, der vor allem im untersten Illerabschnitt gut vertreten ist, geht mit zunehmendem Abfluss in der gesamten untersuchten Strecke zurück. Die ufernahen Habitate können sich infolge des harten Uferverbau bei zunehmendem Abfluss nicht verlagern und gehen verloren. Habitatflächen im Flussbett verlieren durch die ansteigende Strömung ihre Eignung. Die besten Eignungen ergaben sich beim geringsten modellierten Abfluss um $3 \text{ m}^3/\text{s}$.

Habitatcharakteristik

Juvenilhabitate vieler Arten zeichnen sich durch ausgeprägte Gradienten für Wassertiefe und Strömungsgeschwindigkeit aus. Die Juvenilen können sich damit je nach Größe und Schwimmvermögen einordnen. Die entsprechenden Habitate finden sich bevorzugt in Ufernähe und an Kies-/Steinbänken. Ähnliche Habitattypen werden auch von verschiedenen Kleinfischen bevorzugt. Wesentlich für diese Fische sind neben einer moderaten Fließgeschwindigkeit auch Versteckmöglichkeiten zwischen grobem Substrat oder Ufer- und Gewässerstrukturen (z.B. Totholz aber auch Blockwurf).

Habitatgröße, Habitatgestalt und -verteilung

Die Habitate sollten eine Mindestgröße von ca. 20 m² (LSGÖ 2020) aufweisen, wobei die erforderliche Fläche vor allem vom Nahrungsangebot abhängig ist. Die Jungfische streifen oft in größeren Schwärmen (mehrere Arten gemischt) die Ufer entlang, so dass hier ein durchgehender Streifen mit zumindest mittlerer Habitateignung günstig ist. Eine Nutzung beider Uferbereiche ist vorrangig bei schmalen Seitenarmen zu erwarten, weniger im breiten Mutterbett.

Günstige Habitate sollten an beiden Ufern allenfalls mit lokalen Unterbrechungen vorhanden sein. Die günstigen Habitate sollten untereinander durch Habitate von zumindest mittlerer Eignung verbunden sein.

Abflussabhängigkeit

Das Angebot an Juvenilhabitaten ist in der strukturarmen Iller bei niedrigen Abflüssen am besten ausgeprägt. Bei steigenden Abflüssen geht das Angebot langsam zurück, wobei bessere Bedingungen im Übergang von Stauwurzel zu Staubereich Verluste entlang der verbauten Ufer teilweise ausgleichen können. Hier, wie auch bei den Larvalhabitaten, wird deutlich, wie das Fehlen von Rückzugshabitaten für schwimmschwache Fische die Etablierung eines stabilen Fischbestandes in der Iller verhindert. Bereits bei geringen Abflusserhöhungen fehlen die erforderlichen Habitate, was erwarten lässt, dass bereits bei kleineren Hochwassern erhebliche Verluste an Jungfischen durch Verdriften zu erwarten sind.

Lagebeziehungen

Die Jungfischhabitate sind auf den ufernahen Bereich konzentriert. Geeignete Habitate sollten zumindest im Mutterbett an beiden Ufern zu finden sein. Wesentlich für die Entwicklung des Bestandes ist das Vorkommen des Habitattyps entlang des gesamten Flusslaufs und die Verlagerung der Habitate mit der Wasserlinie im Fall von erhöhten Abflüssen.

förderliche Maßnahmen

- flache Buchten und Seitenarme als dem Habitatyp verwandte Gewässerstrukturen;
- land- und wasserseitig abgeflachte Uferbereiche mit guter Strukturierung zur Anpassung an veränderte Abflüsse;
- ausreichende Strömungsgeschwindigkeit zur Ausbildung von Strömungsgradienten

4.9.4.4 Strukturtyp 3: Überströmte Kiesflächen = Laichhabitat Kieslaicher z.B. Äsche, Barbe

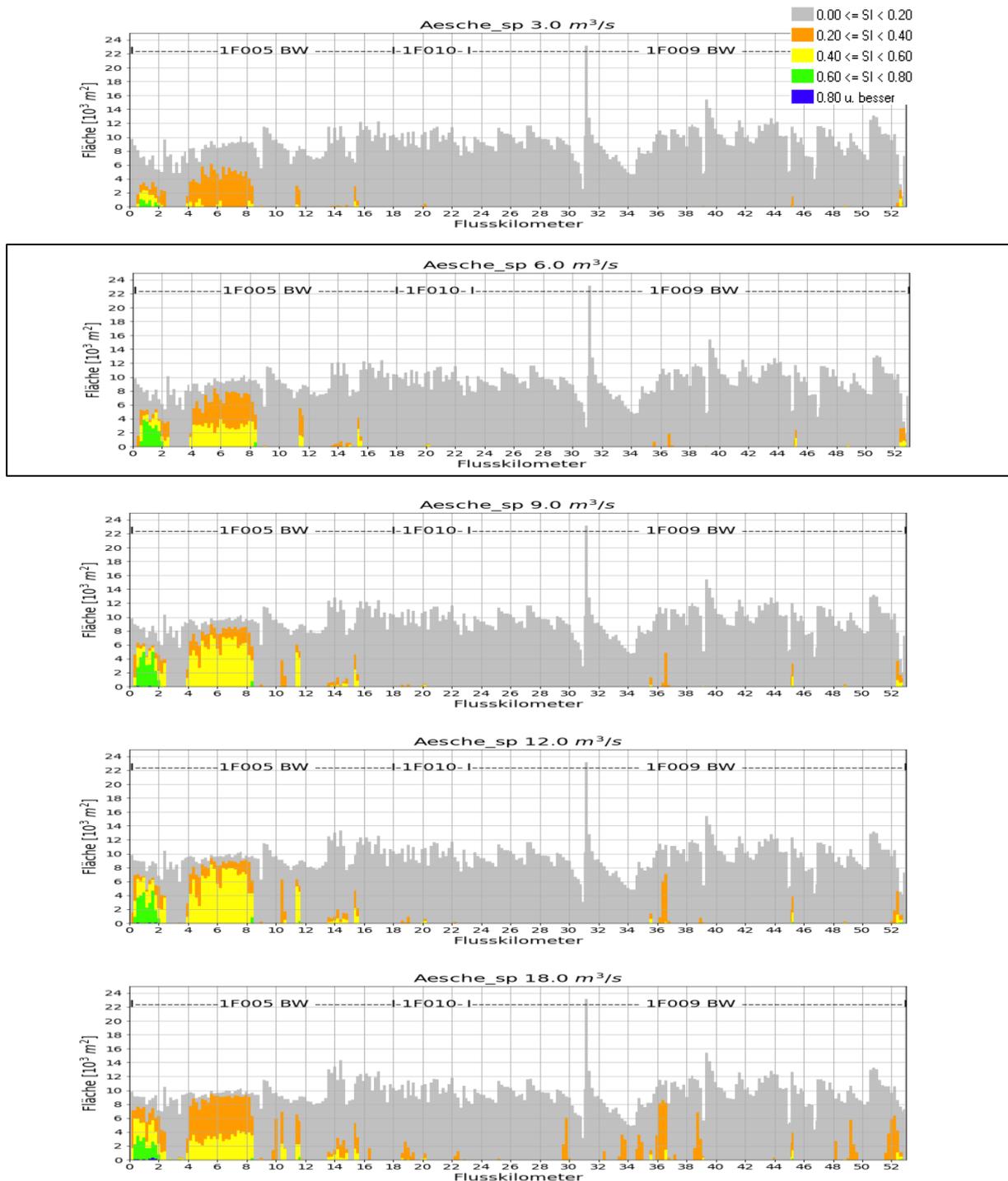


Abbildung 47 Überströmte Kiesflächen bei unterschiedlichen Abflüssen im Istzustand (Längsschnitte über die gesamte Bearbeitungsstrecke), aktueller Abfluss umrahmt
blau: sehr gute; **grün:** gute; **gelb:** nutzbare, **orange:** ungünstige, **grau:** vermiedene Habitate. Überströmten Kiesflächen sind nahezu ausschließlich im untersten Illerabschnitt vertreten. Ihre Fläche und Qualität ändert sich über den gesamten untersuchten Abflussbereich nur wenig. Die besten Eignungen ergaben sich bei Abflüssen von 9 bis 12 m³/s. Insgesamt ist ein eklatanter Mangel an diesem wesentlichen Habitat- und Strukturtyp festzustellen, der auf das weitgehend fehlende Kiessubstrat aber auch auf eine ungünstige Gewässermorphologie zurückzuführen ist.

Habitatcharakteristik

Neben ausreichenden Fließgeschwindigkeiten ist vor allem ein mittel- bis grobkiesiges, lockeres Substrat von zentraler Bedeutung für diesen Habitattyp. Geeignete Habitate finden sich in natürlichen Gewässern vor allem oberhalb bzw. im oberen Bereich von Furten (Rauschen) und entlang von Gleithängen. Die Gewässersohle darf nicht durch Feinsedimente verstopft sein, da diese sowohl die Eientwicklung als auch den Schlupf der Larven behindern.

Dieser Habitattyp dürfte wohl einst einer der häufigeren in der Iller gewesen sein, ist aber heute kaum mehr zu finden.

Habitatgröße, Habitatgestalt und -verteilung

Die erforderliche Habitatgröße ist stark abhängig von der betrachteten Fischart, liegt bei Äschen und Barben bei 20-50 m², bei Bachforellen und kleineren Arten kann auch auf 5 m² bereits abgelicht werden. Die Kiesflächen dienen zudem als Habitate verschiedener bodenorientierter Kleinfische oder als Habitate von Jungfischen. Je nach nutzendem Organismus sind also größere Kiesflächen erforderlich oder es reichen zahlreiche kleinflächige Kieseinlagerungen zwischen groberem Substrat.

Da der Habitattyp nicht nur als Laichhabitat, sondern auch als dauerhafter Lebensraum verschiedener Fische (z.B. Schmerlen, Gründlinge) genutzt wird, sollte er entlang der gesamten Flussstrecke mit allenfalls kurzen Unterbrechungen vorhanden sein. Die Unterbrechungen sollten aber zumindest eine mittlere Habitatqualität aufweisen.

Abflussabhängigkeit

Die Abflussabhängigkeit dieses Habitattyps lässt sich nur im untersten Illerabschnitt verfolgen, da der Habitattyp mangels geeigneten Substrats in den anderen Illerabschnitten fast vollständig fehlt.

Im untersten Flussabschnitt ist das Habitatangebot bei Abflüssen zwischen 5 und 16 m³/s nur wenig verändert, wobei das Optimum im Bereich von 9 - 12 m³/s erreicht wird. Bei hohen Abflüssen werden ufernahe Habitate infolge des harten Uferverbau nicht verlagert, sondern gehen verloren. Die Habitatqualität geht dabei infolge der ansteigenden Strömung aber auch durch die zunehmenden Wassertiefen zurück. Bei zu hohen Abflüssen wird zudem das Substrat aufgrund der fehlenden morphologischen Heterogenität instabil und wird umgelagert oder erodiert.

Lagebeziehungen

Die überströmten Kiesflächen sind als typisches Habitat des Gewässertyps über das ganze Gewässer verteilt zu erwarten. Aufgrund des Geschieberückhaltes in den Stauräumen (bereits oberhalb der Bearbeitungsstrecke) und der starken Erosionswirkung der Hochwasser in dem begradigten und eingeeengten Flussbett ist der Sedimenttyp kaum noch anzutreffen.

förderliche Maßnahmen

- Ohne ein intensives und aufwendiges Geschiebemanagement werden überströmte Kiesflächen in der unteren Iller kaum noch anzutreffen sein.
- Der Habitattyp kann am stabilsten in Seitenarmen mit begrenzten Hochwasserabflüssen etabliert werden, wobei für regelmäßige Umlagerungen und Erneuerungen durch Kieszufuhr gesorgt werden muss.
- Im Mutterbett ist der Habitattyp mit einigem Aufwand an durch instream-Maßnahmen aufgewerteten Gleitufeln oder im Stauwurzelbereich zu etablieren, wobei:
 - stabile Strukturen eine Erosion durch Hochwasser verhindern können;
 - Aufweitungen und Überflutungsmanagement einen schadlosen Hochwasserabfluss ermöglichen sollten;
 - ausreichende Umlagerungen eine Kolmation verhindern sollte;
 - eine regelmäßige Zugabe der betreffenden Substratfraktionen Erosionsverluste ausgleichen muss.

4.9.4.5 Strukturtyp 4: Stark überströmte Kies- und Steinflächen/Furten = Laich-/Refugialhabitat - Nasenlaichplatz

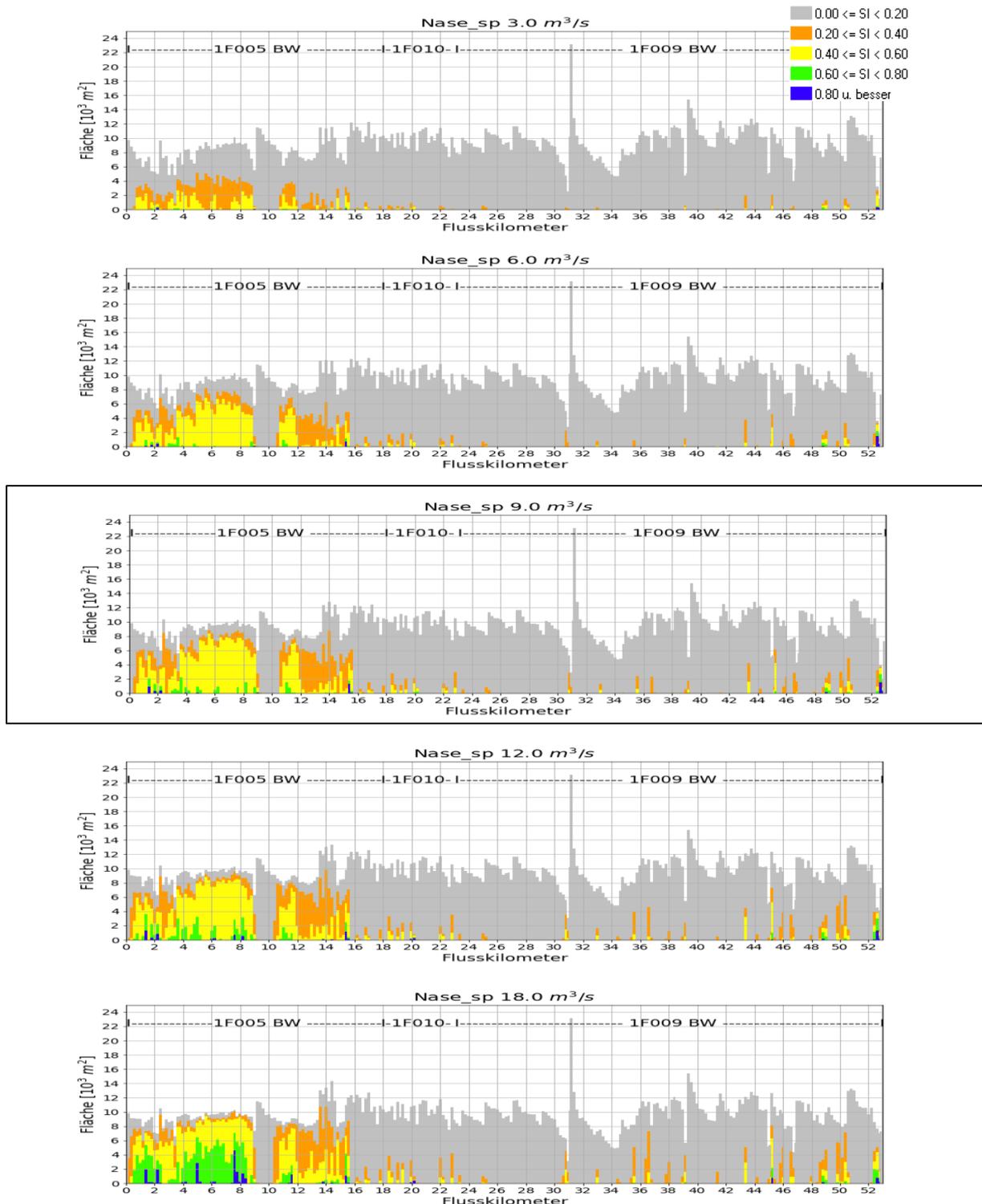


Abbildung 48 Stark überströmte Kies- und Steinflächen/Furten bei unterschiedlichen Abflüssen im Istzustand (Längsschnitt über die gesamte Bearbeitungsstrecke), aktueller Abfluss umrahmt
blau: sehr gute; **grün:** gute; **gelb:** nutzbare, **orange:** ungünstige, **grau:** vermiedene Habitate

Sehr gute und gute Habitate treten in den oberen, rückgestauten Abschnitten nur ganz vereinzelt auf. Diese Habitate liegen in freifließenden kurzen Abschnitten direkt unterhalb von Schwellen. Im unteren, freifließenden Abschnitt unterhalb des Ayer Wehrs ist dieser Habittyp dann häufiger. Die besten Eignungen ergaben sich bei einem Abfluss um 36 m³/s

Habitatcharakteristik

Nasenlaichplätze sind gekennzeichnet durch hohe Fließgeschwindigkeiten, lockeres, steinig-kiesiges Substrat und meist geringe Wassertiefe. Die typischen Nasenlaichplätze befinden sich im Bereich von Furten (Rauschen). In der Nähe der Laichflächen befinden sich ausgedehnte, ruhige, tiefe Ruhebecken. Da die Laichplätze meist Furten (Rauschen) sind, in denen starke, turbulente Strömung immer wieder kleinräumige, ruhige Hinterwasser umfließt, finden sich in diesem Bereich auch rheophile Kleinfische oder Jugendstadien rheophiler Fische, die hier vor der Nachstellung großer piscivorer Arten sicher sind.

Habitatgröße, Habitatgestalt und -verteilung

Typische Nasenlaichplätze haben eine Fläche von mindestens 100 m². Kleinere Flächen können ebenfalls genutzt werden, allerdings ist die Größe des Laichschwarms dann begrenzt. Da Nasen in großen Schwärmen laichen und längere Wanderungen zu ihren Laichplätzen durchführen sind wenige gut ausgestattete und erreichbare Laichareale günstiger zu bewerten als viele kleine. Dabei sollten allerdings mehrere Laichmöglichkeiten vorhanden sein, da ansonsten bei lokalen Problemen ein ganzer Jahrgang ausfallen kann.

Für diesen Habitattyp ist es zulässig, dass er in größeren Abständen isoliert vorkommt, solange die Längsdurchgängigkeit gewährleistet ist. Er kann außerdem als Dauerlebensraum von ähnlichen Habitattypen ersetzt werden.

Abflussabhängigkeit

Das Angebot an guten (potenziellen) Nasenlaichplätzen zeigt eine deutliche Abflussabhängigkeit. In freifließenden Abschnitten mit Vollabfluss kommen zahlreiche Furt (Rauschen-)bereiche als Laichareale in Frage, bei zunehmendem Abfluss kommen neu überströmte Flächen hinzu. In eingestauten Abschnitten verlängert sich mit zunehmendem Abfluss der Stauwurzelbereich, der oftmals ausreichende Fließgeschwindigkeiten aufweist.

Lagebeziehungen

Nasenlaichplätze sollten sich möglichst weit flussauf befinden, wo Wasserstandsschwankungen weniger extrem ausfallen, stabile Substratstrukturen vorherrschen und wo verdriftende Eier und Larven noch innerhalb des Gewässers geeignete Habitate erreichen können. Andererseits sollte bei erschwerter Durchgängigkeit des Gewässers das Erreichen der Laichplätze nicht mit zu hohem Energieaufwand verbunden sein.

förderliche Maßnahmen

- Abflusserhöhungen fluten trockenliegende Furten, können schwach überströmte Furten aufwerten und (bei Sedimentumlagerung) schädliche Feinsedimenteinträge auswaschen;
- Furten in Seitenarmen bieten stabile, weitgehend hochwassersichere Laichareale sofern deren Erreichbarkeit gewährleistet ist und Ruhebereiche in der Nähe vorhanden sind;
- Wehrabsenkungen können Furtstrukturen durch Verlängern der Stauwurzel bzw. durch Strömungsverbesserung als Laichareale nutzbar machen, wobei der Verlust geeigneter Flächen durch eine Absenkung des Wasserspiegels dagegengerechnet werden muss.

4.9.4.6 Strukturtyp 5: Fließrinnen = Adulthabitate Äsche, Hasel, Nase u.v.m.

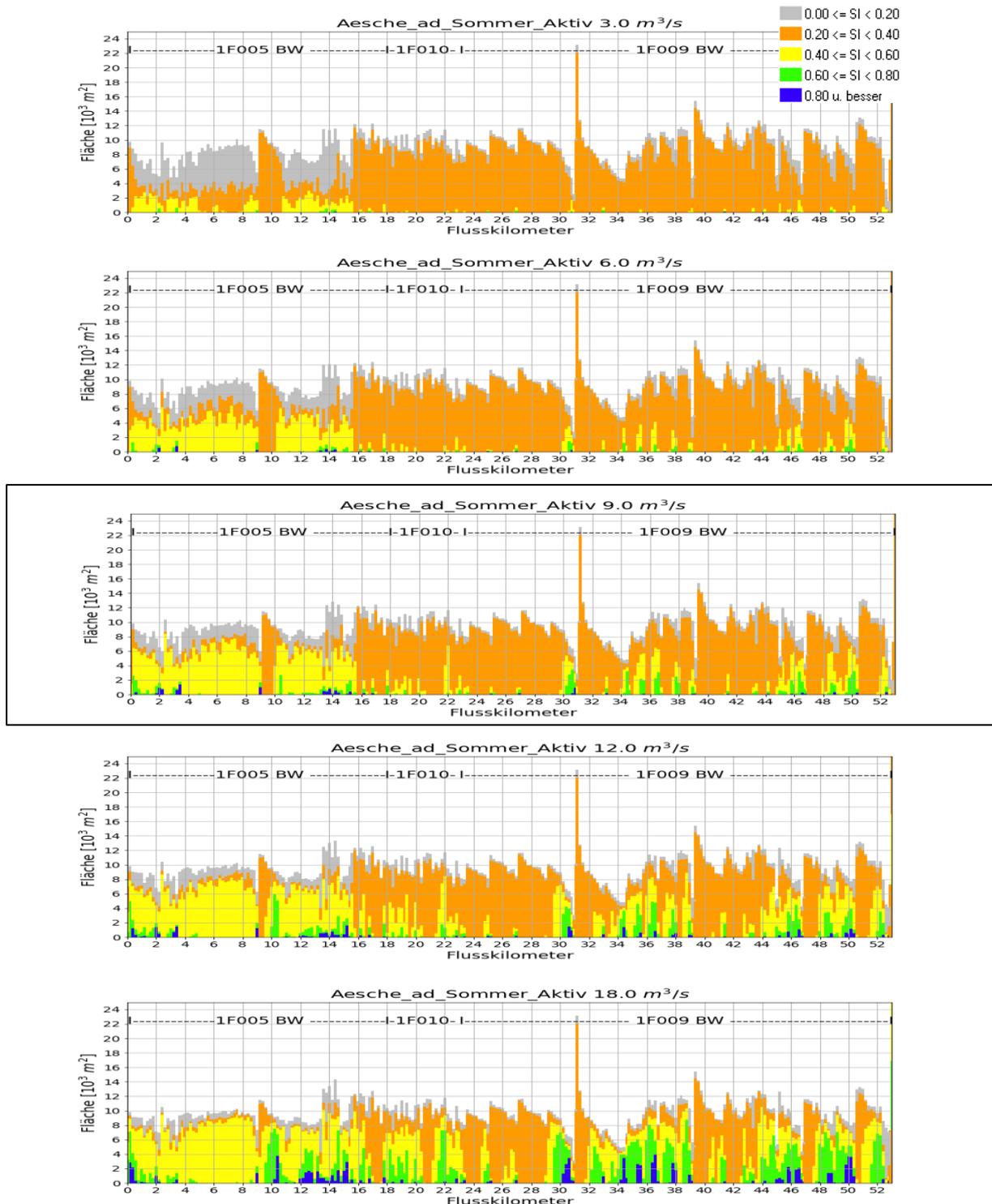


Abbildung 49 Fließrinnen bei unterschiedlichen Abflüssen im Istzustand (Längsschnitte über die gesamte Bearbeitungsstrecke), aktueller Abfluss umrahmt

blau: sehr gute; **grün:** gute; **gelb:** nutzbare, **orange:** ungünstige, **grau:** vermiedene Habitate

Dieser flusstypische Habitatattyp ist erst bei hohen Abflüssen gut ausgeprägt vorhanden. Dieser Habitatattyp wird vor allem an seinen Rändern genutzt, im Übergang von ruhigen Bereichen zu stark strömenden Bereichen. Das umfangreichste Habitatangebot ergab sich bei Abflüssen ab 47 m³/s, wobei einige Gewässerstrecken (vor allem im naturnahen Unterlauf) dann bereits ungünstig hohe Fließgeschwindigkeiten aufweisen.

Habitatcharakteristik

Tiefe Fließrinnen sind der Habitattyp, der einen Fluss von einem Bach unterscheidet. Im Fließgewässertyp 4 sind diese Rinnen meist kurz und verbinden Kolk und Furtbereiche. Sie werden genutzt von Strömungsspezialisten wie Äsche oder Hasel, die aufgrund ihrer Körperform und des Schwimmvermögens auch in der Strömung ohne hohen Energieaufwand einen Standplatz halten können. Da mit der Strömung die Nahrung in Form von Drift (z.T. Oberflächendrift) herangeführt wird, nutzen viele weitere Arten Strömungsbereiche zur Nahrungsaufnahme, während sie ansonsten in benachbarten, ruhigeren Bereichen stehen.

Fließrinnen sind meist sehr einheitlich strukturiert, lateral durch scharfe Gradienten (Tiefe, Strömung) gegenüber Flach- und Uferbereichen abgesetzt und longitudinal durch flache Gradienten mit Kolk und Furtstrukturen verbunden. Die breiten gleichmäßig durchströmten Staubereiche der Iller können nur in ihren Randbereichen als funktionelle Fließrinnen gewertet werden, da nur dort die von den Fischen genutzten Gradienten auftreten.

Als gewässertypischer Habitattyp sollten Fließrinnen entlang des gesamten Flusslaufs ohne große Unterbrechungen vorkommen. Die Unterbrechungen sollten mindestens eine mittlere Qualität aufweisen, vor allem in Hinblick auf ihre Funktion als Driftwege für Fischlarven/-Jungfische und Benthosorganismen.

Abflussabhängigkeit

Fließrinnen mit guter Habitatqualität erfordern Abflüsse, die eine ausreichende Durchströmung bei gleichzeitig ausreichender Wassertiefe gewährleisten. Im Istzustand nimmt das Angebot guter Fließrinnen bis zu einem Abfluss von ca. 50 m³/s beständig zu. Insbesondere in den langen eingestauten Strecken werden erst bei hohen Abflüssen günstige Habitatparameter erreicht.

Lagebeziehungen

Fließrinnen sollten in allen Gewässerabschnitten auf einen Großteil der Gewässerstrecke vorhanden sein. Idealerweise sollten diese Fließrinnen zumindest innerhalb des vorgegebenen Gewässerbettes pendeln, solange sie nicht die für den Gewässertyp charakteristischen Verzweigungen ausbilden können.

förderliche Maßnahmen

- ein ausreichender Abfluss ist Grundvoraussetzung für die Ausbildung von gut ausgebildeten Fließrinnen;
- eine kurvenreiche Linienführung kann die Ausbildung von Fließrinnen fördern;
- Instream-Maßnahmen wie Buhnen, Inseln, Verengungen können durch die Konzentration des Abflusses die Bildung und typische Ausprägung von Fließrinnen fördern und deren Funktion auch bei Niedrigwasserabflüssen zeitweilig sichern.

4.9.4.7 Strukturtyp 6: Ausgedehnte Kolke= Winterstände für Äsche, Barbe, Nase u.v.m.

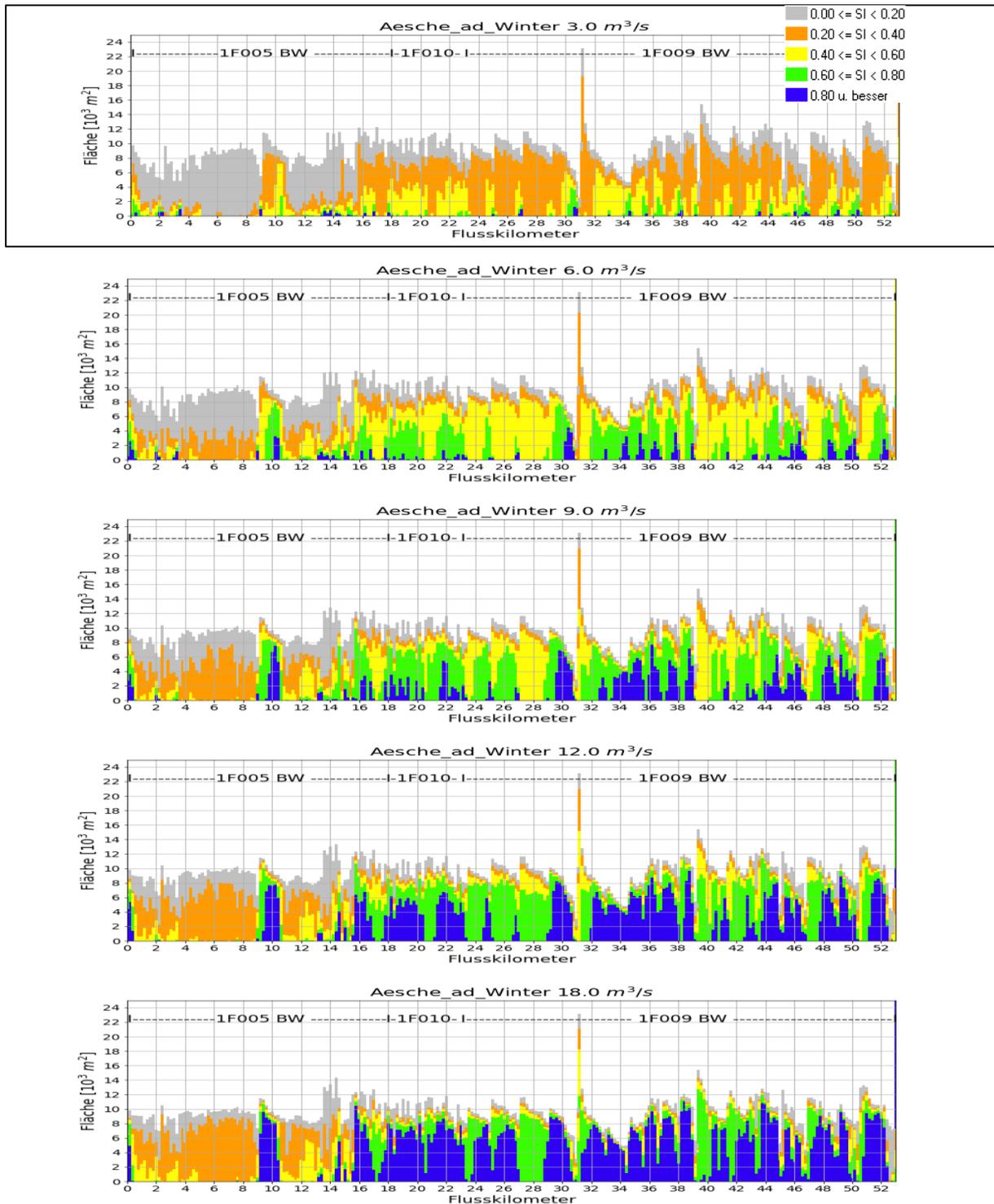


Abbildung 50 Ausgedehnte Kolke bei unterschiedlichen Abflüssen im Istzustand (Längsschnitt über die gesamte Bearbeitungsstrecke), aktueller Abfluss umrahmt
blau: sehr gute; **grün:** gute; **gelb:** nutzbare, **orange:** ungünstige, **grau:** vermiedene Habitate

Dieses Habitattyp ist vor allem in den Übergängen von Stauwurzel zu Staubereich bereits bei niedrigen Abflüssen ausreichend vorhanden. Das sehr hohe Angebot bei höheren Abflüssen entsteht vor allem durch großflächige Bereiche mit entsprechenden Habitatparametern, die aber wohl nicht mehr als "Kolke" bezeichnet werden sollten. Das umfangreichste Habitatangebot ergibt sich bei Abflüssen um 27 m³/s, vor allem in den Staubereich der Wehre.

Habitatcharakteristik

Kolke sind schwach bis mäßig durchströmte tiefe Gewässerbereiche, die sich durch recht deutliche Gradienten vom umgebenden Gewässerkörper absetzen. Kolke bilden sich natürlichweise unterhalb von Furten oder an Prallhängen durch die erosive Wirkung starker Strömung (z.B. bei Extremabflüssen).

Kolkfunktion können auch weniger von der Umgebung abgesetzte Gewässerteile übernehmen, sofern sie durch Sohlstrukturen, Totholz und ähnliches strukturiert sind.

Habitatgröße, Habitatgestalt und -verteilung

Kolke sollten als Wintereinstände je nach Fischart und Populationsgröße mindestens eine Fläche von 6 m² einnehmen (LSGÖ 2020). Tiefe Staubereiche, die noch ausreichend durchströmt sind und keinen Sauerstoffmangel aufweisen können Kolkfunktionen übernehmen vor allem wenn sie durch technische Einbauten oder natürliche Fels- und Blockstrukturen strukturiert sind.

Die Kolke als Winterhabitats sollten vor allem lokal gut ausgeprägt vorhanden sein, können aber weit verteilt vorkommen, da die betreffenden Fischarten auch längere Strecken zurücklegen, um sie aufzusuchen.

Abflussabhängigkeit

Kolkstrukturen finden sich aufgrund ihrer Morphologie bereits bei geringen Abflüssen das Habitatangebot und die Habitatqualität nehmen jedoch mit ansteigendem Abfluss deutlich zu. Bei einem Abfluss von 27 m³/s besitzen die meisten Staubereiche zumindest hinsichtlich Tiefe und Durchströmung gute Kolkqualität, bei dem groben Sohlsubstrat oft auch eine ausreichende Strukturierung. Im freifließenden Illerabschnitt geht das Habitatangebot jedoch schon ab 9 m³/s zurück, wohl aufgrund der erhöhten Fließgeschwindigkeiten, welche durch die auch in diesem Abschnitt fehlende morphologische Heterogenität im Großteil des Gewässerquerschnitts vorhanden sind.

Lagebeziehungen

Die Wintereinstände sind in natürlichen Fließgewässern häufig in den unteren Flussabschnitten konzentriert und können dort funktionell auch durch angebundene tiefe, ruhige Auegewässer ergänzt werden. In der Iller, deren Durchgängigkeit zumindest erschwert ist, sollte jeder durch Wehre oder Schwellen begrenzte Abschnitt mehrere Kolke als Wintereinstände aufweisen.

förderliche Maßnahmen

- ähnliche Maßnahmen wie für die Fließrinnen:
Kolke entstehen bevorzugt direkt im stark erosiven Bereich hinter oder neben stabilen Strukturen (Abstürze, Prallufer mit Wurzelwerk) und gehen bei ausreichendem Abfluss in Fließrinnen über

4.9.4.8 Hochwasserrefugien

Hochwasserrefugien sind strömungsberuhigte Bereiche, in denen sich bei erhöhten bzw. ansteigenden Abflüssen Fische dauerhaft aufhalten können, ohne verdriftet zu werden.

Hochwasserrefugien müssen bei ansteigendem Abfluss auch für schwimmschwache Fische erreichbar sein.

Hochwasserrefugien besitzen ihre Qualität als Refugien oftmals nur in bestimmten Abflussbereichen. Bei ansteigenden Abflüssen sollte ein Refugium zugunsten eines geeigneteren Refugiums verlassen werden können.

Zu den Hochwassereinständen wurden im Status quo keine Daten erhoben. Nach mehreren Begehungen der gesamten Bearbeitungsstrecke war jedoch deutlich, dass Schutzstrukturen im Hochwasserfall nur dort in relevantem Maße vorhanden sind, wo sie gezielt im Rahmen von Flussaufweitungen (z. B. bei Vöhringen) und allenfalls auch bei Aueanbindungen geschaffen wurden. Sehr kleinräumig und lokal finden sich Schutzstrukturen im Bereich technischer Bauwerke an Zuflüssen und Ausleitungen, für einzelne Fische auch an groben Blockschüttungen.

Für Hochwasserrefugien gibt es keine verbindlichen Zielvorgaben hinsichtlich ihrer Flächenanteile. Die erforderliche Positionierung und Form ist stark vom jeweiligen Hochwasserabfluss abhängig. Die natürlichen Hochwasserrefugien im Überschwemmungsbereich bzw. in der Aue erstreckten sich weit über die Grenzen des Flusslaufs hinaus und bleiben heute den Fischen der Iller aufgrund der Nutzung des Umlandes weitgehend verschlossen.

Aufgrund der zahlreichen Restriktionen entlang der Iller und der dringenden Notwendigkeit zur Schaffung von flächigen und flussbegleitenden Hochwasserrefugien sollte diese Thematik in einem eigenen Projekt behandelt werden.

Zum Status quo

Im aktuellen Zustand finden sich in der Iller nahezu keine Hochwasserrefugien für Fische. Durch das eng begrenzte Gewässerbett werden bereits kleine Hochwasser konzentriert abgeführt und große Teile der Jungfischpopulation der betroffenen Illerabschnitte werden dabei ausgeschwemmt.

Es fehlen bereits bei kleineren Hochwassern stabile Schutzstrukturen, die strömungsreduzierte Rückzugsbereiche bieten und die auch für schwimmschwache Fische erreichbar sind. Bei heftigeren Hochwassern können diese Einzelstrukturen kaum dauerhaft Schutz bieten und eine Einbeziehung des Umlandes und der Überschwemmungsflächen als Refugien scheint unumgänglich.

Ohne ausreichende gewässerbegleitende Hochwasserrefugien kann sich auf Dauer kein Fischbestand in der Iller etablieren.

Die Habitatlängsschnitte für den **Planzustand** sind in Kap. 6.5 dargestellt.

4.10 Bewertung: Defizite und Verbesserungsmaßnahmen

Die Bewertung des ökologischen Zustands bzw. des ökologischen Potenzials der drei Flusswasserkörper ergibt sich aus der Bewertung der zwei biologischen Qualitätskomponenten Makrozoobenthos und Fische nach Maßgabe der Wasserrahmenrichtlinie.

Als aktuelle Bewertung ergibt sich für

- **F005_BW:** ökologischer Zustand: **gut** MZB: **gut** Fische: **gut**
- **F010:** ökologisches Potenzial: **mäßig** MZB: **mäßig** Fische: **mäßig**
- **F009_BW** ökologisches Potenzial: **mäßig** MZB: **gut** Fische: **mäßig**

Da ein zumindest guter ökologischer Zustand bzw. ein gutes ökologisches Potenzial angestrebt wird, sind für die Wasserkörper 1_F010 und 1F009_BW Defizite festzustellen. Diese beruhen in beiden Fällen auf defizitären Fischbeständen, im Fall des 1_F010 auch auf einer defizitären Makrozoobenthosbesiedlung.

Im Folgenden werden diese biozönotischen Defizite zurückgeführt auf Defizite im Vorkommen der bearbeiteten Habitat-/Strukturtypen. Diese Habitatdefizite werden für jeden der Flusswasserkörper aufgeführt und hinsichtlich ihrer ökologischen Bedeutung bewertet.

4.10.1 FWK 1F005_BW

1. flache, strömungsarme Uferbereiche

Larvalhabitate z.B. Äsche larval

Flache, strömungsarme Uferbereiche sind vor allem in den untersten Bereichen des Flusswasserkörpers vorhanden, ansonsten nur sehr spärlich. Mit zunehmendem Abfluss nimmt das Habitatangebot, infolge des Anstiegs der Strömungsgeschwindigkeit deutlich ab. Hinsichtlich der Larvalhabitate besteht ein **deutliches Defizit**.

2. flach abfallende, angeströmte Hänge

Juvenilhabitate z.B. Nase juvenil

Flach abfallende, angeströmte Hänge sind bei sehr niedrigen Abflüssen im ganzen Flusswasserkörper ausreichend vorhanden. Das Habitatangebot geht jedoch mit zunehmendem Abfluss sehr deutlich zurück, bereits bei einem Abfluss zwischen 6 und 8 m³/s ist ein **leichtes Defizit** hinsichtlich dieses Habitattyps zu erkennen.

3. überströmte Kiesflächen

Kieslaichhabitate z.B. Laichhabitat Äsche

Mäßig überströmte Kiesflächen sind bereits bei geringem Abfluss (3 m³/s) in begrenztem Ausmaß zu finden. Das zugehörige Substrat ist vorhanden, die Fließgeschwindigkeit noch gering. Mit zunehmendem Abfluss und zunehmender Fließgeschwindigkeit wird das Angebot umfangreicher und erreicht zwischen 8 und 12 m³/s ein Maximum. Bei weiter zunehmendem Abfluss werden zwar zusätzlich Kiesareale überflutet, die Eignung nimmt in vielen Bereichen infolge zu starker Strömung wieder ab, so dass das Habitatangebot sogar wieder leicht abnimmt. Das Habitatangebot weist insgesamt ein **leichtes Defizit** auf.

4. stark überströmte Kies-/Steinflächen/Furten

Laich-/Refugialhabitat z.B. Laichhabitat Nase

Stark überströmte Furten finden sich bei sehr geringem Abfluss (3 m³/s) nur wenige und in sehr kleinflächiger Ausprägung. Das Habitatangebot wird mit zunehmendem Abfluss schnell besser. Bereits bei ca. 9 m³/s kann es als ausreichend angesehen werden, nimmt aber bis etwa 36 m³/s noch beträchtlich zu. Da dieser Habitattyp nicht flächendeckend vorhanden sein muss, kann das aktuelle Angebot im untersten Iller-FWK als **ausreichend** angesehen werden.

5. gut durchströmte Fließrinnen

Adulthabitate z.B. Äsche adult

Gut durchströmte Fließrinnen sind bei geringen Abflüssen nur in geringem Ausmaß vorhanden. Das Habitatangebot nimmt mit zunehmendem Abfluss deutlich zu. Bereits bei ca. 12 m³/s kann es fast als ausreichend angesehen werden, nimmt aber bis etwa 47 m³/s noch beträchtlich zu. Dieser gewässertypische Habitattyp sollte entlang des gesamten Flusslaufes gut vertreten sein, daher kann das aktuelle Angebot im untersten Iller-FWK nur als **nahezu ausreichend** gewertet werden.

6. ausgedehnte Kolke

Wintereinstand z.B. Nase adult

Ausgedehnte Kolke (z.B. als Wintereinstände) sind bereits bei sehr geringen Abflüssen vorhanden. Das Habitatangebot nimmt bis zu einem Abfluss von ca. 9 m³/s zu und bleibt dann sehr konstant, da die Zunahme des Habitattyps durch größere Wassertiefen durch den Rückgang aufgrund zu hoher Fließgeschwindigkeiten ausgeglichen wird. Große Kolke sind als **ausreichend** vorhanden zu bewerten, auch wenn sie bei geringen Abflüssen nur lokal und in größeren Abständen vorkommen.

7. Hochwasserrefugien

Hochwasserrefugien finden sich nur kleinräumig im Bereich technischer Bauwerke, an Zuflüssen oder Ausleitungen. In Auebereichen, die bei Hochwasser überflutet werden, ist unklar, wieweit die Fallenwirkung von Senken bei rückgehendem Abfluss berücksichtigt ist.

4.10.2 FWK 1_F010

1. flache, strömungsarme Uferbereiche

Larvalhabitate z.B. Äsche larval

Flache, strömungsarme Uferbereiche sind nur sehr lokal vorhanden und das Angebot geht bei zunehmendem Abfluss deutlich zurück. Der harte Verbau der meist steilen Ufer führt zu einem **deutlichen Defizit** bei dieser Habitatstruktur.

2. flach abfallende, angeströmte Hänge

Juvenilhabitate z.B. Nase juvenil

Flach abfallende, angeströmte Hänge sind nur bei geringsten Abflüssen vereinzelt vorhanden und das spärliche Angebot geht mit zunehmendem Abfluss sehr schnell zurück. Der harte Verbau der meist steilen Ufer führt zu einem **deutlichen Defizit** bei dieser Habitatstruktur.

3. überströmte Kiesflächen

Kieslaichhabitate z.B. Laichhabitat Äsche

Überströmte Kiesflächen, die als Kieslaichareale in Frage kämen fehlen – unabhängig vom jeweiligen Abfluss - völlig. Dies liegt in erster Linie an dem fehlenden Kiessubstrat. Bei geringen Abflüssen würden eventuell eingebrachte Kiessubstrate schnell kolmatieren, bei Hochwasser erodieren. Das Angebot an überströmten Kiesflächen weist ein **eklatantes Defizit** auf.

4. stark überströmte Kies-/Steinflächen/Furten

Laich-/Refugialhabitat z.B. Laichhabitat Nase

Stark überströmte Furten fehlen in diesem Flusswasserkörper fast völlig. Einerseits fehlen auch noch bei mittleren Abflüssen die erforderlichen Fließgeschwindigkeiten, zum anderen ist die Substratzusammensetzung und die Gerinnemorphologie so ungünstig, dass selbst bei hohen Abflüssen kaum zusätzliche geeignete Flächen entstehen. Das Angebot an stark überströmte Furten weist ein **eklatantes Defizit** auf.

5. gut durchströmte Fließrinnen

Adulthabitate z.B. Äsche adult

Gut durchströmte Fließrinnen sind bei Abflüssen bis 12 m³/s fast nicht vorhanden. Das Habitatangebot nimmt dann mit zunehmendem Abfluss leicht zu. Bei ca. 18 m³/s muss es jedoch immer noch als im **deutlichen Defizit** gewertet werden. Die möglichen Verbesserungen durch erhöhte Abflüsse werden durch die Stauwirkung und die eintönige Gewässermorphologie stark begrenzt.

6. ausgedehnte Kolke

Wintereinstand z.B. Nase adult

Ausgedehnte Kolke sind bereits bei sehr geringen Abflüssen recht häufig vorhanden. Das Habitatangebot nimmt bis zu einem Abfluss von ca. 9 m³/s zu und bleibt dann sehr konstant. Der Zuwachs des Habitattyps bei zunehmenden Abflüssen beruht meist auf flächiger Zunahme der tiefen, schwach durchströmten Staubereiche, die zwar nicht der exakten Kolkcharakteristik entsprechen, bei ausreichender Strukturierung jedoch funktionell als Kolke genutzt werden können. Große Kolke sind in FWK 1_F010 bei allen Abflüssen **ausreichend** vorhanden.

7. Hochwasserrefugien

Hochwasserrefugien finden sich nur kleinräumig im Bereich technischer Bauwerke, an Zuflüssen oder Ausleitungen.

4.10.3 FWK 1F009_BW

1. flache, strömungsarme Uferbereiche

Larvalhabitate z.B. Äsche larval

Flache, strömungsarme Uferbereiche sind nur sehr lokal vorhanden und das Angebot geht bei zunehmendem Abfluss deutlich zurück. Der harte Verbau der meist steilen Ufer führt zu einem **deutlichen Defizit** bei dieser Habitatstruktur.

2. flach abfallende, angeströmte Hänge

Juvenilhabitate z.B. Nase juvenil

Flach abfallende, angeströmte Hänge sind nur bei geringsten Abflüssen vereinzelt vorhanden und das spärliche Angebot geht mit zunehmendem Abfluss sehr schnell zurück. Der harte Verbau der meist steilen Ufer führt zu einem **deutlichen Defizit** bei dieser Habitatstruktur.

3. überströmte Kiesflächen

Kieslaichhabitate z.B. Laichhabitat Äsche

Überströmte Kiesflächen, die als Kieslaichareale in Frage kämen, fehlen – unabhängig vom jeweiligen Abfluss - nahezu völlig. Dies liegt in erster Linie an dem fehlenden Kiessubstrat. Bei geringen Abflüssen würden eventuell eingebrachte Kiessubstrate schnell kolmatieren, bei Hochwasser erodieren. Das Angebot an überströmten Kiesflächen weist ein **eklatantes Defizit** auf

4. stark überströmte Kies-/Steinflächen/Furten

Laich-/Refugialhabitat z.B. Laichhabitat Nase

Stark überströmte Furten fehlen in diesem Flusswasserkörper weitgehend. Die erforderlichen Fließgeschwindigkeiten sind bei mittlerem Abfluss vor allem in den Stauwurzelbereichen zu finden, die Gerinnemorphologie ist jedoch so ungünstig, dass selbst bei hohen Abflüssen nur wenig zusätzliche geeignete Flächen entstehen. Das Angebot an stark überströmte Furten weist selbst bei Abflüssen von $18 \text{ m}^3/\text{s}$ noch ein **deutliches Defizit** auf.

5. gut durchströmte Fließrinnen

Adulthabitate z.B. Äsche adult

Gut durchströmte Fließrinnen sind bei Abflüssen bis $9 \text{ m}^3/\text{s}$ fast nicht vorhanden. Das Habitatangebot nimmt dann mit zunehmendem Abfluss leicht zu. Bei ca. $18 \text{ m}^3/\text{s}$ muss es jedoch immer noch als im **deutlichen Defizit** gewertet werden. Die möglichen Verbesserungen durch erhöhte Abflüsse werden durch die Stauwirkung und die eintönige Gewässermorphologie stark begrenzt.

6. ausgedehnte Kolke

Wintereinstand z.B. Nase adult

Ausgedehnte Kolke sind bereits bei sehr geringen Abflüssen recht häufig vorhanden. Das Habitatangebot nimmt bis zu einem Abfluss von ca. $12 \text{ m}^3/\text{s}$ zu und bleibt dann sehr konstant. Der Zuwachs des Habitattyps bei zunehmenden Abflüssen beruht meist auf flächiger Zunahme der tiefen, schwach durchströmten Staubereiche, die zwar nicht der exakten Kolkcharakteristik entsprechen, bei ausreichender Strukturierung jedoch funktionell als Kolke genutzt werden können. Große Kolke sind in FWK 1_F010 bei allen Abflüssen **ausreichend** vorhanden.

7. Hochwasserrefugien

Hochwasserrefugien finden sich nur kleinräumig im Bereich technischer Bauwerke, an Zuflüssen oder Ausleitungen.

4.10.4 Erreichbarkeit, Durchgängigkeit und Fließgeschwindigkeit

Bei der Initiierung oder Erstellung neuer Habitate durch wasserbauliche Maßnahmen muss die Erreichbarkeit dieser Habitate für die Zielarten gegeben sein. Hierzu ist neben der relativen Lage spezieller Habitate (z.B. Larvalhabitate flussab der Laichhabitate) eine ausreichende Durchgängigkeit des Gewässers für die Zielarten von besonderer Bedeutung.

Diese Durchgängigkeit erfordert neben einer der Fischgröße angemessenen Wassertiefe (überwiegend 2,5-fache Körperhöhe) auch eine von Fischart und Fischgröße abhängige Mindestfließgeschwindigkeit (rheoaktive Geschwindigkeit), die eine Orientierung der Fische im Wasserkörper ermöglicht (Pavlov, 1989; Blake & Chan, 2010; DWA 2014; Seifert, 2016). Insbesondere für Fischarten, die längere Wanderungen durchführen, wie Barbe, Nase oder Äsche sollte daher über die gesamte Untere Iller ein durchgehender Wanderkorridor mit Fließgeschwindigkeiten von mindestens 20 cm/s vorhanden sein. Bei Berücksichtigung des Huchens ist eine rheoaktive Geschwindigkeit von mindestens 30 cm/s anzusetzen.

Diese rheoaktiven Fließgeschwindigkeiten sollten bei einem Fluss von der Größe der Iller zumindest die Hälfte der Gewässerbreite ausmachen, vor allem aber in einem durchgehenden Wanderkorridor vorhanden sein.

4.10.5 Zusammenfassung der Defizite in der FWK

Tabelle 11 gibt einen zusammenfassenden Überblick über Defizite der Habitat-/Strukturtypen in den FWK und mögliche Gegenmaßnahmen.

Tabelle 12 Flächenangebot und Maßnahmentypen für die wichtigsten Habitattypen im Istzustand

Strukturtyp	1 flache, strömungsarme Uferbereiche	2 flach abfallende, angeströmte Hänge	3 überströmte Kiesflächen	4 stark überströmte Kies-Steinflächen/Furten	5 Fließrinnen	6 ausgedehnte Kolke
Habitattyp	Larvalhabitate	Juvenilhabitate	Kieslaicher	Laichhabitat Nase, Juvenilhabitat	Adulthabitate	Wintereinstand
betroffene Fischarten	Äsche, Nase, Trüsche	Barbe, Nase, Äsche u.v.m.	Äsche, Barbe, Schneider u.v.m.	Nase, Hasel, Huchen, Groppe	Barbe, Äsche, Hasel, Nase	Barbe, Nase, Hasel, Äsche, Huchen
FWK F005_BW	deutliches Defizit	leichtes Defizit	leichtes Defizit	ausreichend	nahezu ausreichend	ausreichend
fehlende Strukturen / Merkmale	<ul style="list-style-type: none"> • langgestreckte Flachufer • flache Buchten • Auenanbindung • Verlagerung mit Wasserstand 	<ul style="list-style-type: none"> • lange Flachufer • flache Buchten • flache Gradienten 	<ul style="list-style-type: none"> • Strömung 		<ul style="list-style-type: none"> • ausgeprägte Gradienten 	
Maßnahmentyp	Aufweitung, Flachufer	Aufweitung, Flachufer, Strukturierung	Strukturierung		Strukturierung	
Maßnahmenort	Mutterbett; Auen	Mutterbett, Seitenarm; Aue	Mutterbett		Mutterbett	
FWK F010	deutliches Defizit	deutliches Defizit	eklatantes Defizit	eklatantes Defizit	deutliches Defizit	ausreichend
fehlende Strukturen / Merkmale	<ul style="list-style-type: none"> • langgestreckte Flachufer • flache Buchten • Auenanbindung • Verlagerung mit Wasserstand 	<ul style="list-style-type: none"> • lange Flachufer • flache Buchten • flache Gradienten 	<ul style="list-style-type: none"> • Strömung • lockeres Grobsubstrat, ohne Kolmatierung 	<ul style="list-style-type: none"> • Strömung • Gewässerstruktur 	<ul style="list-style-type: none"> • Strömung • ausgeprägte Gradienten • Gewässerstruktur 	
Maßnahmentyp	Aufweitung, Flachufer	Aufweitung, Flachufer, Strukturierung	Strömungsverbesserung, Abflusserhöhung, Wehrabsenkung, Strukturierung; Geschiebemanagement	Strömungsverbesserung, Abflusserhöhung, Wehrabsenkung, Strukturierung	Strömungsverbesserung, Abflusserhöhung, Wehrabsenkung, Strukturierung	
Maßnahmenort	Seitenarm; Mutterbett	Seitenarm; Mutterbett	Seitenarm; Mutterbett	Mutterbett ; Seitenarm	Mutterbett ; Seitenarm	
FWK F009_BW	deutliches Defizit	deutliches Defizit	eklatantes Defizit	deutliches Defizit	deutliches Defizit	ausreichend
fehlende Strukturen / Merkmale	<ul style="list-style-type: none"> • langgestreckte Flachufer • flache Buchten • Auenanbindung • Verlagerung mit Wasserstand 	<ul style="list-style-type: none"> • lange Flachufer • flache Buchten • flache Gradienten 	<ul style="list-style-type: none"> • Strömung • lockeres Grobsubstrat, ohne Kolmatierung 	<ul style="list-style-type: none"> • Strömung • Gewässerstruktur 	<ul style="list-style-type: none"> • Strömung • ausgeprägte Gradienten • Gewässerstruktur 	
Maßnahmentyp	Aufweitung, Flachufer	Aufweitung, Flachufer, Strukturierung	Strömungsverbesserung, Abflusserhöhung, Wehrabsenkung, Strukturierung; Geschiebemanagement	Strömungsverbesserung, Abflusserhöhung, Wehrabsenkung, Strukturierung	Strömungsverbesserung, Abflusserhöhung, Wehrabsenkung, Strukturierung	
Maßnahmenort	Seitenarm; Mutterbett	Seitenarm; Mutterbett	Seitenarm; Mutterbett	Mutterbett ; Seitenarm	Mutterbett ; Seitenarm	
Anmerkungen 1	Abflüsse über 12 m³/s kritisch				ab 18 m³/s Verbesserung	
Anmerkungen 2	über den gesamten Bearbeitungsraum fehlen Hochwasserrefugien für Fische jeder Größenklasse					

4.10.6 Wichtigste Maßnahmenelemente

Der hydromorphologische und ökologische Zustand der Iller ist durch Einengung und Begradigung des Laufes, ausgedehnte und zahlreiche Ufer- und Querverbauungen, Wasserausleitungen und Geschieberückhalt sehr stark gestört.

Aufgrund verschiedener Nutzungen – Hochwasserschutz (Siedlung & Landwirtschaft), Energiegewinnung, Grundwassernutzung - bestehen hinsichtlich der Wiederherstellung eines guten ökologischen Zustandes beträchtliche Restriktionen. Eine wesentliche Restriktion besteht in der Abtrennung der Aue, die inzwischen weitgehend besiedelt ist oder landwirtschaftlich genutzt wird. Durch die Begrenzung möglicher Maßnahmen auf einen schmalen Geländekorridor ist die Entwicklung eines naturnahen Flusslaufes nicht möglich und die Erosion durch Hochwasser wird zu einem permanenten Problem.

Aufgrund energiewirtschaftlicher Nutzung und zum Schutz der Grundwasservorräte bleibt selbst die Möglichkeit, bestehende Querbauwerke abzusenken, sehr eng begrenzt. Hierdurch werden Maßnahmen, den geringen Restwasserabfluss, zumindest durch bessere Gefälleausnutzung, ökologisch zu optimieren, bedeutend eingeschränkt, wenn nicht ausgeschlossen.

Im Folgenden wird ein kurzer Überblick gegeben welche ökologisch besonders wirksamen Faktoren unter den gegebenen Restriktionen bei hydromorphologischen Verbesserungsmaßnahmen berücksichtigt und genutzt werden können, aber auch, welche weiterhin die größten Probleme verursachen:

Fließgeschwindigkeit

Zu den wichtigsten Maßnahmen zählen solche, die die Fließgeschwindigkeiten erhöhen, denn nur dann kann eine Strömungsdifferenzierung stattfinden und es können die entsprechenden morphologischen Strukturen wirksam werden. Diese Strömungsverbesserung muss in tiefen Bereichen (Fließrinnen, Kap. 4.9.4.6) und in flachen Bereichen (angeströmte Flachufer und Kiesbänke, Kap. 4.9.4.3) stattfinden.

Zum Erzielen höherer Fließgeschwindigkeiten dienen Abflusserhöhungen, Konzentration des Abflusses durch Strukturierungen (Instream Maßnahmen) oder Erhöhung des Gefälles (Wehrabsenkung).

Geschiebehaushalt

Ein wesentliches Defizit in der gesamten Iller ist ihr gestörter Geschiebehaushalt. Er äußert sich u.a. im Fehlen wesentlicher Kornfraktionen (vor allem kiesige Substrate), die, sofern sie eingebracht werden bei Hochwasserabflüssen sehr schnell wieder erodiert und ausgespült werden.

Der Geschiebehaushalt wird gestört durch die Konzentration der Hochwasserabflüsse auf ein schmales Gewässerbett, den Geschieberückhalt bereits im Oberlauf der Iller und fehlende Strukturierung des Gewässerbettes, die zumindest lokale Ansammlungen unterschiedlicher Geschiebefraktionen stabilisieren könnte.

Strukturierung der Uferbereiche

Eine wesentliche defizitäre Struktur, die für Larven und Brütlinge unentbehrlich ist, sind strömungsarme Flachuferbereiche, die sich bei Abflusserhöhungen verschieben, aber nicht verschwinden.

Strömungsarme Flachuferbereiche entstehen durch Anlage von Buchten vor allem aber durch Abflachen der Böschung bei Gerinneaufweitungen. Diese Abflachung muss sowohl den aquatischen als auch den terrestrischen Uferbereich umfassen, damit sich die entsprechenden Habitate bei Wasserstandsänderungen verschieben nicht aber verschwinden.

Strömungsarme Flachuferbereiche müssen entlang beider Ufer auf sehr lange Strecken entstehen, da die Organismen, die auf diese Habitate angewiesen sind, diese meist passiv driftend erreichen müssen.

Im untersten Illerabschnitt 1F005_BW können auch Auebereiche in die Habitatgestaltung einbezogen werden.

Strukturierung des Gewässerbettes

Durch eine Strukturierung des Gewässerbettes können verschiedene ökologisch relevante Parameter, die aktuell defizitär sind, verbessert werden. Die Fließgeschwindigkeit kann lokal erhöht werden und der Rückhalt von defizitären Korngrößenfraktionen kann verbessert werden. Wesentlich – und ein weitgehend ungelöstes Problem - ist dabei die Hochwassersicherheit der geschaffenen Strukturen.

Hochwasserableitung und Hochwasserrefugien

Ein ungelöstes Problem ist die ökologisch verträgliche Ableitung von Hochwasserabflüssen. Die Organismen des Illerbettes sind aufgrund von Ausleitungen und Stauungen über lange Zeiträume stark reduzierten Fließgeschwindigkeiten ausgesetzt. Bei Hochwasserabflüssen wird dann jedoch der gesamte Abfluss, der sich früher über eine viele 100 Meter breite Aue verteilte in einem schmalen begradigten Flussbett abgeleitet, was zu extremen Fließgeschwindigkeiten, Schubkräften und Erosion führt. Sowohl die Organismen aber auch die Gewässersohle und viele Instream-Strukturen sind diesen Abflüssen nicht gewachsen und werden erodiert und ausgeschwemmt. Die Schaffung von einigermaßen hochwassersicheren Strukturen kann fast nur außerhalb des Gewässerbettes in größerem Umfang erfolgen (siehe Ersatzlebensraum).

Eine ökologisch verträgliche Hochwasserableitung erfordert eine Reihe von Zusatzmaßnahmen:

- HW-Einstände im Gewässer, sind bei Umsetzung der Maßnahmen zu optimieren
- Überschwemmungsbereiche (Auen u.a.) sind bereits für kleine Hochwasser vorzusehen und als Rückzugsräume (ohne Fallenwirkung bei Abflussrückgang) zu optimieren
- An den Ausleitungswehren sind die HW-Wellen (Zulauf und Ablauf) zu glätten, Optimierung der HW-Dynamik (WKA-Betreiber, siehe Kap. 7.1.5)

Ersatzlebensräume

Ersatzlebensräume, die nicht innerhalb des Mutterbettes liegen, sollen Habitattypen bereitstellen, die im Mutterbett kaum oder nur zeitweilig zu realisieren sind. Hierzu gehören vor allem Habitats, die kiesige Substrate verlangen, ruhige Flachwasserbereiche oder auch gut durchströmte Rinnen und dabei vor allem einigermaßen hochwassersicher sind. Diese Lebensräume sind in der extrem genutzten Iller vor allem in Seitenarmen des Auebereiches realisierbar.

4.11 Fazit: Istzustand und Defizite

Untersuchungsgebiet (Kap. 4.1)

Der Gesamtzustand der Unteren Iller wird geprägt von zwei großen Wasserausleitungen am Wehr Mooshausen (Fkm 52,925 bis 32,000; EnBW) und am Filzinger Wehr (Fkm 31,000 bis 17,600; UIAG) sowie durch morphologische Vereinheitlichung und Begradigung in Verbindung mit insgesamt 34 Querbauwerken (Wehre, Schwellen, Sohlrampen), die lange Staubereiche verursachen (Kap. 4.1.1).

Die Untere Iller ist in drei Flusswasserkörper (FWK) gegliedert. Der unterste FWK 1_F005_BW (Fkm 0,00 bis 17,600) weist einen „Guten ökologischen Zustand“ auf, die beiden anschließenden FWK, 1_F010 (Fkm 17,600 bis 23,000) und 1_F009_BW (Fkm 23,000 bis 57,000) weisen ein „Mäßiges ökologisches Potential“ auf (Stand 2021) (Kap. 0).

Hydrologie (Kap. 4.3)

Die Hydrologie der Iller ist einerseits durch Schmelzwasserabflüsse aus den Alpen und Voralpen geprägt, andererseits existieren in der Oberen Iller mehrere große Stauhaltungen, welche das Abflussregime beeinflussen (HW-Schutz, Mindestwasservorgaben, Optimierung der Energieerzeugung). Der Abfluss in der Iller steigt nicht proportional zur Einzugsgebietsgröße an, weshalb die Niedrigwassersituation in der Unteren Iller verschärft ist.

Für die Untersuchungsstrecke relevante Pegel sind der Pegel Kempten (Fkm 102,690) und der Pegel Wiblingen (Fkm 2,100). Hydrologische Daten ab dem Wehr Mooshausen (Fkm 52,925), am Beginn der ersten großen Ausleitung, sind erst seit 2020 durch einen zusätzlichen Pegel ausreichend abgesichert. Die Beziehung zwischen den Niedrigwasserabflüssen am Wehr Mooshausen und den Abflüssen am Pegel Kempten wurden aus Messdaten des Jahres 2018 mit einer sehr trockenen Sommerphase abgeschätzt (Kap. 4.3).

Morphologie (Kap. 4.5)

Die Untere Iller war ursprünglich stark verzweigt mit Auebereichen und Gewässerbreiten bis zu 1000 m. Sie ist heute morphologisch deutlich verändert und weist ein beträchtliches Geschiebedefizit auf, welches die aufgrund der Begradigungen ohnehin vorhandene Tendenz zur Eintiefung verstärkt. Der Bedarf an Geschiebematerial für eine längerfristige Sohlstabilisierung wird im Mittel auf rd. 500 bis 1 000 m³ pro km und Jahr geschätzt. Durch die Ausleitungen in die großen Kanäle kommt es allerdings erst ab einem Gesamtabfluss von rd. 200 m³/s oberhalb des Wehrs Mooshausen zu maßgeblichen Transportvorgängen im Illerbett und die Dauer der Transportvorgänge ist von ca. 36 auf 8 Tage pro Jahr reduziert (Verringerung um ca. 80 %). D.h. die für die Gewässerökologie wichtigen kontinuierlichen morphodynamischen Prozesse sind nicht mehr vorhanden.

Grundwasser (Kap. 4.6)

Die Eintiefung der Illersohle um mehrere Meter und die Ausleitung eines großen Abflussanteils in die abgedichteten Kanäle haben deutliche Grundwasserabsenkungen bewirkt, die durch die zahlreichen Schwellen teilweise kompensiert wurden. Die GW-Stände weisen in den letzten Jahren zu einem Großteil eine sinkende Tendenz auf. Die begleitenden Wälder haben ihren typischen Auwaldcharakter verloren durch fehlende Überflutungen aufgrund der gewässerbegleitenden Deiche.

Temperatur und O₂ (Kap. 4.7)

Stationäre Temperaturmessungen und O₂-Messungen über 16 Monate, sowie Stichprobenmessungen an heißen Tagen in 2018 weisen darauf hin, dass bei den derzeitigen Sommerabflüssen zwar keine kritischen Sauerstoffsättigungen erreicht werden. In einzelnen Perioden werden jedoch Wassertemperaturen von 23 bis 24 Grad erreicht, die über dem Grenzwert 23 Grad für Cypriniden-geprägte Gewässer des Rhithrals liegen. Diese hohen Temperaturen treten aber schon oberhalb der Ausleitungsstrecken auf und sind durch Abflusserhöhungen in den Mindestwasserstrecken nur wenig beeinflusst. (Temperaturmessungen im EnBW Kanal sind in Kap. 6.8.1 erläutert.)

Makrozoobenthos (Kap. 4.8)

Die Bewertung anhand der MZB Fauna (Umweltatlas Bayern, 2021) ergibt für die drei FWK hinsichtlich der Saprobie die Stufe „gut“, hinsichtlich der "allgemeinen Degradation" im untersten FWK 1_F005_BW die Stufe "gut". Das Potenzial im mittleren FWK (F010) wird mit "mäßig" und im obersten FWK 1_F009_BW mit "gut" angegeben. Die Habitatbedingungen für das Zoobenthos werden in der vorliegenden Studie über die Habitatsimulationen für die Fischhabitats mit abgedeckt, wobei für das Zoobenthos insgesamt eine größere Diversität der bestimmenden Parameter anzustreben ist.

Habitats (Kap. 4.2, 4.4, 4.9)

Wichtigster Bestandteil der Defizitanalyse für den Istzustand der Unteren Iller sind Habitatuntersuchungen mit dem Modell CASiMiR:

Als Basis hierfür dienten zum einen Kartierungen von Sohlsubstraten und Unterständen (Kap. 4.2.2) und ein hydraulisches Modell vom Mooshausener Wehr bei Fkm 52,925 bis zur Mündung in die Donau (Fkm 0,000) mit drei Teilmodellen. Die hinreichend genaue Abbildung der Habitats durch eine Grobmodellierung mit 200 m Abschnitten für das Gesamtsystem wurde über die Detailmodellierung in 4 Abschnitten und einen Vergleich mit der Grobmodellierung nachgewiesen (Kap. 4.9.3).

Weitergehend wurden für insgesamt 23 Fischarten/-altersstadien Habitatmodellierungen durchgeführt, die nachfolgend auf 6 maßgebende Habitat-/Strukturtypen reduziert wurden (s. Tabelle).

Strukturtyp	Habitattyp
Typ 1: Flache, strömungsarme Uferbereiche	Larvalhabitats z.B. Äsche larval
Typ 2: Flach abfallende, angeströmte Hänge	Jungfischhabitats z.B. Nase juvenil
Typ 3: Überströmte Kiesflächen	Kieslaichhabitats z.B. Laichhabitat Äsche
Typ 4: Stark überströmte Kies-/Steinflächen / Furten	Laich-/Refugialhabitat z.B. Laichhabitat Nase
Typ 5: Fließrinnen	Adulthabitats z.B. Äsche adult
Typ 6: Ausgedehnte Kolke	Wintereinstände z.B. Nase adult

Als Ergebnis der Modellierung liegen die Flächenanteile „vermiedener“, „ungünstiger“, „nutzbarer“ und „guter“ bis „sehr guter“ Habitats (= 5 Eignungsklassen) für diese 6 Typen vor. Die Modellierungen wurden für insgesamt 10 Abflüsse durchgeführt und über Habitat-Längsschnitte (s.a. Fazit „Planzustand und Zielerreichung - Habitatangebot“) visualisiert.

Defizite und Verbesserungsmaßnahmen (Kap. 4.10)

Die Auswertung der Habitat-Längsschnitte und ein Vergleich mit den Zielwerten ermöglicht die Identifizierung der Defizite und führt zu folgenden Aussagen (Kap. 4.10.4):

- Die durch Wasserentnahmen und zahlreiche Querbauwerke beeinflussten FWK 1_F010 und 1_F009_BW weisen für alle Habitat-/Strukturtypen außer Typ 6 deutliche bis starke Defizite auf.
- Der weitgehend freifließende FWK 1_F005_BW der von einer geringeren Abflussreduzierung betroffen ist (der an den UIAG Kanal angeschlossene Iller Kanal entwässert direkt in die Donau), weist für Typ1 ein deutliches Defizit auf, für Typ 2 und Typ 3 leichte Defizite. Die anderen Typen sind in ausreichendem oder nahezu ausreichendem Umfang vorhanden.

Als wichtigste Elemente von Verbesserungsmaßnahmen sind anzusehen:

- Erhöhung der Fließgeschwindigkeiten in tiefen und flachen Zonen
- Einbringung von kiesigen Substraten mittlerer Größe und Schutz vor schneller Austragung
- Strukturierung der Uferbereiche
- Strukturierung des Gewässerbetts
- Schaffung von Ersatzlebensräumen
- Verringerung der Hochwasserbelastung

5 Referenzmaßnahmen und Wirkung

Anhand von drei unterschiedlichen Referenzmaßnahmen wurde untersucht, welche Auswirkungen auf den ökologischen Zustand der Unteren Iller von den 59, im Rahmen des Arbeitsprogramms „Agile Iller“ geplanten Maßnahmen, zu erwarten sind.

An diesen „Referenzmaßnahmen“ wurden beispielhaft Planungen durchgeführt, die mittels Hydraulik, Morphologie- und Habitatmodellierungen iterativ optimiert wurden. Ziel der Planungen war die bestmögliche Kompensation der im Istzustand festgestellten Defizite.

5.1 Auswahl der Zonen für die Referenzmaßnahmen

5.1.1 Auswahlkriterien und Entscheidungshilfen

Um eine Auswahl von Referenzmaßnahmen treffen zu können, erfolgte eine ausführliche Auseinandersetzung mit den einzelnen Maßnahmen des Arbeitsprogramms „Agile Iller“ in Form einer Matrix. Diese Matrix ermöglichte eine Bewertung der Maßnahmen hinsichtlich ihrer Eignung als Referenz. Es wurden im Wesentlichen folgende Kriterien berücksichtigt:

Zuordnung Maßnahmentyp

Aus dem Arbeitsprogramm Iller wurden die Maßnahmenlänge, und beim Maßnahmentyp Seitenarm auch das Gefälle, aus dem hydraulischen Bestandsmodell der jeweiligen Maßnahmenstrecken in die Matrix übernommen bzw. errechnet. Die Maßnahmen wurden einem der fünf Maßnahmentypen „Seitenarm“, „Aufweitung“, „Verbesserung Strömungsverhältnisse“, „Auenentwicklung“ und „Durchgängigkeit“ zugeordnet. Einige Maßnahmen des Arbeitsprogramms sind jedoch nicht eindeutig einem dieser Maßnahmentypen zuzuordnen oder es handelt sich um standortspezifische „Spezialfälle“. Diese wurden entsprechend ausgewiesen.

Überplanbarkeit

Einige der Maßnahmen im Arbeitsprogramm sind bereits in fortgeschritteneren Planungsphasen wie Genehmigungs- oder Ausführungsplanung. Je nach Planungsstand dieser Maßnahme ist eine Anpassung von bestehenden Planungen anhand der Erkenntnisse dieses Gutachtens also mehr oder weniger realistisch (z.B. sind wesentliche Änderungen bei bereits laufenden Planfeststellungsverfahren unrealistisch), daher wurde auch der Aspekt der Überplanbarkeit (möglich/eventuell/nicht möglich) in die Matrix aufgenommen.

Defizite

Für die gewässertypischen Fischarten wurden die fischökologischen Defizite im Bereich der einzelnen Maßnahmen (vgl. Kapitel 4.8) zusammengefasst und in eine sechsstufige Skala gegliedert, dabei weist Klasse 1 ein sehr kleines Defizit aus und die Klasse 6 wesentliche Defizite.

Stempel mit Zusammenführung der maßgeblichen Rahmenbedingungen

Für jede Maßnahme des Arbeitsprogramms wurden die Aspekte Maßnahmentyp, Überplanbarkeit und Defizite in einem Stempel zusammengeführt und so übersichtlich dargestellt. Dies bildete eine wichtige Diskussions- und Entscheidungshilfe für die Abstimmung zwischen den jeweiligen Fachbereichen Morphologie, Biologie und Planung sowie für die Abstimmung mit dem AG.

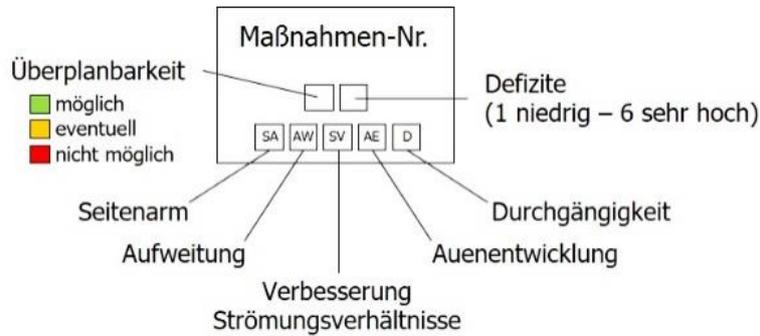


Abbildung 51: Stempel mit Zusammenführung der maßgeblichen Rahmenbedingungen für die Festlegung der Zonen für die Referenzmaßnahmen

5.1.2 Festlegung von drei Referenzmaßnahmen

Anhand der Matrix und den oben vorgestellten Auswahlkriterien wurden alle Maßnahmen des Arbeitsprogrammes entsprechend eingeteilt und bewertet. Es wurden weitere Abschnitte ergänzt, die sich grundsätzlich anhand von Eindrücken i.R. von Vor-Ort-Begehungen des AN für Maßnahmen eignen könnten. In Anlage 9.4 „Maßnahmenbewertung“ ist die Zusammenstellung dieser Maßnahmenbewertungen gegeben.

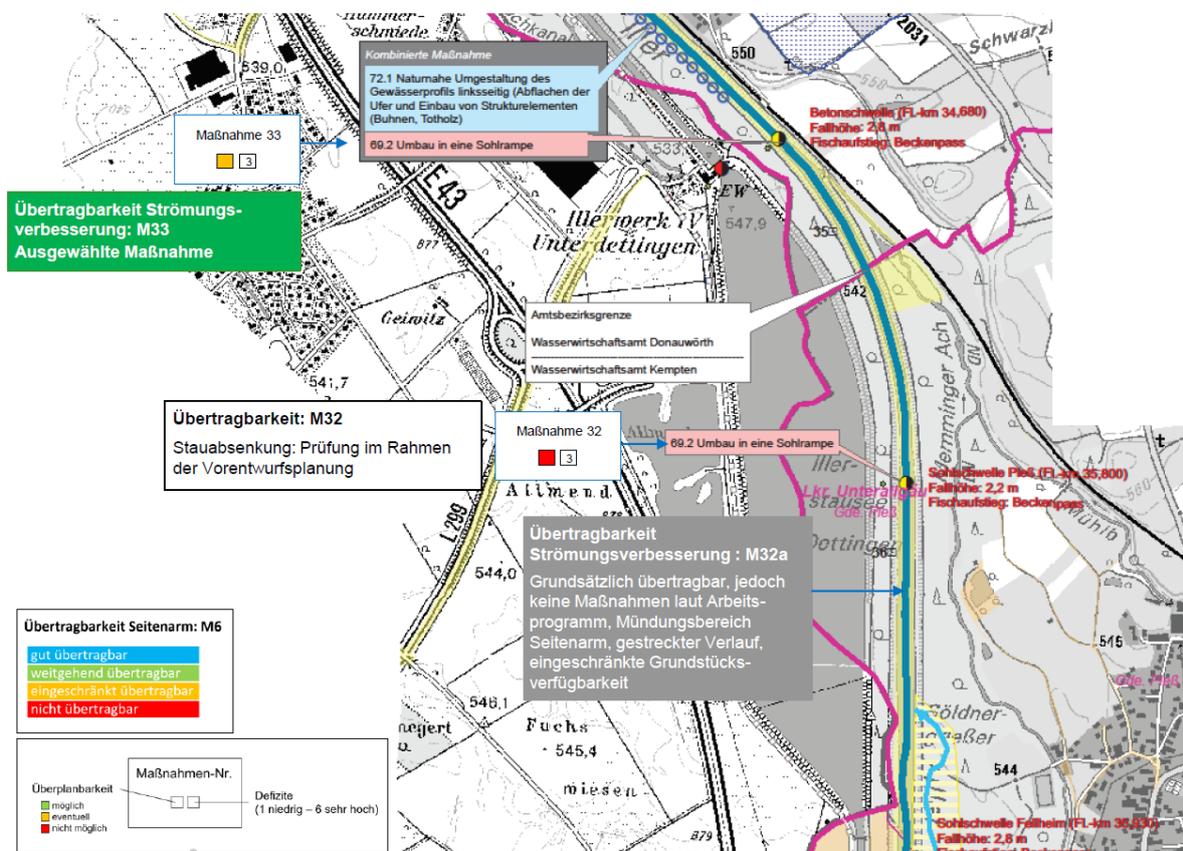


Abbildung 52: Auszug aus der erarbeiteten Maßnahmenbewertung, Beispiel mit Übertragbarkeit

Im Arbeitsprogramm sind einige Maßnahmen zu kombinierten Maßnahmen zusammengefasst. Vor allem die Kombination strömungsverbessernder Maßnahmen mit Aufweigungsmaßnahmen kann die Entwicklung sehr wertvoller gewässerökologischer Abschnitte mit hoher Strukturvielfalt ermöglichen (Beispiel M 19-M22).

Häufig ist bei Revitalisierungsmaßnahmen zwar ein Maßnahmentyp dominant, jedoch wird dieser durch weitere Strukturmaßnahmen begleitet. Beispielsweise wirkt der Einbau von Strukturelementen

lokal verbessernd auf die Strömungsdiversität, der Maßnahmentyp „Strömungsverbesserung“ (wie zwischen AN und AG vereinbart) liegt jedoch nur dann vor, wenn auch eine Stauabsenkung vorgenommen wird. Die Stauabsenkung wird im Arbeitsprogramm „Agile Iller“ wiederum als separate Maßnahme (z.B. „Umbau in eine Sohlrampe“) geführt und lässt sich nicht unbedingt einer Maßnahme zur Strömungsverbesserung im Arbeitsprogramm zuordnen. Eine Stauabsenkung hingegen wirkt sich auf die oberstrom liegende Gewässerstrecke aus, jedoch ist dort nicht immer eine Maßnahme angesiedelt. D.h. eine klare Zuordnung der Maßnahmentypen ist nicht immer möglich.

In Abstimmung mit dem AG wurde vereinbart, die drei Maßnahmentypen „Strömungsverbesserung“, „Seitenarm“ und „Aufweitung“ als Einzelmaßnahmen separat zu behandeln, um die jeweilige Maßnahme in ihrer ökologischen Wirkung fokussiert besser bewerten und in der Folge auf weitere Maßnahmenabschnitte übertragen zu können.

Am 11. April 2019 wurde in einem Besprechungstermin mit Vertretern des RP Tübingen, Referat 53.1, Gewässer I. Ordnung Hochwasserschutz und Gewässerökologie Donau - Iller sowie des ‚Büro am Fluss‘ die endgültige Maßnahmenauswahl abgestimmt. Fokus bei der Auswahl der Maßnahmen wurde dabei gelegt auf:

- eine gute Übertragbarkeit auf andere Maßnahmen gleichen Typs
- eine gute bzw. geringe Flächenverfügbarkeit (Aufweitung bzw. Strömungsverbesserung)
- eine mögliche Überplanbarkeit (Planung noch nicht weitgehend abgeschlossen)

In den folgenden Teilkapiteln werden die ausgewählten drei Maßnahmen kurz vorgestellt.

5.1.2.1 Maßnahmentyp Strömungsverbesserung → Maßnahme 33

Eine Strömungsverbesserung wird durch den Umbau der Betonschwelle an Fl.-km 34,680 und die damit verbundene Absenkung im oberstrom liegenden Gewässerabschnitt erreicht. Die Strecke zwischen Fl.-km 34,680 und der Sohlschwelle Pleiß bei Fl.-km 35,800 wird durch die Stauabsenkung beeinflusst und kann für den Maßnahmentyp „Strömungsverbesserung“ als repräsentativ angesehen werden. Die Maßnahme ist im Arbeitsprogramm nur in Form des Umbaus der Schwelle enthalten, jedoch nicht linienhaft als „strömungsverbessernde Maßnahme“ ausgewiesen.

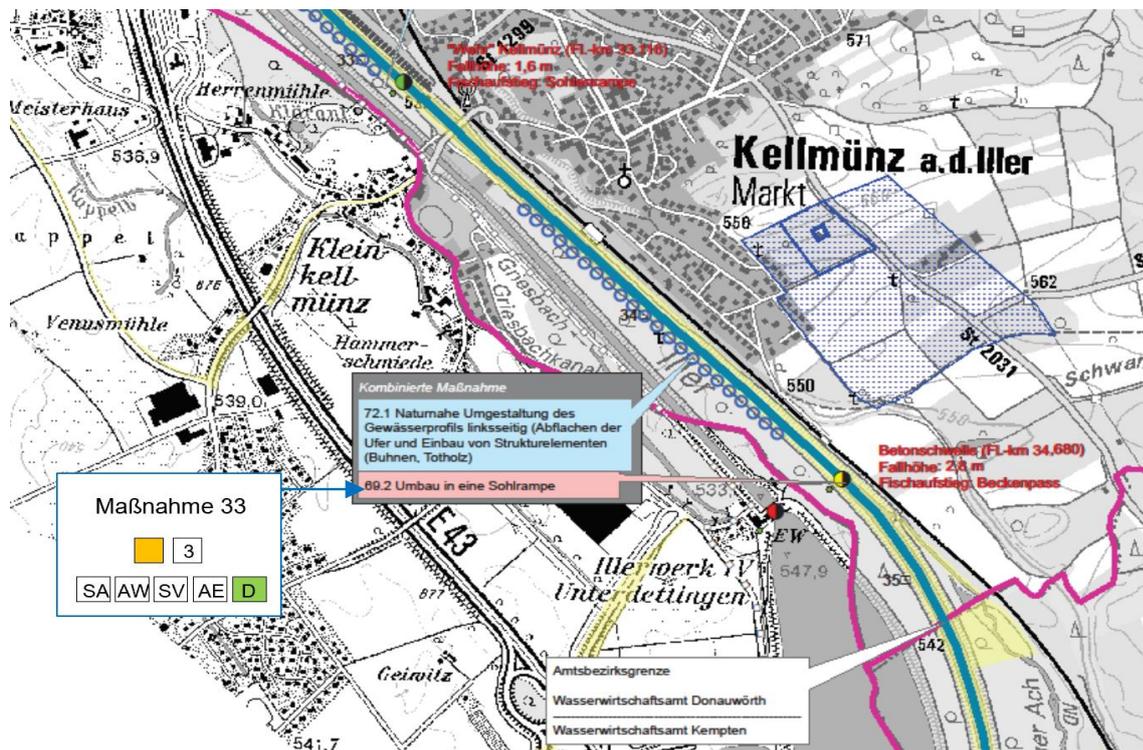


Abbildung 53: Auszug der Maßnahmenbewertung, Beispiel M33 Absenkung mit Übertragbarkeit

5.1.2.2 Maßnahmentyp Seitenarm → Maßnahme 42

Mit Maßnahme 42 wird ein Seitenarm von ca. 3 km Länge geplant, der die beiden Querbauwerke Wehr Oberbalzheim (Fl.-km 27,100; 3,4 m) und Wehr Unterbalzheim (Fl.-km 25,200, Fallhöhe 4,0 m) im rechten Vorland zwischen Illerkanal und Mutterbett umströmen soll. Der Seitenarm ist zusätzlich zu zwei Fischaufstiegsanlagen an den beiden Querbauwerken vorgesehen. Er wird zwar durchwanderbar gestaltet, jedoch liegt der Fokus auf der Schaffung von strömungsorientierten Ersatzhabitaten, die im stark durch Rückstau beeinflussten Mutterbett nur bedingt und punktuell vorhanden sind bzw. geplant werden können.

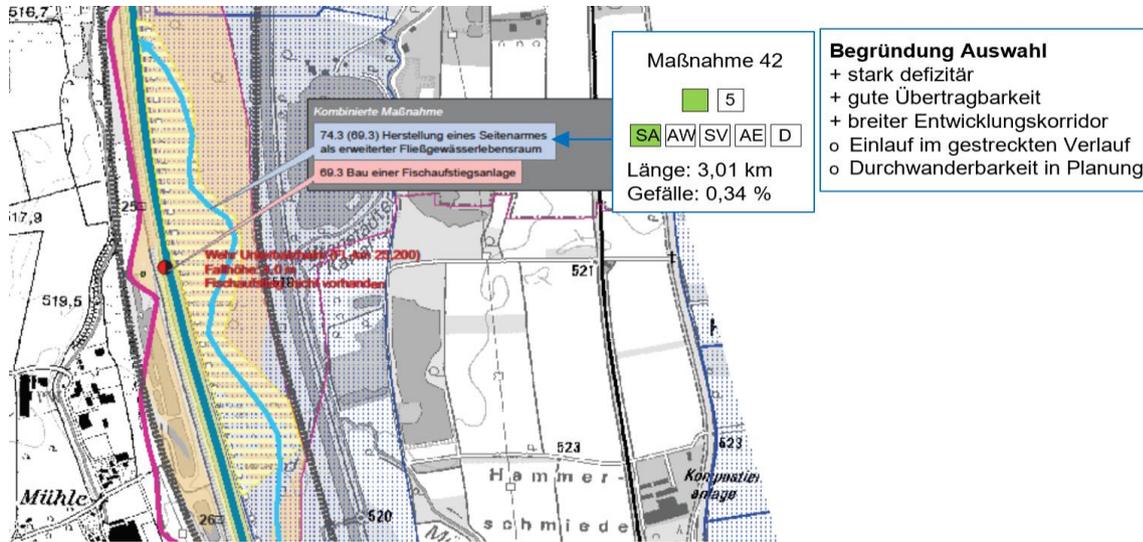


Abbildung 54: Auszug der Maßnahmenbewertung, Beispiel M42 Seitenarm mit Übertragbarkeit

5.1.2.3 Maßnahmentyp Aufweitung → Maßnahme 46 + 47

Die als repräsentativ für den Maßnahmentyp „Aufweitung“ ausgewählte Strecke liegt bei Fkm 21,000 – 22,100 bei Dietenheim. Dort sind im Arbeitsprogramm Iller an beiden Ufern Abschnitte ausgewiesen, an denen durch die Entnahme des Uferverbau und Abflachen der Ufer Aufweitungsmaßnahmen vorgesehen sind. Ergänzend sind dort zwei Altarme an das Mutterbett anzuschließen. Der Abschnitt befindet sich in einer leichten Laufkrümmung, sodass Prall-/Gleithangeffekte berücksichtigt werden.

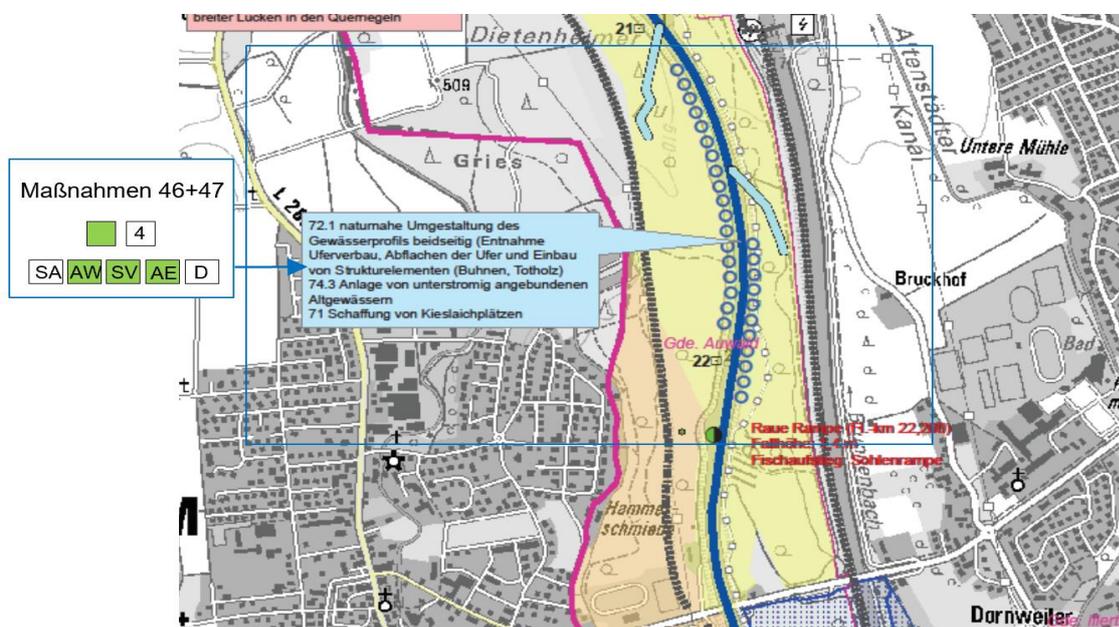


Abbildung 55: Auszug der Maßnahmenbewertung, Beispiel M46 Aufweitung mit Übertragbarkeit

5.2 Beschreibung Einzelstrukturen

Die ausgewählten Referenzmaßnahmen setzen sich aus verschiedenen Einzelstrukturen und Maßnahmenelementen zusammen, die abhängig von den jeweiligen standortspezifischen Randbedingungen und den beabsichtigten Entwicklungszielen auszuwählen sind. Dabei können Einzelmaßnahmen gezielt lokale Habitatstrukturen ausbilden, entscheidend ist jedoch darüber hinaus das Zusammenspiel verschiedener Elemente, deren Anordnung und Dimensionierung. Außerdem ist auf die im Fall der teilweise flutmuldenartigen Iller hohen Belastungen bei Hochwasser zu achten.

Im Anhang 5.2 werden die Bauweisen und Wirkungsweisen der Einzelmaßnahmen/ Einzelstrukturen kurz erläutert. In den nachfolgenden Kapiteln werden dann die in den jeweiligen Referenzmaßnahmen gewählten Bauweisen aufgelistet.

5.2.1 Raubäume und Stummelfaschinen

Am Böschungsfuß werden durch den Einbau von Totholzstämmen, Raubäumen und Wurzelstrünken an der Mittelwasserlinie Fischunterstände geschaffen. Die Totholzstrukturen werden tief und stabil in die Sohle und Uferböschung eingebunden, und dort entsprechend dem anstehenden Bodenmaterial mit Pflöcken, Stahlseilen, Ankersteinen oder Erdankern dauerhaft gesichert, so dass diese nicht bei Hochwasserabflüssen herausgerissen und abgetrieben werden können. Die genaue Befestigung wird im Rahmen der Ausführungsplanung festgelegt und richtet sich nach den Standortverhältnissen. Dazu gehören u.a. Bodenmaterial, Strömungskräfte, Bauwerksdimension und Einbauwinkel, Elastizität der Bauweise (aufschwimmbar!). Totholzstrukturen bieten unverzichtbaren, vielfältigsten Lebens- und Rückzugsraum für Fische und Nahrungsgrundlage für die zahlreichen Destruenten.

Beispiele für Totholzstrukturen:



Abbildung 56: Raubäume an der revitalisierten Donau bei Hundersingen/Binzwanen



Abbildung 57: An der Uferlinie eingebaute Totholzstämmen an der Brenz bei Giengen



Abbildung 58: Der Raubaum als gewässerökologisch wertvolle Totholzstruktur im ruhigen Uferbereich einer Flachwasserzone



Abbildung 59: Große Raubäume in der Emme (CH), Die Bäume wurden an Pfählen stabil verankert und zusätzlich mit Blocksteinen gegen Aufschwimmen beschwert. Deutlich erkennt man die langen Kiesfelder im Strömungsschatten bis zum nächsten Bauwerk.



Abbildung 60: Quer zur Fließrichtung eingebaute Raubäume mit starker Bühnenwirkung und hohen Rückzugspotenzial für Fische, Donau bei Hunderingen/Binzswangen. Zusätzliche Weidensteckhölzer treiben an der Stammbasis aus



Abbildung 61: Sequenz aus 7 großen, mehrstämmigen Raubaumbühnen zur Strukturierung und Lenkung des neuen Donau-Außenbogens bei Hunderingen/Binzswangen



Abbildung 62: Einbau großer Raubaumbühnen, Befestigung mit Pfählen in der Donau bei Hunderingen / Binzwangen

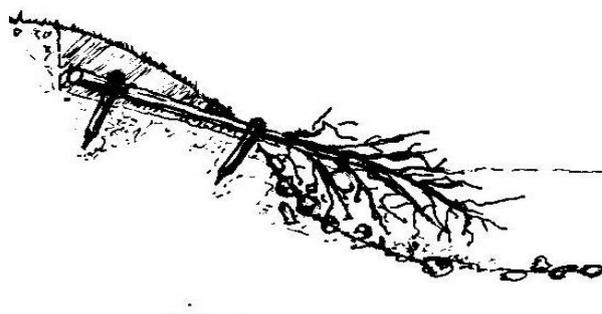
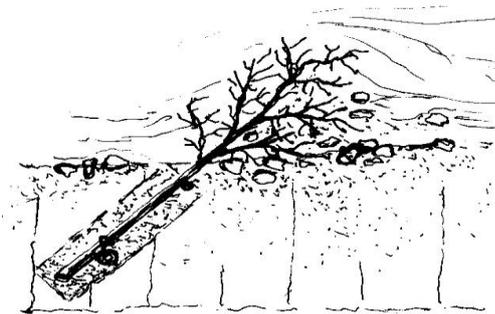


Abbildung 63: Skizze von Einbau- und Befestigung eines Raubaumes im Ufereinschnitt

Totholz ist ein wichtiges Element der Gewässerrenaturierung, es fördert in besonderem Maße die Präsenz und Abundanz von Fischen und Wirbellosen. Zudem stellt es in vielen Flüssen eine absolute Mangelstruktur dar, da es im Zuge der Freihaltung von Engstellen stets entnommen wird. Daher soll eine Vielzahl an unterschiedlichen Totholzstrukturen sowohl unter als auch am und über dem Wasserspiegel eingebracht werden. Sie dienen zum einen durch ihre Rauheit als Initiator eigenständiger Strukturbildung, dank welcher sie Strömungsturbulenzen erzeugen und Geschiebematerial sortiert zur Sedimentation bringen. So sollen durch Förderung des Wechselspieles von Erosion und Sedimentation lokal Kiesstandorte mittlerer Korndurchmesser entstehen, die Laichgrund für Kieslaicher sind. Darüber hinaus entstehen unterschiedlichste Kleinstandorte für die Benthosfauna in der ufernahen Zone, wichtige Flucht- und Rückzugsgebiete für Jungfische, sowie Sitzplätze für

Insekten und Vögel auf den aus dem Wasser ragenden Zweigen. Zum anderen stellen sie abgestorbenes Holz (Totholz) als direkten Lebensraum und Besiedlungskörper zur Verfügung.

Kleinere Stummelfaschinen können als sogenannte Raubäume in das Gewässer ragen, die mit entsprechenden Befestigungsvarianten steil und tief, oder flach und weit in das Wasser hinein reichen. Sie müssen stabil befestigt werden, um ein Abschwemmen bei Hochwasser zu verhindern. Ganze Wurzelstrünke können unter Wasser, an der Uferlinie oder auch in das dahinterliegende Ufer eingegraben werden. Sie bieten ebenfalls vielfältigsten Lebensraum (z.B. Fischunterstände) und Nahrungsgrundlage für die zahlreichen Destruenten. Sie stellen einen unverzichtbaren Lebensraum für Fische und Makrozoobenthos dar.

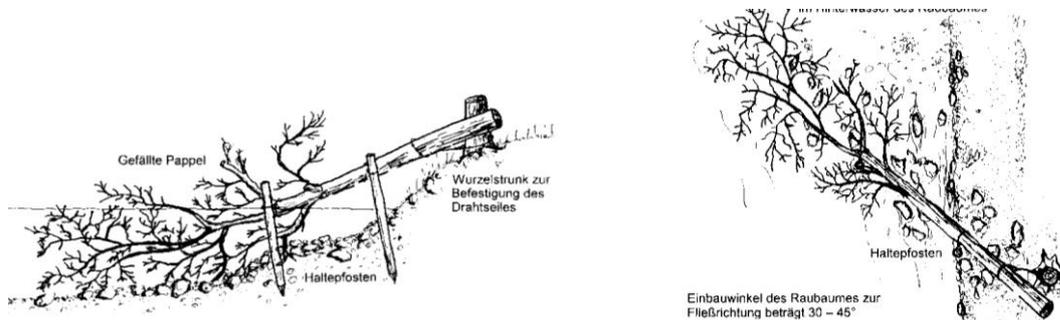


Abbildung 64: Einbau- und Befestigungsvariante eines Raubaumes

5.2.2 Störsteingruppen

Sowohl mitten im Flussbett als auch gezielt einzelnen Uferstrukturen vorgelagert, dienen Gruppen aus Struktursteinen der Strömungs- und Habitatvielfalt. Die Steine zerteilen die Strömung an der Vorderseite in alle drei Dimensionen, verursachen schnelle Fließbereiche an den seitlichen Flanken und lokale Kolkstellen im Hinterwasser. Weiterhin tragen sie zum Sauerstoffeintrag bei und beleben auch optisch und akustisch die Fließstrecke. Gerne werden sie auch als Sitzsteine von gewässergebundenen Tieren wie Wasseramsel oder Gebirgsstelze genutzt.

Beispiele für große Struktursteingruppen:



Abbildung 65: Einzelne, große Struktursteine in der revitalisierten Enz bei Pforzheim



Abbildung 66: Größere Struktursteingruppe, revitalisierte Birs bei Münchenstein, CH



Abbildung 67: Größere hufeisenförmige Struktursteingruppe in der revitalisierten Brenz bei Giengen

5.2.3 Steinbuhnen, Tauchbuhnen

Buhnen sind flach geneigte, dammartige Querbauten, die den Stromstrich vom Ufer ableiten, und damit selbiges wirksam vor Erosion schützen. Sie werden vorzugsweise in Außenbögen, wo entsprechend hohe hydraulische Kräfte wirken, in Gruppen von mindestens drei Stück erstellt. Lineare Ufersicherungsbauwerke sind bei flach abfallenden Tauchbuhnen zwischen den Buhnenfeldern nicht notwendig, da selbst bei hohen Wasserständen ufernah ruhige Fließverhältnisse herrschen.

Durch die strömungslenkende Wirkung der Buhnen wird besonders bei geraden Gewässerabschnitten ein Pendeln des Stromstriches erreicht und das Wasser bei niedrigen Wasserständen auf kleiner Fläche zusammengeführt, wodurch sich die gewünschte Niedrigwasserrinne ausbildet.

Vor den stabil gebauten Buhnenköpfen konzentriert sich die Strömung und es entstehen schnelle Fließbereiche mit dahinterliegenden Vertiefungen, welche von den Fischen gerne als Einstände genutzt werden. Hinter dem Buhnenrücken reduziert sich die Strömung zunehmend, und es entsteht letztendlich ein Kehrwasserbereich. Demzufolge finden sich in diesen Bereichen Zonen mit unterschiedlichstem Sohlmaterial, von grobem Kies bis hin zu Detritus. So entwickelt sich hier ein höchst strukturreicher, heterogener Habitatbereich, der besonders von Jungfischen als „Fischkinderstube“ genutzt wird.

Es werden Tauchbuhnen mit vegetativer Bewehrung durch Strauchweiden, z. B. *Salix purpurea* (Purpur-Weide) vorgeschlagen, welche sehr wirksam und infolge der Durchwurzelung äußerst stabil sind. Neben der weit größeren Stabilität als reine Steinbuhnen garantieren die aufwachsenden Strauchweidengebüsche durch überhängende Äste wertvolle, schattige Unterstände für Fische an den Bauwerkskanten, welche die bevorzugten Aufenthaltsbereiche der Fische sind. In wenig strömungsexponierten Bereichen können Ergänzungen mit stabilen Flechtwerksbuhnen zur Ausführung kommen. Diese bieten durch ihr weit größeres Hohlraumgerüst nochmals deutlich mehr Rückzugsorte, Fluchtstätten und besiedelbare Oberflächen.



Abbildung 68: Blocksteinbuhnen an der revitalisierten Birs bei Münchenstein, Schweiz



Abbildung 69: Blockbuhnenreihe an der Thur bei Frauenfeld, Schweiz

5.2.4 Faschinenbuhnen

Neben den erwähnten Tauchbuhnen gibt es die vergleichsweise kleinen Faschinenbuhnen. Sie dienen an weniger strömungsexponierten Ufern der Strukturanreicherung, indem sie ruhige, amphibische Lebensräume großer Dynamik zwischen den Buhnenfeldern erzeugen. Sie werden in Gruppen von 3 – 8 Stück mit wechselnden Längen schräg zur Fließrichtung des Gewässers eingebaut. Das dünne, wasserseitige Ende ragt in die Strömung hinein.



Abbildung 70: Dreiergruppe aus lebenden Faschinenbunnen mit deutlich erkennbarem, vorgelagerten Flach-/ Ruhewasserbereich in der Birs bei Birsfelden, Schweiz



Abbildung 71: Innenufer mit mehreren Faschinenbunnen, Steininselgruppen und Geschiebedepots strukturiert. (Beispiel: Naturnaher Ausbau des Kochers in Hüttlingen / Aalen)

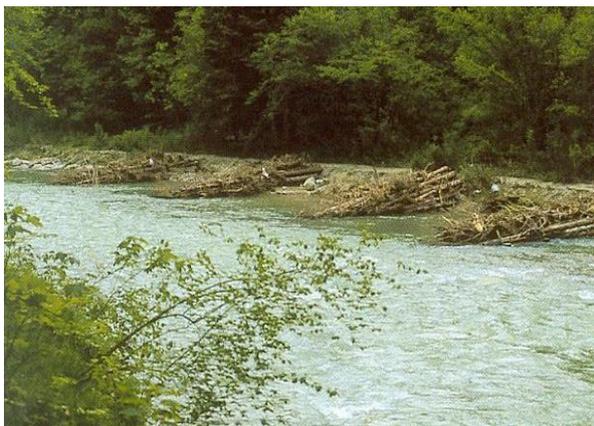


Abbildung 72: Bündel aus Raubäumen als Struktur- und Schutzbunnen gegen Erosion bei Hochwasser an der Thur bei Pfyn, Schweiz



Abbildung 73: Große Raubäume und Wurzelstrünke am neuen Neckarseitengewässer in Stuttgart – Hofen

5.2.5 Gitterbuschbau

Der Gitterbuschbau ist eine Maßnahme zur Initiierung einer Anlandung / Verlandung mit Hilfe der natürlichen Gewässerdynamik. Die entsprechenden Bereiche werden mit einem Raster an Pfählen versehen, zwischen denen lange Äste mit allen Verzweigungen kreuzweise eingelegt und mit Steinen / Erdmaterial beschwert werden. Die Rauheit dieser Konstruktion reduziert die Fließgeschwindigkeit respektive die Transportkraft, so dass Geschiebe und Schwebstoffe ausgefällt werden und zur Verlandung beitragen.

Sowie die Verlandung den Mittelwasserbereich erreicht hat, siedeln sich die entsprechenden Pflanzengesellschaften an. Die tausende unter Wasser befindlichen Hohlräume zwischen dem dichten Astgewirr bieten eine riesige Vielfalt an besiedelbaren Kleinlebensräumen und Rückzugsmöglichkeiten.

Diese Bauweise kann auch mit großen Raubäumen erstellt werden, die in mehreren Lagen kreuzweise eingebracht und gegen Verdriften zwischen Fixierpfählen eingeklemmt werden. Um auch ein Aufschwimmen zu verhindern werden die Gehölze zusätzlich an den Fixierpfählen verdrahtet / verschraubt. Die Anordnung der Fixierpfähle ist als gitterartiges Raster vorgesehen, damit auf einfachste Weise verschiedene Anordnungen der Raubaumlagen erstellt werden können, sowie auch notwendiges Nachpacken problemlos möglich ist.



Abbildung 74: Astwerk und Reisig werden zwischen dem Pfahlraaster ausgelegt



Abbildung 75: Entwicklung nach etwa einem Jahr mit Ansiedlung erster Gehölze

Die genaue Größe, Bauart und Befestigungsmethode des Gitterbuschbaus sind wie bei allen ingenieurbioologischen Bauweisen von den jeweiligen Standortfaktoren abhängig. Der Gitterbuschbau wird hier ausschließlich an weniger strömungsexponierten Flachuferbereichen vorgesehen, die Verankerungsmethode wird anhand der angreifenden Strömungskräfte und der Bauhöhe im Zuge der Ausführungsplanung individuell festgelegt. Zu Bau, Unterhalt und gewässerökologischen sowie hydraulischen Auswirkungen liegen vielfältige Erfahrungen vor, insbesondere aus der Schweiz, z. B. bei der Aarekorrektur im Kanton Bern / Solothurn.

5.2.6 Steilufer, Abbruchkanten

Damit der Eigenentwicklung möglichst großer Spielraum gewährt wird, finden an ausgewählten Uferabschnitten bei entsprechender Grundstücksverfügbarkeit keinerlei uferstabilisierende Bauwerke Verwendung, so dass Erosion und Sedimentation ungehindert erfolgen können. Hierzu werden verschiedentlich auch Steil- bzw. Abbruchkanten vorprofiliert. In terrestrischen Bereichen können diese ohne Anspruch auf Bestand der natürlichen Entwicklung überlassen werden, im aquatischen Bereich dienen sie als dauerhafte, typische Reliefstruktur, die von vielen Fischarten bevorzugt besiedelt wird (Nahrungssuche). Außerdem ist die Funktion der am Steilufer entlang verlaufenden tiefen Fließrinne als Flucht-/ Versteckhabitat von größter Bedeutung.



Abbildung 76: Steilufer – Abbruchkante mit morphodynamischer und vegetativer Eigenentwicklung am Kocher bei Hüttlingen. Im Vordergrund sind die Strukturbauwerke Steinbuhne mit Stummelfaschine sichtbar, in der Flussmitte Geschiebedepots aus unterschiedlichen Steinkörnungen



Abbildung 77: Steilufer – Abbruchkante an der Lindach in Weilheim

5.2.7 Pflanzungen

Bestehende, heimische Gehölze bleiben wo immer möglich erhalten. Im Hinblick auf die notwendige Beschattung des Gewässers werden mehrere Gruppen von Baum-/ Strauchgehölzen vorgesehen. Diese beschränkt sich jedoch auf den Einsatz von Weidensteckhölzern und Erlenjungpflanzen hinter den ingenieurb biologischen Strukturbaueisen, die aus Naturverjüngung oder gekauften Jungpflanzen mit entsprechendem Herkunftsnachweis stammen. Die als Steckhölzer, Setzstangen oder ähnliches zu verwendenden Weiden werden gänzlich aus den Naturbeständen der Ufervegetation gewonnen.

5.2.8 Schlafende Ufersicherungen

An Erosionsufer, denen zu schützende Bereiche (Wege, Leitungen, mangelnde Grundstücksverfügbarkeit etc.) im Vorland nachgelagert sind, muss nach einem gewissen Entwicklungsraum Einhalt geboten werden. Diese sogenannten schlafenden Ufersicherungen können durch palisadenartig eingebaute Weidensetzstangen als prophylaktischer Uferschutz hergestellt werden. Die Uferlinie darf sich im Laufe der Zeit bis zu den eingebrachten Weiden entwickeln, deren Wurzelbildung dann ein Fortschreiten der Eigenentwicklung begrenzt.

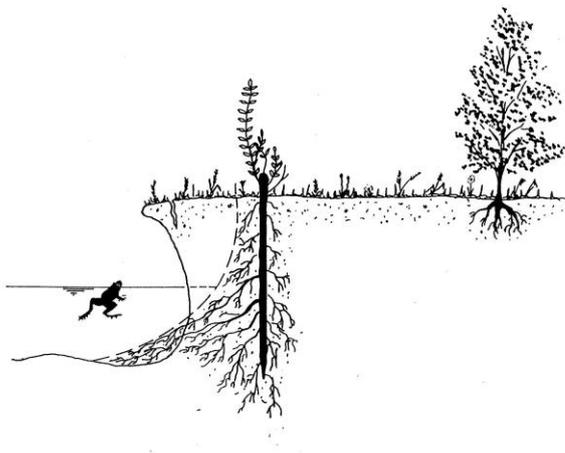


Abbildung 78: Wurzelentwicklung einer Setzstange limitiert die Erosion am Prallufer.



Abbildung 79: Setzstange am Ufer der Glems bei Talhausen.

Querprofil C-C'

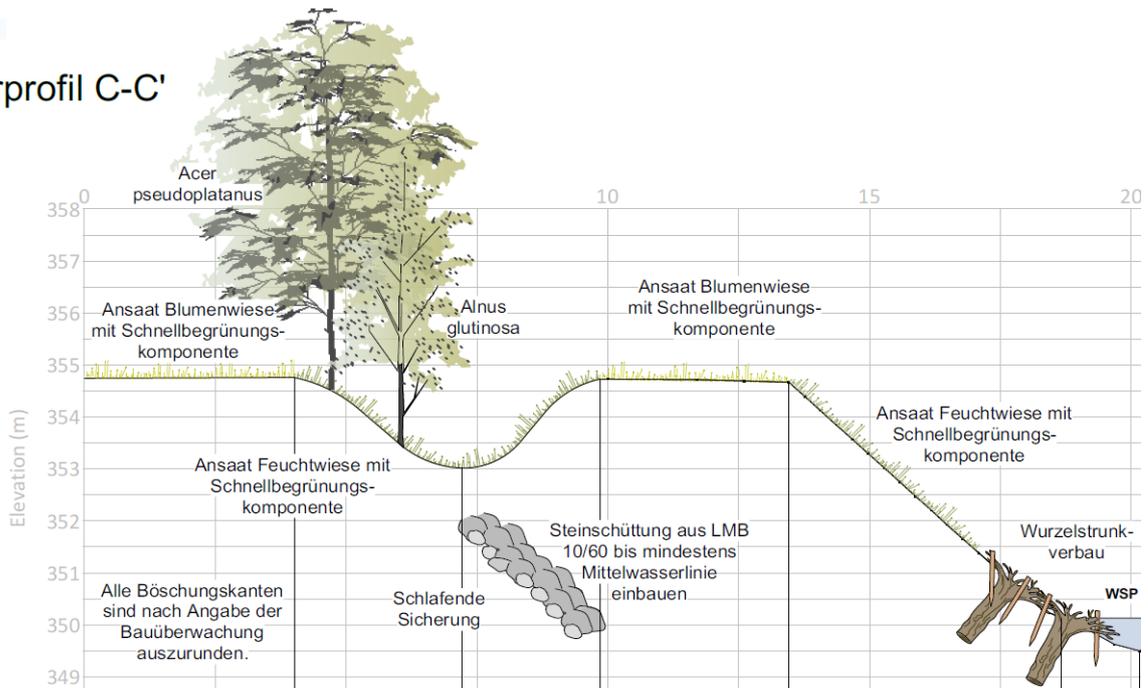


Abbildung 80: Beispielprofil für den Bau einer „Schlafenden Ufersicherung“ an der Lindach bei Weilheim an der Teck

Sind große Niveauunterschiede zwischen Vorland und Gewässersohle vorhanden oder liegen im Vorland große Schadenspotenziale vor, die sehr schnell und sehr sicher vor Erosion zu schützen sind, so eignet sich die schlafende Ufersicherung durch Einsatz von großen Wasserbausteinen. Hierzu wird im Vorland entlang der Trasse, an der die Sicherung später bei nach eigendynamischer Entwicklung wirken soll, ein tiefer Graben ausgehoben und große Blöcke oder Wasserbausteine geschüttet.



Abbildung 81: Aushub für den Einbau einer Schlafenden Sicherung



Abbildung 82: Teilweise Wiederbefüllung nach Einbau der Steine



Abbildung 83: Fertiggestellte schlafende Ufersicherung mit beginnendem Aufwuchs



Abbildung 84: Zunehmender Bewuchs und zeitweise stehendes Wasser im verbliebenen Graben, rechts sind die jungen Erlen der nach erfolgter Erosion hier entstandener, neuen Uferböschung sichtbar

5.2.9 Inseln

In aufgeweiteten Fließstrecken sind Inselgruppen besonders geeignet, ungestörte und dynamische Standorte zu erzeugen, da sie allseits umströmt und je nach ihrer Gestalt unterschiedlich beansprucht werden.

Hinzu kommt, dass die Inseln durch diverse Bauvarianten nicht generell oder gänzlich Bestand haben sollen. Vielmehr stellen dynamische Inseln ganz oder teilweise verfrachtbares Material zur Verfügung, das heißt bei Hochwasser darf und soll Erosion, bei Niedrigwasser Sedimentation stattfinden.

Prinzipiell werden alle Inseln am stromaufwärtigen Ende mit einem Wall aus größeren Wasserbausteinen gesichert. Besonders stabile Inseln können als zusätzliche Verzahnung mit dem Untergrund ein sogenanntes Raupackwerk aus kreuzweise unterbauten Astlagen erhalten. Die seitlichen Flanken dagegen werden nur in strömungsexponierten Bereichen mit größeren Steinen gesichert. Ansonsten schüttet man den Inselkörper aus den vorhandenen Flussgeröllen in der gewünschten Form, wobei auf ein großes Spektrum der Korngrößen geachtet werden muss.

„Unterwasserinseln“, die selbst bei Niedrigwasser ganz überströmt und folglich keine Landvegetation tragen werden, dienen ausschließlich der Erzeugung heterogener Strömungen sowie als Materiallieferant und somit vielfältige Lebensraumstruktur für die Gewässerfauna (Parallele zu hufeisenförmigen Störsteingruppen).

Der Bautyp von mittlerer Höhe ist bei mittlerem Wasserstand gerade nicht mehr überflutet, so dass sich bei geringeren Abflüssen dort Spontanvegetation ansiedeln kann. Durch das ständige Auf und Ab entstehen wertvolle, dynamische Lebensräume von ständiger Veränderung, die in unseren Gewässern generell leider sehr selten geworden sind.

Die größten Inseln, welche nur noch bei Hochwasser überflutet werden, entstehen durch die verfüllten Teilstrecken des alten Verlaufszonen mit ähnlicher Struktur und Dynamik. Bei der Überströmung sorgt die Rauheit der Pflanzen für den nötigen Erosionsschutz und bewirkt dabei zusätzlich die lokale Anlandung von Sanden. Dadurch findet eine episodische Neuentwicklung statt, die für die gewünschte Dynamik von großem Wert ist.



Abbildung 85: Große, mit flachem Gebüsch und krautig / grasigen Pflanzen bewachsene Insel in der revitalisierten Enz bei Pforzheim



Abbildung 86: Größere teilbewachsene Kiesinsel mit lang ausgebildeter Sedimentschleppe in der revitalisierten Birs bei Münchenstein, Schweiz



Abbildung 87: Große, vielfältige „Inselandschaft“ mit unterschiedlichsten Lebensräumen in der revitalisierten Enz bei Pforzheim



Abbildung 88: Schmale, längs der Fließrichtung orientierte, unterschiedlich strukturierte Kiesinsel mit großer Habitatvielfalt in der revitalisierten Enz bei Pforzheim

5.3 Referenzmaßnahme M33 Absenkung

5.3.1 Planungskonzept

Bei Absenkung vorhandener Schwellen werden bislang aufgestaute Gewässerstrecken verkürzt und es entstehen wieder Fließbereiche. Mit angepassten, gestalterischen Maßnahmen können dortige Defizite minimiert, im Idealfall gänzlich eliminiert werden.

Die hauptsächlichen Entwicklungsziele sind bei diesem Maßnahmentyp:

- Schaffen der Voraussetzungen zur Entwicklung und dauerhaften Existenz von Laichhabitaten
Herstellung / Initiierung von Deckungsstrukturen in Laichplatznähe
- Herstellung / Initiierung von Brütlingshabitaten unterstrom der potenziellen Laichareale
- Herstellung / Initiierung von Habitaten für Juvenile, z. B. durch Ausbildung von Gleithang(-ersatz-)strukturen
- Herstellung / Initiierung von **tiefen Fließbrinnen mit großer Strömungsdiversität für Adulte**
- Wo möglich Herstellung / Initiierung von Hochwasserrückzugshabitaten (entsprechend der Flächenverfügbarkeit)

Diese Ziele bzw. die dazu erforderlichen Strukturen können durch wasserbauliche Maßnahmen erreicht bzw. entwickelt werden. Der nachfolgende Ausschnitt der Beispielmaßnahme zeigt die wichtigsten hier vorgesehenen Bauwerke. Dies sind im Einzelnen:

Inklinante Buhnen

Buhnen dieser Bauart werden flach ins Gewässer abfallend gegen die Strömung orientiert. Ihr Stützgerüst wird mittels großen Wasserbausteinen geschüttet, eine Überschüttung erfolgt mit kleineren Korngrößen. Die Bereiche oberhalb der mittleren Wasserstandslinie werden während des Schüttvorganges dicht mit kräftigen Steckhölzern standorttypischer Strauchweiden bestückt. Die Buhnen lenken die Strömung vom Ufer weg zur Flussmitte hin, so dass am Buhnenkopf eine starke Strömungsbündelung erfolgt, welche dort eine schnellfließende Tiefrinne ausbildet. Hinter dem Buhnenkopf entsteht ein Abrisswirbel mit Kehrwasser, wodurch im Buhnenschatten eine tiefe und ruhige Wintereinstandszone erzeugt wird. Bedingt durch die Bauweise der Buhnen mit unterschiedlichsten Steingrößen entsteht ein reichhaltiges Lückensystem, das von Groppen gerne als Laichhabitat aufgesucht und genutzt wird. Der aufwachsende Strauchweidenbewuchs stabilisiert durch seine biotechnischen Funktionen nicht nur dauerhaft das Buhnenbauwerk, sondern sorgt durch die zahlreichen, elastisch überhängenden Ruten für große Flächen mit wirksamer Beschattung und damit wertvolle Deckungsstruktur für Fische.

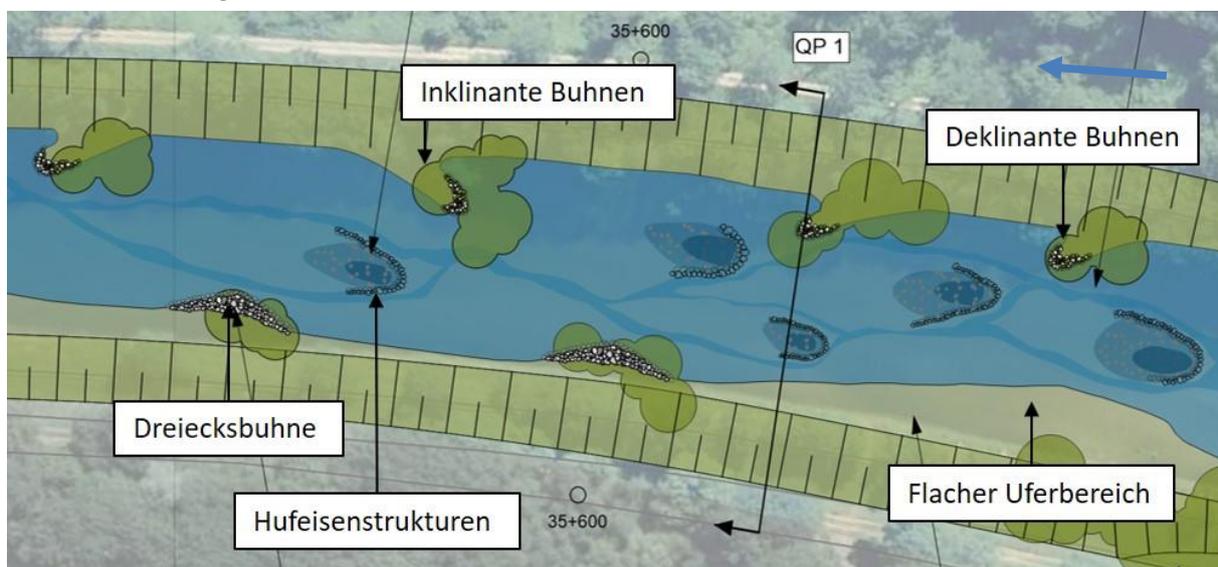


Abbildung 89: Ausschnitt aus dem Lageplan der Maßnahme 33 mit den wichtigsten vorgesehenen Strukturen

Im Hochwasserfall legen sich die elastischen Strauchweiden um. Sie bieten dadurch einen reduzierten Strömungsangriff, sodass sie einerseits Hochwassersituationen besser standhalten können, andererseits einen geringeren Rauheitseinfluss haben.

Dauerhafte Stabilität dieser Bauwerke muss zur Sicherstellung der gewünschten Zielerreichung gewährleistet sein.

Deklinante Buhnen

Buhnen dieser Bauart werden ebenfalls flach ins Gewässer abfallend, aber stromabwärts gerichtet orientiert. Sie werden baugleich wie die oben beschriebenen inklinanten Buhnen hergestellt. Diese Buhnen lenken die Strömung zum Ufer hin und erzeugen damit eine starke Strömung auf dieses. Dadurch werden eigendynamische Prozesse ausgelöst, je nach Bauform bis hin zu starker Morphodynamik am Ufer (Provokation von Erosion). Dies geht einher mit der Ausbildung einer dynamischen Tiefrinne in Ufernähe, die insbesondere bei beschattendem Uferbewuchs / einschwimmbar Wurzelstrukturen für wertvolle Fischhabitate sorgt. In M33 sind nur kleine, bei steigenden Abflüssen frühzeitig überströmbare deklinante Buhnen vorgesehen, da keine Ufererosion, sondern nur die Ausbildung von kleineren Kolken mit Deckungsstrukturen beabsichtigt ist. Die dauerhafte Stabilität der Buhnenstrukturen und der nachfolgenden Ufersicherung muss zur Sicherstellung der gewünschten Zielerreichung gewährleistet sein. In M46 hingegen sollen die deklinanten Buhnen massive und gezielte Ufererosionen initiieren, sie sind dort entsprechend größer zu dimensionieren und ohne nachfolgende Ufersicherung auszuführen (vgl. Kapitel 5.5.1).

Wie bei den inklinanten bieten auch diese Buhnen mit ihren unterschiedlichsten Steingrößen ein reichhaltiges Lückensystem, das von Groppen gerne als Laichhabitat aufgesucht und genutzt wird. Ebenso verhält es sich mit dem aufwachsenden Strauchweidenbewuchs.

Dreiecksbuhnen

Diese Buhnenbauart stellt je nach geometrischer Ausführung eine Übergangsform von in- zu deklinanten Buhnen dar. Sie ist durch den geschütteten Buhnenkörper im Buhnenschatten besonders stabil gegen Überströmung, insbesondere bei Aufwuchs mit stabilisierenden Strauchweiden. Sie dient der dauerhaften Herstellung von Breitenvarianz und Initiierung heterogener Strömungsmuster.

Geschiebedepots

Da der heutige Geschiebehaushalt die dauerhafte Existenz von Laichplätzen für Kieslaicher nicht ausreichend sicherstellt, werden lokal Kiesdepots angelegt. Diese sollten aus dem ortstypischen Material mit der entsprechenden Kornzusammensetzung sein, damit bei Verfrachtung und Ablage des Materials geeignete Laichplätze entstehen.

Hufeiseninseln

Ein rein aquatisches Strukturelement sind alle Bauarten von Störsteinen, vom einzelnen Block bis hin zu großen, inselartigen Gruppen. Die Erfahrungen aus den letzten 30 Jahren Gewässerentwicklung an der einstigen Pilotstrecke der Enz bei Pforzheim haben gezeigt, dass die Anordnung von Struktursteinen in Hufeisenform eine beeindruckende Heterogenität an Fließgeschwindigkeiten, Strömungsrichtungen respektive daraus entstehender Substrat- und Habitatdiversität erzeugen.

Stark gebündelte Strömungsrinnen entlang den Flanken bieten Tiefrippen für z. B. Barben, tiefe Kolke im Zentrum der Struktur werden als Wintereständen genutzt. Die langsam fließenden Bereiche im Strömungsschatten werden von Jungfischen aller Arten genutzt, Groppen laichen in den zahlreichen Steinlücken des gesamten Bauwerkes.

Beim Bau muss darauf geachtet werden, dass die Steinstruktur sowohl oberstrom als auch unterstrom tief in die Sohle eingebunden und damit kolksicher hergestellt wird. Durch die Lage im Flussbett, und bevorzugt im Abstrom von Buhnenbauwerken, werden die Hufeiseninseln starken Kräften ausgesetzt, denen Sie zur dauerhaften Wirkung zumindest in ihrer Grundstruktur standhalten müssen.

Flachuferbereiche

Infolge der Stauabsenkung werden flache Uferbereiche freigelegt, bzw. entstehen diese neu gegenüber Bereichen mit starker Strömungskonzentration (bei entsprechendem Geschiebemanage-

ment). Je nach Abfluss bieten diese Bereiche wichtige Juvenilhabitate, insbesondere bei höheren Abflüssen Rückzugshabitate mit geringen Fließgeschwindigkeiten. Je nach Dynamik entwickeln sich Anuellenfluren oder beständigere Röhricht-/ Hochstaudenfluren. Zu starke, flächenhafte Gehölzsukzession kann zu reduzierter Abflusskapazität führen, was im Bedarfsfall zur Sicherstellung des Hochwasserabflussvermögens Unterhaltungsmaßnahmen nötig macht.

5.3.2 Hydraulik

Für die iterativ entwickelte Maßnahme M 33 „Absenkung“ wurden hydrodynamisch-numerische Modellierungen für 10 Abflüsse zwischen 3 – 70 m³/s und für 2 verschiedene Varianten durchgeführt. Die Varianten unterscheiden sich in der untersuchten Absenkung des Wasserspiegels am unteren Modellrand, Variante 1 mit 0,5 m und Variante 2 mit 1,0 m Absenkung.

Abbildung 90 zeigt einen Ausschnitt aus dem Berechnungsnetz des Strömungsmodells mit geodätischen Höhen. Es wird deutlich, dass nicht das aus den Planvorgaben erzeugte Ursprungnetz verwendet wird, sondern ein Modell, in das morphologische Änderungen nach mehreren Hochwässern integriert wurden. So sind z.B. hinter den Hufeisenstrukturen Ablagerungen vorhanden

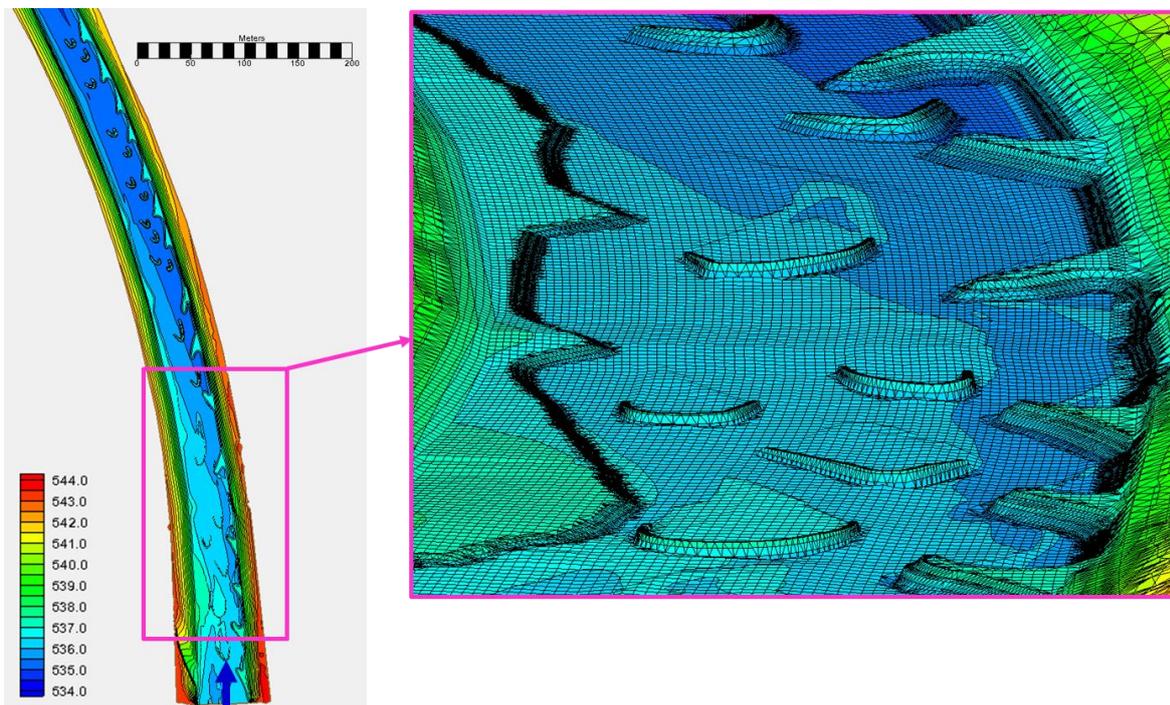


Abbildung 90 Ausschnitt aus dem Berechnungsnetz des Strömungsmodells für die Referenzmaßnahme M33-Absenkung, Zustand mit Berücksichtigung von Ablagerungen nach Hochwässern

Abbildung 91 zeigt die berechneten mittleren Fließgeschwindigkeiten bei 9 m³/s im Istzustand und für die vier Abflüsse 3, 6, 9 und 12 m³/s mit eingebauter Maßnahme bei 0,5 m Absenkung (oben) und bei 1,0 m Absenkung (unten). Es wird der Effekt der Absenkungen und der strukturellen Aufwertung auf die Fließgeschwindigkeiten deutlich.

Während bei 9 m³/s im Istzustand nur im obersten Teil des Abschnitts, im Stauwurzelbereich, lokal begrenzt Fließgeschwindigkeiten um 40 cm/s erreicht werden, sind schon bei einer Stauabsenkung von 0,5 m größere Flächen mit erhöhten Geschwindigkeiten vorhanden. Beim Abfluss von 9 m³/s ist die Strömung in mehr als dem halben Staubereich auf 0,3 bis 0,5 m/s erhöht. Bei einer Stauabsenkung von 1 m ist fast der gesamte Staubereich auf Fließgeschwindigkeiten von 0,3 m/s und mehr beschleunigt.

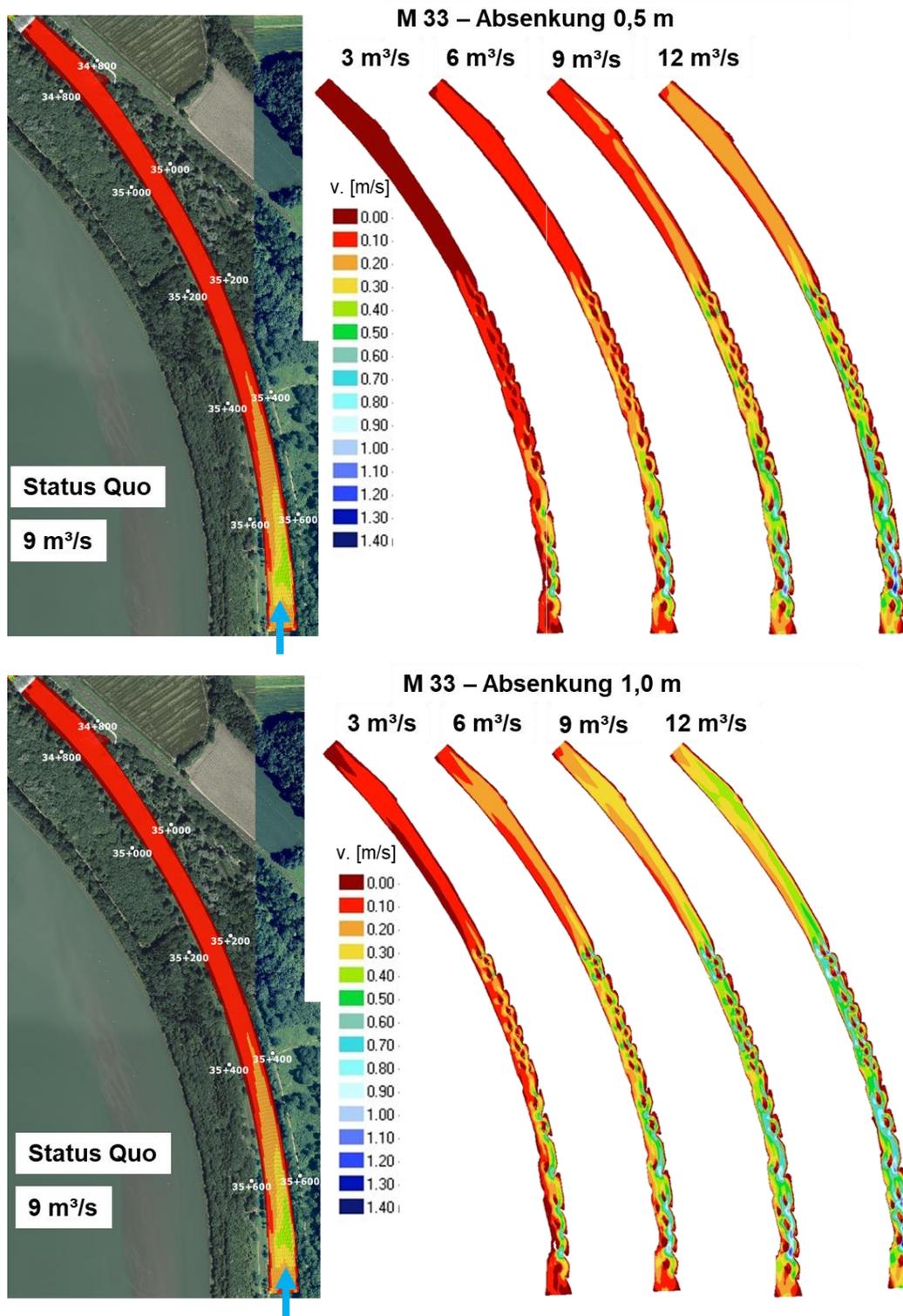


Abbildung 91: Tiefengemittelte Fließgeschwindigkeiten M33 im Istzustand bei 9 m³/s (links) und vier Abflüsse nach Umsetzung der Maßnahme mit 0,5 m Absenkung (oben) und mit 1,0 m Absenkung (unten)

5.3.3 Morphologie, Sedimenthaushalt

Die Maßnahmen erzeugen räumlich fixierte Zonen unterschiedlicher Strömungszustände. Aufgrund fehlender Eigendynamik (massiv eingeschränkte Hydrologie) und des Feststoffdefizites ist dies zur Erreichung der Planungsziele zu empfehlen, da allein durch morphologische Entwicklung keine Lebensraum-Variabilität erreicht werden wird. Eine Verlagerung und Verteilung von Sohlsubstrat erfolgt, da mittlere bis erhöhte Abflüsse fast zur Gänze ausgeleitet werden, im Großteil des Jahres nur für Feinmaterial. Die morphodynamische Entwicklung wird überwiegend durch Hochwasserab-

flüsse bestimmt und kann daher langfristig nur grob abgeschätzt werden. Ein Bewirtschaftungsbedarf (Erhaltung/Wiederherstellung) wird vor allem aufgrund der KW-Beeinflussung (Flutmuldencharakter) und der zahlreichen Querwerke erforderlich sein.

In Abbildung 92 und Abbildung 93 sind die durch die Maßnahmen erzeugten Zonen unterschiedlicher Strömungszustände erkennbar. Die Analyse erfolgt exemplarisch für einen Abfluss $Q = 150 \text{ m}^3/\text{s}$ (Abfluss, bei dem maßgebliche morphologische Prozesse stattfinden, im vorliegenden Fall ca. 2 MQ_theor). Risikobetrachtungen beziehen sich nachfolgend immer auf HQ-Abflüsse bis HQ₁₀₀. Die Transportanalyse (EROSED) erfolgt für ein $d_m = 15 \text{ mm}$.

Dargestellt in Abbildung 92 ist die Hauptströmungsrichtung, die linksseitig beginnt. Grundsätzlich treten an den eingebauten Strukturen hohe Belastungen auf, dazwischen bilden sich Kehrströmungen/Ruhigwasserzonen. Dies führt linksseitig zu erhöhtem Materialtransport und Ablagerungen in den Buhenschatten. In diesem Bereich findet der dynamische (HW) Transport statt, bei ausreichendem Abfluss und verfügbarem Geschiebe (Geschiebemanagement) ist von einer morphodynamischen Veränderung auszugehen.

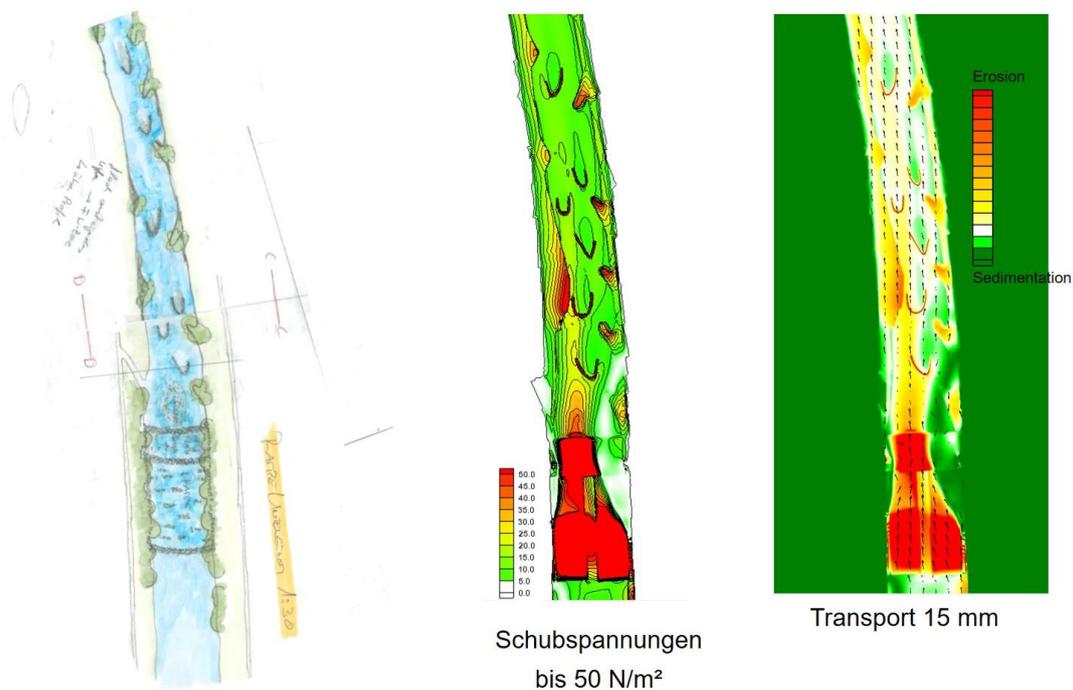


Abbildung 92: Maßnahme M33, oberer Abschnitt – Prognose der morphologischen Entwicklung mit Erosionsintensität und Sedimentation (EROSED re.)

Im unteren Bereich der Maßnahme 33 (Abbildung 93) zeigt sich eine deutliche Aufteilung der Belastung in einen durchgehenden Bereich mit starken Belastungen linksseitig und Anlandungstendenzen auf der rechten Seite. Durch die strömunglenkenden Maßnahmen (Strukturen) verbleibt entgegen der Bogensystematik der höhere Transport im Innenbogen. Im HW-Fall (kurzzeitig, aber hochdynamisch) wird sich dies mit erhöhter Intensität ausgleichen, wodurch eine Grunddynamik erzeugt werden soll. Es wird angestrebt, dass sich linksseitig eine Tiefenrinne ausbilden wird, während die Buhnenfelder rechtsseitig verlanden. Zwischen den Uferbuhnen rechts kommt es allerdings zu Belastungen des Ufers (Außenbogensituation) im HW-Fall, weshalb hier auf ein ausreichendes Sicherheitskonzept zu achten ist. Es wurde hier an die Initiierung von Steilufeln gedacht, die allerdings durch geeignete Maßnahmen vor zu starker Erosionswirkung zu sichern sind.

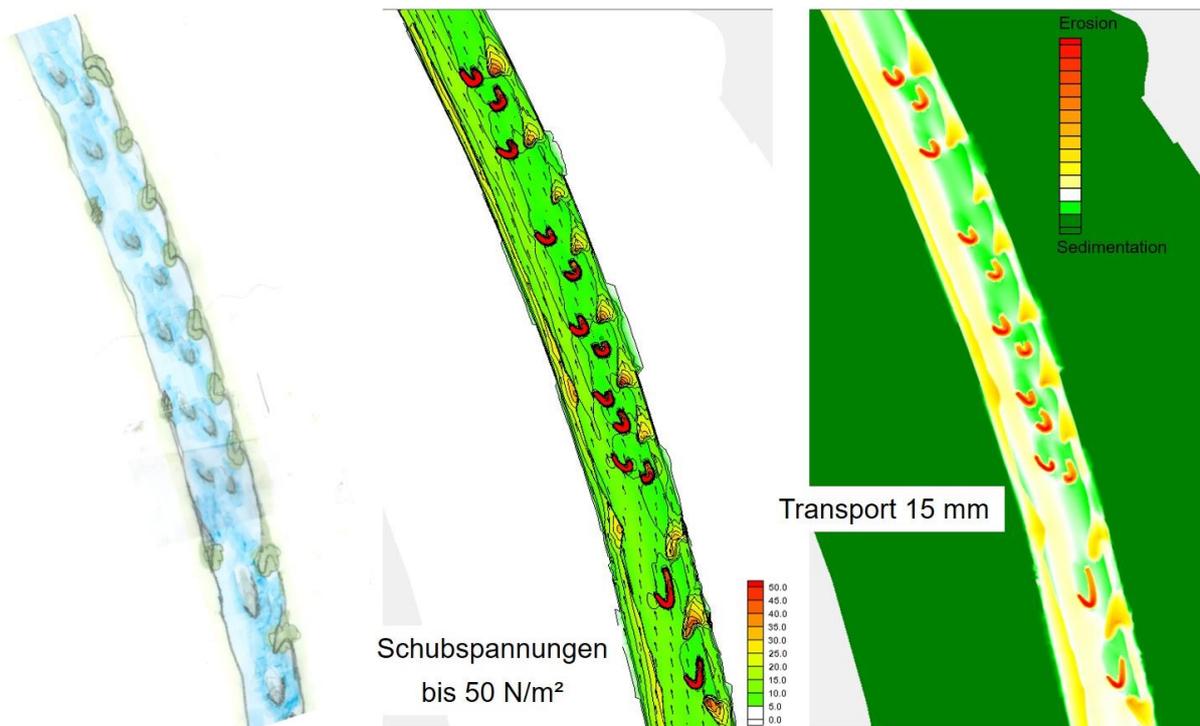


Abbildung 93: Maßnahme M33 - Prognose der morphologischen Entwicklung mit Erosionsintensität und Sedimentation (EROSED re.)

Es sind die Auswirkungen eines künstlich hergestellten Geschiebeüberschusses dargestellt. Dieser ist über ein Bereitstellungsvolumen (rd. 500 – 1000 m³ pro km und Jahr) mit einer passenden Zusammensetzung (dm > 25-30 mm) herzustellen.

Bei Geschiebezugabe ohne Anpassung der hydrologischen Verhältnisse kann die Wirkung nur eingeschränkt beurteilt werden, da im Großteil des Jahres keine Verteilung des Materials stattfindet. Bei der Materialverteilung bzw. ihrer morphologischen Auswirkung ist zwischen

- der natürlicherweise über lange Perioden stattfindenden Verlagerung ökologisch besonders relevanter feinerer Kornfraktionen vor allem im unteren Abflussbereich (um MQ),
- den länger andauernden Verteilungsprozessen im mittleren bis höheren Abflussbereich und
- den kurzzeitigen, starken Veränderungen durch Extremereignisse

zu unterscheiden.

Bei den derzeit herrschenden hydrologischen Bedingungen führen erst Hochwasserereignisse zu stärkeren Sohlveränderungen und sind daher ausschlaggebend für die Morphologie. Ökologisch relevante feinere Korngrößen für Laichhabitate werden rasch ausgetragen. Dies ist vor allem für die Wahl der Zusammensetzung und die Häufigkeit von Materialzugabe wichtig. Das vorhandene Sohlmaterial ist stark vergrößert.

Vor der Maßnahme einer Schwellenabsenkung ist zu berücksichtigen, dass sich durch die zahlreichen Querbauwerke und das bestehende Geschiebedefizit die Sohle bereits stark eingetieft hat und die Sohlbereiche vor den Querbauwerken deutlich ausgeräumt sind (siehe Kapitel 4.5.2).

Um ein „Nachziehen“ der niedrigen Sohlen parallel zum niedrigeren Schwellenniveau zu verhindern, ist es erforderlich, die Bereiche oberhalb der Querbauwerke aufzufüllen und gleichzeitig Geschiebe zuzugeben, um das herrschende Defizit auszugleichen. Ansonsten ist langfristig wieder ein Zustand analog dem Istzustand zu erwarten, aber mit niedrigerem Sohl- und Grundwasserniveau.

Die Konzeption von Schwellenabsenkungen ist in Abhängigkeit der lokalen Bedingungen und der gewünschten Zielrichtung lokal anzupassen.

5.3.4 Grundwasser

Im Nahbereich der Maßnahme M 33 sind linksufrig zwei Messstellen in einer Entfernung von < 550 m vorhanden, rechtsufrig befinden sich die nächsten Messtellen unterhalb des Querbauwerks bei Fkm 34.680.



Abbildung 94: Lage Grundwassermessstellen im Maßnahmenbereich M33 (Bildquelle: Google Earth, eigene Darstellung)

Im Maßnahmenbereich M33 findet sich eine von Südosten nach Nordwesten verlaufende Grundwasserströmung (Abbildung 95). Der Grundwasserspiegel befindet sich in etwa 4 – 7 m unter GOK, laut der Sondierungen aus einem Gutachten von Fichtner water & transportation GmbH (2020).

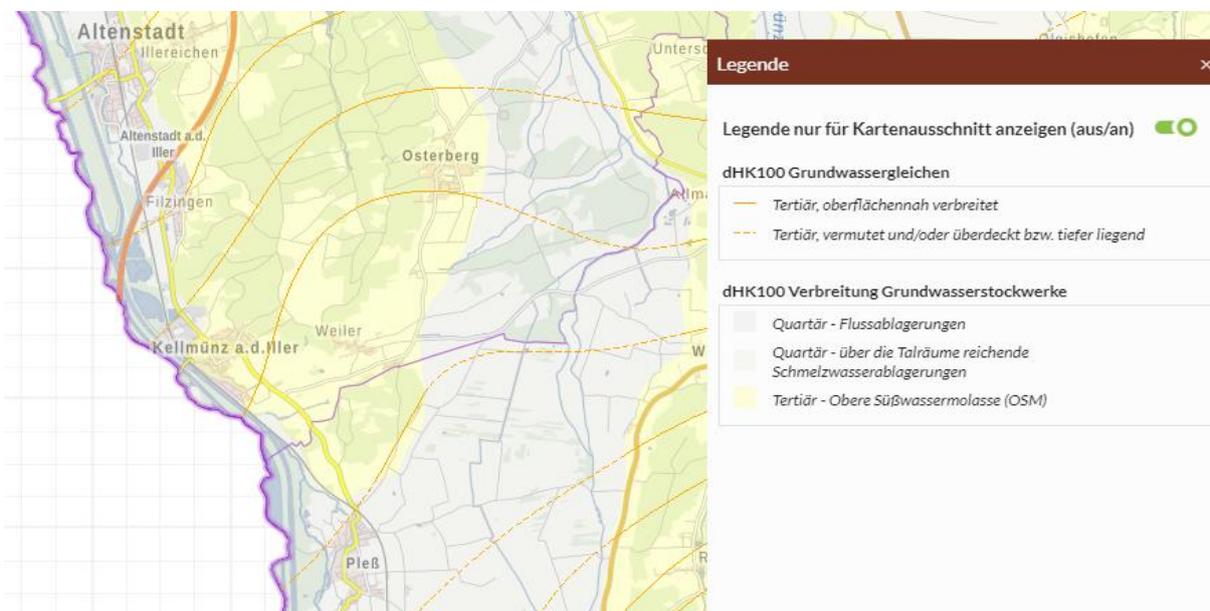


Abbildung 95: Grundwassergleichen und Grundwasserstockwerke im Bereich Maßnahme M33 (Quelle: umweltatlas.bayern.de, Bayerisches Landesamt für Umwelt)

Ein Profilschnitt aus dem Gutachten zeigt, dass der Grundwasserspiegel im Wehrbereich (zumindest rechtsufrig) deutlich über dem Iller-Wasserspiegel liegt (Abbildung 96). Weiters ist in diesem Profil gut die Lage der Oberen Süßwassermolasse (OSM) zu erkennen (oranger Bereich im Profil), der sich durch geringe Durchlässigkeiten (geringer Porenanteil) auszeichnet und Einfluss auf die Kommunikation (kleinräumige Absenkrichter) zwischen Grundwasser und Illerwasser nimmt (Fichtner water & transportation, 2020). Ein parallel zur Iller linksufrig unterhalb der Schwelle verlaufender Schnitt zeigt den Grundwasserspiegel ungefähr auf Höhe des Iller-Wasserspiegels, wobei sich der Iller-Wasserspiegel mit Fließrichtung unter die Grundwasserspiegelhöhe schiebt. Es ist also davon auszugehen, dass sich der Grundwasserspiegel unterhalb einer Schwelle über dem Iller-Wasserspiegel und oberhalb einer Schwelle unter dem Iller-Wasserspiegel befindet, sofern die geologischen Gegebenheiten vergleichbar sind. Der nachfolgend analysierte Abstauversuch (Schwelle 29.116) zeigt die Zusammenhänge der Auswirkungen.

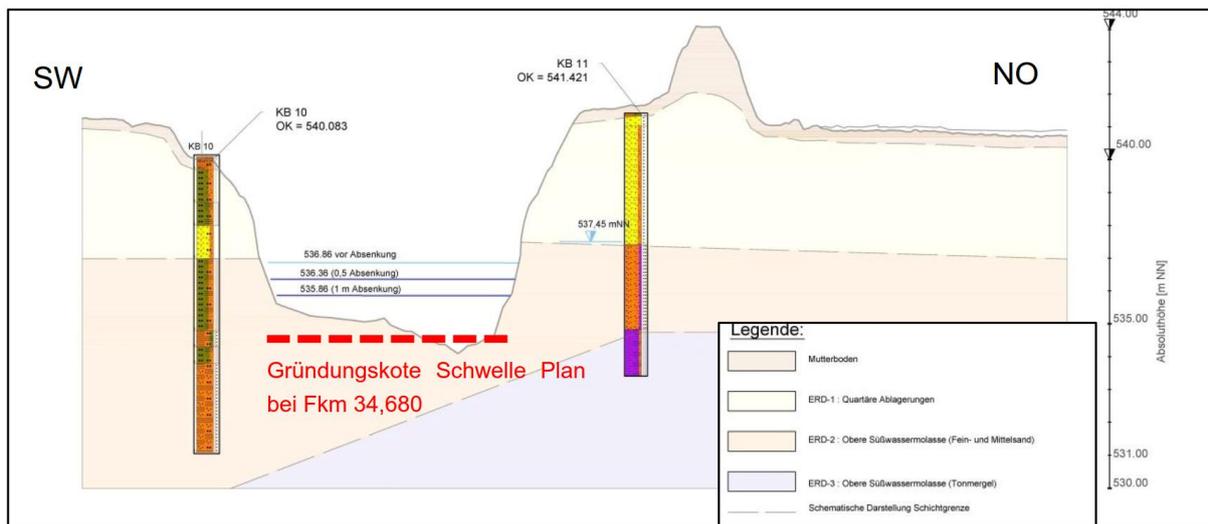


Abbildung 96: Querprofil durch Iller bei Fkm 34,680 - aus Geotechn. Bericht Pleß, Fichtner water & transportation, Nov. 2020

Für die weitere Analyse wurden die Grundwassermessstellen auf der linken Flusseite herangezogen. (Quelle: RP Tübingen). Die beiden ausgewerteten Grundwassermessstellen befinden sich auf der flussabgewandten Seite des linksufrig parallel zur Iller verlaufenden Ausleitungskanals. Die Entfernung der Grundwassermessstellen beträgt etwa 350 m bzw. ca. 500 m (Messstelle 164/768-9 bzw. Messstelle 166/768-8, s. Abbildung 94). Beide Messstellen weisen einen Trend auf, der auf eine langsame Absenkung des Grundwasserspiegels hindeutet (siehe Abbildung 97 und Abbildung 98).

Der Grundwasserspiegel rechtsufrig bei Messstelle Kellmünz T 19 liegt schon etwas unterhalb der Rampe und ca. 450 m vom Illerufer entfernt. Der mittlere Grundwasserspiegel an dieser Messstelle liegt bei 532,71 mNN, also 4 bzw. 7 m unter dem Grundwasserspiegel der beiden linksufrigen Messstellen, die sich aber beide oberhalb des Querbauwerks befinden.

Da der Grundwasserspiegel in der Umgebung der projektierten Maßnahme bereits jetzt einen sinkenden Trend aufweist, lässt eine Absenkung des Stauwasserspiegels eine Verstärkung dieses Trends befürchten. Eine Anhebung der Sohle durch zusätzliches Material, das künstlich oder natürlich eingetragen wird (Schaffung eines geringfügigen Geschiebeüberschusses), könnte der Grundwasserabsenkung entgegenwirken und einen Teil des Einflusses durch die abgesenkte Rampe abpuffern.

Aus dem Abstauversuch an Schwelle 29,160 können ebenfalls Rückschlüsse auf die GW Auswirkungen von Stauabsenkungen gezogen werden: Der durchgeführte Abstauversuch zeigt, dass das Grundwasser rasch reagiert: bereits eine Absenkung der Schwelle um 0,6 m erzeugt eine GW-Absenkung im unmittelbaren Iller-Bereich maximal um 0,25 m (linksseitig) bzw. 0,15 m (rechtsseitig) – alle GW-Messpegel sind betroffen. Im Diagramm (Abbildung 99) hervorgehoben sind die drei der Schwelle nächsten Grundwassermesspegel.

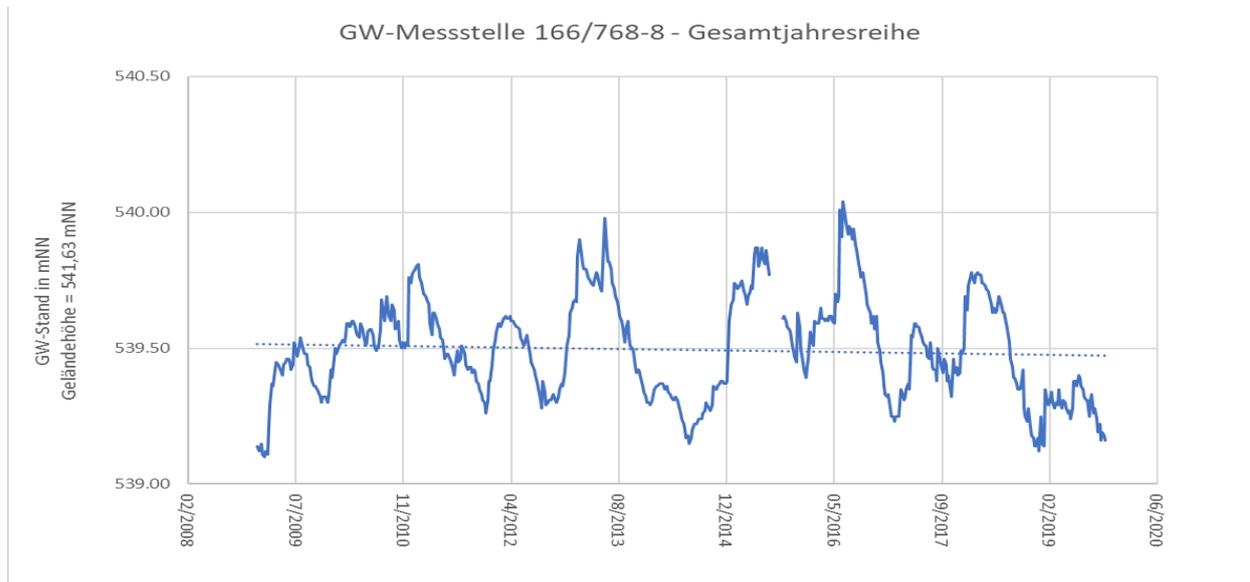


Abbildung 97: Auswertung Grundwassermessstelle 166/768-8 - Maßnahmenbereich M33

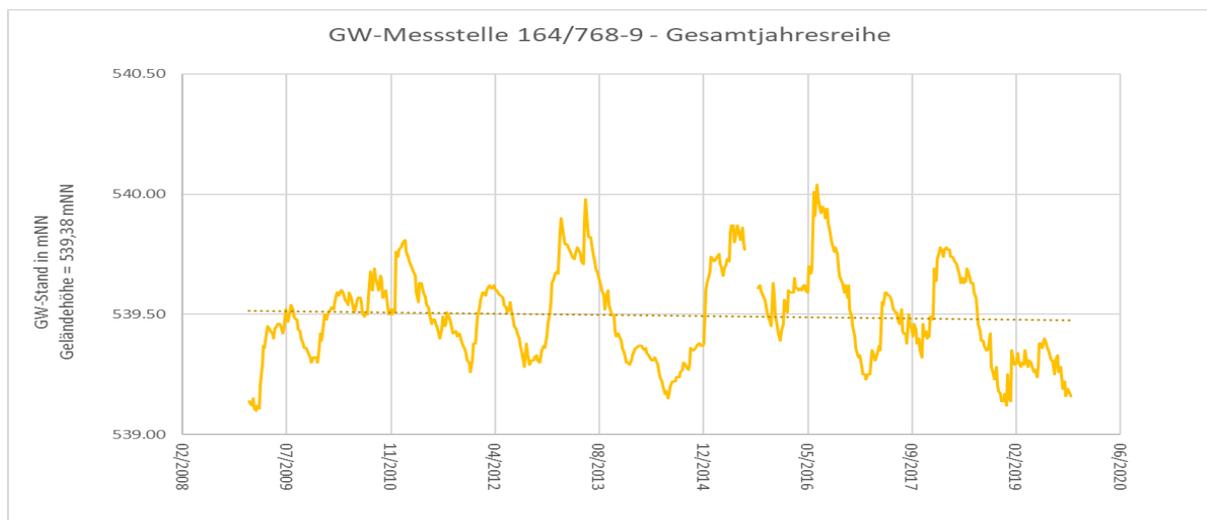


Abbildung 98: Auswertung Grundwassermessstelle 164/768-9 - Maßnahmenbereich M33

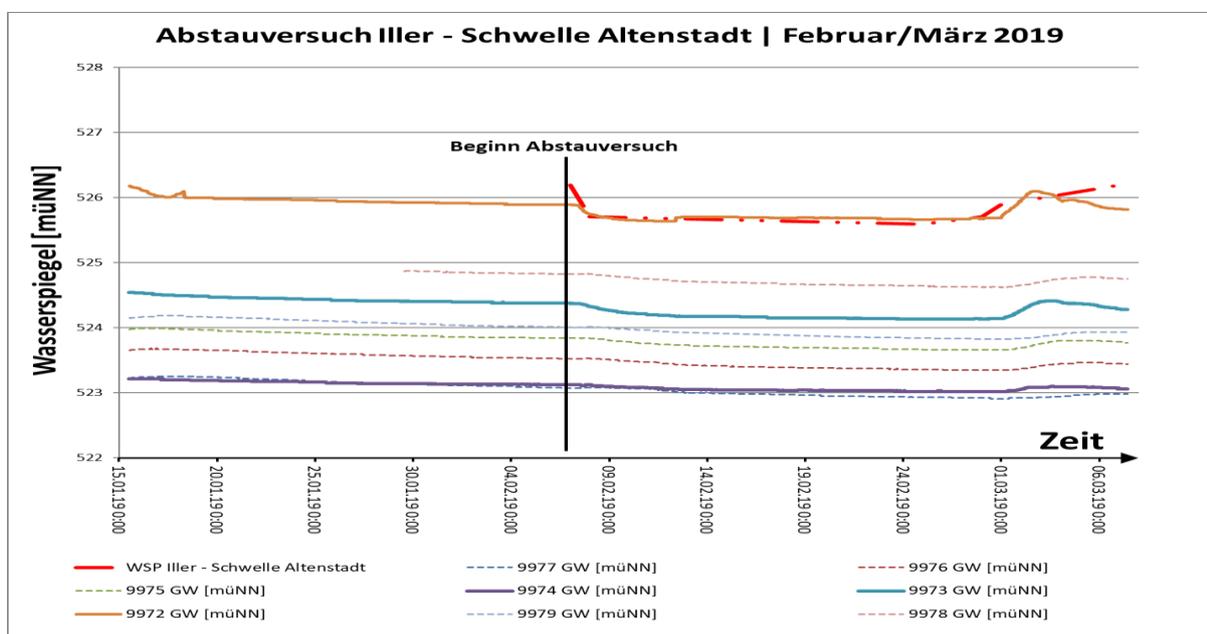


Abbildung 99: Darstellung Abstauversuch Iller (Februar / März 2019)

Es ergibt sich im schwellennahen Bereich (etwa 500 m im Illerbett und 250 m ins Vorland) ein maximaler Absenkungsgrad von rd. 40 %, die Reaktionszeit beträgt zwischen 3 und 5 Tagen. Es wurden zwischenzeitlich weitere Absenkungsversuche durchgeführt. Es wird davon ausgegangen, dass aufgrund des im gesamten Untersuchungsbereichs (sohlnah) vorhandenen durchlässigen Kieskörpers dieser Wert (Maximalwert 40 – 50 %) auf die Maßnahmenbereiche übertragbar ist. Eine GW-Absenkung ist aber nur im lokalen Umfeld der Maßnahmen zu erwarten, da sich sowohl oberhalb als auch unterhalb der abgesenkten Sohlschwellen i.d.R. weitere Querbauwerke befinden, die den Wasserspiegel der Iller auf dem vorhandenen Niveau halten. Die lokale geologische Situation (ggf. vorhandene GW-Stauer) ist jeweils im Detail zu erheben.

Auswertung Abstauversuche Wehr Fkm. 29.116	Messtelle															
	9972		9973		9974		9975		9976		9977		9978		9979	
	Höhen [mNN] und [m]															
MPH	529.33	0.00	528.76	0.00	527.75	0.00	528.21	0.00	527.66	0.00	528.86	0.00	528.45	0.00	530.43	0.00
Beginn GWSP 07.02.2019	525.89	3.44	524.38	4.38	523.12	4.63	523.84	4.37	523.52	4.14	523.07	5.79	524.82	3.63	524.00	6.43
Ende GWSP 25.02.2019	525.67	3.66	524.13	4.63	523.02	4.73	523.66	4.55	523.36	4.30	522.93	5.93	524.63	3.82	523.83	6.60
Absenkung	0.22		0.25		0.10		0.18		0.16		0.14		0.19		0.17	
Max. GWSP	526.18	3.15	524.54	4.22	523.21	4.54	523.99	4.22	523.68	3.98	523.25	5.61	524.87	3.58	524.18	6.25
Min. GWSP	525.63	3.70	524.13	4.63	523.02	4.73	523.66	4.55	523.35	4.31	522.91	5.95	524.62	3.83	523.82	6.61
Mittelw. GWSP	525.83	3.50	524.31	4.45	523.10	4.65	523.80	4.41	523.49	4.17	523.06	5.80	524.73	3.72	524.00	6.43
Δh Min.GWSP/Max.GWSP		0.55		0.41		0.19		0.33		0.33		0.34		0.25		0.36
Δh Min.GWSP/ØGWSP		0.20		0.18		0.08		0.14		0.14		0.15		0.11		0.18
Δh Max.GWSP/ØGWSP		0.35		0.23		0.11		0.19		0.19		0.19		0.14		0.18
Δh Max. GWSP/ILLER MQ [m]	-0.57		-2.21		-0.67		-2.73		-0.20		-0.63		-1.85		-2.54	
Δh Min. GWSP/ILLER MQ [m]	-1.12		-2.62		-0.86		-3.06		-0.53		-0.97		-2.10		-2.90	
Δh Mitt. GWSP/ILLER MQ [m]	-0.92		-2.44		-0.78		-2.92		-0.39		-0.82		-1.99		-2.72	
Δh Max. GWSP/ILLER NQ [m]	0.06		-1.58		-0.30		-2.13		0.17		-0.26		-1.25		-1.94	
Δh Min. GWSP/ILLER NQ [m]	-0.49		-1.99		-0.49		-2.46		-0.16		-0.60		-1.50		-2.30	
Δh Mitt. GWSP/ILLER NQ [m]	-0.29		-1.81		-0.41		-2.32		-0.02		-0.45		-1.39		-2.12	

Wasserspiegel ILLER		
Flkm. 28.88	Flkm. 29.27	Flkm. 29.69
MQ = 70 m³/s		
523.88	526.72	526.75
NQ = 3 m³/s		
523.51	526.12	526.12

Abbildung 100: Auswertung Abstauversuche

Ein bei der Schwelle Fkm 29,116 durchgeführter Abstauversuch zeigt, dass sich Grundwasserspiegel-Absenkungen bis zu 50 % der Stauhöhenabsenkung großräumiger auswirken. Die speziellen Auswirkungen dieses Abstauversuchs sind nicht 1:1 übertragbar, zeigen aber, dass sich die Hauptauswirkungen etwa 300 – 500 m oberhalb der Schwelle bemerkbar machen und sich diese maximalen Absenkungen in einem Radius von etwa 200 m um die Schwelle bewegen (Steinbacher-Consult Ingenieurgesellschaft mbH & Co, KG, 2000).

Die Auswertung der vorhandenen GW Daten und des Abstauversuchs zeigt, dass bei Maßnahme M33 lokal (in einem Umkreis von etwa 500 m) von einer Absenkung des derzeitigen GW-Standes von etwa 40 % der Stauabsenkung ausgegangen werden muss. Entscheidend hierbei ist die Stabilisierung der Sohle durch Erhöhung des Geschiebeeintrags. Die Maßnahmen erhöhen grundsätzlich die Gesamtrauheit und fördern die Sedimentation. Gelingt es die Sohlagen zu stabilisieren bzw. anzuheben (Erhöhung des Gleichgewichtsgefälles), so wirkt sich das analog auf die GW-Spiegel aus.

Die Auswirkungen sind je nach Lage der geplanten Absenkung und damit unterschiedlichen Randbedingungen individuell zu beurteilen. Generell sind die Auswirkungen von Maßnahmen auf die GW-Spiegel im Bereich der Ausleitungskanäle anders zu beurteilen als in der Strecke unterhalb davon (ab Fkm 17.7). Die Ausleitungskanäle sind grundsätzlich abgedichtet. Im Illerbett verbleibt über weite Teile des Jahres lediglich das festgelegte Restwasser. Dieser Umstand führt daher hier zu einer überwiegend austragsbestimmten (Wasser aus GW-Körper in das Flussbett) GW-Grundsituation im Iller Einflussbereich. Die Beeinflussung des Grundwasserspiegels ist aber durch die regelmäßig angeordneten Querbauwerke räumlich begrenzt.

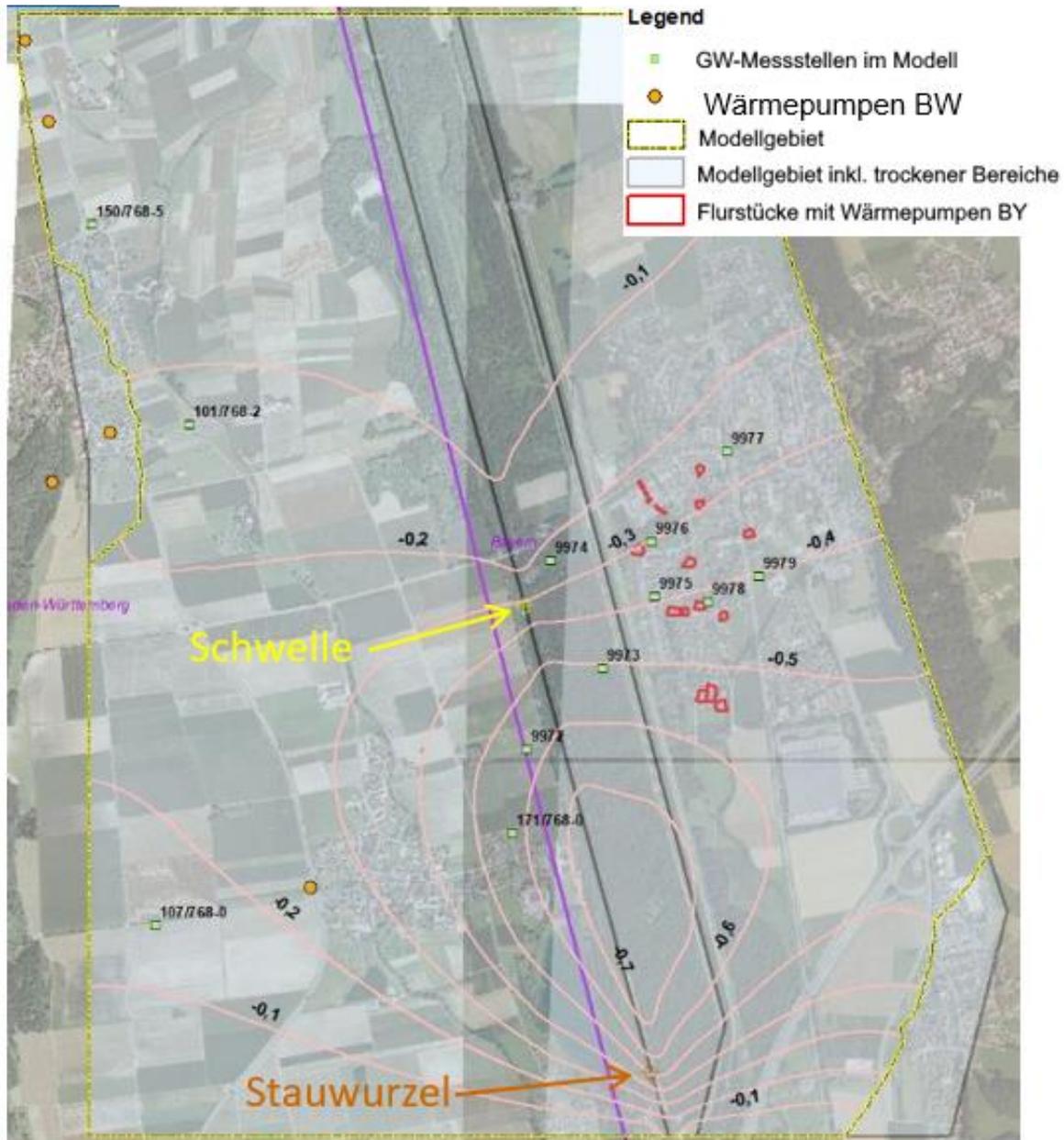


Abbildung 101: Auswirkungen einer Absenkung auf 525,12 müNN an Schwelle Fkm 29,116 (Δh WSP: - 1,04 m) auf den GW-Spiegel (Steinbacher-Consult Ingenieurgesellschaft mbH & Co, KG, 2000)

5.3.5 Habitate und ökologische Bewertung

Grundlage für die Habitatmodellierungen sind die in 5.3.2 dargestellten Strömungsberechnungen. Sohlsubstrat und Unterstände sind weitere wichtige Habitatparameter für Fische. Neben den Ablagerungen wurden deshalb auch die zu erwartenden Änderungen der Sohlsubstrate abgeschätzt. Die Substratverteilung wurde über die Berechnung von Schleppekraften und daraus abgeleiteten Korngrößen abgeschätzt. Da die für Fische relevante Deckschicht meist grober ist als die Unterschichten wurden die Korngrößen etwas erhöht. In lokalen Bereichen, die über dem Detaillierungsgrad der 2D Modelle liegen (z.B. 3D Effekte hinter Hufeisenstrukturen) wurden zusätzlich Anpassungen vorgenommen. Die Unterstände wurden auf Basis der Planungen (Blockwurf, zu erwartende Vegetation und Wurzeln) in das Modell integriert. Die Verteilungskarten zeigen eine zu erwartende deutlich höhere Heterogenität im Vergleich zum Istzustand (Abbildung 102).

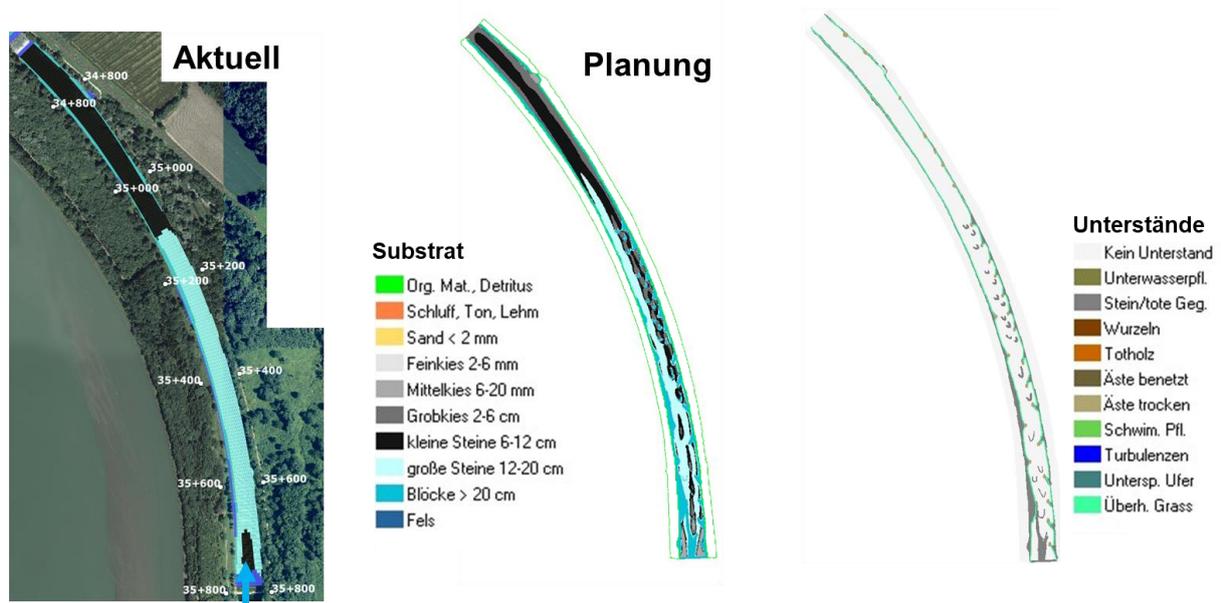


Abbildung 102 Sohlsubstratverteilung im Bereich der Referenzmaßnahme M33 im aktuellen Zustand (li.) und abgeschätzt nach der Maßnahmenumsetzung (mi.), sowie laut Planung erwartete Unterstände

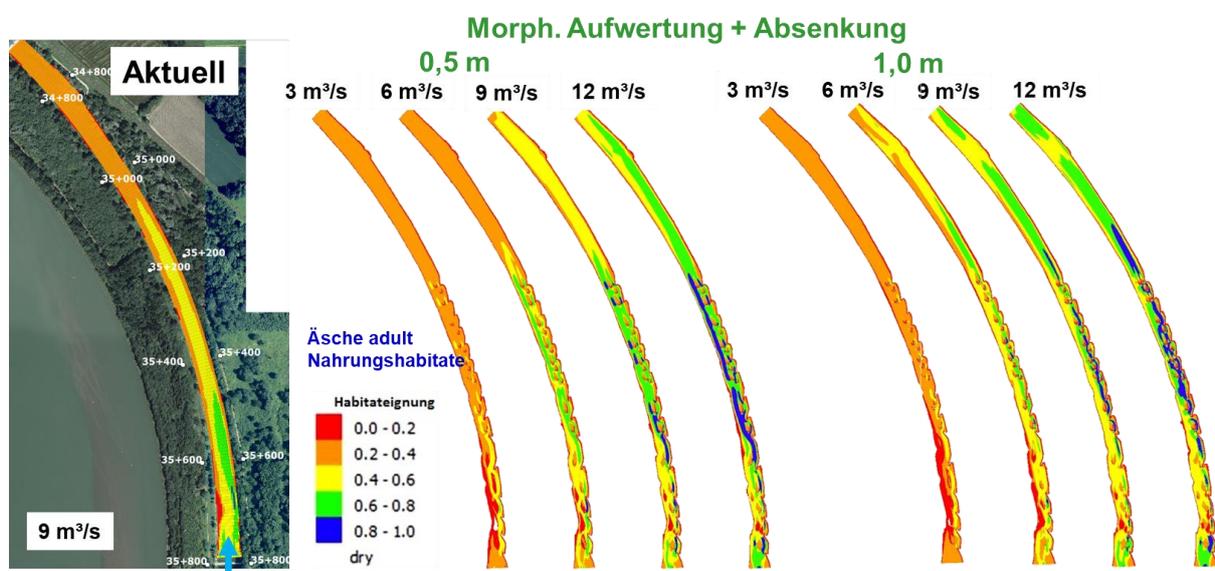


Abbildung 103 Eignungskarte für Nahrungshabitate der adulten Äsche im aktuellen Zustand bei 9 m³/s (li.) und für die zwei Absenkungsvarianten 0,5 m (mi.) und 1,0 m (re.) bei unterschiedlichen Abflüssen

Beispielhaft für die Veränderung der Habitate durch die Maßnahme sind die Nahrungshabitate für adulte Äschen. Diese sind im Istzustand beim aktuellen Sommerabfluss von 9 m³/s nur im oberen Staubereich vorhanden. Mit Absenkung und morphologischer Aufwertung sind beim selben Abfluss in ca. 2/3 (0,5 m Absenkung) bzw. im gesamten Staubereich (1,0 m Absenkung) gute bis sehr gute Habitate vorhanden. Einer Absenkung um einen Meter sprechen allerdings zwei Gründe entgegen:

- a) ist damit eine stärkere Absenkung des Grundwasserspiegels im Auwald des näheren Umfelds zu befürchten (s.a. Kap. 5.3.4)
- b) ist mit einer stärkeren Absenkung an der Schwelle eine weitere Absenkung der Sohle vor der Schwelle zu erwarten, der nur mit massiver Geschiebezugabe entgegengewirkt werden kann (s.a. Kap. 5.3.3)

Die Ergebnisse für weitere Arten/Altersstadien und Modellabflüsse sind in der Anlage 9.2 gegeben.

5.3.6 Kostenrahmen

5.3.6.1 Herstellungskosten

Im hier vorliegenden frühen Planungsstadium eines Planungskonzeptes sind noch viele Unwägbarkeiten und kostenrelevante Faktoren nicht bekannt und es müssen Annahmen getroffen werden, sodass nur eine überschlägige Kostenrahmenermittlung möglich ist.

Der Kostenrahmen für die M33 beläuft sich auf **Brutto-Gesamtkosten von ca. 1,2-1,5 Mio. €**.

Tabelle 13 zeigt die Aufteilung der wesentlichen Kostenmerkmale des Kostenrahmens für die M33. Die detaillierte Kostenermittlung findet sich in Anlage 9.6.

Tabelle 13: Wesentliche Kostenmerkmale M33 (**Nettobaukosten ohne Nebenkosten**)

Fällarbeiten, Herrichten	3,00 %	22.764,00 €
Bodenbewegungen	5,00 %	37.448,00 €
Steinlieferung und Gewässereinbauten	79,00 %	637.295,00 €
Baustellenallgemeinkosten	6,00 %	46.190,00 €
Abfuhr und Entsorgung	2,00 %	19.040,00 €
Sonstiges	5,00 %	41.975,00 €
Summe	100,00 %	804.712,00 €

5.3.6.2 Unterhaltungskosten

Neben den Investitionskosten sind für den Unterhaltungs- und Ausbauträger auch die Pflege- und Unterhaltungskosten sehr wesentlich. Allerdings sind diese nicht seriös prognostizierbar, da sie von vielerlei unbekanntem Faktoren abhängen, wie beispielsweise:

- Häufigkeit, Abfolge, Dauer und Amplitude von Hochwasserereignissen,
- damit korrelierend die Rate und Zusammensetzung von Sedimenteintrag-/bewegung,
- der morphologischen Entwicklung der jeweiligen Gewässerstrukturen,
- Totholzeintrag,
- Entwicklung der Vegetationsstrukturen

Die Pflege- und Unterhaltungskosten hängen darüber hinaus auch stark davon ab, welche eigendynamischen Prozesse gewollt bzw. angesichts vorhandener Restriktionen tolerierbar sind.

Da viele dieser Aspekte unbekannt und außerdem auch eng an spezifische lokale Randbedingungen geknüpft sind, können im Rahmen dieser Studie keine Aussagen zu Pflege- und Unterhaltungskosten getroffen werden. Die Erstellung von Pflege-, Entwicklungs- und Unterhaltungsplänen ist Teil der weiteren Planungsphasen.

Nach baulicher Umsetzung werden regelmäßige Kontrollgänge (z.B. jährlich) und zusätzliche Überprüfungen nach Hochwasserereignissen empfohlen.

5.4 Referenzmaßnahme M42 Seitenarm

5.4.1 Planungskonzept

Durch den starken Ausbau der Iller sind unter anderem zahlreiche vagabundierende Seitenarme mit großer Dynamik verschwunden. Da sich die erkannten Defizite nicht allesamt im heute vorhandenen Flussbett minimieren lassen, müssen neue Seitenarme mit entsprechenden „Ersatz“-Habitaten angelegt werden. Diese werden mit verschiedenen, wasserbaulichen Elementen hergestellt und dienen so zur Erreichung nachfolgend aufgeführter Entwicklungsziele:

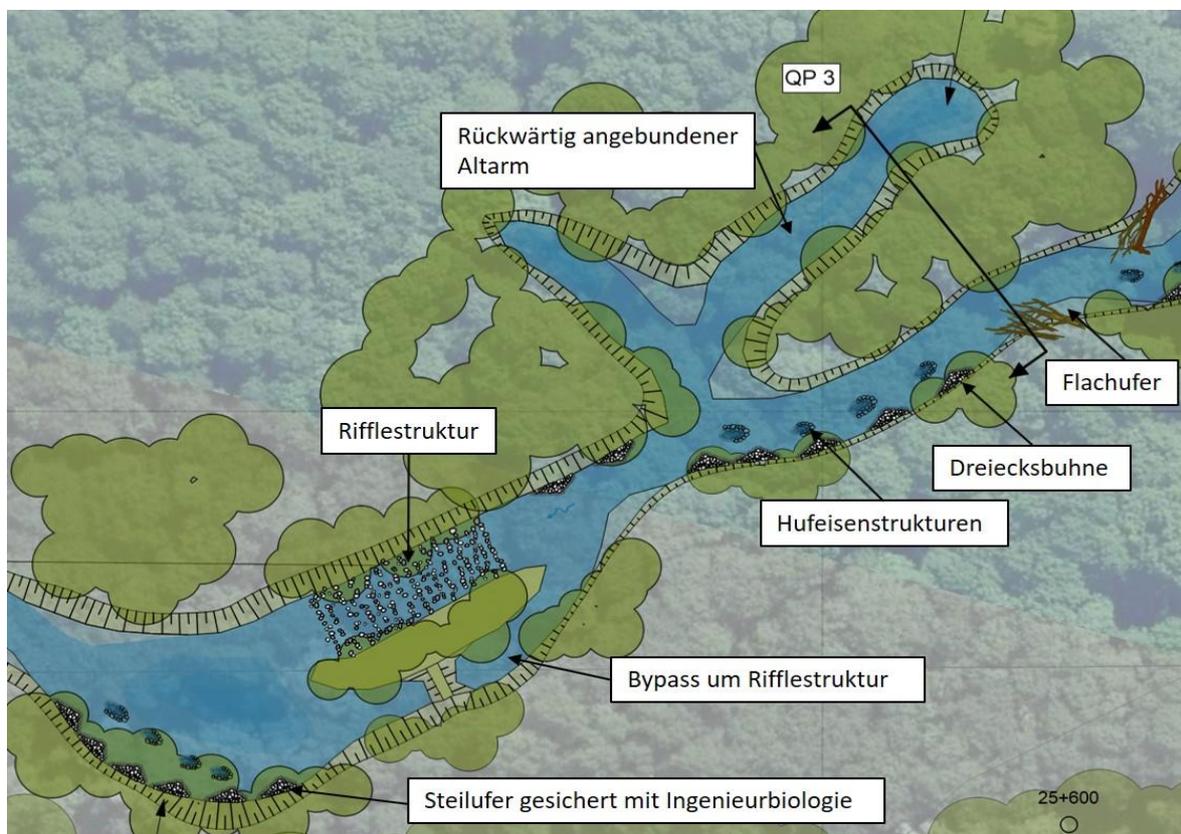


Abbildung 104: Ausschnitt aus dem Lageplan der Maßnahme 42 mit den wichtigsten vorgesehenen Strukturen.

- **Herstellung von dauerhaften benetzten Wasserläufen mit durchschnittlich ca. 8m Breite**
Eine **Breite von 8 m** ist zum einen darin begründet, dass die Seitenarme keine Umgehungsgerinne darstellen, sondern **Ersatzlebensraum** liefern sollen. Sie müssen also eine Basisdimension haben, damit die Mindestanforderungen an die Habitate (Anzahl und flächige Ausdehnung) erfüllbar sind. Außerdem sollen die Seitenarme eine **Eigendynamik** behalten, die sich u.a. in breiten Schnellen mit Möglichkeit zu Kiesumlagerungen äußert. Ein weiterer Grund für die Mindestbreite von 8 m ist, dass ab dieser Breite die **Ansiedlung von Bibern unwahrscheinlich** ist.
- Darin sollen **Laichhabitate**, insbesondere für die Äsche geschaffen werden. Direkt unterstrom dieser Laichhabitate sollen die nötigen **Brütlingshabitate** entstehen.
- Durch die Ausbildung eines asymmetrischen Fließprofils entstehen Gleitufer /-hänge mit entsprechender Eignung als Juvenilhabitate. Entsprechend entstehen Prallufer mit schnell durchströmten Fließrinnen großer Diversität als Habitate für rheophile Adulte.
- Bei entsprechender Flächenverfügbarkeit können Hochwasserrückzugshabitate entstehen.
- Eine strukturreiche Gerinneausbildung garantiert zahlreiche Deckungsstrukturen.
- Die steingepägten, wasserbaulichen Elemente wie Bühnen, Sporne, Hufeiseninseln bieten mit ihrer Lückenstruktur zahlreiche Groppen(laich)habitate.

Diese Ziele bzw. die dazu erforderlichen Strukturen können durch wasserbauliche Maßnahmen erreicht bzw. entwickelt werden. Der Ausschnitt in Abbildung 104 der Beispielmaßnahme zeigt die hier wichtigsten vorgesehenen Bauwerke. Dies sind im Einzelnen:

Buhnen

Buhnen sowohl in- als auch deklinanter Bauweise sind in Kapitel 5.1 bereits ausführlich beschrieben. Infolge des kleineren Fließgerinnes respektive den geringeren Belastungen werden die Bauwerke hier kleiner und mit entsprechend anderen Baustoffgrößen hergestellt. Hier sind insbesondere die Strömungsbündelung und damit Entstehung einer dauerhaften Tiefrinne, von tiefen Kolken im Hinterwasserbereich und ruhigen Zonen im Buhnenschatten im Vordergrund. Die schon beschriebene Bauweise mit stabilisierendem Weidenaufwuchs sorgt für Beschattung, Fluchtstätten und Wintereinstände. Groppenhabitate entstehen in dem Lückensystem der Steinstruktur des Bauwerks.

Einströmbereich

Zur Optimierung einer dauerhaft störungsfreien Einströmung in die Seitenarme werden uferparallele Pfahlreihen eingebaut, deren gezielte Strömungsentwicklung übermäßigen Geschiebeeintrag in den Ausleitungsbereich minimiert.

Hufeiseninseln

Bau und Wirkungsweise der Hufeiseninseln sind ebenfalls in Kapitel 5.1 ausführlich beschrieben. Sie kommen hier in kleinerer Bauart häufig zum Einsatz und dienen speziell der Grope und Hasel als wertvolle Habitate.

Gerinneausbildung

Die Gerinnegeometrie ist zur Initiierung unterschiedlichster Strömungen, Substratsortierungen, Gewässertiefen und -breiten sehr variabel vorgesehen. Es sollen sich so wechselseitig steile Prall- und flache Gleitufer entwickeln, tiefe Buchten und ausgedehnte Flachwasserbereiche. Insbesondere Letztere werden zusätzlich mit reichlich Totholz versehen, das stabil verankert weit ins Gewässerprofil ragt und somit neben seiner eigenen Funktionalität Initiator für weitere Entwicklungen wie Anlandungen von Geschwemmsel ist. Solche Bereiche haben große Eignung als Laichhabitate bzw. Standorte für Jungfische.

Riffles / Pools

Das zur Verfügung stehende Gefälle zwischen Einström- und Auslaufbereich kann in besonderer Weise genutzt werden. Es werden an geeigneten Stellen ca. 25 – 40 m lange Gefällestrrecken mit einer „Rifflestruktur“ aus Schüttsteinen hergestellt, die insbesondere der Nase sowie kleineren rheophilen Arten als Laichhabitat dienen können. Tiefe „Pools“ vor und hinter den Riffles dienen als Aufenthalts- bzw. Sammelort für die laichwilligen Adulten. Einer Verlandung der Pools ist dadurch entgegenzuwirken, dass, auch außerhalb von Hochwasserphasen mit hohem Schwebstoffanteil, der Abfluss regelmäßig erhöht wird, um Feinsedimente auszutragen. Hinweise dazu sind in Kap. 5.4.3 gegeben.

Die Rifflebereiche werden ähnlich einer flachen Rampe aus losen Wasserbausteinen geschüttet, jedoch mit einem stabilen Stützgerüst gegen Verlagerung bei Hochwasser versehen. Gegebenenfalls ist nach Hochwässern lokal eine Zugabe von Geschiebe erforderlich, um die Eignung als Laichstrecke aufrecht zu erhalten. Zur hydraulischen Entlastung sowie Ausbildung der Poolstruktur wird parallel zum Rifflebereich ein Bypass hergestellt, der einen stabilen, sattelartig gebauten Überlauf besitzt. Dieser wird bei höheren Abflüssen überströmt, so dass die Rifflestrecke hydraulisch entlastet wird und die Pools im Bypassgerinne regelmäßig ausgespült werden und damit funktionsfähig bleiben.

Angeschlossene Altarme

Im Bereich der neu anzulegenden Seitenarme befinden sich noch Senken und Rinnen ehemaliger Flussarme. Diese werden, so geeignet, rückwärtig an die neuen Seitengewässer angebunden. Damit sind sie als Stillwasserlebensräume, im Hochwasserfall als Rückzugsräume nutzbar.

5.4.2 Hydraulik

Der vom Planer entworfene Seitenarm in Maßnahme M42 ist sowohl in der Längen- als auch Breitenrichtung sehr heterogen. Die Erstellung eines detailgetreuen Geländemodells für die Strömungsberechnungen wäre äußerst zeitaufwendig gewesen. Deshalb wurde ein anderer Ansatz gewählt: ausgehend von einem weitgehend homogenen Basismodell mit Breiten und Gefällevariation aber ohne Tiefenanpassungen (z.B. tiefe Außenkurven, flache Innenkurven) wurden erste Strömungssimulationen durchgeführt. Die abgeleiteten Strömungskräfte wurden dazu verwendet, die Sohle lokal zu vertiefen oder zu erhöhen, so dass sich iterativ ein heterogenes Modell mit Rinnen und Kolken bildet (Abbildung 105).

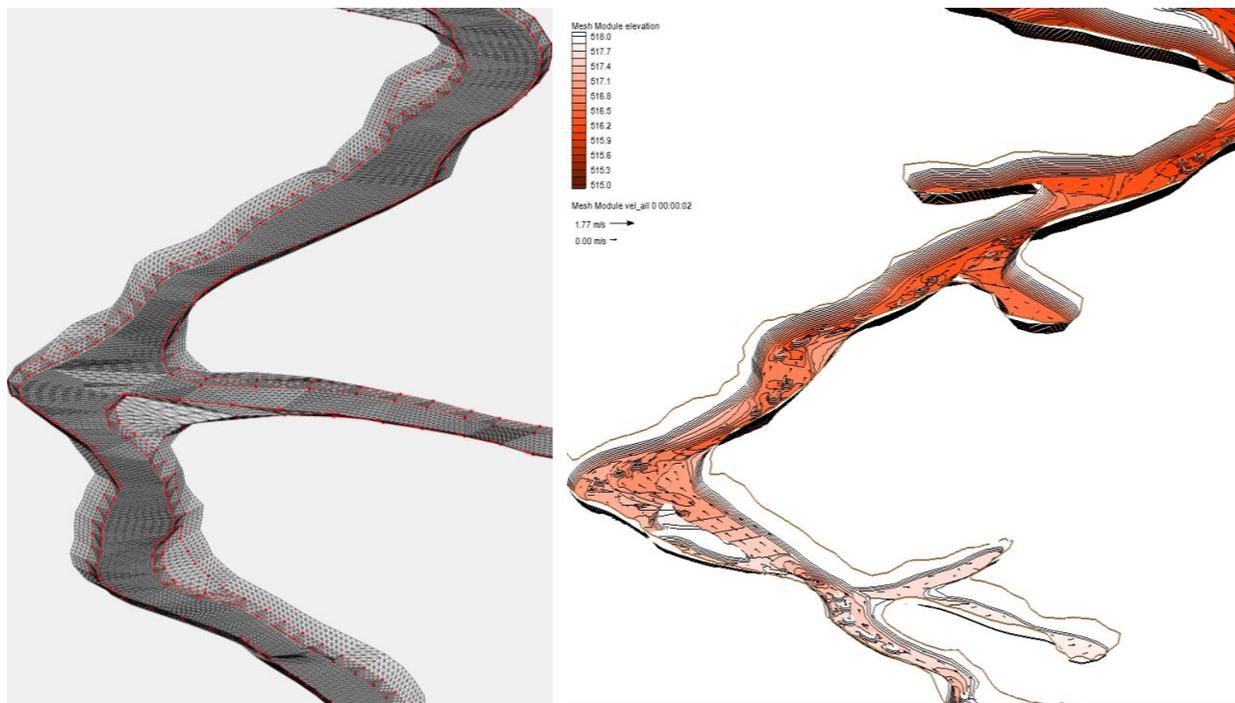


Abbildung 105 Übergang vom „homogenen“ Basismodell auf heterogenes Modell mit Rinnen und Kolken über Iterationen mit dem Strömungsmodell

Für dieses an die Planung eng angepasste Modell des Seitenarms wurden dann hydrodynamisch-numerische Modellierungen für die Abflüsse $1,0 \text{ m}^3/\text{s}$, $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$, $2,0 \text{ m}^3/\text{s}$, $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$ und $3,0 \text{ m}^3/\text{s}$ durchgeführt. Im Folgenden sind die berechneten tiefengemittelten Fließgeschwindigkeiten (Abbildung 106) sowie die berechneten Wassertiefen (Abbildung 108) für die Maßnahme M 42-Seitenarm dargestellt.

Es zeigt sich, dass sich aufgrund der strukturreichen Morphologie ein sehr variables Strömungsbild einstellt, auch bereits bei $1 \text{ m}^3/\text{s}$. Die Wassertiefen sind allerdings beim Abfluss $1 \text{ m}^3/\text{s}$ an Pessimalstellen noch gering und erreichen erst bei $2 \text{ m}^3/\text{s}$ durchgehend die für die Durchwanderbarkeit der Zielarten geforderten Mindestwerte von 20 bis 25 cm. D.h. für die Sicherstellung der **Durchwanderbarkeit des Seitenarms** mit 8 m Mindestbreite, die aus den in Kap. 5.4.1 genannten Gründen erforderlich ist, sind **mindestens $2 \text{ m}^3/\text{s}$** notwendig. Eine weitere Begründung für diesen Mindestabfluss liefern die Habitatsimulationen (siehe Kap. 5.4.7).

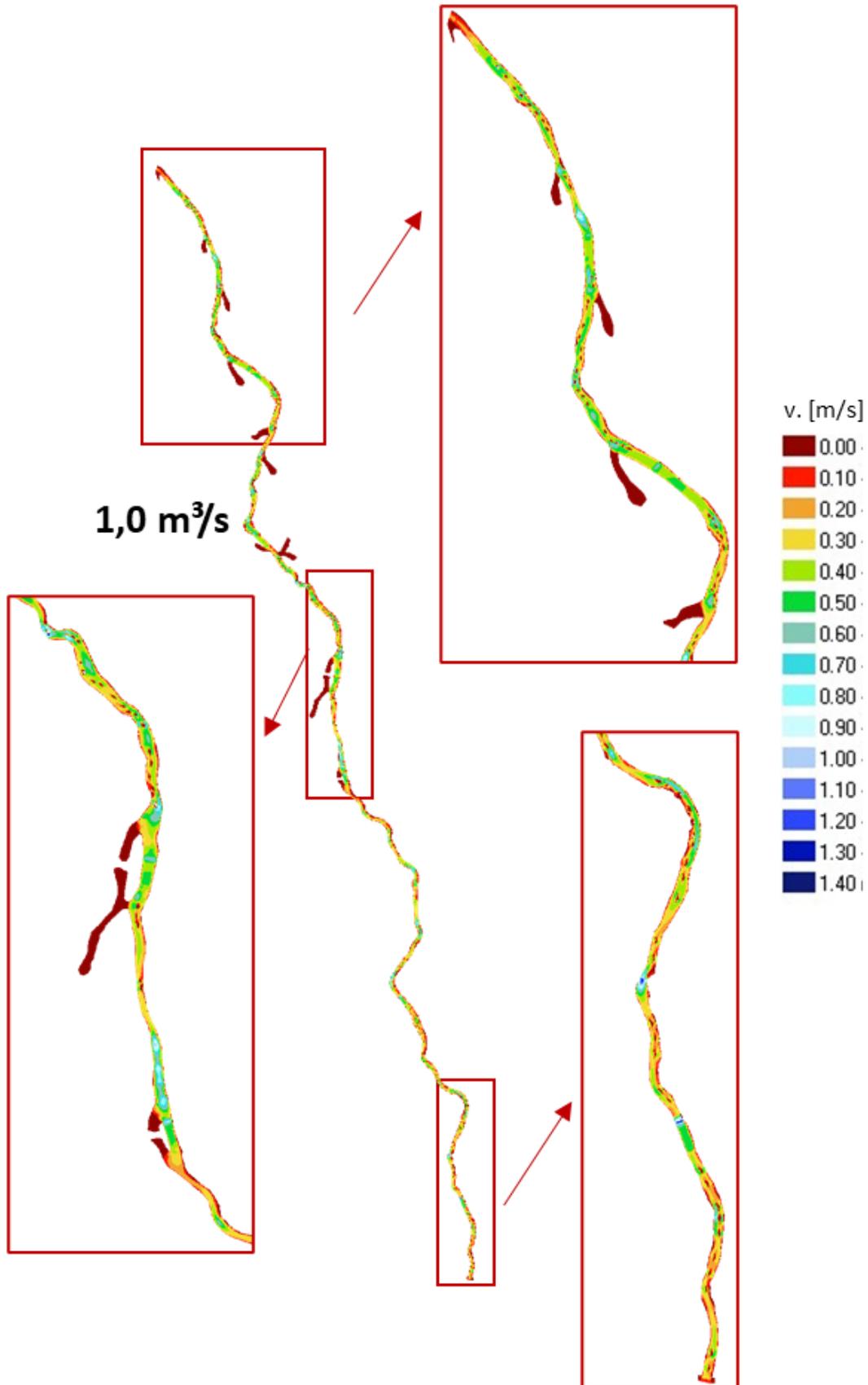


Abbildung 106: Mittlere Fließgeschwindigkeiten M 42 – Seitenarm bei einem Abfluss von $1 \text{ m}^3/\text{s}$

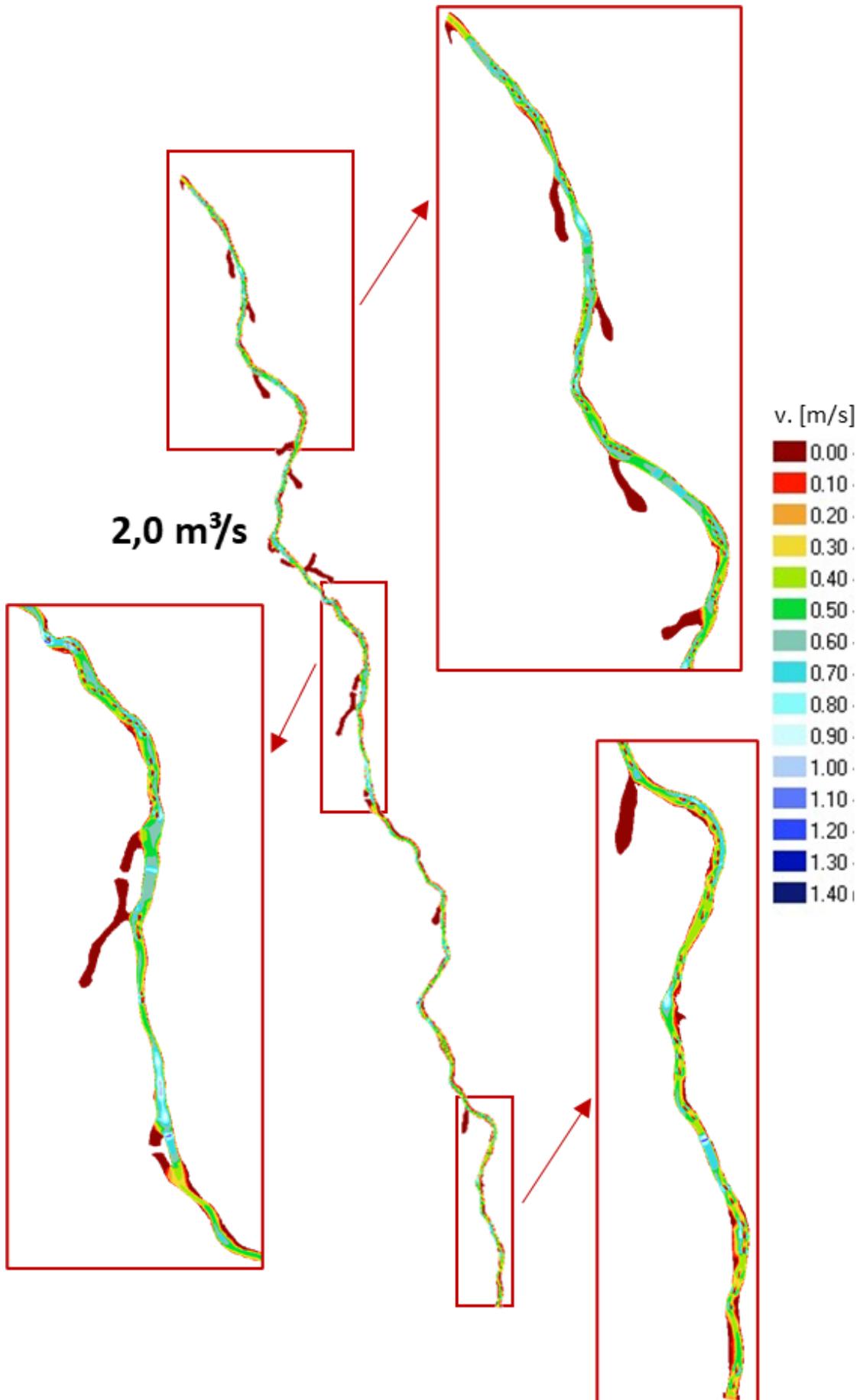


Abbildung 107: Mittlere Fließgeschwindigkeiten M 42 – Seitenarm bei einem Abfluss von 2m³/s

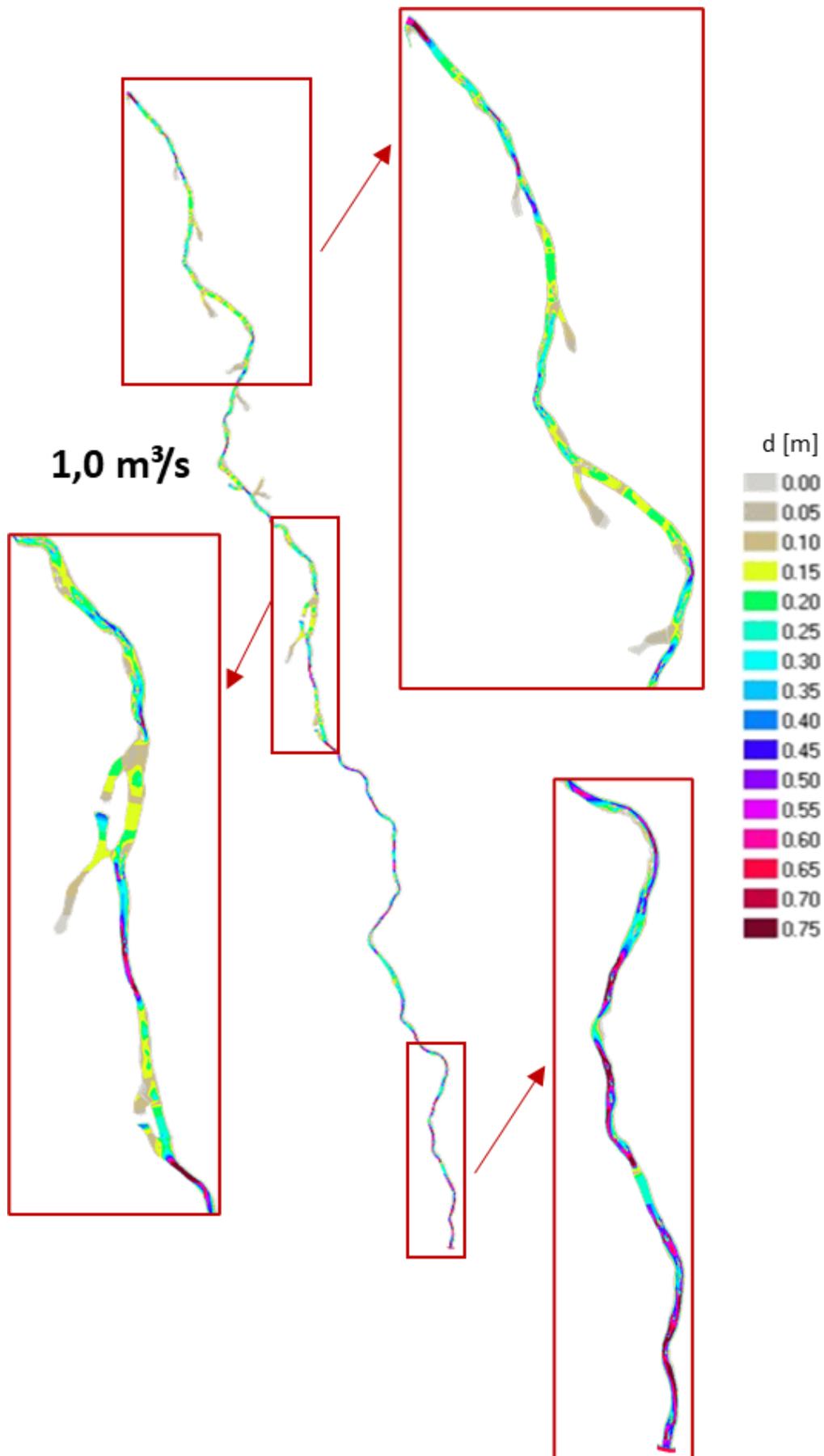


Abbildung 108: Wassertiefen M 42 – Seitenarm bei einem Abfluss von $1 \text{ m}^3/\text{s}$

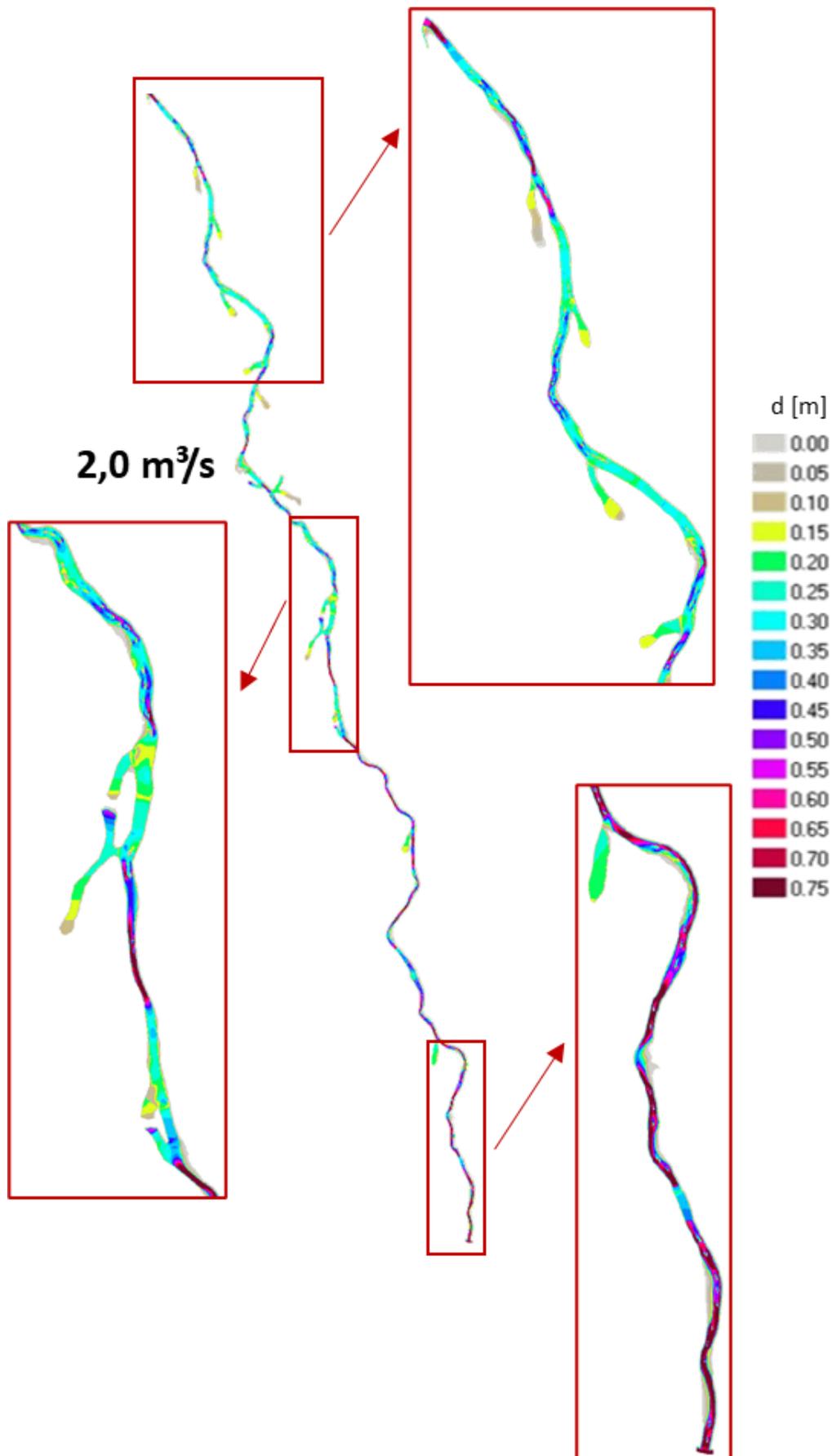


Abbildung 109: Wassertiefen M 42 – Seitenarm bei einem Abfluss von $2 \text{ m}^3/\text{s}$

5.4.3 Morphologie, Sedimenthaushalt

Das Verhältnis Geometrie zu Abfluss im Seitenarm ist deutlich besser als im Hauptgerinne (Hauptgerinne: zu wenig Abfluss durch Ausleitungen), was sich in einem deutlich dynamischeren Belastungsbild widerspiegelt. Aus morphologischer Sicht ist das Konzept Seitenarm besser geeignet eigendynamisch Iller-typische Verhältnisse auszubilden. Dieses entspricht der ursprünglichen furkierenden Iller, der Nebenarm kann als Teil des ursprünglich furkierenden Systems gesehen werden.

Exemplarisch herausgegriffen in Abbildung 110 ist ein vorgesehenes Steilufer rechtsufrig. Sowohl in der Schubspannungs- als auch in der Transportanalyse (EROSED 6 mm) ist zu erkennen, dass erhöhte Belastungen in diesem Bereich erreicht werden. Im Außenbogen findet – verstärkt durch die im Innenbogen angeordneten Hufeisenbuhnen - im Strömungsstrich durchgehender Transport statt (EROSED 6 mm) – ein maßgeblicher Eintrag größerer Materials kann durch eine, gegenüber der Sohle im Mutterbett höher angeordneten, Ausleitung (über eine Schwelle) und bei fachgerechter Planung der Ausleitungssituation verhindert werden. Im Innenbogen und den Buhnenschatten kann Sedimentation von feinerem Material erwartet werden. Es ist die Ausbildung und Erhaltung einer rechtsufrigen Tiefenrinne und des Steilufers möglich.

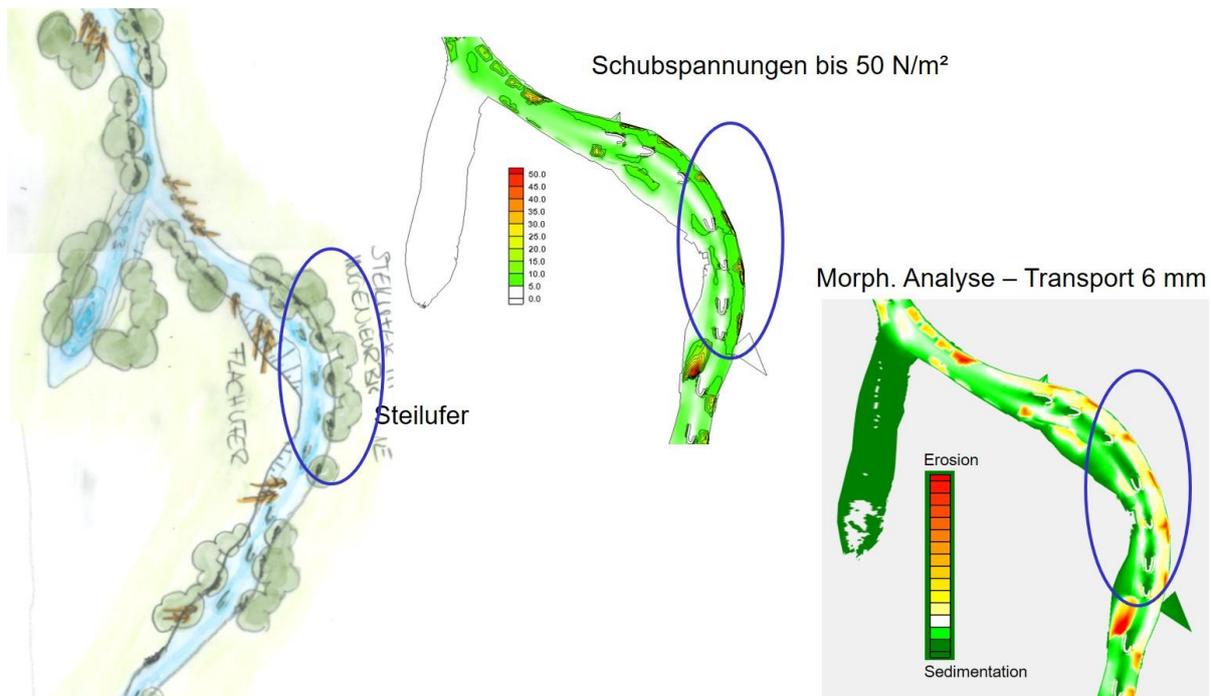


Abbildung 110: Maßnahme M42 – Detailausschnitt, Prognose der morphologischen Entwicklung mit Erosionsintensität und Sedimentation (EROSED für 6mm Korn re.)

Die Analyse des Auslaufbereichs (siehe Abbildung 111) zeigt, dass der unterste Bereich bereits im Stauinfluss (nächste Schwelle flussab) der Iller liegt. Die Belastungen gehen dementsprechend stark, bis auf den Wert Null, zurück, und es findet Sedimentation statt. Berechnungen mit höheren Durchflüssen (nachfolgend) zeigen aber, dass bei höherem Durchfluss auch der untere Bereich mobilisiert wird.

Im Hinblick auf Hochwasserabflüsse sind im Einlauf- und speziell im Auslaufbereich des Nebengerinnes jeweils eine Drossel vorzusehen, da sonst stärkere Erosionserscheinungen auftreten können. Weitere Ausführungen hierzu sind in Kap. 5.4.5 gegeben. Der Vorlandabfluss kann durch die Dimensionierung der Ein- und Ausleitungsbauwerke je Zielsetzung verändert oder weitgehend erhalten werden und ist im Einzelfall vorab zu analysieren (Bordkapazitäten und Wasserfrachten).

Analyse Auslaufbereich (gedrosselter Zulauf oben ca. $Q = 4 \text{ m}^3/\text{s}$)



Abbildung 111: Maßnahme M42 – Auslaufbereich, Prognose der morphologischen Entwicklung mit Erosionsintensität und Sedimentation (EROSED für verschiedene Korngrößen)

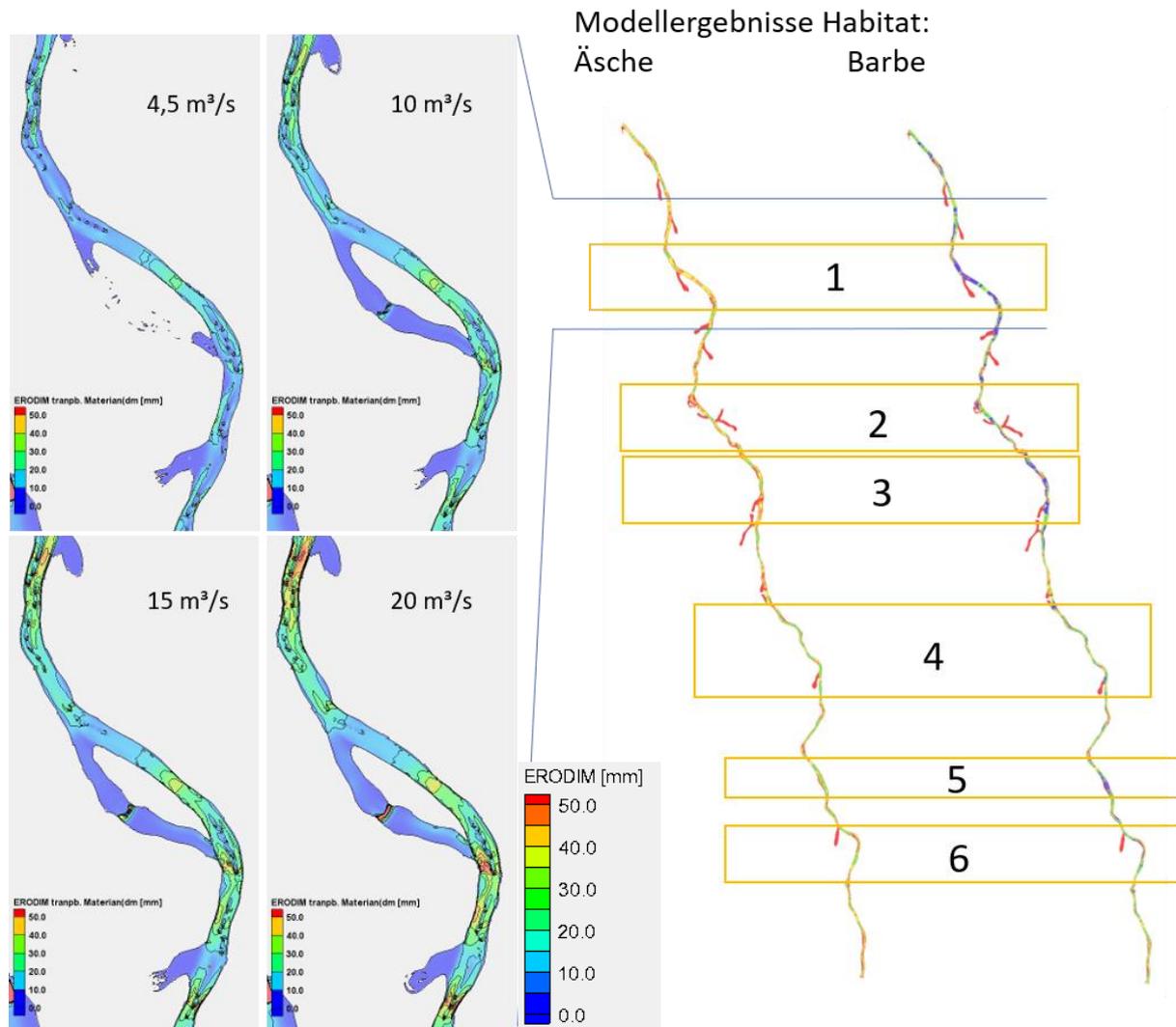


Abbildung 112: Abflusserfordernis für Kiesumlagerungen (Legende gibt transportierbares Material in mm)

Durch eine Steuerung kann der Abfluss periodisch erhöht werden, um die Abflussdynamik im Nebenarm gezielt zu erhöhen (Abbildung 112). Durch den reduzierten Gerinnequerschnitt können

auch bei geringeren Abflüssen morphologische Entwicklungen (Umlagerung, Transport, Austrag feinerer Sedimente) erfolgen (siehe Tabelle 14). Ein verstärkter Feinsedimenteintrag im Nebengerinne kann durch günstige Platzierung des Ausleitungsbauwerks (Anwendung allgemeiner Planungsempfehlungen für Wasserentnahmen aus geschiebeführenden Flüssen) ggf. ergänzt durch einfache flankierende Maßnahmen wie Geschiebeabweiser (Abbildung 113) verhindert werden.

Tabelle 14: Transportierbares Material (dm_{max}) an den hochbelasteten Stellen je Bereich:

Bereich	Q [m ³ /s]	4.5	10	15	20
1	dm _{max} [mm]	bis 20	40-50	45-55	50-60
2		bis 20	30-40	40-50	50-60
3		20-25	40-50	50-70	70-80
4		10-15	15-20	20-25	30-40
5 ^{*)}		15-25	20-30	25-30	25-30
6		10-15	20-30	25-35	35-40

*) Ausuferung ab ca. 10 m³/s daher keine Erhöhung

Im Fall eines Defizits kleinerer Kornfraktionen (ökologisches Erfordernis) können diese in Form von Depots am Beginn des Nebenarms vorgesehen werden, der Austrag dieser Materialien wird im Nebenarm (auch bei Hochwasser) deutlich geringer sein als im Mutterbett.

Ökologisch ist das periodische, lokale Umlagern (Mobilisieren) von Kiesmaterial wichtig (2 – 63 mm). Die Möglichkeit des Eintrags höherer Abflussmengen (Spülung bei höheren Abflüssen) wäre daher für die Funktionsfähigkeit wesentlich (Tabelle 14). Dies sollte bevorzugt in Phasen mit geringer Trübung stattfinden, um Kolmatierung durch Feinsedimente zu verhindern. Das Herunterfahren des Abflusses sollte nicht zu abrupt erfolgen, um das Stranden von Fischen und MZB zu verhindern. Ein Absenken über einen Zeitraum von 30 bis 60 min wird als zweckmäßig angesehen.

Bereits bei rd. 4-4,5 m³/s kann kleinräumig Material bis etwa 20-25 mm (etwa Fein- bis Mittelkies) umgelagert werden. Um grobkiesiges Material zwischen 20 und 60 mm (Laichsubstrat wichtiger Fischzeigerarten) in lokalen Bereichen bewegen zu können, wäre ein Abfluss von rd. 10-15 m³/s erforderlich, um Material an der oberen Grenze des Grobkiesbereichs bei 60 mm und darüber hinaus zu bewegen, wären ca. 20 m³/s notwendig. D.h. bei richtiger Dimensionierung der Drosseln werden einerseits Umlagerungen von Kiesbänken ermöglicht, aber ein schneller Austrag von Laichsubstraten vermieden. Dennoch wird eine Feststoffbewirtschaftung über die Anlage von **Kiesdepots** im oberen Abschnitt der Seitenarme notwendig sein, um über längere Zeiträume geeignete Substrate zur Verfügung zu stellen.

Wie bereits in Kap. 4.5.2 angemerkt sind Wassertiefe und Fließgeschwindigkeit die maßgeblichen Parameter morphologischen Prozesse. Im Falle der Reduktion von Abflüssen durch Entnahmen über einen großen Teil des Jahres ist die Anpassung der Gerinnegeometrie (Nebenarm) an die Abflussgegebenheiten ein Ansatz, um zumindest in Teilbereichen naturnahe Sohlzustände zu erreichen und die Zielvorgaben zumindest in diesen Abschnitten erreichen zu können. Hochwasserabflüsse müssen im Mutterbett verbleiben, eine räumliche Trennung (Nebenarm) ist dabei zwingend.



Abbildung 113: Geschiebeabweiser an der Alm / Österreich

5.4.4 Ein- und Auslauf des Seitenarms

Sowohl Einström- als auch Ausströmabflüsse sollten limitiert werden. Die Limitierung kann durch einfache Öffnungen im Begleitdamm erfolgen. Die Öffnungen sind im Normalfall (Restwasser) frei durchflossen und weisen im HW-Fall Druckabfluss auf (Drosselung durch Dammbalken, Schütz, Zusatzdotationsöffnung o.ä.). Die Auslegung ist lokal anzupassen.

Vor allem folgende Aspekte sind jeweils vorab zu klären bzw. Ziele festzulegen:

Einströmsituation:

- Limitierung durch Dammöffnung
- Einlaufsicherungen gegen Erosionserscheinungen (s. Abbildung 114 re.)

Ausströmsituation:

- Limitierung durch Dammöffnung

Limitierung v.a. erforderlich bei:

- Beeinflussung Vorlandabfluss (Bestand) – folgende Fragen sind zu klären:
 - + Einfluss auf Aue
 - + Einfluss auf Retention
 - + Einfluss auf GW
- Ausströmlimitierung zur Sohlsicherung – folgendes muss berücksichtigt werden:
 - + HW Abfluss im Hauptgerinne erfolgt rascher als im Nebengerinne – Sohlbelastung
 - + Sohlbelastung generell im Nebenarmsystem

Mit einer Drossel können die Ausleitung am Einlauf und der Rückfluss am Auslauf des Seitenarms kontrolliert und angepasst werden. Ohne Drosselung (offener Ablauf) errechnet sich bei HQ₂ ein Abfluss von über 100 m³/s durch das Nebengerinne (siehe auch Risikobetrachtung Kap. 5.4.5). Mögliche Zuflüsse im Hochwasserfall über tiefer liegende Dammbabschnitte und Vorlandabflüsse sind dabei zu berücksichtigen.

Prinzip Drosselbauwerk (Zulauf) – Ungesteuert



Öffnungsgröße durch Stahlplatte (Dammbalken) variier- aber nicht steuerbar.

- Gesteuert



Sicherung im Auslauf



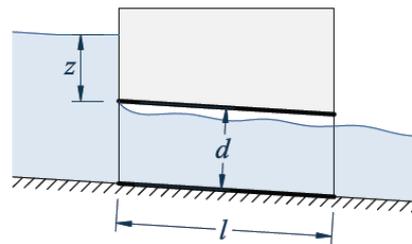
Abbildung 114: Prinzip Drosselbauwerk

Im Einlaufbereich sind lokal stärkere Erosionserscheinungen möglich, wenn der Zulauf nicht gedrosselt wird. Auch eine Drosselung kann direkt nach dem Bauwerk (Prinzip siehe Abbildung 114) lokal Sicherungsmaßnahmen erfordern. Dies ist jedoch durch einfache Maßnahmen (Wasserbausteine) herstellbar und Teil einer Detailplanung.

Im Folgenden ist das Beispiel einer Dimensionierung des Abflusses und Zuflusses für die Referenzmaßnahme 42 gegeben. Wie in Kap. 5.4.3 erwähnt, ist ein Abfluss von rund 20 m³/s erforderlich, um Korngrößen bis zu Grobkies großflächig in Bewegung zu versetzen. Ein deutlich größerer Abfluss sollte allerdings vermieden werden, um ein Ausräumen von Kiesfraktionen aus dem Seitenarm zu verhindern. Dies ließe sich durch Begrenzung des Auslaufquerschnitts realisieren.

Für den Auslauf am unteren Ende wird ein eingestauter Durchlass mit Teilfüllung angesetzt. Der Durchfluss ermittelt sich nach der folgenden Gleichung (hier beispielhaft für einen kreisförmigen Durchlass, um die Dimensionen zu verdeutlichen, für die Ausführung sind Sohlstrukturen und Substrateinbringung vorzusehen):

$$Q = A \cdot v = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \mu \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot \left(z + \frac{d}{2}\right)}$$



Bei einem Durchlassdurchmesser von 2,6 m (ca. 5,3 m² Querschnittsfläche) und einem angenommenen Einstau von 0,5 m ergibt sich ein Durchfluss von ca. 20,5 m³/s. Durch eine Verringerung des Durchmessers auf 1,9 m (ca. 3 m² Querschnittsfläche) ließe sich der Durchfluss auf ca. 10 m³/s begrenzen. Für die Umsetzung würden sich Rechteckdurchlässe mit etwas größeren Querschnittsflächen (wg. des geringeren Abflussbeiwerts) anbieten, da mit ihnen eine temporäre Querschnittsverengung durch Dammbalken einfacher umzusetzen ist. Das entspräche im vorliegenden Fall mit einer Querschnittsfläche von etwas mehr als 5,3 m² einem Rechteckquerschnitt mit ca. 3 m Breite und einer Höhe von etwas weniger als 2 m beim Durchfluss 20 m³/s. Für eine Reduktion auf 10 m³/s wären ca. 40% der Fläche mit Dammbalken zu verschließen.

Am Einlauf könnten eine ähnliche Abflussdrosselung vorgesehen werden. Diese ist aber im vorliegenden Falle der M42 nur sehr bedingt wirksam, da im Einlaufbereich der gewässerbegleitende Damm überströmt wird. Ansonsten wären die Dimensionen ähnlich wie beim Auslauf vorzusehen.

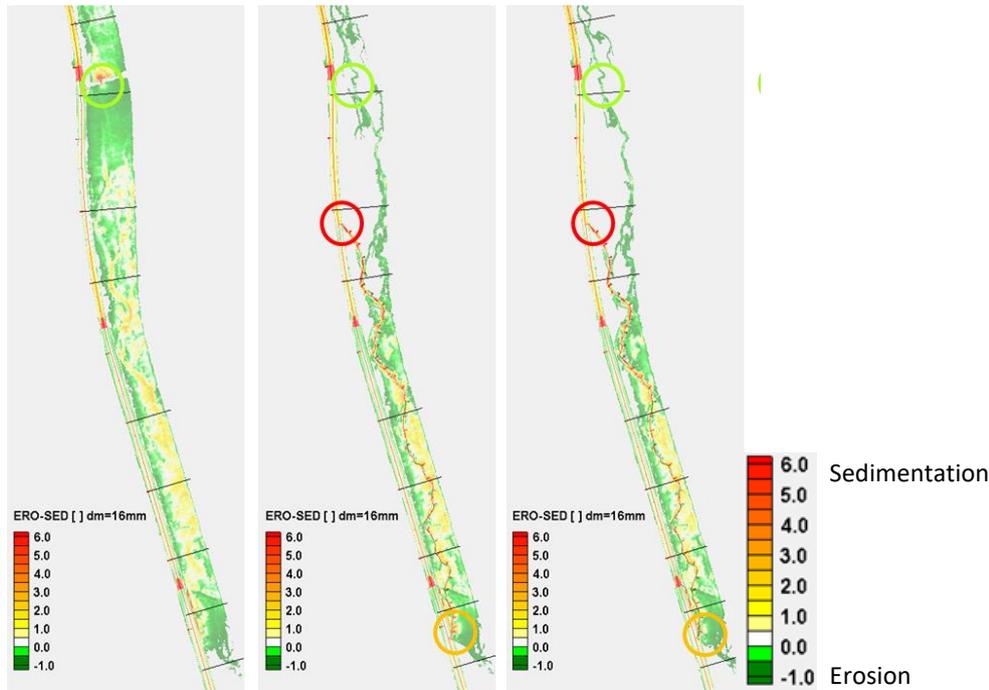
5.4.5 Situation bei Hochwasser und Steuerung

Für die Anlegung des Seitenarms (Maßnahme M42) wurde eine Analyse des Gesamtsystems im Fall des Eintretens eines HQ₁₀₀ durchgeführt. Nachfolgend ist die Analyse für den Planzustand einer oberen Drossel, aber keiner unteren Drossel dargestellt, um die Maßnahmenentwicklung zu zeigen (PLAN -> Zustand ohne Drossel und PLAN Zustand mit einer Drossel oben).

In den Tabellen (Abbildung 115) sind die Situationen bis HQ₁₀₀ (Darstellung) für die Bereiche Vorlandabfluss/Durchlass (VL/DL - grüne Markierung), Auslaufbereich Seitenarm (NG OUT – rote Markierung) und Einlaufbereich Seitenarm (NG IN – gelbe Markierung) dargestellt. Ziel der Maßnahmenoptimierung bei M42 war es, den Vorlandabfluss nicht maßgeblich zu beeinflussen (Thema Retention). Deutlich erkennbar ist trotzdem die Entwässerungswirkung durch den Seitenarm, durch den die Überflutung des Vorlandes im unteren Teil der Maßnahme deutlich geringer ausfällt.

Dabei ist zu erkennen, dass die obere Drossel zwar den Zufluss zum Seitenarm reduziert (von ca. 70 m³/s auf etwa 22 m³/s), aufgrund der Überbordung bei HQ₁₀₀ wirkt sich dies flussab aber kaum mehr aus (vergl. PLAN-Zustände).

M42 / ERO-SED (dm = 16mm) / HQ₁₀₀ (ca. 860 m³/s)
 IST PLAN PLAN / Drossel Oben



Flkkm	VL/DL		VL/DL		VL/DL	
	23.600		23.600		23.600	
Abfluss	IST		PLAN		PLAN Drossel Oben	
	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]
	20	0.0	0.0	0.0		
	25	0.0	0.0	0.0		
MQ	50	0.0	0.0	0.0		
	75	0.0	0.0	0.0		
	100	0.0	0.0	0.0		
	200	0.0	0.0	0.0		
	300	19.9	0.0	0.0		
HQ2	420	73.8	3.4	2.1		
HQ10	600	99.4	44.3	42.3		
HQ20	680	103.7	53.9	52.7		
HW50	780	107.1	65.4	64.7		
HQ100	860	108.4	74.1	73.9		

Flkkm	NG OUT		NG OUT	
	24.100		24.100	
Abfluss	PLAN		PLAN Drossel Oben	
	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]
	20	3.5	3.4	
	25	3.7	3.5	
MQ	50	4.3	4.1	
	75	5.6	4.3	
	100	7.0	4.5	
	200	17.6	4.5	
	300	36.3	20.4	
HQ2	420	102.4	92.3	
HQ10	600	161.6	158.1	
HQ20	680	176.0	173.6	
HW50	780	185.0	183.8	
HQ100	860	181.3	180.6	

Flkkm	NG IN		NG IN	
	24.100		24.100	
Abfluss	PLAN		PLAN Drossel Oben	
	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]
	20	3.5	3.4	
	25	3.7	3.5	
MQ	50	4.5	4.2	
	75	5.6	4.5	
	100	7.0	4.5	
	200	17.6	4.5	
	300	34.6	7.8	
HQ2	420	43.8	13.7	
HQ10	600	55.3	18.3	
HQ20	680	60.5	20.3	
HW50	780	67.2	22.0	
HQ100	860	70.2	22.3	

Abbildung 115: Maßnahme M42 - morphologische Analyse, Hochwasserbetrachtung

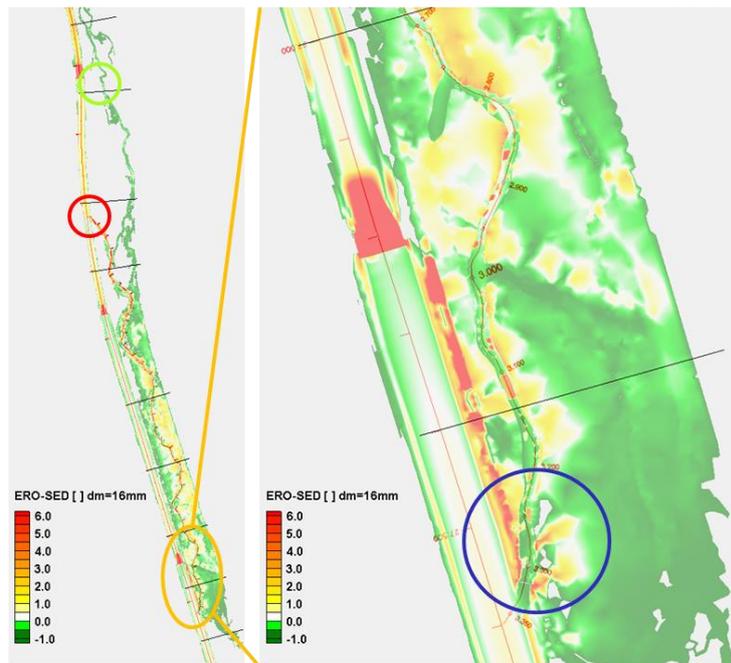
Ohne Drossel im Auslass käme es zu einer vorzeitigen (gegenüber dem Istzustand) Rückführung der Wasserfrachten aus dem Vorland. Dies beeinflusst sowohl den weiteren Vorlandabfluss (Reduktion von ca. 108 m³/s (Istzustand) auf etwa 74 m³/s) als auch die Hochwasserwelle selbst (Retention).

Im Hinblick auf Hochwasserabflüsse ist speziell im Auslaufbereich des Seitenarms eine Drossel vorzusehen, um sowohl den Vorlandabfluss an die jeweiligen Zielsetzungen anpassen zu können als auch die speziell im unteren Teil des Nebenarms starken Erosionserscheinungen im Hochwasserfall zu vermeiden.

Die Belastungen im Seitenarm sind gegenüber der Vorlandbelastung (Oberflächenbelastungen) nicht höher (analog bestehender Gräben im HW-Fall), ein vorhandener Vorlandabfluss ist dabei berücksichtigt. Die Sohlschubspannungen sind im Normalfall (Restwasser) ausreichend, um feineres Material (< 6 mm) wieder auszutragen.

Der Schutz der Sohle gegenüber Erosion im HW-Fall erfolgt primär durch eine Sohlfixierung beim Durchlass (Öffnungsfixierung und Dammsicherung im Ein- und Auslaufbereich). Sekundär kann bei Gefahr von Auskolkungen auch gröberes Material in die Sohle vorab lokal eingebracht werden.

M42 / ERO-SED (dm = 16mm) / HQ₁₀₀ (ca. 860 m³/s)
 PLAN PLAN / Drossel Oben - Einlaufbei



Fkkm	VL/DL		VL/DL		VL/DL	
	23.600		23.600		23.600	
Abfluss	IST		PLAN		PLAN Drossel Oben	
	[m ³ /s]					
	20	0.0	0.0	0.0		
	25	0.0	0.0	0.0		
MQ	50	0.0	0.0	0.0		
	75	0.0	0.0	0.0		
	100	0.0	0.0	0.0		
	200	0.0	0.0	0.0		
	300	19.9	0.0	0.0		
HQ2	420	73.8	3.4	2.1		
HQ10	600	99.4	44.3	42.3		
HQ20	680	103.7	53.9	52.7		
HW50	780	107.1	65.4	64.7		
HQ100	860	108.4	74.1	73.9		

Fkkm	NG OUT		NG OUT	
	24.100		24.100	
Abfluss	PLAN		PLAN Drossel Oben	
	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]
	20	3.5	3.4	
	25	3.7	3.5	
MQ	50	4.3	4.1	
	75	5.6	4.3	
	100	7.0	4.5	
	200	17.6	4.5	
	300	36.3	20.4	
HQ2	420	102.4	92.3	
HQ10	600	161.6	158.1	
HQ20	680	176.0	173.6	
HW50	780	185.0	183.8	
HQ100	860	181.3	180.6	

Fkkm	NG IN		NG IN	
	24.100		24.100	
Abfluss	PLAN		PLAN Drossel Oben	
	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]
	20	3.5	3.4	
	25	3.7	3.5	
MQ	50	4.5	4.2	
	75	5.6	4.5	
	100	7.0	4.5	
	200	17.6	4.5	
	300	34.6	7.8	
HQ2	420	48.8	13.7	
HQ10	600	55.3	18.3	
HQ20	680	60.5	20.3	
HW50	780	67.2	22.0	
HQ100	860	70.2	22.3	

Abbildung 116: Maßnahme M42 - morphologische Analyse, Einlaufbereich mit Drossel, Hochwasserbetrachtung

5.4.6 Grundwasser und Aue

Eines der Entwicklungsziele des Gewässerentwicklungskonzeptes Untere Iller (Blasy & Øverland 2017) ist die Förderung der Wasserausleitung in die Au. Dadurch sollen feuchte Aueverhältnisse gefördert werden und höhere Grundwasserstände erreicht werden, um Auerinnen, Tümpel und Auwald mit ausreichend Wasser zu versorgen.

Im oberen Abschnitt des Seitenarms bis etwa zur Schwelle bei Fkm 25,5 liegt der Wasserspiegel der Iller bei Mittelwasser über dem rechtsufrig begleitenden Grundwasserspiegel, es findet also ein Zustrom von der Iller in das Grundwasser statt. Die Grundwasserströmungsrichtung geht von West nach Ost. Ab der Schwelle bei ca. Fkm 25,5 liegt der Mittelwasserspiegel kurzzeitig unter dem begleitenden Grundwasserspiegel, hier dreht auch die Grundwasserströmung auf Ost nach West. Am unteren Ende des Seitenarms, bei der Mündung in die Iller, liegt der Mittelwasserspiegel wieder über dem Grundwasserspiegel. Exemplarisch ist die Auswertung der Grundwassermessstelle 142/768-9 in Abbildung 117 dargestellt. Deutlich ist auch hier der grundsätzliche Absenkungstrend erkennbar.

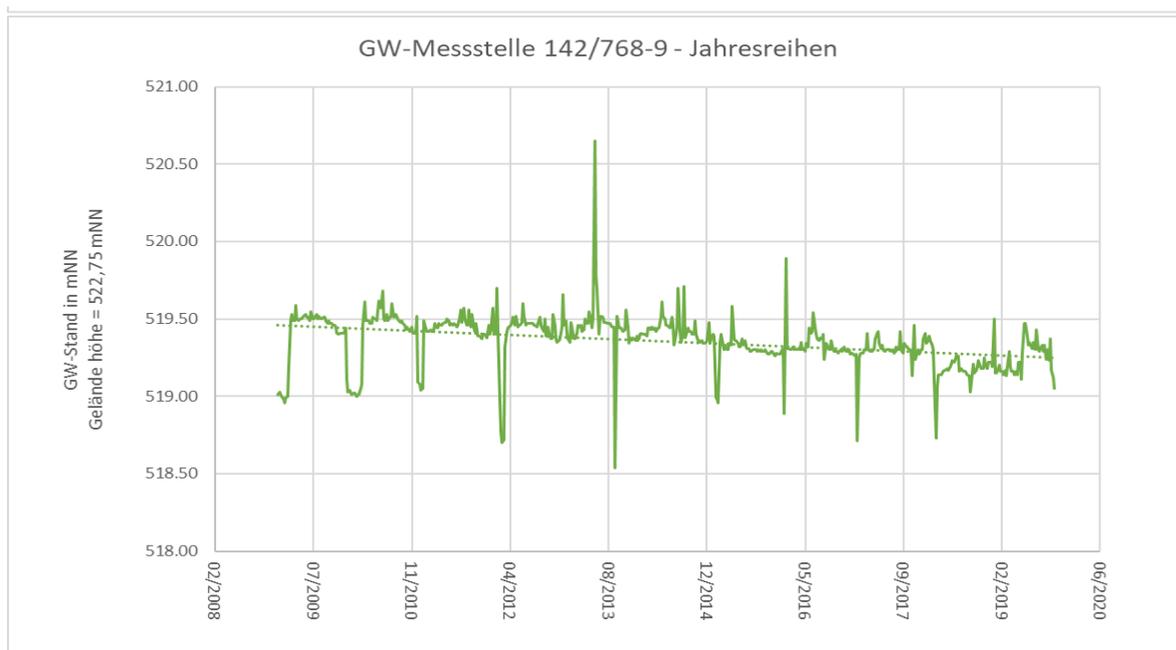


Abbildung 117: Auswertung Grundwassermessstelle 142/768-9 - Maßnahmenbereich M42

Grundsätzlich kann davon ausgegangen werden, dass durch den Seitenarm ein zusätzlicher Zustrom in das Grundwasser stattfinden wird. Durch die Dotation des begleitenden Auwaldes kann der Grundwasserspiegel auch im Bereich, in dem er derzeit unter dem Mittelwasserspiegel der Iller liegt, angehoben werden. Totarme und kleine Tümpel im Seitenarmsystem tragen zusätzlich zu einer Anreicherung bei und bilden die Grundlage für die Reaktivierung von Feuchthabitaten.

Folgende Aspekte sind jeweils vorab zu klären bzw. Ziele sind festzulegen:

- Ermittlung des GW-Standes
- Beeinflussung GW-Stand
- GW über Sohle Nebenarm – GW Entzug (ggf. Drainagewirkung)
- GW unter Sohle Nebenarm – speziell am Maßnahmenanfang (zeitlich) hoher Versickerungsraten zu erwarten – Einfluss auf Restwassermenge flussab!

Abhängig von der Höhensituation der GW-Spiegel in Bezug zur Sohle der Seitenarme können Wasserverluste bei tiefer liegenden GW-Spiegeln relevant sein. Die konkrete GW Situation ist bei der Planung zu prüfen. Die In- bzw. Exfiltrationraten werden sich durch Mobilisierung, Transport und Eintrag von Feinmaterial (Kolmation) natürlich reduzieren. Falls erforderlich (nur bei tief liegenden GW-Spiegel / Infiltration ins GW) kann im Rahmen der Umsetzung (in Abstimmung mit allen Fachbereichen) durch gezielte Einbringung von Feinmaterial unter der Kiessohle, dieser Prozess beschleunigt bzw. vorweggenommen werden. Im Falle dieses Erfordernisses sind diese Maßnahmen in enger Abstimmung mit der Ökologie zu erarbeiten, da die Sohlzusammensetzung bzw. der Sohlaufbau lebensraumlimitierend sind.

Eine mineralische Abdichtung zur Verhinderung der Versickerung aus den Seitenarmen in das Grundwasser könnte beispielsweise mittels eines Ton-Schluff-Gemisches mit einer Stärke von etwa 0,6 m bis 1 m und einem k_f -Wert von $\leq 10^{-3}$ m/s erreicht werden.

Im Zuge der Planung von Fischaufstiegsanlagen an den Wehren Unter- und Oberbalzheim (Fkm 25,200 bzw. Fkm 27,100) wurden für die geotechnischen Gutachten Rammbohrungen durchgeführt. Im Zuge dessen konnte der Grundwasserspiegel jeweils 3 – 5 m unterhalb der Geländeoberkante (GOK) festgestellt werden (siehe Abbildung 118). Die jeweilige stauende Schicht (unterlagerte Molasse) befindet sich etwa 15 – 16 m unter GOK. Pumpversuche zeigen, dass der Grundwasseraquifer als stark durchlässig einzustufen ist (k_f -Wert für anstehenden Terrassenkies durchschnittlich bei etwa $6,3 \times 10^{-3}$ m/s).

Bohrung	Datum	Wasser nach Bohrende	
		m u. GOK	m ü. NN
BK 1/19	11.10.2019	3,30	515,77
BK 2/19	11.10.2019	3,40	515,53
BK 3/19	14.10.2019	3,85	515,21
BK 4/19	15.10.2019	3,90	514,80
BK 5/19	10.10.2019	3,70	514,90
Wsp. Iller, Oberwasser	10.10.2019	-	519,10
Wsp Iller, Unterwasser	10.10.2019	-	514,86

Abbildung 118: Gemessene Wasserspiegel in den Bohrungen BK1/19 bis BK 5/10 am Wehr Unterbalzheim; Bohrungen oberhalb der Schwelle rot strichliert umrandet, Bohrungen unterhalb der Schwelle orange durchgehend umrandet (aus: Ingenieurbüro Gebler, 2020)

Grundwassermonitoring-Daten vom September 2019 bis April 2020 in den jeweiligen geotechnischen Berichten zur Errichtung der Fischaufstiegsanlage am Wehr Unterbalzheim, Fkm 25,200, bzw. am Wehr Oberbalzheim, Fkm 27,100 (Ingenieurbüro Gebler, 2020) zeigen, dass die Grundwassersituation deutlich von den Querbauwerken beeinflusst ist. Oberhalb der Wehre liegt der Grundwasserspiegel deutlich unterhalb des Iller-Wasserspiegels, unterhalb der Wehre teilweise über dem Iller-Wasserspiegel. Die Situation wandelt sich von einer influenten zu einer efluenten Situation von oberhalb zu unterhalb der Schwellen. Weiter ist gut zu erkennen, dass der Grundwasserspiegel deutlich mit dem Iller-Wasserspiegel korreliert und Veränderungen in der Iller sich zu ca. 60 bis 70% im Grundwasserstand widerspiegeln (siehe dazu Abbildung 119 und Abbildung 120).

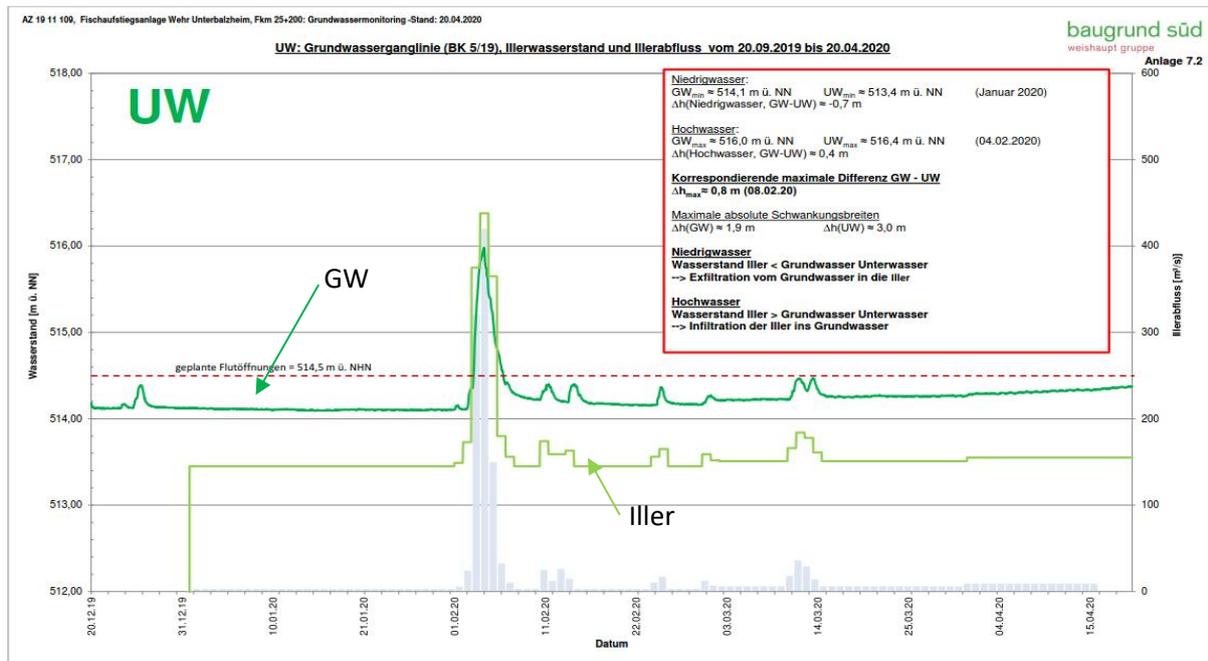


Abbildung 119: Grundwasserganglinie (BK1/19), Illerwasserstand und -abfluss, 20.09.2019 bis 20.04.2020 im Unterwasserbereich des Wehres Unterbalzheim (aus: Ingenieurbüro Gebler, 2020)

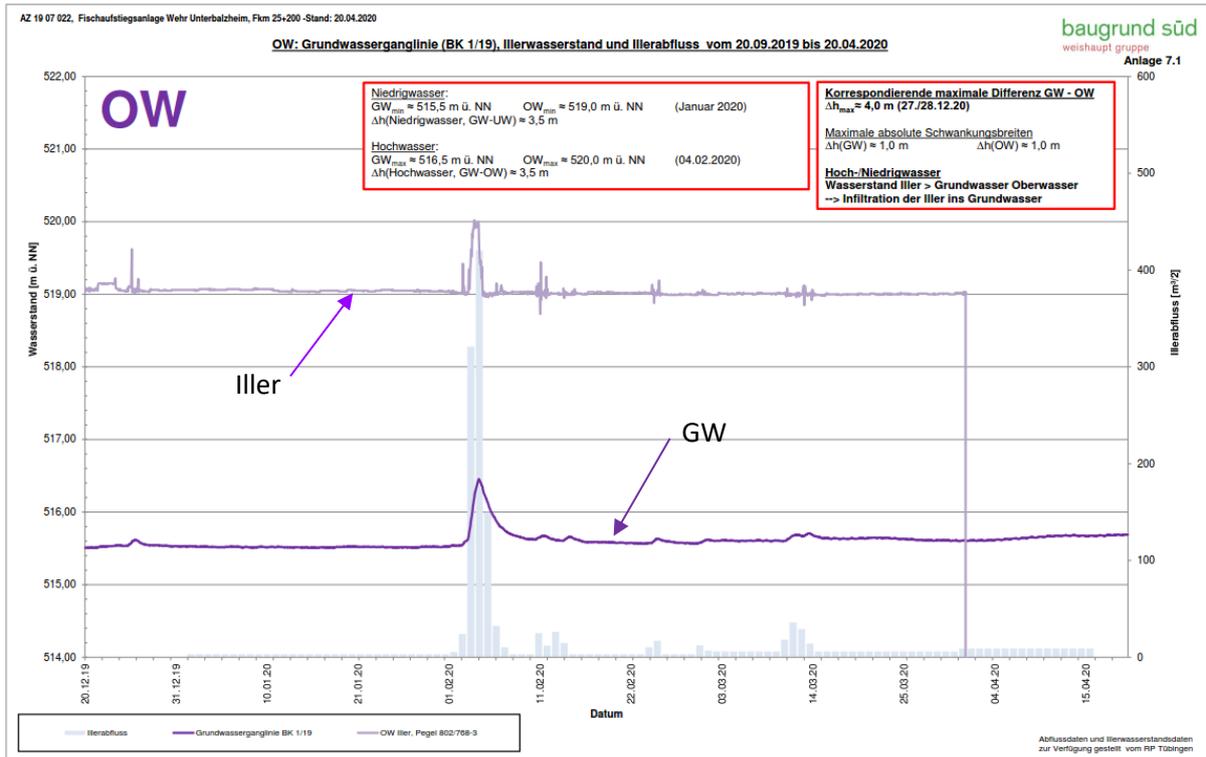


Abbildung 120: Grundwasserganglinie (BK1/19), Illerwasserstand und -abfluss, 20.09.2019 bis 20.04.2020 im Oberwasserbereich des Wehres Unterbalzheim (aus: Ingenieurbüro Gebler, 2020)

5.4.7 Habitate und ökologische Bewertung

Ähnlich wie für die Geometrie des Strömungsmodells (s. 5.3.2) wurden auch für die Abschätzung der Substratverteilung im geplanten Seitenarm Ergebnisse der Strömungsmodellierung verwendet. Aus den Strömungskräften bei erhöhten Abflüssen wurden die transportierten bzw. die nicht in Bewegung geratenden, stabilen Korngrößen abgeleitet. Aus diesen Informationen wurde eine Substratkarte erzeugt. Diese wurde lokal, z.B. im Strömungsschatten von Einzelstrukturen noch über Experteneinschätzung angepasst. Abbildung 121 zeigt die hohe räumliche Auflösung der Substratverteilungskarte, die neben Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten Grundlage für die Habitatmodellierung ist.

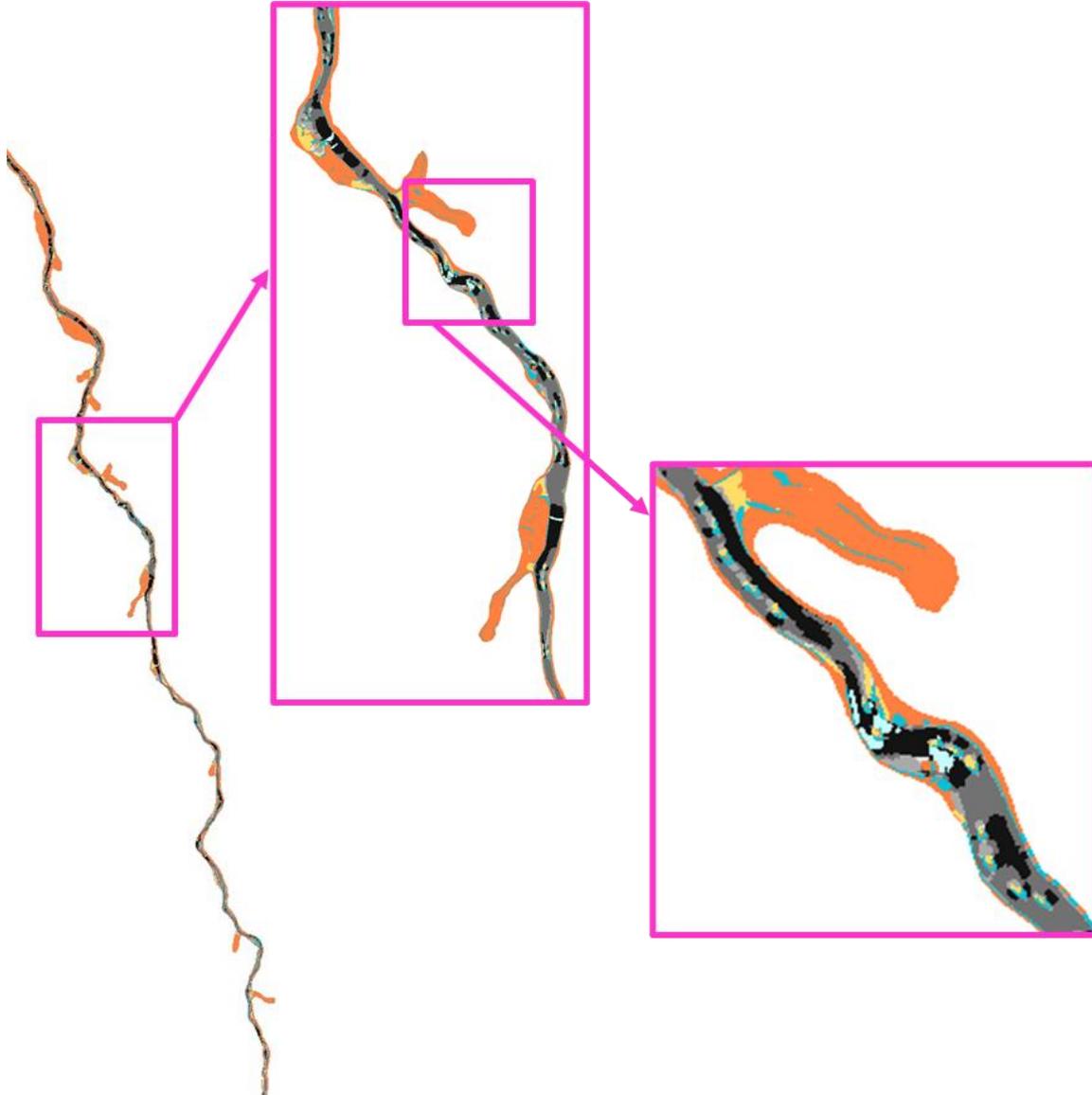


Abbildung 121 Substratkarte für den modellierten Seitenarm, abgeleitet aus Strömungsberechnungen

Zwei beispielhafte Ergebnisse der Habitatmodellierungen, die Habitateignungskarten für laichende Äschen und Äschenlarven, sind in Abbildung 122 dargestellt. Aufgrund der großen Länge des Seitenarms von ca. 3 km ist die räumliche Verteilung im dargestellten Maßstab nicht im Detail zu erkennen. Die Karten geben aber eine Ahnung der Heterogenität der Habitate.

Die darunter dargestellten statistischen Verteilungen der 3 Eignungsklassen "nutzbar" (gelb) bis "gut" und "sehr gut" (grün und blau) zeigen jedoch, dass die guten bis sehr guten Laichhabitate im Umfang deutlich anwachsen mit steigenden Abflüssen, besonders bei Abflusssteigerungen von 1,0 auf 1,5 und weiter auf 2,0 m³/s (Abbildung 122 unten links). Die guten bis sehr guten Larvenhabitate wachsen bei Steigerung von 1,0 auf 2,0 m³/s ebenfalls deutlich an und sind darüber nahezu stabil, was auf eine gute Ausprägung der Flachwasserzonen mit geringer Strömung zurückzuführen ist.

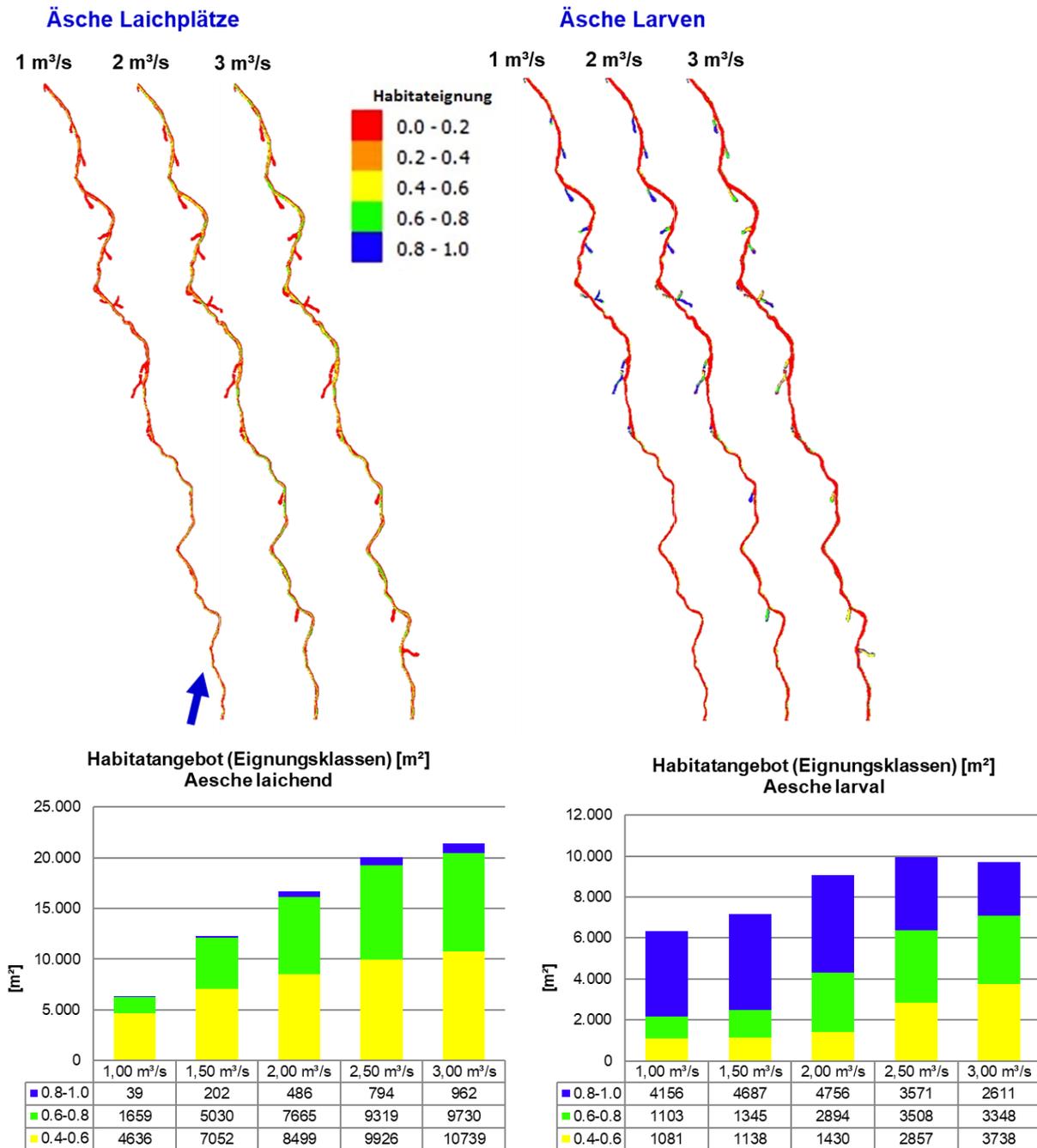


Abbildung 122 Habitateignungskarten und statistische Verteilung der Eignungsklassen in m² (Eignungsklassen 0,4 bis 1,0, „nutzbar“ bis „sehr gut“) für Abflüsse zwischen 1,0 und 3,0 m³/s

Diese Ergebnisse zeigen, dass die Seitenarme für aktuell besonders defizitäre Habitate deutlich positive Auswirkungen haben. Gerade die dargestellten Reproduktions- und Larvalhabitate haben einen entscheidenden Einfluss auf die Etablierung von stabilen Populationen und sind von strukturellen Defiziten in der Iller stark betroffen.

Mit den Seitenarmen können Habitate geschaffen werden, die in ähnlichen Umfang im Iller Mutterbett mittels struktureller Aufwertung (Maßnahmentyp „Aufweitung“, s. Kap. 5.5), Erhöhung des Gefälles (Maßnahmentyp „Absenkung“, s. Kap. 5.2) und Erhöhung des Abflusses kaum nachhaltig zu schaffen sind. Das liegt daran, dass der notwendige Mittel- (0,6 bis 2 cm) und Grobkies (2 bis 6 cm) im Mutterbett mit Flutmuldencharakter sehr schnell wieder ausgetragen wird (s.a. Kap. 5.4.3). Hinsichtlich der Wirkung dieser lokal wiederherstellbaren Habitate auf den gesamten Wasserkörper wird auf Kap. 5.6 verwiesen.

Die Ergebnisse für weitere Arten/Altersstadien und Modellabflüsse sind in der Anlage 9.2 gegeben.

5.4.8 Kostenrahmen

Im hier vorliegenden frühen Planungsstadium eines Planungskonzeptes sind noch viele Unwägbarkeiten und kostenrelevante Faktoren nicht bekannt und es müssen Annahmen getroffen werden, sodass nur eine überschlägige Kostenrahmenermittlung möglich ist.

Der Kostenrahmen für die M42 beläuft sich auf **Brutto-Gesamtkosten von ca. 7,0 – 8,5 Mio. €**. Tabelle 15 zeigt die Aufteilung der wesentlichen Kostenmerkmale des Kostenrahmens für die M42. Die detaillierte Kostenermittlung findet sich in Anlage 9.6. Zu den Unterhaltungskosten gelten die unter Kap. 5.3.6.2 gemachten Anmerkungen.

Tabelle 15: Wesentliche Kostenmerkmale M42 (Nettobaukosten ohne Nebenkosten)

Fällarbeiten, Herrichten	4,00 %	171.528,00 €
Bodenbewegungen	40,00 %	1.945.117,00 €
Baukonstruktionen	20,00 %	950.560,00 €
Steinlieferung und Gewässereinbauten	15,00 %	738.042,20 €
Baustellenallgemeinkosten	6,00 %	282.060,00 €
Abfuhr und Entsorgung	12,00 %	618.800,00 €
Sonstiges	3,00 %	131.925,90 €
Summe	100,00 %	4.888.088,00 €

5.5 Referenzmaßnahme M46 Aufweitung

5.5.1 Planungskonzept

Der sehr gleichbreite Ausbau der Iller brachte große Homogenität in das Gewässer. Damit verbunden sind der Verlust von Breiten- und Tiefenvarianz, sowie die habitatbildenden Auswirkungen der typischen Eigendynamik. Zur Minimierung dieser Defizite können an geeigneten Streckenabschnitten Aufweitungsbereiche geschaffen werden, die diese Prozesse bis zu einem bestimmten Maß und ggfs. in kontrollierbarer Dimension wieder zulassen.

Die bei diesem Maßnahmentyp angestrebten Ziele sind nachfolgend im Einzelnen aufgeführt.

- Herstellung / Entwicklung von heterogen durchströmten Habitaten für Adulte
- Herstellung / Entwicklung von Rückzugshabitaten bei Hochwasser, Herstellung / Entwicklung von Brütlings- und Jungfischhabitaten in strukturreichen Uferzonen mit Anschluss an gut durchströmte Bereiche
- Initiierung von eigendynamischen Prozessen an Erosionsufern

Analog zu den bereits beschriebenen Maßnahmentypen werden wieder wasserbauliche Elemente entweder dauerhaft, oder als Initiatoren verwendet, um diese Entwicklungsziele zu erreichen.

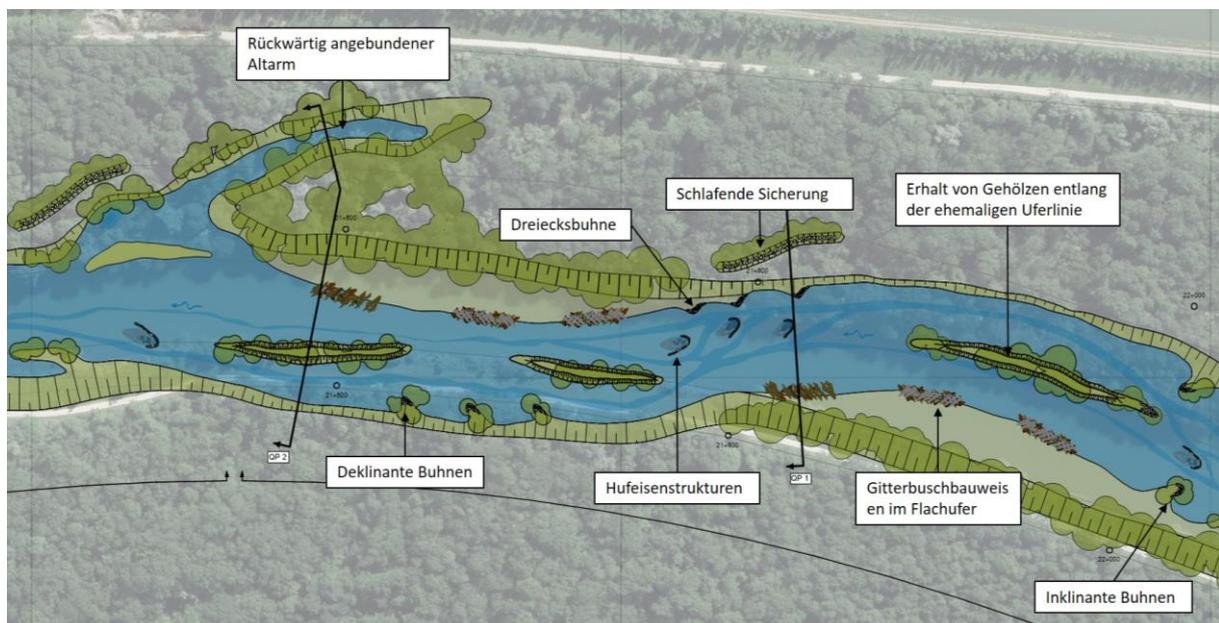


Abbildung 123: Ausschnitt aus dem Lageplan der Maßnahme 46 mit den wichtigsten vorgesehenen Strukturen.

Buhnen

Sequenzen deklinant ausgebildeter Buhnen provozieren eine starke Bündelung der Strömung ans Ufer. Dadurch werden einerseits Tiefrinnen geschaffen, andererseits aber wichtige Erosionsprozesse ausgelöst, die zur Ausbildung von hohen Steilufern führen sollen. Diese können je nach Lage bis zu einem gewissen Entwicklungsgrad der Eigendynamik überlassen werden. So entstehen wertvolle, morphodynamische Bereiche für aquatische wie terrestrische Arten und zusätzlich eine Quelle von verfrachtetem Geschiebe. Sollte der fortschreitenden Erosion an bestimmter Stelle Einhalt geben werden, können „Schlafende Ufersicherungen“ diesen Zweck erfüllen (vgl. Kapitel 5.2.8).

Flachufer

Gegenüber vorgebauten Aufweitungen zur weiteren Entwicklung von Prallufern können mit den gewonnenen Aushubmassen flache Gleituferebereiche geschüttet werden. Die Initialstrukturierung mit Totholz in Form großer Raubäume ist obligatorisch, doch können Bauweisen des naturnahen Wasserbaus zusätzlich wichtige Habitatbildner sein. Dazu gehören die Gitterbuschbauwerke, welche am Ufer- / Flachwasserbereich einerseits eine flächenhaft große Rauigkeit in Form organischer Masse

darstellen, die mannigfaltig besiedelt werden kann (Einstände mit hohem Nahrungsangebot für Jungfische). Andererseits initiieren diese hohlraumreichen Strukturen gewaltige, eigendynamische Prozesse hinsichtlich weiterer Anlandungen von Feststoffen (Schwemmholz, Sand, Silt, ...) sowie der damit verbundenen Habitatvielfalt und Vegetationsdynamik. Vielfach wird der Gitterbuschbau als eigendynamische Verlandungsbauweise eingesetzt, die bei sachgerechter Ausführung vollkommen sich selbst überlassen werden kann (z. B. Aare bei Murgenthal, Schweiz).

Inseln

Zur größeren Strömungsvielfalt können Aufweitungen ganz oder teilweise hergestellt werden. Dabei muss nicht der gesamte Uferbewuchs entfernt werden, vielmehr können zahlreiche, wertvolle Gehölze an der heutigen Uferlinie durch Herausbilden einer länglichen, uferparallelen Insel erhalten bleiben. Die Hinterströmung kann gewollt Erosion an dieser Insel auslösen, alternativ können ingenieurbioologische Sicherungen mit stabilisierendem Gehölzaufwuchs dies verhindern. Durch Ausbildung entsprechend geformter Inselsporne können gezielt tiefere Strömungsrinnen und Strömungskanten (Habitate für adulte Barben und Nasen) entwickelt werden.

Hufeiseninseln

Der Einsatz zahlreicher Hufeiseninseln ist hier wie bei den schon beschriebenen Maßnahmentypen vorgesehen. Insbesondere die Anordnung im Abstrombereich der Bühnenköpfe bewirkt eine zuverlässige Strömungsbündelung, die zur Bildung dauerhafter Tiefrinnen führt. Da beim Maßnahmentyp „Aufweitung“ die Gewässerstrecke rückstaubeinflusst ist und damit unter normalen Abflussbedingungen nur sehr geringe Fließgeschwindigkeiten auftreten, wirken die Hufeiseninseln bei diesen normalen Abflussverhältnissen weniger als in den beiden anderen beschriebenen Maßnahmentypen. Allerdings ist zu erwarten, dass diese Strukturen bei Hochwasserabflüssen bzw. bettbildenden Abflüssen die Tiefenvariabilität und Substratdiversität im nahen Umfeld fördern und somit die Sohlstrukturen im Flussbett bereichern.

Altarme

In geeigneten Bereichen können nahliegende Senken alter Flussarme im Zuge der Herstellung neuer Aufweitungen rückwärtig angebunden werden. Diese sind somit bestens als Rückzugsraum im Hochwasserfall nutzbar. Bei, zumindest partiell, sohlgleichem Anschluss können diese Altarme auch dauerhaft als Stillwasserlebensraum für stagnophile Arten dienen.

5.5.2 Hydraulik

Die realitätsnahe Abbildung der Aufweitungsmassnahme M46 im Strömungsmodell stellte aufgrund der vielen enthaltenen Strukturen ebenfalls hohe Anforderungen an die Modellentwicklung. Die aus der Planung vorliegenden Umriss- und Querprofile werden iterativ in ein Modell überführt. Dies geschah unter Verwendung mehrstufiger Interpolationen (Inverse Distance- und Next Neighbor-Interpolation), über die Erzeugung von Isolinen und deren Versatz, um zu steile Gefälle zu glätten, die Integration von Wasseranschlagslinien in die Geometrie und wiederholte Triangulation (Glättung der Uferlinie), den manuellen Einbau von Kolken und der Mittelung von vorhandenen und neuen Geländegeometrien oberhalb der Wasseranschlagslinie. Entsprechend den Modellierungen für den Istzustand wurden hydraulische Berechnungen für Abflüsse zwischen 3 m³/s und 70 m³/s durchgeführt. Abbildung 124 stellt die tiefengemittelte Fließgeschwindigkeit im Istzustand bei 9 m³/s und mit umgesetzter Maßnahme für die Abflüsse 3, 6, 9 und 12 m³/s dar.

Mit der Umsetzung der geplanten Maßnahme wird die Fließbewegung nicht generell erhöht. Dies ist aufgrund des gleichbleibenden Längsgefälles auch nicht zu erwarten. Das Strömungsmuster als Verteilung der Fließgeschwindigkeiten wird jedoch deutlich heterogener.

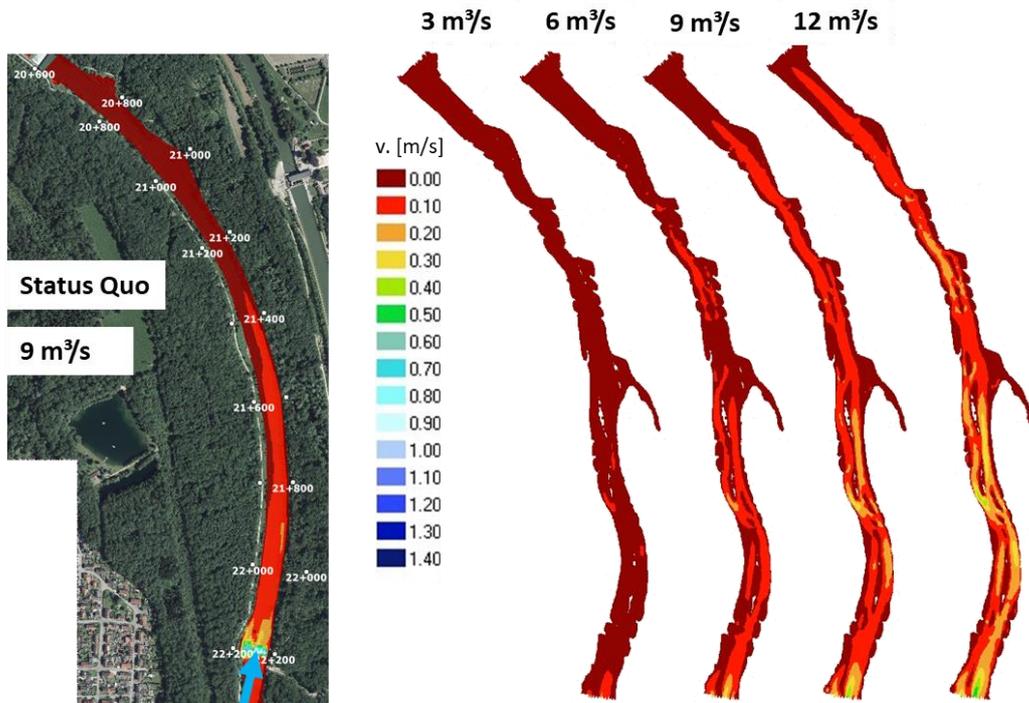


Abbildung 124: Tiefengemittelte Fließgeschwindigkeit für Istzustand bei 9 m³/s (li.) und M 46/47 – Aufweitung bei 3 m³/s, 6 m³/s, 9 m³/s und 12 m³/s

5.5.3 Morphologie, Sedimenthaushalt

Für diese Maßnahmen ist speziell die Möglichkeit eines rechtsufrigen Steilufers im oberen Abschnitt dargestellt (siehe Abbildung 125). Die Analysen zeigen, dass hohe Belastungen auftreten und Dynamik bzw. Erosion zu erwarten ist. Die vorgelagerte Insel teilt die Strömung, schirmt das Steilufer aber nicht komplett ab.

Durch die Maßnahmen im Mutterbett wird die Sohlbelastung reduziert und in unterschiedliche Zonen unterteilt (Lebensraumsituationen). Die Belastungen im rechten Außenufer ermöglichen (in Abh. des anstehenden Materials) die Erhaltung eines Steilufers, sind jedoch nicht so hoch, dass ein Ausbrechen zu erwarten wäre (HQ-Betrachtung).

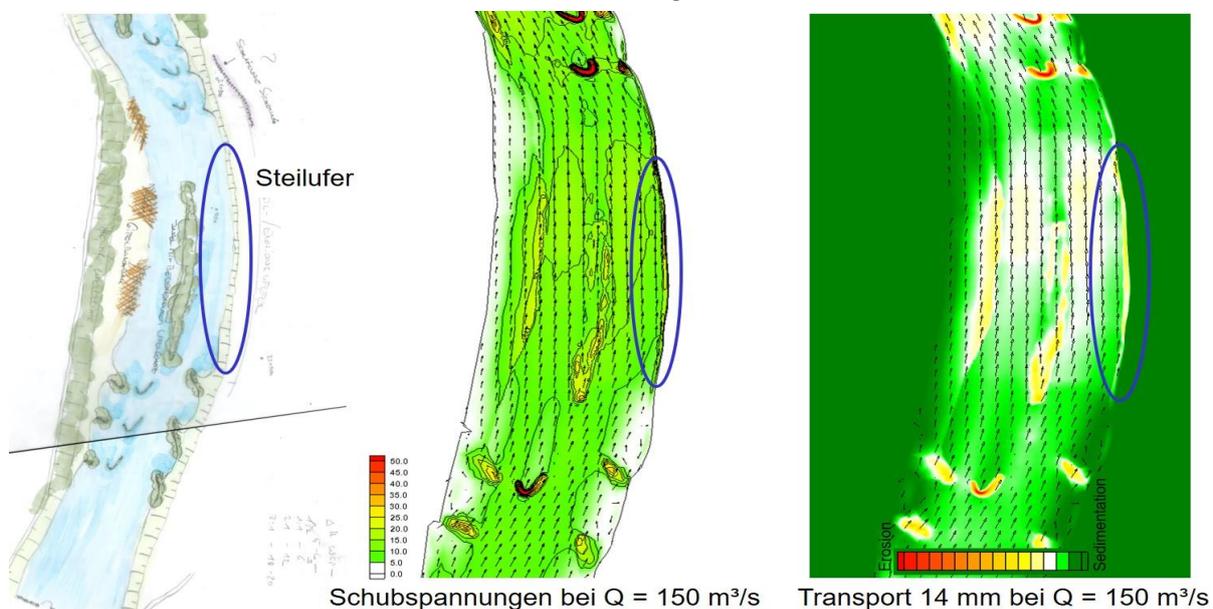


Abbildung 125: Maßnahme M46+47 - Detailausschnitt Steilufer, Prognose der morphologischen Entwicklung mit Erosionsintensität und Sedimentation (EROSED für 14 mm Korn re.)

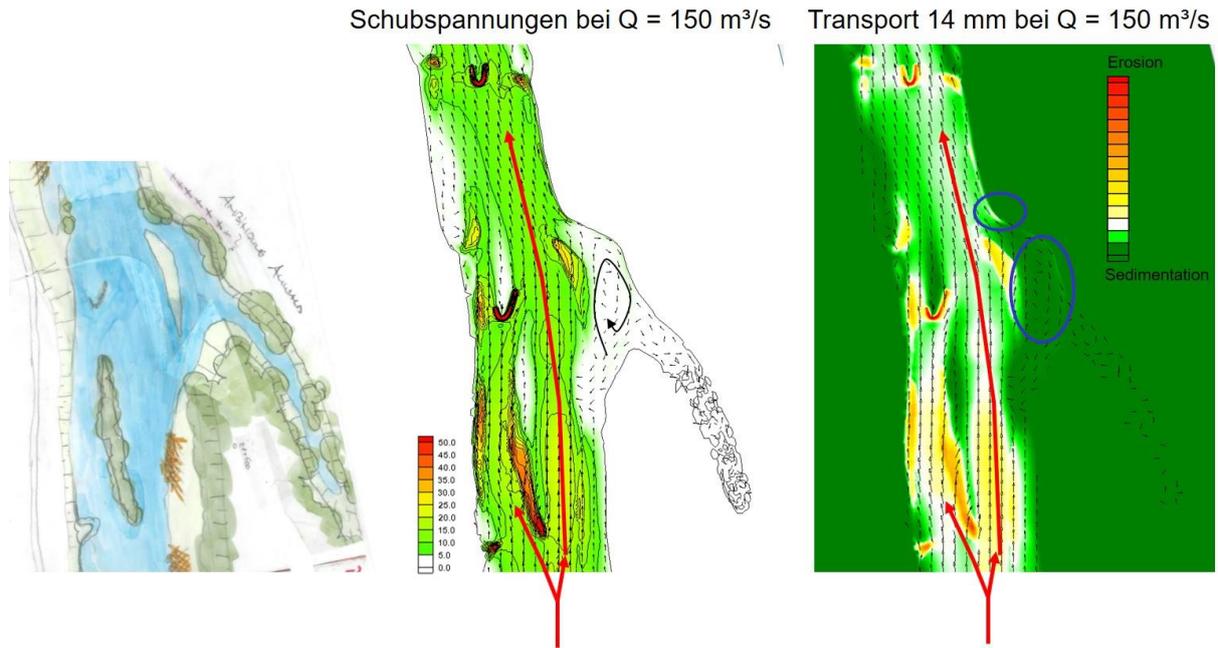


Abbildung 126: Maßnahme M46+47 - Detailausschnitt Kehrströmung, Prognose der morphologischen Entwicklung mit Erosionsintensität und Sedimentation (EROSED für 14 mm Korn re.)

Im in Abbildung 126 abgebildeten Bereich geht die Hauptströmung rechts an der obersten Insel vorbei. Diese wird direkt angeströmt und stark belastet. Hier sind am Inselkopf Sicherungen notwendig, wenn die Struktur langfristig bestehen bleiben soll. Hinter der zweiten Insel rechtsufrig ist zu erwarten, dass sich eine Kehrströmung ausbildet, die im Bereich hinter der Insel und im angebundenen Altarm stärkere Sedimentation erwarten lässt.

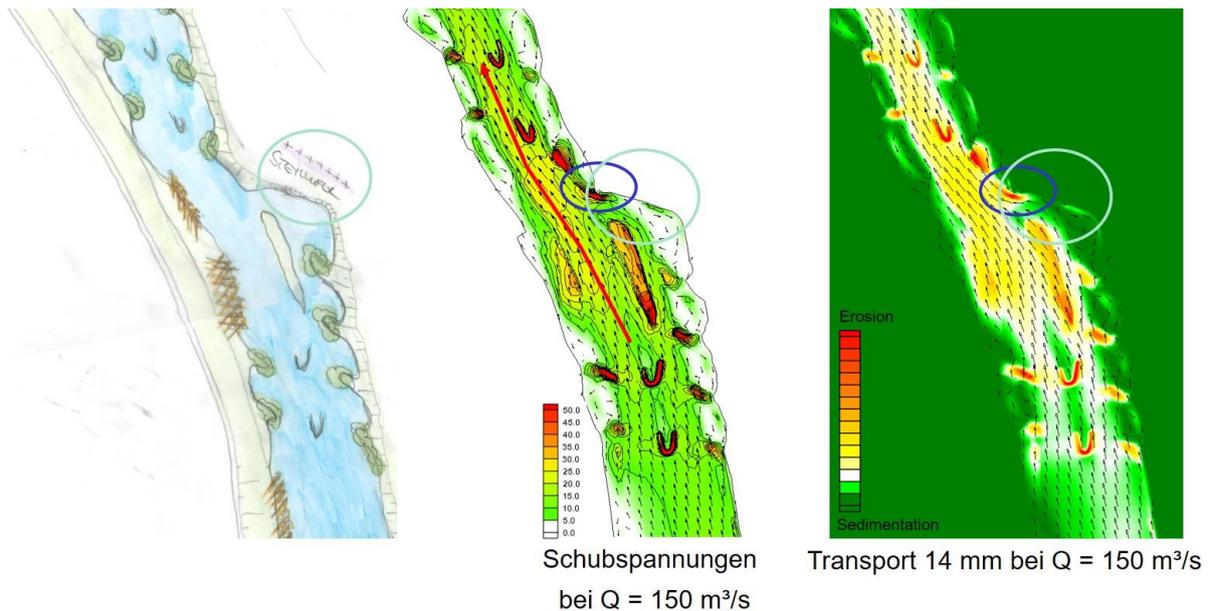


Abbildung 127: Maßnahme M46+47 - Detailausschnitt Inselbereich, Prognose der morphologischen Entwicklung mit Erosionsintensität und Sedimentation (EROSED für 6mm Korn re.)

Abbildung 127 zeigt in den Schubspannungsanalysen klar den linksseitig verlaufende Strömungsstrich nach der rechtsufrig gelagerten Insel. Der obere Abflussbereich ist nicht belastet (eher Sedimentation). Ab dem Bereich, in dem die Insel liegt, erhöhen sich die Schubspannungen. Hier sind tiefere Sohlbereiche zu erwarten. Die rechtsufrig als Steilufer vorgesehene Böschung wird im in die Sohle vorspringenden Bereich stark belastet, sonst sind eher geringe Belastungen zu erwarten, die sich aus dem Ausbilden der Kehrströmung in diesem Bereich ergeben. Diese Kehrströmung führt zu Sedimen-

tation, was eine dynamische Entwicklung ermöglicht. Zu berücksichtigen ist aber die massiv beeinflusste Hydrologie (s. Kap. 4.5.2, Abbildung 24), wodurch die Entwicklungsdynamik überwiegend auf HW-Ereignisse beschränkt ist.

Durch die Aufweitung und die gesetzten Maßnahmen wird die Homogenität des bestehenden Gewässers unterbrochen und es können unterschiedliche Sohlformen (Breiten- und Tiefenvarianzen) entstehen. Der Erosionsdruck an den Ufern wird im Hochwasserfall bei den ungesicherten Ufern zu Erosion (Steilufer) führen, großräumigere Veränderungen sind aber wenig wahrscheinlich.

Die verwendeten wasserbaulichen Elemente sind notwendig, um die angestrebten unterschiedlichen Sohlformen zu erreichen. Für eine morphologische Dynamik sind zusätzlich Maßnahmen zur Deckung des Kiesbedarfs erforderlich.

5.5.4 Grundwasser und Aue

Maßnahme M46 und M47 sind Maßnahmen im Mutterbett, die eine Kombination aus Aufweitung und Strukturierung des Gewässerbettes teilweise aus Eigendynamik darstellen. Es kommt durch die Maßnahme zu keiner maßgeblichen Wasserspiegelabsenkung, zusätzlich wird der Wasserspiegel vom unterhalb liegenden Querbauwerk (ca. Fkm 20.700) gestützt. Eine Veränderung der Grundwasserdotation wird durch die Umsetzung der Maßnahme nicht erwartet, lokale Änderungen im Grundwasserspiegel sind dennoch möglich. Grundsätzlich wird in einem funktionierenden Fluss-System bei Aufweitemaßnahmen, durch die Verringerung der Transportkapazität im Nieder- bis Mittelwasserbereich, die Sohle und damit der Wasserspiegel angehoben, bei Hochwasser der Wasserspiegel gesenkt. Dies setzt allerdings einen intakten Hydrologie- und vor allem Geschiebehaushalt voraus.

Im Nahbereich der projektierten Maßnahme befinden sich linksufrig zwei Messstellen des badenwürttembergischen Messnetzes und rechtsufrig zwei bayerische Messstellen im Nahbereich (zwischen Iller und dem parallel verlaufenden Kanal) und weitere zwei Messstellen auf der anderen Seite des Ausleitungskanals.

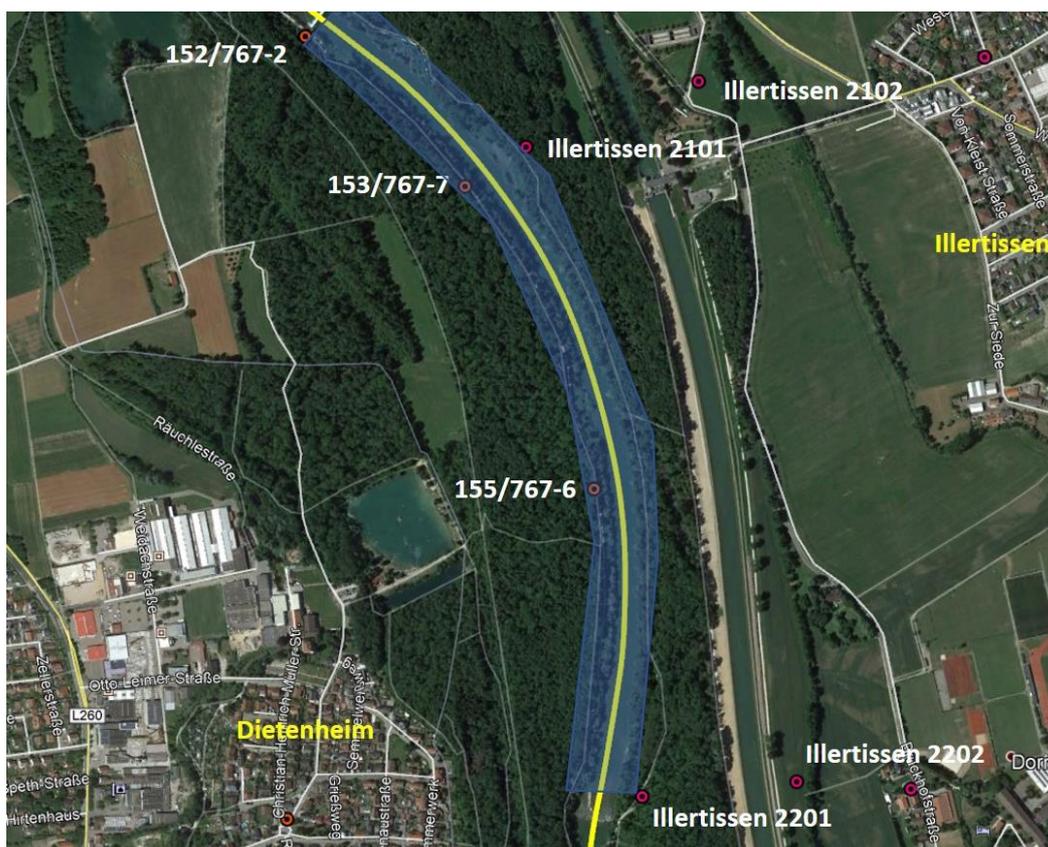


Abbildung 128: Lage Grundwassermessstellen im Maßnahmenbereich M46+47 (Bildquelle: Google Earth, eigene Darstellung)

Die Messstelle 153/767-7 scheidet aufgrund großer Datenlücken für die Analyse aus. Von den Messstellen 155/767-6 und 152/767-2 wurden Messdaten vom Jahr 2009 bis zum Jahr 2019 abgefragt. Von der bayerischen Seite liegen Mittelwert, Minimum und Maximum der jeweiligen Messstelle vor. Der Mittelwert ausgewiesen an der Messstelle Illertissen 2201 (rechtsufrig, direkt unterhalb der Rampe bei Fkm 22.200) liegt etwa 50 cm über dem Mittelwert der Messstelle 155/767-6 (linksufrig, etwa 500 m unterhalb der Rampe bei Fkm 22.200).

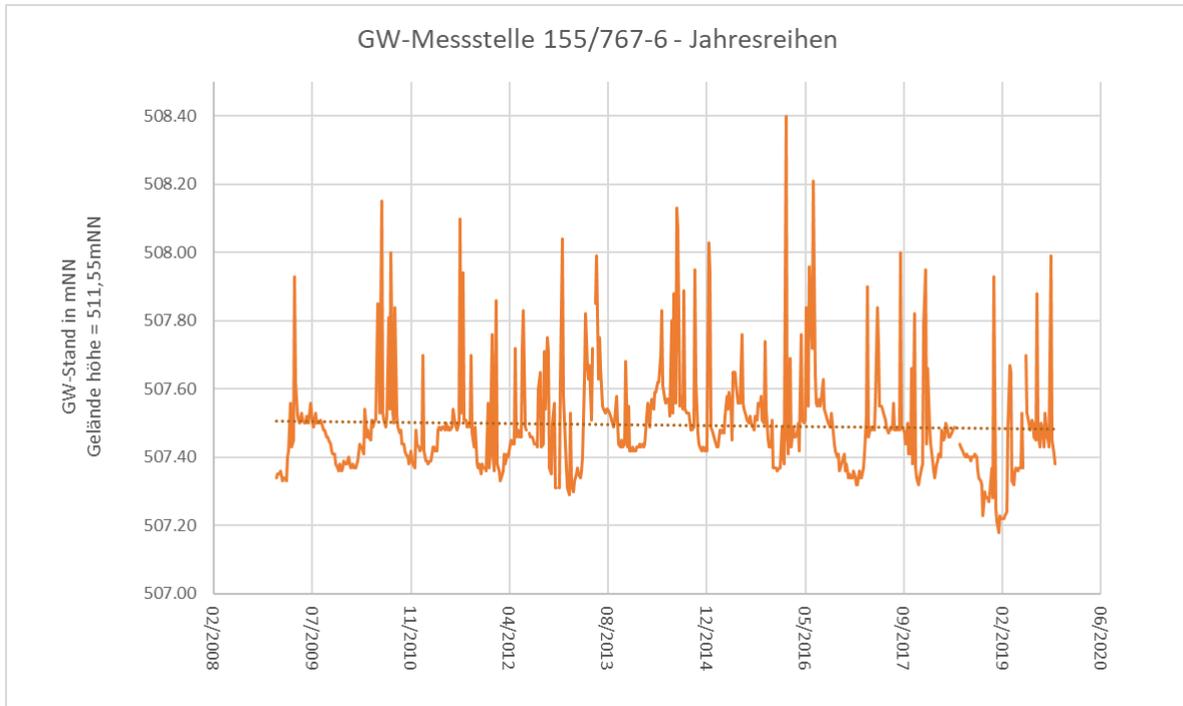


Abbildung 129: Auswertung Grundwassermessstelle 155/767-6 - Maßnahmenbereich M46+47

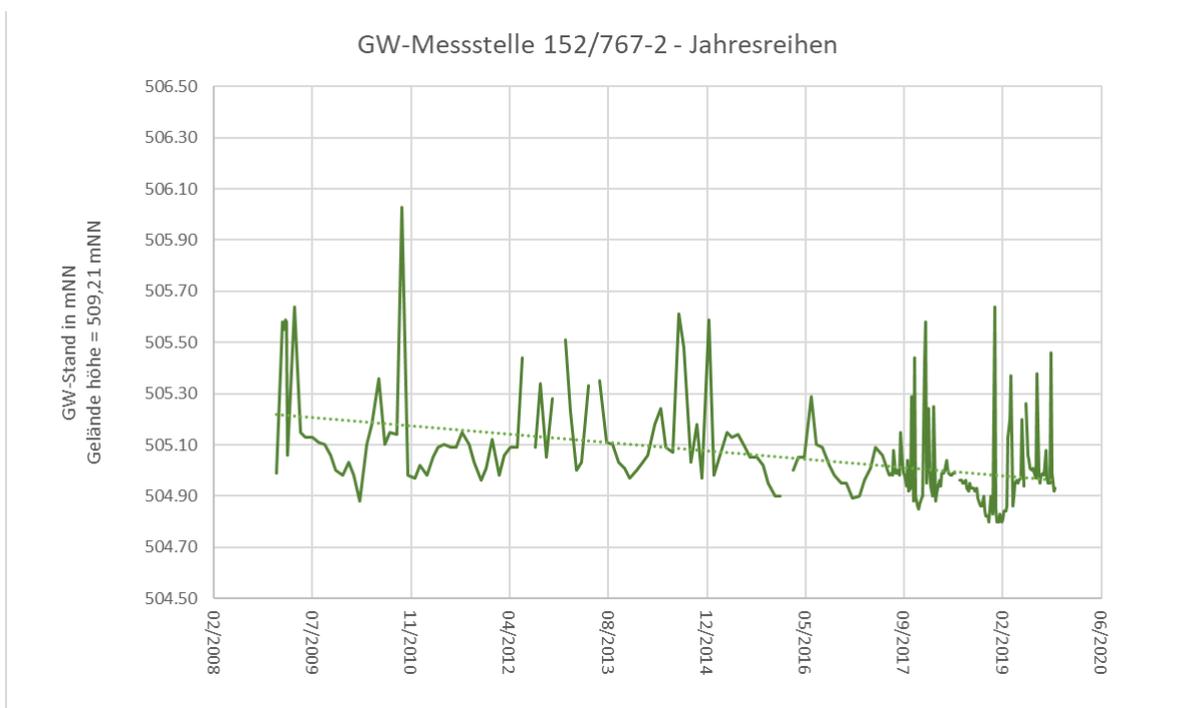


Abbildung 130: Auswertung Grundwassermessstelle 152/767-2 - Maßnahmenbereich M46+47

Die Analyse beider Messstellen zeigt einen negativen Trend, der auf ein Absinken des Grundwasserspiegels in den letzten zehn Jahren hinweist. Die projektierten Maßnahmen (Pendelbewegung, Steiluferbereiche, Altarm mit Auwaldanbindung, Aufweitung und Renaturierung des Mutterbettes) erlauben in Zukunft eine direktere Kommunikation zwischen Iller und Grundwasser.

Die Auswirkungen der Maßnahmen auf die Fließgeschwindigkeiten und den Wasserspiegel in der Iller liegen vor allem darin, dass die Heterogenität in der Fließgeschwindigkeitsverteilung erhöht wird. Die direkten Auswirkungen auf den Grundwasserspiegel dürften gering sein. Sollte es durch Eigendynamik zu Erosion der Steiluferbereiche und dadurch einer Erhöhung der Sohle kommen, könnte dies eine Anhebung des Grundwasserspiegels (außerhalb des Staubereichs) und im unmittelbaren Nahbereich von Maßnahmen zur Folge haben.

5.5.5 Habitate und ökologische Bewertung

Wie für die anderen zwei Referenzmaßnahmen wurden auch für die geplante Aufweitung die zu erwartende Substratverteilung an der Sohle über Strömungskräfte und den Bewegungsbeginn verschiedener Korngrößen abgeschätzt. Es wurden dazu Berechnungen für ein zweijährliches Hochwasser HQ2 herangezogen. Die resultierende Substratkarte ist in Abbildung 131 li. dargestellt. Da für die wichtigsten Habitattypen im Iller-Mutterbett auch Unterstände eine wichtige Rolle spielen können, wurde aus den Angaben des Planers in das Modell zusätzlich Unterstandstypen integriert (Abbildung 131 re.).

Die Auswirkungen der Maßnahmen auf die Habitate sind am Beispiel der juvenilen und adulten Nase dargestellt. Im aktuellen Zustand sind sandig, kiesige Juvenilhabitate für die Nase mit mittlerer Strömung und Tiefengradienten so gut wie nicht vorhanden (Abbildung 132). Im aufgewerteten Zustand nach den Maßnahmen sind sie nicht nur beim geringen Abfluss $9 \text{ m}^3/\text{s}$ in größeren Anteilen zu finden, sie bleiben auch beim hohen mittleren Abfluss $\text{MQ} = 70 \text{ m}^3/\text{s}$ erhalten. Das spricht für die Wirksamkeit der integrierten Strukturen über einen großen Abflussbereich. Derselbe Effekt zeigt sich bei den adulten Nasen. Diese finden zwar auch im Istzustand am Innenufer gute Standorte. Nach der Maßnahmenumsetzung sind die guten Habitate jedoch über größere Gewässerbereiche verteilt und bleiben auch beim MQ von $70 \text{ m}^3/\text{s}$ in größeren Anteilen und mit guter räumlicher Verteilung erhalten.

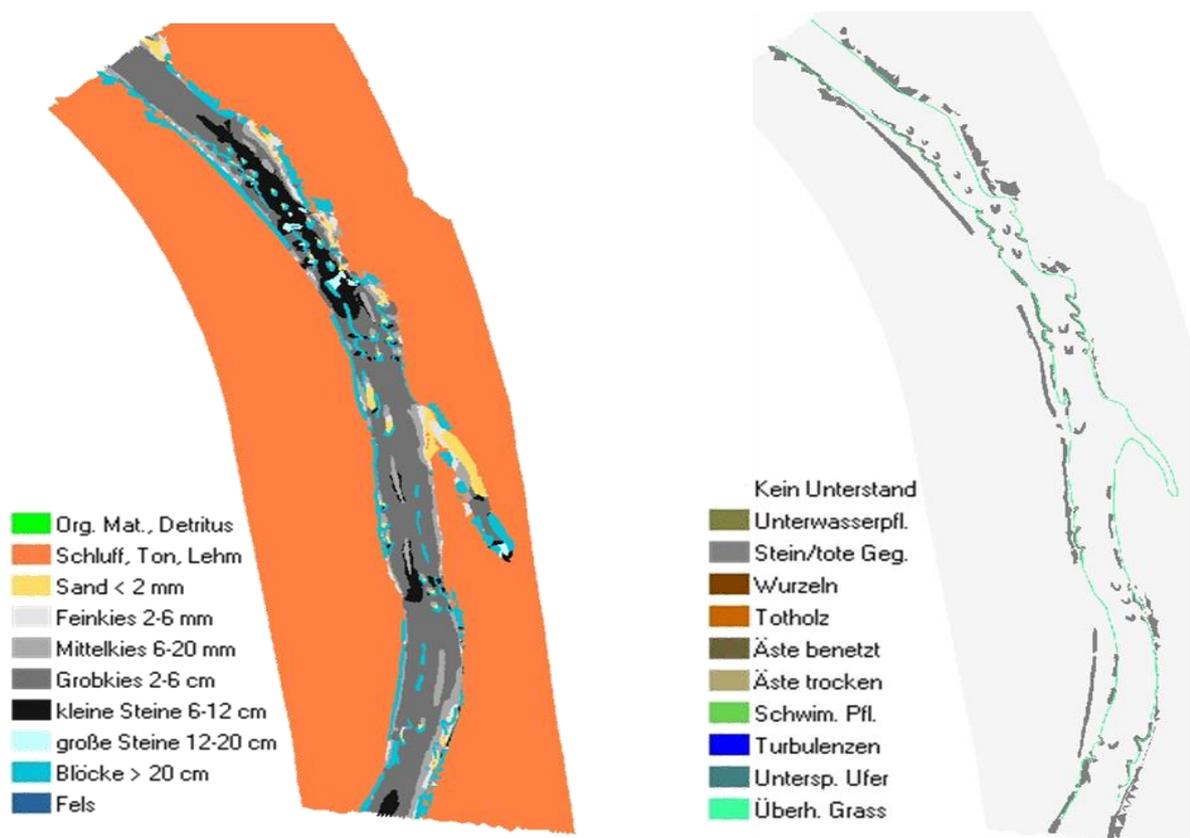


Abbildung 131 Substratverteilungskarte (li.) und Unterstandskarte (re.) für die Referenzmaßnahme M46 „Aufweitung“

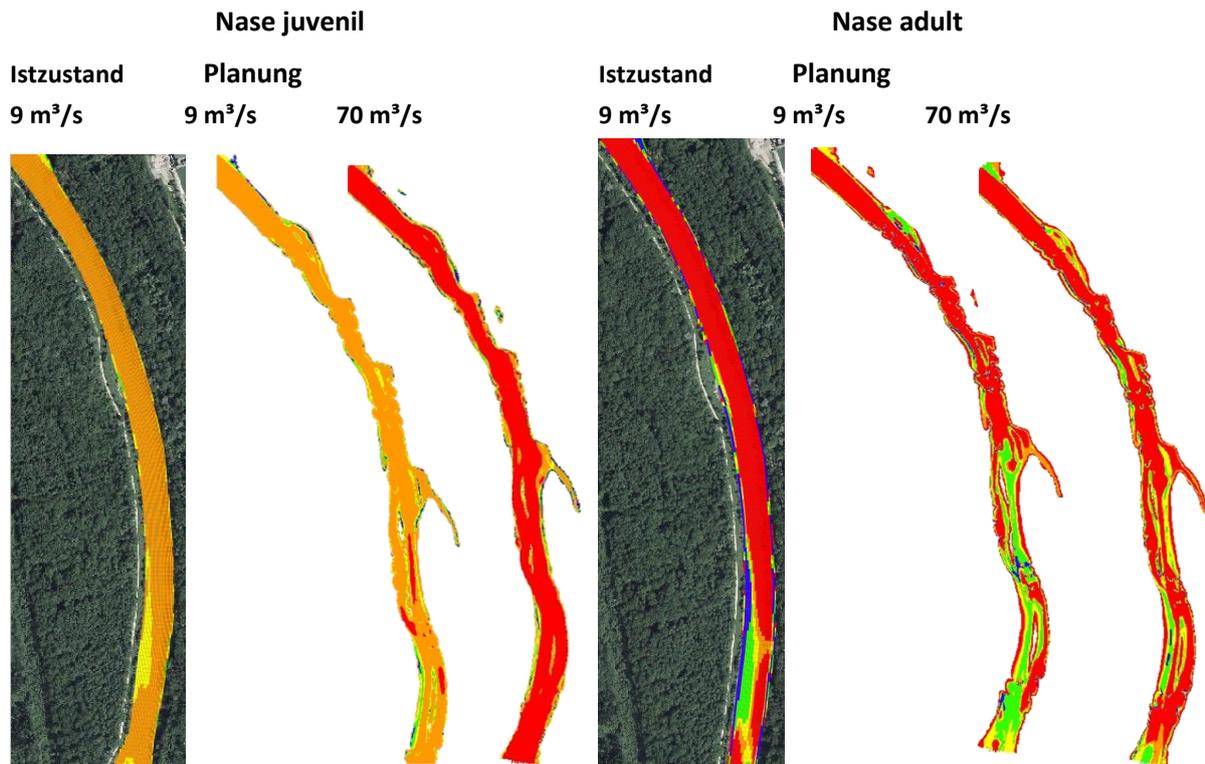


Abbildung 132 Habitateignungskarten für die juvenile Nase (li.) und die adulte Nase (re.), aktueller Zustand für 9 m³/s (li.) und Planung für 9 und 70 m³/s

Die Ergebnisse für weitere Arten/Altersstadien und Modellabflüsse sind in der Anlage 9.2 gegeben.

5.5.6 Kostenrahmen

Im hier vorliegenden frühen Planungsstadium eines Planungskonzeptes sind noch viele Unwägbarkeiten und kostenrelevante Faktoren nicht bekannt und es müssen Annahmen getroffen werden, sodass nur eine überschlägige Kostenrahmenermittlung möglich ist.

Der Kostenrahmen für die M46 beläuft sich auf **Brutto-Gesamtkosten von ca. 5,5-6,7 Mio. €**. Tabelle 16 zeigt die Aufteilung der wesentlichen Kostenmerkmale des Kostenrahmens für die M46. Die detaillierte Kostenermittlung findet sich in Anlage 9.6. Zu den Unterhaltungskosten gelten die unter Kap. 5.3.6.2 gemachten Anmerkungen.

Tabelle 16: Wesentliche Kostenmerkmale M46 (Nettobaukosten ohne Nebenkosten)

Fällarbeiten, Herrichten	4,00 %	152.530,50 €
Bodenbewegungen	38,00 %	1.441.575,00 €
Steinlieferung und Gewässereinbauten	41,00 %	1.550.943,40 €
Baustellenallgemeinkosten	4,00 %	143.620,00 €
Abfuhr und Entsorgung	11,00 %	406.300,00 €
Sonstiges	2,00 %	74.805,90 €
Summe	100,00 %	3.769.773,90 €

5.6 Vergleich der Referenzmaßnahmen

Im Folgenden werden die durch die drei Referenzmaßnammentypen erreichbaren Habitat- und Strukturangebote vorgestellt und hinsichtlich ihres Beitrags zum Erreichen der Zielwerte bewertet. Die Diskussion der einzelnen Referenzmaßnahmen wurde bereits in den Kapiteln 5.3.5 (M33 Absenkung), 5.4.7 (M42 Seitenarm) und 5.5.5 (M46 Aufweitung) durchgeführt.

Seitenarme: Die vielfältigsten Habitatangebote entstehen durch die Erstellung von Seitenarmen oder deutlichen Wehrabsenkungen. Die durch Seitenarme angebotenen Habitate müssen allerdings in Relation zur Gesamtfläche des Gewässers (Seitenarm + Mutterbett) gesehen werden und sollten daher gezielt zur Bereitstellung von Habitattypen genutzt werden, die sonst nur schwer geschaffen werden können. Sie können – auch aufgrund ihrer begrenzten Fläche - nur ergänzend zum Habitatangebot im Mutterbett gesehen werden. Die Anlage von Seitenarmen muss daher zwingend von Verbesserungen im Mutterbett begleitet werden. Dies verdeutlicht **Tabelle 17**, in der im Seitenarm, für sich allein betrachtet, alle Struktur-Typen die Zielwerte übertreffen (Spalte „Bezug Seitenarm“), der Gewässerabschnitt insgesamt (Spalte Bezug „Mutterbett + Seitenarm“) aber defizitär bleibt.

Vorteile des Habitatangebotes in den Seitenarmen sind die mögliche hochwassersichere Gestaltbarkeit, die gut regulierbaren Abflüsse und die gegenüber dem genutzten Mutterbett günstigere Gestaltbarkeit zahlreicher gewässermorphologischer Parameter (Gefälle, Beschattung, Beschickung, Einzelstrukturen etc.). Bei der Festlegung der Dimensionen eines Seitenarms sind die Ansprüche der Zielfischarten zu berücksichtigen, die mitunter beträchtliche Gewässerquerschnitte erfordern (z.B. Äsche). Die Anlage von Seitenarmen stellt oftmals die einzige Möglichkeit dar ohne starke Wehrabsenkungen, weiträumige Aufweitungen oder beträchtliche Erhöhung der Mindestwasserabflüsse schnellfließende, tiefe Fließrinnen, aber auch stark überströmte Kiesflächen anzulegen.

Notwendigkeit der Seitenarme: Im Mutterbett der Iller lassen sich morphodynamische Prozesse wie Kiesumlagerungen nur mit hohen Abflüssen erreichen, die weit über denen für die Bereitstellung von gewässertypischen Habitaten liegen. Wasserwechselzonen sind im Mutterbett aufgrund der in langen Abschnitten vorhandenen Stauwirkung und der meist steilen Böschungen auch bei Abflussvariationen nur wenig ausgeprägt. In den Seitenarmen dagegen ist mit geringen Abflusserhöhungen sowohl morphologische Dynamik als auch die Veränderung der benetzten Flächen zu erreichen (s.a. Kap. 5.4.3).

Wehrabsenkungen wirken mit zunehmender Absenkung auf längere Gewässerabschnitte und können - bei zusätzlichen Verbesserungen der Gewässerstruktur - zu bedeutenden Habitatangeboten führen. Im Mutterbett bleibt allerdings die Problematik unnatürlich geringer Abflüsse (Geschiebetransport und -verteilung unzureichend) und extremer erosiver Hochwasserabflüsse. Wehrabsenkungen verbessern durch das erhöhte Gefälle die Fließgeschwindigkeiten (Größe und Vielfalt), allerdings oft auf Kosten der Wassertiefen. Hier kann durch angepasste Abflüsse gegengesteuert werden. Die Absenkung der Schwelle im Mutterbett (M33) hat eine großräumige Strömungsverbesserung zur Folge, die in Kombination mit struktureller Aufwertung der Ufer vor allem Habitattypen für strömungsliebende Arten fördert. Larvalhabitate entstehen nur für einige Arten, Laichhabitate nur in geringem Umfang.

Aufweitungen im Mutterbett mit umfangreichen strukturellen Verbesserungen können speziell für **Jugendstadien** gute Habitate aufweisen. Ein wesentlicher Vorteil von Aufweitungen ist die Möglichkeit einer vielfältigeren Ufergestaltung insbesondere auch die Anlage von Flachufern. Um zumindest bei kleineren Hochwassern Rückzugsräume bereitzustellen, müssen auch die angrenzenden landseitigen Uferbereiche weiträumig mit in die Planung einbezogen werden, was im vorliegenden Projekt nur begrenzt möglich war. Aufweitungen sind vor allem bei höheren Abflüssen wirkungsvoll, da erst dann höhere Fließgeschwindigkeiten und die damit verbundene Differenzierung zahlreicher Habitatparameter auftreten kann.

Tabelle 17: Prozentualer Anteil der Flächen mit Habitateignungen > 0,6 (gute und sehr gute Habitate) für die drei Referenzmaßnahmen und Zielerreichungsgrad, Bsp.: derzeitiger Sommerabfluss 9 m³/s

Struktur-Typ	Zielwert Flächen- anteil [%]	M33 Wehrabsenkung		M42 Seitenarm		M46 Aufweitung
		- 0,5 m	- 1,0 m	Bezug: Seitenarm	* Bezug: Seitenarm + Mutterbett	
Abfluss [m ³ /s]		9	9	2	2 + 7	9
1 Fläche, strömungsarme Ufer z.B. Äsche, Nase larval	10	2	0	18	7	9
2 Flach abfallende, angeströmte Hänge z.B. Nase, Barbe juvenil	15	5	4	20	8	15
3 Überströmte Kiesflächen z.B. Kieslaicher, Juvenile	10	0	0	18	8	0
4 stark überströmte Furten z.B. Nase laichend	5	0	1	18	7	0
5 gut durchströmte Fließrinnen z.B. Hasel, Äsche, Nase adult, Sommer	20	14	20	21	9	3
6 ausgedehnte Kolke z.B. Barbe, Nase, Äsche adult, Winter	2	65	3	3	1	49

< 25% des Zielwertes	Abwertung bei ungünstiger Lage der Habitate; * Seitenarm: Aufwertung, sofern zusätzliche Habitate im Mutterbett vorhanden sind
25-50% des Zielwertes	
50-75% des Zielwertes	
75-100% des Zielwertes	
100% Zielwert übertroffen	

Die Übersicht zeigt die realisierbaren Habitate für die drei Maßnahmentypen bei einem Beispielszenario mit 9 m³/s im Mutterbett und 2 m³/s im Seitenarm im Vergleich. Beim beispielhaft dargestellten derzeitigen Sommerabfluss bleiben vor allem die Kieslaicher Äsche, Hasel und Nase auf ein ausreichendes Laichplatzangebot in gut zugänglichen Seitenarmen angewiesen. Aber auch Habitate für adulte Äschen finden sich vor allem in den Seitenarmen. Es wird auch deutlich, dass das angestrebte Angebot nur durch eine Kombination aller drei Maßnahmentypen erreicht werden kann.

Eine Priorisierung der Maßnahmentypen bei der Realisierung ist sehr vom betrachteten Wasserkörper abhängig, sowie von eventuellen weiteren Maßnahmen, die nur bestimmte Defizite reduzieren sollen. Hinweise zu besonders effektiven Maßnahmen werden u.a. bei der Besprechung der Defizite nach Habitaten/Strukturtypen in Kap. 5.3. gegeben.

5.7 Fazit: Referenzmaßnahmen und Wirkung

Um die Wirkungen der geplanten Maßnahmen des Arbeitsprogramms „Agile Iller“, mit insgesamt 59 Maßnahmen, auf den Ökologischen Zustand der drei Wasserkörper in der Unteren Iller zu untersuchen, wurden drei der geplanten Maßnahmen ausgewählt. An diesen „Referenzmaßnahmen“ wurden beispielhaft Planungen durchgeführt, die mittels Hydraulik, Morphologie- und Habitatmodellierungen iterativ optimiert wurden. Ziel der Planungen war die bestmögliche Kompensation der im Istzustand festgestellten Defizite.

Ausgewählt wurden die folgenden Maßnahmen:

Maßnahme	Fkm	Typ
M33	34,680	Strömungsverbesserung / Absenkung - Umbau der Schwelle in eine flache Sohlrampe
M42	27,100	Seitenarm - Herstellung eines Seitenarmes rechtsseitig
M46 + 47	21,000 – 22,100	Aufweitung - Naturnahe Umgestaltung des Gewässerprofils beidseitig (Entnahme Uferverbau, Abflachen der Ufer und Einbau von Strukturelementen (Buhnen, Totholz)); Schaffung von Kieslaichplätzen

Auswahl der Zonen für Referenzmaßnahmen (Kap. 5.1)

Bei der Auswahl der Maßnahmen wurde auf die folgenden Kriterien geachtet:

- eine gute Übertragbarkeit auf andere Maßnahmen des gleichen Typs
- eine gute Flächenverfügbarkeit (Aufweitung) bzw. geringe Flächenverfügbarkeit (Strömungsverbesserung/Absenkung)
- eine mögliche Überplanbarkeit (Planung noch nicht zu weit fortgeschritten)

Einzelstrukturen (Kap. 5.2)

Die verwendeten Einzelstrukturen mit Funktionen werden eingehend beschrieben.

Referenzmaßnahme M33 Absenkung (Kap. 5.3)

Die Hauptziele hinsichtlich der Habitat-Förderung für diesen Maßnahmentyp sind:

- Schaffen der Voraussetzungen zur Entwicklung und dauerhaften Existenz von Laichhabitaten Herstellung / Initiierung von Deckungsstrukturen in Laichplatznähe
- Herstellung / Initiierung von Brütlingshabitaten unterstrom der potenziellen Laichareale
- Herstellung / Initiierung von Habitaten für Juvenile, z. B. durch Ausbildung von Gleithang(-ersatz-)strukturen
- Herstellung / Initiierung von tiefen Fließrinnen mit großer Strömungsdiversität für adulte Fische
- Herstellung / Initiierung von Hochwasserrückzugshabitaten

Referenzmaßnahme M42 Seitenarm (Kap. 5.4)

Die Hauptziele hinsichtlich der Habitat-Förderung für diesen Maßnahmentyp sind:

- Laichhabitate, insbesondere für Kieslaicher wie die Äsche
- Brütlingshabitate unterhalb der Laichhabitate
- Gleitufer /-hänge mit entsprechender Eignung als Juvenilhabitate
- Prallufer mit schnell durchströmten Fließrinnen großer Diversität als Habitate für rheophile Adulte
- Steingeprägte Lückenstrukturen mit Groppen(Laich)habitaten

Referenzmaßnahme M46 Aufweitung (Kap. 5.5)

Die Hauptziele hinsichtlich der Habitat-Förderung für diesen Maßnahmentyp sind:

- Herstellung / Entwicklung von heterogen durchströmten Habitaten für Adulte
- Herstellung / Entwicklung von Rückzugshabitaten bei Hochwasser

- Herstellung / Entwicklung von Brütlings- und Jungfischhabitaten in strukturreichen Uferzonen mit Anschluss an gut durchströmte Bereiche
- Initiierung von eigendynamischen Prozessen an Erosionsufern

Auswirkungen auf Morphologie, Grundwasser und Habitate sind den Teilkapiteln eingehender beschrieben.

Vergleich der Referenzmaßnahmen (Kap. 5.6)

Der Vergleich der durch die optimierten Maßnahmen geschaffenen Habitat-/Strukturtypen mit Zielerreichungswerten (siehe Tabelle unten) zeigt, dass durch **Seitenarme die vielfältigsten Habitate** geschaffen werden können.

Struktur-Typ		M33 Wehrabsenkung		M42 Seitenarm	M46 Aufweitung
Typ		um 0,5 m	um 1m	Bezug: Seitenarm + Mutterbett	
1	Flache, strömungsarme Ufer				
2	Flach abfallende, angeströmte Hänge				
3	Überströmte Kiesflächen				
4	stark überströmte Furten				
5	gut durchströmte Fließrinnen				
6	ausgedehnte Kolke				

	< 25% des Zielwertes erreicht		75 bis < 100% des Zielwertes erreicht
	25 bis < 50% des Zielwertes erreicht		Zielwert erreicht oder übertroffen
	50 bis < 75% des Zielwertes erreicht		

Seitenarme ermöglichen die dauerhafte Anlage einer Vielzahl von Habitattypen. Das Anlegen von Seitenarmen ist die einzige Maßnahme, die den Habitat-/Strukturtyp 3 „Überströmte Kiesflächen“ und Habitat-/Strukturtyp 4 “stark überströmte Kies-Steinflächen/Furten“ in deutlichem Umfang zur Verfügung stellt. Zusätzlich ist es in den Seitenarmen am ehesten möglich eine morphologische Dynamik mit Umlagerung von Kiesbänken zu erreichen, was im Mutterbett durch die gestörte Hydrologie und die gestörten Transportprozesse kaum möglich ist. Auch Fließrinnen (Habitat-/Strukturtyp 5) können in maßgeblichem Umfang geschaffen werden.

Absenkungen haben dagegen großräumigere Strömungsverbesserung zur Folge, die in Kombination mit struktureller Aufwertung der Ufer vor allem Habitattypen für strömungsliebende Arten fördern. Larvalhabitate (Habitat-/Strukturtyp 1) entstehen nur in geringem Umfang, Laichhabitate sind ebenfalls kaum zu schaffen, da in den flacheren Stauwurzelzonen die geeigneten Substrate in flutmuldenartigen Mutterbett schnell ausgetragen werden.

Aufweitungen im Mutterbett können vor allem für **Jugendstadien** (Habitat-/Strukturtyp 2) geeigneten schaffen. Außerdem sind sie die einzige Maßnahme mit einem merklichen Angebot an Rückzugsräumen, zumindest bei kleineren Hochwässern. Für strömungsliebende Arten und Stadien bleibt das Angebot an wichtigen Fließrinnen (Habitat-/Strukturtyp 5) bei den meist niedrigen Abflüssen auf den kurzen Stauwurzelbereich beschränkt, auch wenn Strömung und Substrat durch die heterogene Morphologie insgesamt vielfältiger werden.

Kolke als Ruhe und Winterhabitate (Habitat-/Strukturtyp 6) sind in den Seitenarmen nur begrenzt vorhanden, aber im Mutterbett der Iller auch im Istzustand in großem Umfang verfügbar und insgesamt nicht als Mangelhabitat zu bezeichnen.

6 Analyse Planzustand

6.1 Morphologie, Sedimenthaushalt im Planzustand

Die Iller war vor ihrer Regulierung ein weit verzweigter Wildfluss, gekennzeichnet durch unregelmäßige Schotter- und Kiesflächen. Im aktuellen Zustand ist die Geschiebeführung der Iller stark beeinträchtigt bzw. gänzlich unterbrochen. Die Illersohle muss durch zahlreiche Querbauwerke gestützt werden, um sich nicht weiter einzutiefen, die Sohlsituation weist auf ein deutliches Geschiebedefizit hin (s.a. Kap. 7.3). Hydrologisch sind die morphologischen Prozesse weitgehend auf die HW-Situationen $\geq HQ_1$ (hohe Intensität aber geringe Dauer) reduziert. Die für die Materialverteilung gleichfalls maßgeblichen Prozesse mittlerer Intensität mit längerer Dauer ($< HQ_1$) sind massiv reduziert. Die Sohlentwicklung ist dadurch maßgeblich von höheren Abflussereignissen beeinflusst. Aus morphologischer Sicht fehlen zeitlich die Abflüsse ab Bewegungsbeginn (dm) bis zur Staulegung im Hochwasserfall.

Bei den derzeit herrschenden hydrologischen Bedingungen führen erst Hochwasserereignisse zu stärkeren Sohlveränderungen und sind daher bestimmend für die Morphologie. Eine Überprüfung und ggf. Optimierung bzw. Etablierung von Spülordnungen (Öffnung der Ausleitungswehre bei HW) der Wasserkraftanlagen an der Iller (einzeln und in Abstimmung der Anlagen) mit dem Ziel der Verbesserung des Materialtransports und der Materialverteilung wird empfohlen.

Generell für die Iller, speziell aber für die Referenzmaßnahme M33 Absenkung und für die Referenzmaßnahme M46 Aufweitung, ist die Bereitstellung von zusätzlichem Geschiebematerial erforderlich. Dies zum einen um die Sohlstabilität langfristig gewährleisten zu können, und zum anderen um die morphologische Dynamik zu erhöhen bzw. zu ermöglichen. Die stark beeinflusste Hydrologie ist hierbei ein limitierender Faktor.

Referenzmaßnahme M33 Absenkung

Die vorgesehenen Maßnahmen führen durch räumlich fixierte Zonen zu unterschiedlichen Anström-situationen und erzeugen so auch bei reduzierter oder fehlender morphologischer Dynamik unterschiedliche Sohlausformungen (Breiten- und Tiefenvarianzen). Dies gilt auch für die Maßnahmen der Referenzmaßnahme M46 Aufweitung. Die Maßnahmen erzeugen unterschiedliche Strömungszustände. Aufgrund der stark beeinflussten Hydrologie und des Feststoffdefizites sind diese Maßnahmen zur Erreichung der Planungsziele erforderlich, da allein durch die morphologische Eigenentwicklung der Iller, auch im Falle von Maßnahmen zur Deckung des Kiesbedarfs (zusätzlich notwendig) keine ausreichende Lebensraum-Variabilität erreicht werden wird.

Das Erfordernis von Maßnahmen zur Deckung des Kiesbedarfs ist speziell für die Referenzmaßnahme M33 Absenkung von entscheidender Bedeutung. Es ist zu berücksichtigen, dass Querbauwerke (Stützbauwerke) vorwiegend zum Zweck des Erhalts einer bestimmten Sohlhöhe aufgrund von Eintiefungstendenzen errichtet werden. Ein Absenken ohne Maßnahmen zum Feststoffausgleich (Gleichgewicht Eintrag/Austrag) führt zwangsläufig zu einer Sohleintiefung und damit mittel- bis langfristig wieder zu einem Zustand analog dem Istzustand, aber mit niedrigerem Sohl- und Grundwasserniveau.

Referenzmaßnahme M42 Seitenarm

Das Verhältnis Geometrie zu Abfluss ist im Seitenarm deutlich besser ausgeprägt als im Hauptgerinne, wodurch eine eigendynamische Sohlentwicklung möglich wird. Das Konzept Seitenarm ist geeignet, eigendynamisch Iller-typische Verhältnisse auszubilden, die dem morphologischen Typ der ursprünglich furkierenden Iller deutlich näherkommen als die aktuelle Iller. Der Seitenarm kann als kleiner Teil des ursprünglich furkierenden Systems gesehen werden. Ökologisch ist vor allem das periodische, lokale Umlagern (Mobilisieren) von Kiesmaterial wichtig (2 – 63 mm). Die Möglichkeit des Eintrags höherer Abflussmengen (Spülung bei höheren Abflüssen) ist für die Funktionsfähigkeit wesentlich und kann aufgrund der reduzierten Gerinnekapazität auch durch weitaus kleinere Abflüsse (10-20 m³/s) als sie im Mutterbett der Iller notwendig wären, erreicht werden.

Wie bereits in Kap. 4.5.2 angemerkt, sind Wassertiefe und Fließgeschwindigkeit die maßgeblichen Parameter morphologischer Prozesse. Extremabflüsse müssen im Mutterbett verbleiben, eine räumliche Trennung (Nebenarm) ist dabei zwingend.

Die generell für die Iller wichtige Zugabe von Geschiebe hat für die Funktionsfähigkeit der Referenzmaßnahme M42 Seitenarm vor allem eine Bedeutung hinsichtlich der dort vorhandenen Kieslaichplätze. Hierfür ist der Eintrag von Kiesmaterial (2-63mm) aus Depots vorzusehen, der bevorzugt vor den Laichzeiten der betreffenden Kieslaicher erfolgen sollte.

Die Sohlbelastungen im Seitenarm liegen gegenüber der Vorlandbelastung/Vorlandabfluss im Bereich der Sohlbelastungen bestehender Gräben im HW-Fall. Die Sohlschubspannungen sind im Normalfall (Restwasser) ausreichend, um eingetragenes, feineres Material (< 6 mm) wieder auszutragen.

Die Dynamik im Nebenarm muss aber über Ein- bzw. Auslaufbauwerke geregelt werden. Ein ggf. vorhandener Vorlandabfluss muss berücksichtigt werden.

Referenzmaßnahme M46 Aufweitung

Wie bei Referenzmaßnahme M33 Absenkung sind für die Aufweitungen zusätzliche Maßnahmen erforderlich, um unterschiedliche Anströmsituationen zu erzeugen und so auch bei reduzierter oder fehlender morphologischer Dynamik unterschiedliche Sohlausformungen zu ermöglichen. Durch die Aufweitung und die gesetzten Maßnahmen wird die Homogenität des bestehenden Gewässers unterbrochen und es können sehr unterschiedliche Sohlformen (Breiten- und Tiefenvarianzen) entstehen. Für eine morphologische Dynamik sind aber zusätzlich Maßnahmen zur Deckung des Kiesbedarfs erforderlich.

Der Erosionsdruck an den Ufern wird im Hochwasserfall bei den ungesicherten Ufern zu Erosion (Steilufer) führen, größere Veränderungen sind aber wenig wahrscheinlich bzw. können im Rahmen von zurückversetzten Sicherungsmaßnahmen limitiert werden.

6.2 Grundwasser im Planzustand

Durch die Ausleitung des größten Teils des Abflusses aus der Iller im Bereich zwischen Fkm 53 und 17.7 (Abschnitt UIAG Kanal und EnBW Kanal) ist die Kommunikation mit dem Grundwasserspiegel in diesem Bereich dementsprechend verringert. Die typischen jahreszeitlichen Schwankungen und gegenseitigen Beeinflussungen sind nicht mehr gegeben, da der Restwasserspiegel im Illerbett eine zu geringe Amplitude aufweist. Die abgedichteten Ausleitungskanäle führen daher Wasser aus dem Grundwassersystem aus und erst ab Fkm 17.7 wieder dem System zu. Durch die relativ hohe Lage der Kanäle sind zumindest die Grundwasserkörper selbst in ihrem Fluss nicht beeinträchtigt. Eine Erhöhung der Restwasserabgabe könnte die Kommunikation zwischen den beiden Wasserspiegeln in der Iller und im angrenzenden Grundwasser-Aquifer verbessern. Auch die natürliche Schwankung der Grundwasserspiegel im angrenzenden Auebereich, die aufgrund des stark beeinflussten Abflussgeschehens in der Iller ihren typischen Auecharakter bereits stark eingebüßt haben, könnte dadurch positiv beeinflusst werden. Eine Erhöhung der Restwasserabgabe ist also in Hinblick auf das Grundwasser als positiv zu bewerten.

Hinsichtlich der Auswirkungen von **Staubsenkungen** können die Untersuchungen von Björnßen Beratenden Ingenieure (2020b) als Anhalt dienen. Im Rahmen der Grundwassermodellierung für die Maßnahme M53 wurde dort festgestellt, dass sich die aus Sohländerungen der Iller ergebenden Wasserspiegeländerungen stark auf den Grundwasserspiegel im unmittelbaren Iller-Bereich auswirken. Diese Auswirkungen reichen bis in eine Entfernung von etwa 600 m, ab dort (Bebauungsbereich) sind die Auswirkungen auf den mittleren Grundwasserspiegel relativ gering. Bei der untersuchten Maßnahme M53 wurde zwischen Fkm 13,6 und 12,9 die Iller-Sohle wieder auf das Niveau 1999 (teilweise noch 0,25 m höher) gehoben, was einer Sohlhebung von bis zu 2 m entspricht (siehe dazu Abbildung 133). Durch diese kam es zu einer Anhebung des Grundwasserspiegels im Modell um etwa 1 m (entspricht 50 % der Sohlhebung) im Nahbereich der Iller. Diese Ergebnisse entsprechen ca. den Ergebnissen der in Kap. 5.3.4 angesprochenen Abstauversuche, in denen im Nahbereich eine Absenkung von etwa 40 – 50 % der Wasserspiegelabsenkung in der Iller beobachtet wurde.

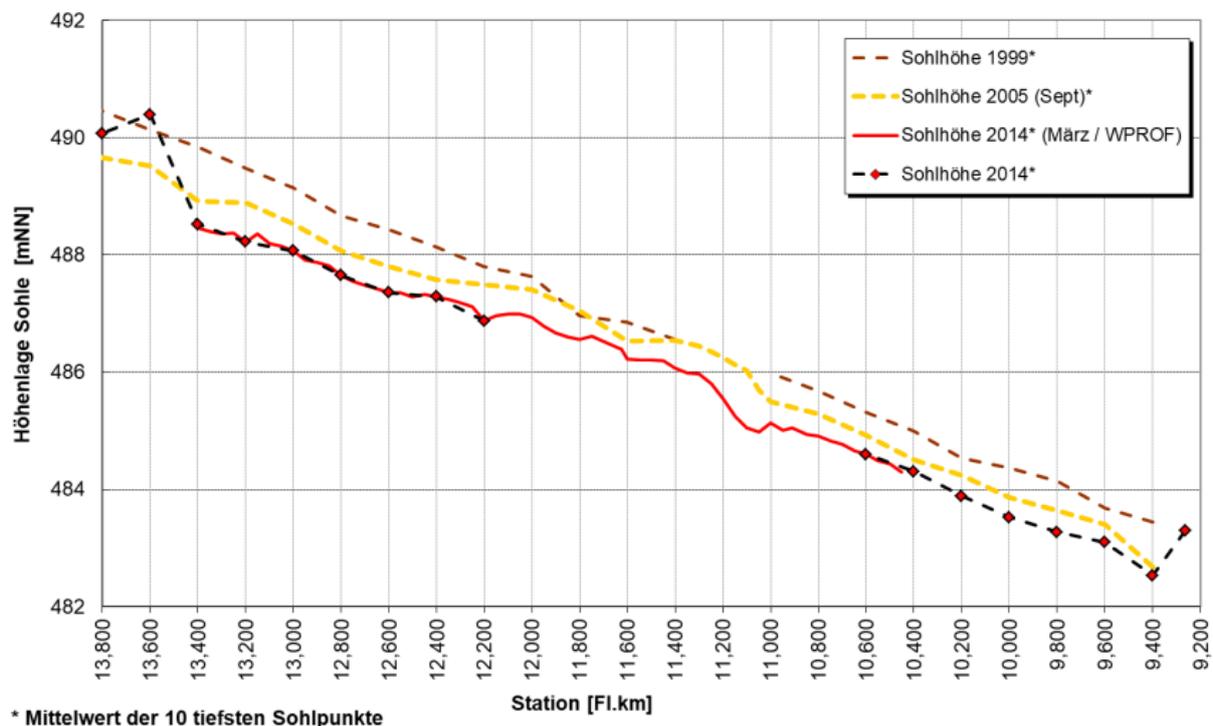


Abbildung 133: Längsschnitt Illersohle, Fl.km 13+800 bis 9+200 (Vermessung Sept 2005, März 2014) (Quelle: Björnßen Beratende Ingenieure GmbH, 2020b)

Gleichzeitig zeigen jedoch Untersuchungen zur Sanierung und Umbau der Illerschwelle bei Fkm 43.500 (Björnsen Beratende Ingenieure, 2012), dass sich Auswirkungen im Nahbereich ebenso mit etwa 40 % der Absenkung ergeben, die Grundwasserabsenkung jedoch nur in einem Umkreis von etwa 200 bis 300 m feststellbar (ca. 20 % Absenkung) ist (im ufernahen Bereich auch bis etwa 500 m). Weiters ist in Bereichen mit überwiegendem Grundwasseraustrag (siehe dazu Abbildung 134) davon auszugehen, dass Maßnahmen im Flussbereich (wie zum Beispiel Stauabsenkungen) geringen Einfluss auf die begleitenden Grundwasserspiegel haben.

Zusätzlichen Einfluss hat die Kolmation der Illersohle, die bei starker Ausprägung den Einfluss auf den Grundwasserspiegel zusätzlich abmindert.

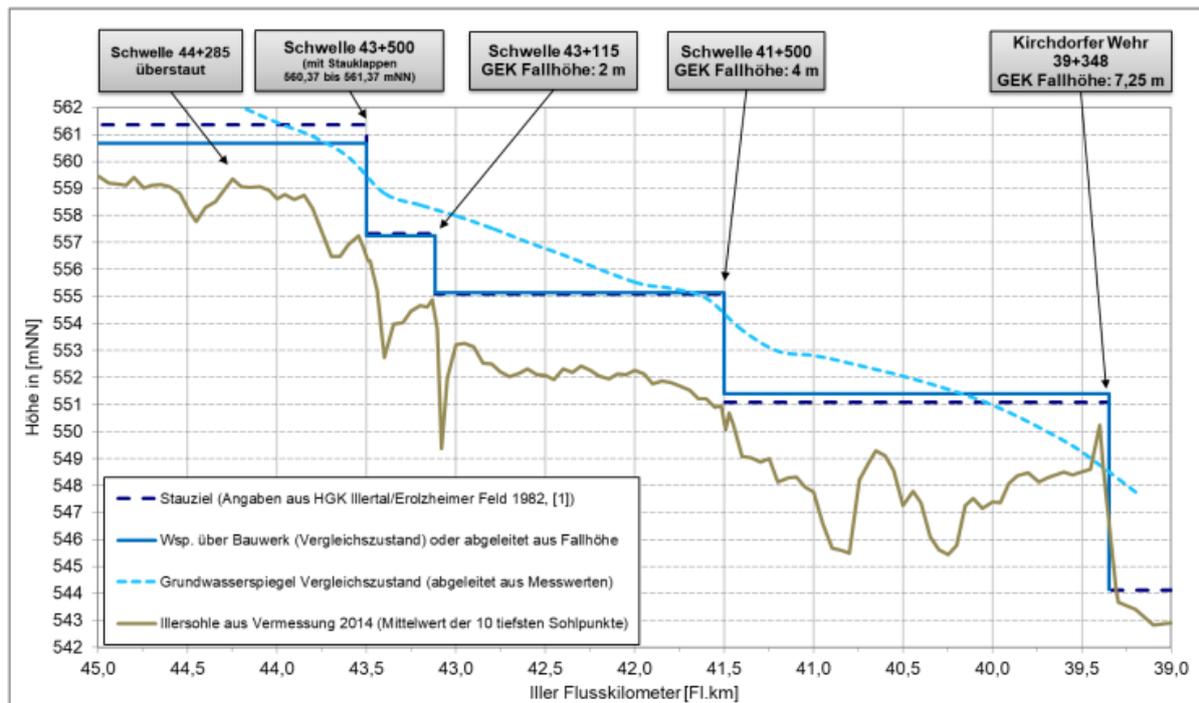


Abbildung 134: Längsschnitt Illerwasserspiegel mit Grundwasserspiegel Flkm 39.0 bis 45.0 (Quelle: Björnsen Beratende Ingenieure, 2020c).

Aufweitungsmaßnahmen haben den geringsten Effekt auf den umgebenden Grundwasserspiegel, vor allem, wenn sich diese Maßnahmen im Staubereich befinden. In freier Fließstrecke kann es durch Aufweitungen und der dadurch verringerten Transportkapazität im Fluss zu einer Sohlanhebung kommen, die sich auf den umgebenden Grundwasserkörper auswirken kann. Diese lässt sich allerdings nur bei hydrologisch als auch morphologisch wenig gestörten Randbedingungen seriös prognostizieren. Beide Bedingungen sind an der Iller derzeit nicht gegeben.

Durch die Umsetzung von **Seitenarmen** kann sowohl ein positiver als auch ein negativer Effekt auf das Grundwasser auftreten. Bei hohem Grundwasserstand im Ausleitungsbereich besteht die Gefahr einer Drainage-Wirkung, bei tiefem Grundwasserstand kann der Grundwasserspiegel durch Versickerung in den Seitenarmen gehoben werden. Welche Auswirkungen eintreten, ist für jeden Maßnahmenbereich individuell zu beurteilen, da hier vor allem die bestehende Grundwasser- und Illerwasserspiegelhöhe, als auch die Tiefe der Stauzone maßgeblich ist. Hier sind vor der Planung der Maßnahmen durchzuführende Rammbohrungen mit Kartierung der Grundwasserhöhen zu empfehlen, um die Planung an die vorhandenen Grundwassergegebenheiten anzupassen.

Grundsätzlich lässt sich – auch bestätigt durch die Grundwassermodellierung – sagen, dass sich Maßnahmen im Illerbett sowie die Errichtung von Seitenarmen klein- bis mittlräumig (im Grundwassermodell Auswirkungen zwar bis etwa 600 m von der Iller entfernt spürbar) auf den Grundwas-

serspiegel auswirken. Durch die Abdichtung der unteren Seitenarmsohlschichten mit natürlichen feinkörnigen Materialien wie Tonschichten kann dem jedoch entgegengewirkt werden.

Weiters sind die lokalen geologischen Gegebenheiten ausschlaggebend – der Einfluss von schlecht grundwasserleitenden Schichten wie der OSM (Oberen Süßwassermolasse) verringert die Auswirkungen wesentlich (siehe Abstauversuch bei Flkm 34.680 – Fichtner water & transportation GmbH, 2020).

6.3 Maßgebende Habitat-/Strukturtypen und Zielwerte

6.3.1 Habitattypen und Strukturtypen

Der Zusammenhang von verfügbarem Habitatangebot und potenziellem Fischbestand wird zwar oft qualitativ beschrieben, jedoch selten quantifiziert. Die Habitatmodellierung für den Istzustand (Kap. 4) und die Maßnahmen-Referenzstrecken (Kap. 5) geben Informationen über die im Betrachtungsraum oder in Teilen des Betrachtungsraums vorhandenen oder herstellbaren Fischhabitatflächen. Zur Beurteilung, ob diese Flächen ausreichend sind zur Herstellung des von der WRRL geforderten Zustands der biologischen Qualitätskomponenten, werden die Modellergebnisse aus den Maßnahmen-Referenzstrecken übertragen auf den gesamten Betrachtungsraum (Kap. 6.4).

Die zur Erfüllung der WRRL-Anforderungen erforderlichen *Habitatflächen* sind allerdings nicht festgelegt. Es gibt jedoch Abschätzungen der hierzu erforderlichen Flächenanteile verschiedener *fischrelevanter Strukturtypen* an der gesamten Gewässerfläche, die sich an den Habitatansprüchen verschiedener Fischarten orientieren, darunter auch wesentliche Arten der Fischreferenzzönose der Iller (LSGÖ, 2020).

Da die LSGÖ (2020) Handlungshilfen für Planung und Wasserbau geben möchte, stehen hier die gestaltbaren, morphologischen Gewässerstrukturen im Fokus. Um die flächenbezogenen Anforderungen nach der LSGÖ zur Beurteilung des ermittelten Angebotes an funktionellen Habitaten nutzen zu können, wurden den Strukturtypen der LSGÖ (2020) die von ihnen abhängigen funktionellen Habitattypen der Habitatmodellierung zugeordnet (s. Kap. 4.9.4.1 und Tabelle 18).

Tabelle 18 Habitattypen und entsprechende Strukturtypen

Habitattyp	Strukturtyp
Larvalhabitate z.B. Äsche larval	Typ 1: Fläche, strömungsarme Uferbereiche
Jungfischhabitate z.B. Nase juvenil	Typ 2: Flach abfallende, angeströmte Hänge
Kieslaichhabitate z.B. Laichhabitat Äsche	Typ 3: Überströmte Kiesflächen
Laich-/Refugialhabitat z.B. Laichhabitat Nase	Typ 4: Stark überströmte Kies-/Steinflächen / Furten
Adulthabitate z.B. Äsche adult	Typ 5: Fließrinnen
Wintereinstände z.B. Nase adult	Typ 6: Ausgedehnte Kolke

Die einzelnen Strukturtypen entsprechen in der Regel mehreren funktionellen Habitattypen. Es ergeben sich für die Strukturtypen unterschiedliche Flächenanforderungen je nach betrachteter fischökologischer Funktion. Daher wurde die hinsichtlich des Flächenbedarfs anspruchsvollste fischökologische Funktion ausgewählt um das ihr zugeordnete (modellierete) Flächenangebot mit Zielwerten für die entsprechende fischökologische Struktur zu vergleichen.

Tabelle 19 Vergleich von fischökologisch relevanten Strukturen und Fischhabittypen

Habitattyp (modelliert)	Strukturtyp nach LSGÖ (2020) (fischökologisch relevante Strukturen)
funktionell abgegrenzte räumliche Einheit	morphologisch abgegrenzte Einheit, die durch wasserbauliche Maßnahmen geschaffen und gestaltet werden kann
ist oft Teil eines Strukturtyps, kann an verschiedenen Strukturtypen realisiert sein	umfasst oft mehrere Habitattypen oder Teile davon (je nach Strömungsexposition, Substrat/-lagerung etc.)
wird zunächst durch Substrat, Fließgeschwindigkeit, Temperatur* und Wassertiefe definiert, daneben auch von Strukturen und benachbarten Arealen * in den Modellierungen nicht berücksichtigt	Fließgeschwindigkeiten, Substrat und Wassertiefen gehen teilweise in die Strukturdefinition mit ein, allerdings meist in einem sehr weiten Spektrum von Ausprägungen

Durch diese Vorgehensweise werden die ursprünglich 23 modellierten funktionellen Habitattypen auf 6 in der LSGÖ vorgegebene Strukturtypen reduziert. Dabei geht die Differenzierung nach Fließgeschwindigkeit und Substrat zwar teilweise verloren, diese Parameter werden aber bei der Diskussion von Mindestabflüssen und weiteren Maßnahmen separat behandelt.

Eine Berücksichtigung der für Makrozoobenthos erforderlichen Habitatflächen ist beim derzeitigen Kenntnisstand nicht möglich. Wie in Kap. 2.8 ausgeführt kann aber davon ausgegangen werden, dass mit einem ausreichenden Angebot an Fischhabitaten auch ein ausreichendes Angebot an MZB-Habitaten vorhanden ist.

6.3.2 Vorbemerkungen

Als Ziel der geplanten Maßnahmen an der Iller wird ein Habitatangebot angenommen, das je nach Wasserkörper einen guten Zustand (1_F005_BW) oder ein gutes Potenzial (1_F010, 1_F009_BW) der biologischen Qualitätskomponenten Fischfauna und Makrozoobenthos ermöglicht. Als Maßstab werden die aus der LSGÖ (2020) abgeleiteten Zielwerte für Mindestflächen und Flächenanteile fischrelevanter Gewässerstrukturen übernommen.

Bei der Beurteilung eines ausreichenden Struktur-/Habitatangebots werden folgende Aspekte berücksichtigt:

- Das Strukturangebot muss unter unterschiedlichen Bedingungen (Abfluss, Temperatur etc.) Bestand haben. Als Bestandteil einiger Habitattypen (z.B. Laichplätze) brauchen bestimmte Strukturen nur saisonal verfügbar zu sein. Es ist aber zu bedenken, dass die Gewässerstrukturen fast immer Teil mehrerer verschiedener Habitattypen sind und daher – in entsprechendem Ausmaß und Ausprägungen – doch ganzjährig vorhanden sein müssen.
- Nicht alle relevanten Randbedingungen sind in die Modellierungen eingeflossen (Kolmation, Beschattung, angrenzende Gewässerstrukturen etc.). Dies wird bei der Interpretation der Modellergebnisse berücksichtigt und vielfältige Struktur- und Habitatparameter werden positiver bewertet als großräumig einheitliche Habitatausprägungen (z.B. Fließrinnen, Kolke).

6.3.3 Zielwerte für das Habitatangebot

Die zur Etablierung eines gewässerkonformen Fischbestandes erforderlichen Strukturtypen werden in LSGÖ (2020) für jede Fischart und Habitatfunktion als Anteile an der Gewässerfläche angegeben. Dabei wird – u.a. aufgrund der Unschärfe dieser Vorgehensweise – nicht nach unterschiedlichen Gewässertypen differenziert.

Die LSGÖ-Handreichung geht davon aus, dass zum Erreichen des "guten ökologischen Zustandes" in „restriktionsgeprägten Gewässerstrecken“ eine Realisierung des angestrebten Habitatangebots auf 50% der Strecke ausreicht. Dabei muss eine artspezifische Mindestgröße der Fischökotope (Gewässerbereich, in dem ein vollständiger Lebenszyklus ablaufen kann) gewährleistet sein. Im vorliegenden Fall wurden die Gewässerflächen der drei Flusswasserkörper als Bezugsgrößen gewählt.

Für **natürliche Wasserkörper** (1_F_005) wird demnach davon ausgegangen, dass zum Erreichen des **"guten ökologischen Zustands" GÖZ** die erforderlichen Zielwerte für die Flächenanteile der 6 betrachteten Strukturtypen 50% **der LSGÖ (2020) Richtwerte** betragen (**Zielwerte GÖZ**).

Für **HMWB Wasserkörper** wird nur die Möglichkeit lokaler und temporärer Vorkommen einer Art gefordert, deren Ökotope auch Bereiche angeschlossener Wasserkörper umfassen kann. Die geforderten Strukturen sind hier eher als Trittsteine zu verstehen, die eine temporäre Besiedlung erlauben und einen Teil der erforderlichen Habitate einer Art zu Verfügung stellen.

Für **HMWB Wasserkörper** werden die Anforderungen an das vorhandene Habitatflächenangebot reduziert. Die Zielwerte für die Flächenteile der 6 Strukturtypen zum Erreichen des **"guten ökologische Potenzials" GÖP** wurden in Absprache mit den Fachleuten der Begleitgruppe bei **25% der LSGÖ (2020) Richtwerte** angesetzt (**Zielwerte GÖP**).

Tabelle 20 Zuordnung und Charakterisierung von Habitat- und Strukturtypen

Nr	Habitattyp (modelliert) Strukturtyp (LSGÖ, 2020)	Charakterisierung
1	Larven – Äsche [Trüsche, Nase, Barbe] * flache, strömungsarme Uferbereiche (UAG Fische, 2020, S. 42)	Wassertiefe: ≤ 20 cm Fließgeschw.: ≤ 10 cm/s Substrat: meist Feinsubstrat (Sand – Feinkies) Saison: Februar bis Juli Mindestgröße: 8 - 12 m ² ; Breite mindestens 30 cm Lage: unterhalb der Laichplätze, als Uferstreifen verteilt
2	Juvenile - Nase [Barbe, Äsche] aber auch Kleinfische (Schmerle, Gründling etc.) * flach abfallende, angeströmte Bereiche (UAG Fische, 2020, S. 44)	Wassertiefe: meist 10 - 60 cm Fließgeschw.: 10 - 60 cm/s Substrat: > 2,0 - 63 mm Saison: ganzjährig Mindestgröße: 20 m ² Lage: über ganzes Projektgebiet verteilt Bemerkung: Übergang von ruhigen, flachen zu strömenden, tiefen Zonen
3	Laichhabitat - Äsche [Barbe, Hasel, Schneider] * überströmte Kiesflächen (UAG Fische, 2020, S.39)	Wassertiefe: meist 20 - 200 cm Fließgeschw.: 30 - 100 cm/s Substrat: > 6,3 - 63 mm, geringer Feinsedimentanteil Saison: März-Juni Mindestgröße: artabhängig 20 - 50 m ² Lage: über ganzes Projektgebiet verteilt, bevorzugt im Hauptgerinne
4	Laichhabitat (part) - Nase * stark überströmte Kies-Steinflächen, Rauschen (UAG Fische, 2020, S. 47)	Wassertiefe: 20 – 100 cm Fließgeschw.: 60 - 150 cm/s Substrat: ≥ 10 - 50 mm, geringer Feinsedimentanteil Saison: Ende März – Ende Mai Mindestgröße: 120 m ² Lage: eher im Mittel- bis Oberlauf, auch in Zuflüssen Bemerkung: benachbarte ruhige, tiefe Sammelareale für die Laichschwärme
5	Adulte - Äsche [Barbe, Nase, Hasel, Schneider] * Fließrinne (UAG Fische, 2020, S. 45)	Wassertiefe: > 100 cm Fließgeschw.: 20 - 100 cm/s Substrat: meist kiesig-steinig Saison: ganzjährig (Winter reduzierte Flächen) Mindestgröße: 30 - 40 m ² Lage: über ganzes Projektgebiet verteilt Bemerkung: ruhige, tiefe Bereiche neben schnellfließenden
6	Wintereinstand - Nase [Äsche, Hasel, Barbe] * ausgedehnte Kolke (UAG Fische, 2020, S. 55)	Wassertiefe: > 200 cm Fließgeschw.: 20 - 60 cm/s Substrat: untergeordnete Bedeutung Saison: November bis Februar Mindestgröße: artabhängig 6 - 15 m ² Lage: über ganzes Projektgebiet verteilt, Schwerpunkt im Unterlauf

6.4 Übertragung der Referenzmaßnahmen

Ziel der Maßnahmenumsetzung an anderen Standorten als denen der Referenzmaßnahmen M33, M42 und M46 ist es, die in der Referenz geschaffenen Strukturen und Habitate so weit wie möglich zu übernehmen. Für die Bewertung sind später in erster Linie die guten Habitate mit Eignungen $SI > 0,6$ maßgebend. Die Fläche dieser guten Habitate, die für die Referenzmaßnahmen mit Flächenangabe in m^2 vorliegt, kann aber nicht unverändert auf andere Standorte übertragen werden. Das liegt daran, dass die an anderen Standorten vorgesehenen Maßnahmen eine andere räumliche Ausdehnung haben oder durch andere Faktoren in der Umsetzung beschränkt oder auch erweitert sein können. So ist z.B. die Länge und das Gefälle der geplanten Seitenarme unterschiedlich zum Referenzseitenarm M42. Aber auch bestehende Hindernisse im Uferbereich können z.B. die Größe einer Aufweitung begrenzen, so dass sie geringer als in der Referenzmaßnahme M46 ausfällt. Eine Übersicht der im Programm Agile Iller geplanten Maßnahmen, die den drei genannten Typen a) Strömungsverbesserung / Absenkung, b) Seitenarm und c) Aufweitung Mutterbett zugeordnet werden können, ist in Abbildung 135 gegeben.

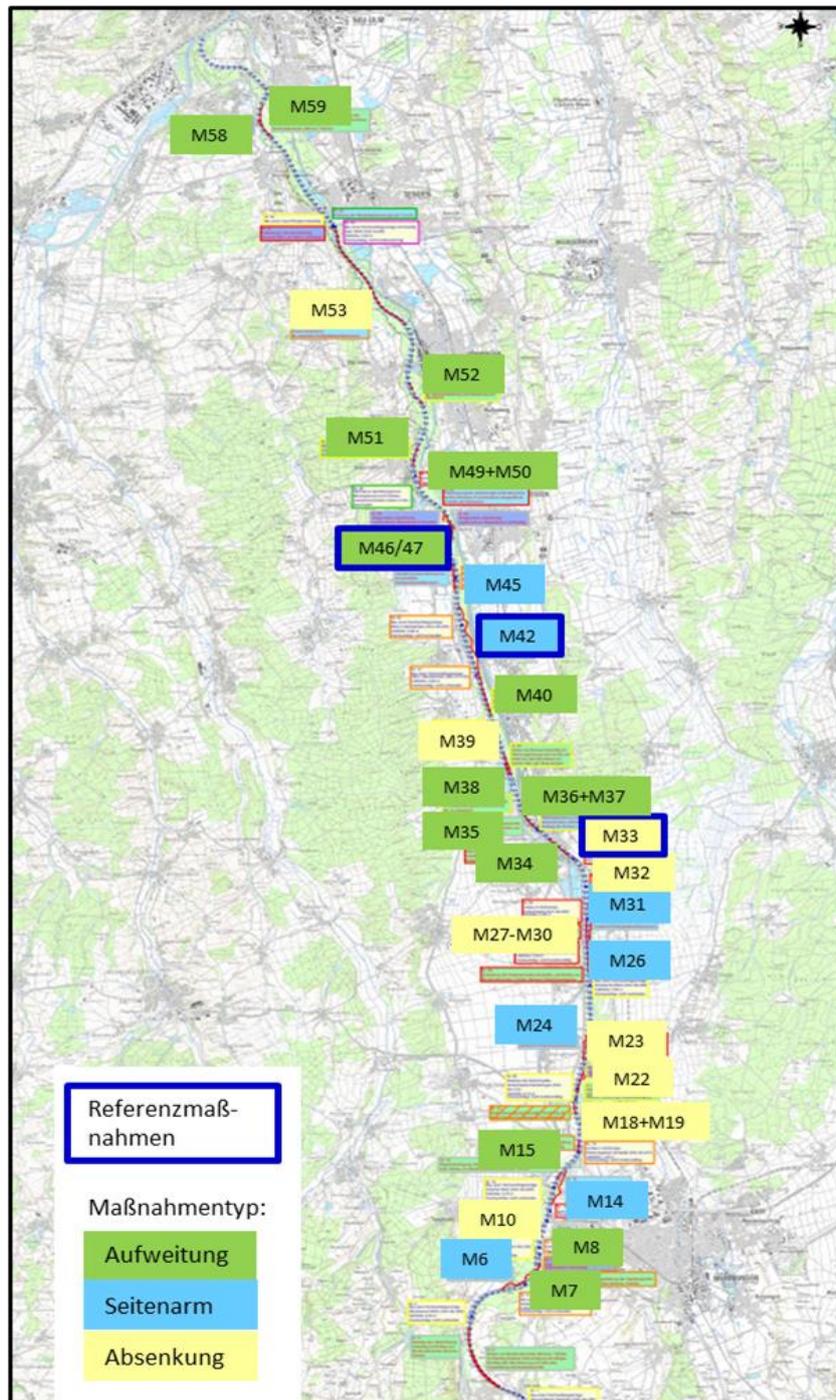


Abbildung 135 Übersicht der „Agile Iller“- Maßnahmen und gewählte Referenzmaßnahmen

Gestaltbarkeit/Übertragungsfaktor

Um die genannten Faktoren zu berücksichtigen, wird der Begriff der „Gestaltbarkeit“ eingeführt. Die Gestaltbarkeit wird anhand der in Abbildung 136 dargestellten Aspekte ermittelt.

Aspekte der „Gestaltbarkeit“

• verfügbarer Raum (Breite, Länge)		Seitenarm	Aufweitung
• verfügbarer Abfluss	Absenkung	Seitenarm	Aufweitung
• verfügbares Gefälle	Absenkung	Seitenarm	Aufweitung
• Hochwasseranfälligkeit	Absenkung	Seitenarm	Aufweitung
• Einfluss von Nutzung	Absenkung	Seitenarm	Aufweitung

Abbildung 136 Gestaltbarkeit, berücksichtigte Aspekte und Relevanz für die Maßnahmentypen

Allen Aspekten wird eine Zahl zwischen 0 und 1 zugeordnet, welche das Verhältnis zur Referenzmaßnahme widerspiegelt. So erhält ein geplanter Seitenarm, der nur 60% der Länge des Referenzseitenarms aufweist, für den Aspekt „verfügbare Länge“ den Wert 0,6. Die Gesamtgestaltbarkeit wird dann aus dem Produkt aller Einzelaspekte ermittelt und stellt gleichzeitig den Übertragungsfaktor für die guten Habitatanteile von der Referenzmaßnahme auf die aktuell betrachtete Maßnahme dar. Einige Beispiele für die Ermittlung der Gesamtgestaltbarkeit (= Übertragungsfaktor) sind in Abbildung 137 gegeben (vel = velocity = Fließgeschwindigkeit).

Gestaltbarkeit M18 Absenkung		Kommentar
verfügbare Länge	0.4	
Verfügbare Breite	1	
verfügbarer Abfluss	1	
verfügbares Gefälle	0.8	vorliegende vel geringer als M33
Hochwasseranfälligkeit	0.9	
Einfluss von Nutzung	0.9	Verkehr
Gesamtgestaltbarkeit	0.2	
Gestaltbarkeit M6, Seitenarm		Kommentar
verfügbare Länge	0.5	
Verfügbare Breite	0.8	
verfügbarer Abfluss	1	
verfügbares Gefälle	1.1	
Hochwasseranfälligkeit	1	Siedlung
Einfluss von Nutzung	0.9	Konflikt "Neuer Bach"
Gesamtgestaltbarkeit	0.4	
Gestaltbarkeit M15, Aufweitung		Kommentar
verfügbare Länge	0.2	
Verfügbare Breite	1	
verfügbarer Abfluss	1	
verfügbares Gefälle	0.9	schwollenfern
Hochwasseranfälligkeit	1	
Einfluss von Nutzung	1	
Gesamtgestaltbarkeit	0.2	

Abbildung 137 Beispiele für die Ermittlung der Gesamtgestaltbarkeit (= Übertragungsfaktor) für alle drei Maßnahmentypen

Nach der Ermittlung der Übertragungsfaktoren für alle Maßnahmen können diesen Maßnahmen Flächenanteile an guten Habitaten zugewiesen werden. Dies ist für jeden der 10 Abflüsse (zwischen 3 und 70 m³/s) möglich, der bei den Habitatsimulationen für die Referenzmaßnahmen verwendet wurde. Für die Aufweitungs- und Absenkungsmaßnahmen werden die zu übertragenden „guten“ Habitatanteile (Eignungen $SI \geq 0.6$) entlang der jeweiligen Maßnahmenabschnitte integriert. Entsprechend werden anschließend die Habitatflächen mit geringen Eignungen reduziert. Die Vergrößerung der benetzten Fläche für den Aufweitungsfall wird ebenfalls berücksichtigt. Die Seitenarm-Maßnahmen werden an der Position der Einmündung in die Iller im Längsschnitt integriert. Hier werden außerdem auch die Habitatflächen mit Eignungen $SI < 0.6$ übertragen, um den relativen Anteil einzelner Habitatflächen korrekt berechnen zu können.

6.5 Habitatangebot im Planzustand, Gesamtsystem

Im Folgenden sind die Längsschnitte der Habitatflächen für die maßgebenden 6 Habitat-/ Strukturtypen und Hochwasserrefugien im Planzustand dargestellt und interpretiert.

6.5.1 Strukturtyp 1: flache, strömungsarme Uferbereiche (Larven Äsche, Nase u.v.m.)

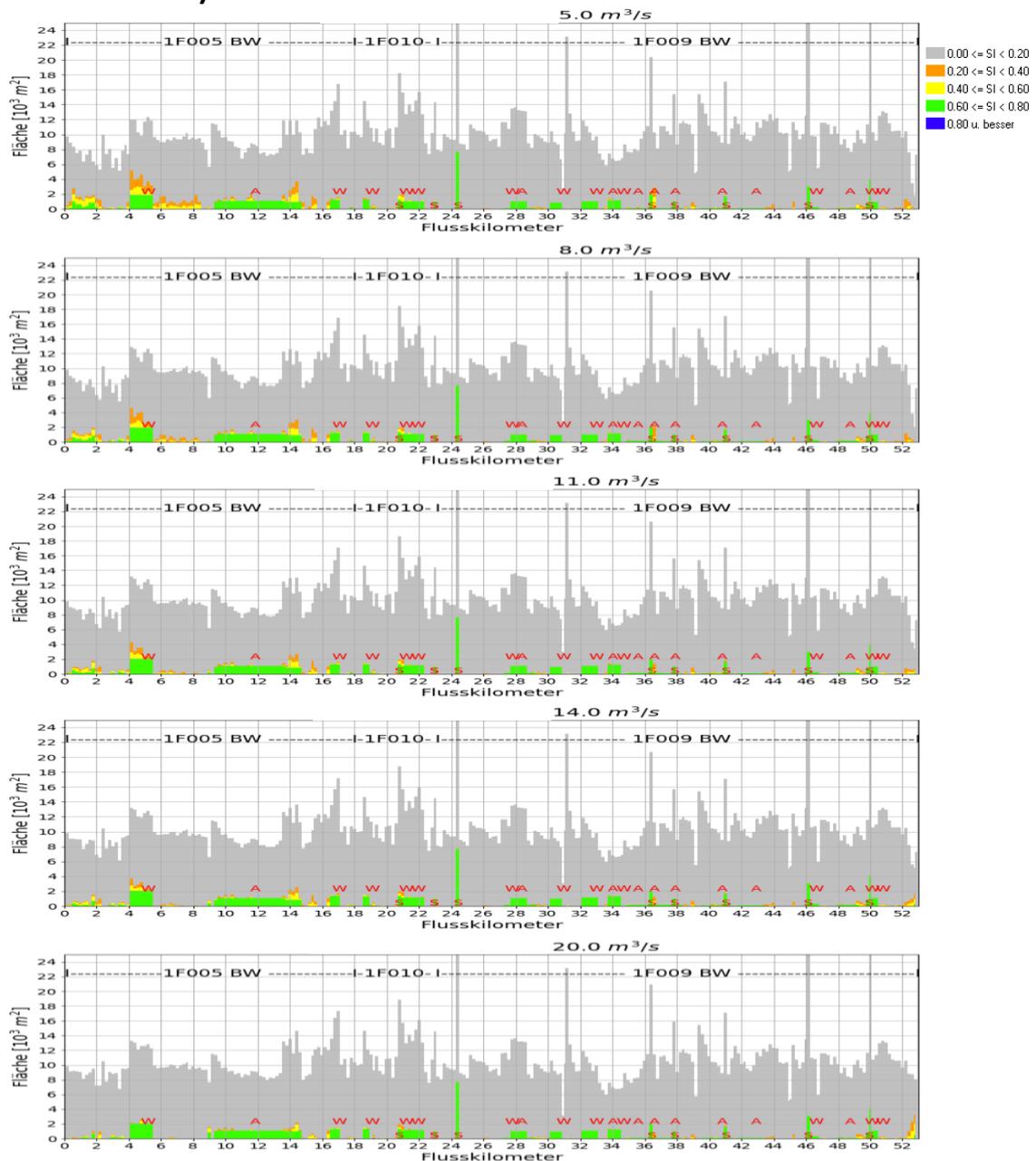


Abbildung 138 Fläche, strömungsarme Uferbereiche bei unterschiedlichen Gesamtabflüssen (Mutterbett + 2 m³/s Seitenarme) im Planzustand (Längsschnitte über die 3 Flusswasserkörper der Bearbeitungsstrecke), **blau**: sehr gute; **grün**: gute; **gelb**: nutzbare, **orange**: ungünstige, **grau**: vermiedene Habitate. **A**: Absenkung (Stauwurzel); **W**: Aufweitung; **S**: Seitenarm (untere Anbindung) Fläche, strömungsarme Uferbereiche fehlen auch bei den günstigsten Abflüssen noch auf weite Strecken, besonders im FWK 1F009_BW bestehen noch beträchtliche Defizite. Dank der verbesserten Gewässerstruktur (durchgeführte Maßnahmen) ist ein Rückgang des Habitatangebotes bei zunehmendem Abfluss (vergl. Istzustand) allenfalls noch lokal festzustellen. Auffällig ist das gute Habitatangebot im Bereich von Aufweitungen und Seitenarmen.

Habitatcharakteristik siehe Kap. 4.9.4.2

Habitatgröße, Habitatgestalt und -verteilung siehe Kap. 4.9.4.2

Lagebeziehungen:

Das spärliche Vorkommen der als Larvalhabitat bedeutsamen flachen, strömungsarmen Uferbereiche in FWK 1F009_BW entwertet das eigentlich erfreuliche, wenn auch nur lokale Angebot an Laichhabitaten im obersten Gewässerbereich. Wertvoll sind dagegen die Aufweitungen am unteren Ende des Flusswasserkörpers aber auch in 1_F010, die durch ein gutes Habitatangebot über längere Strecken die Larven auffangen können, die eine längere Verdriftung überlebt haben.

Das Habitatangebot in FWK 1F005_BW ist einigermaßen ausgeglichen, wobei allerdings die große Lücke zwischen Fkm 5 und Fkm 9 durch weitere Maßnahmen geschlossen werden sollte.

Abflussabhängigkeit:

Bei der Strukturierung der neu geschaffenen bzw. neu gestalteten Gewässerbereiche wurde besonders darauf geachtet, dass diese ihre Eignung über einen weiten Abflussbereich erhalten oder aber mit wechselndem Abfluss kontinuierlich verlagert werden. Dies macht sich in einem sehr abflussstabilen Habitatangebot – besonders in den neu gestalteten Gewässerabschnitten – bemerkbar.

Förderliche Maßnahmentypen:

Gute Larvalhabitate sind nach Durchführung der geplanten Maßnahmen in allen Wasserkörpern in deutlich größerem Umfang als zuvor vorhanden und bleiben auch bei steigenden Abflüssen, aufgrund der verbesserten Strukturierung, erhalten.

Das Angebot an flachen, strömungsarmen Uferbereichen kann insbesondere durch entsprechend gestaltete **Aufweitungen** verbessert werden.

Das gute Habitatangebot in den neu geschaffenen **Seitenarmen** ist für die dort geschlüpften Fische äußerst vorteilhaft, kommt jedoch kaum Larven des Mutterbettes zugute.

Als Einzelmaßnahmen können Abflachung und Strukturierung der Ufer wie auch die Anbindung von Aue- und Überschwemmungsflächen den Habitattyp fördern.

6.5.2 Strukturtyp 2: flach abfallende, angeströmte Hänge (Jungfischhabitate Nase, Barbe u.v.m.)



Abbildung 139 Flach abfallende, angeströmte Hänge bei unterschiedlichen Gesamtabflüssen (Mutterbett + 2 m^3/s Seitenarme) im Planzustand (Längsschnitte über die 3 Flusswasserkörper der Bearbeitungsstrecke) **blau**: sehr gute; **grün**: gute; **gelb**: nutzbare, **orange**: ungünstige, **grau**: vermiedene Habitate, **A**: Wehr-Absenkung; **W**: Aufweitung; **S**: Seitenarm (untere Anbindung)
 Flach abfallende, angeströmte Hänge sind zumindest kleinflächig über den gesamten Flusslauf vertreten, besonders gut ausgeprägt in FWK 1F005_BW und im Bereich von Aufweitungen. Sehr dürrtig bleibt das Habitatangebot in der oberen Hälfte des FWK 1F009_BW (bis ca. Fkm 35). In den neu strukturierten Aufweitungen ist das Habitatangebot weitgehend abflussunabhängig, während in 1F005_BW das Angebot bei höheren Abflüssen deutlich zurückgeht.

Habitatcharakteristik siehe Kap. 4.9.4.3

Habitatgröße, Habitatgestalt und -verteilung siehe Kap. 4.9.4.3

Lagebeziehungen:

Der Habitat-/Strukturtyp, auf den vor allem schwimmschwache Fische angewiesen sind, sollte beidufsig den gesamten Flusslauf begleiten. Hier bestehen vor allem im oberen Abschnitt von 1F009_BW noch Lücken, die durch gezielte Maßnahmen geschlossen werden sollten.

Abflussabhängigkeit:

Das gute Habitatangebot in FWK 1F005_BW geht mit zunehmendem Abfluss deutlich zurück, während das insgesamt dürftigere Habitatangebot in den FWK 1_F010 und 1F009_BW über einen weiten Abflussbereich gleichbleibt. Das Habitatangebot in diesen FWK wird zum großen Teil im Rahmen von Aufweitungen neu geschaffen und ist bewusst im Hinblick auf Stabilität gegenüber veränderten Abflüssen geplant.

Förderliche Maßnahmentypen:

In einem breiten Fließgewässer konzentriert sich der Habitat-/Strukturtyp auf ufernahe Bereiche, Furten und Inseln. Günstige Habitate sind daher vor allem dort zu finden, wo diese Bereiche im Rahmen der geplanten Maßnahmen umgestaltet und strukturiert werden.

Besonders gut ausgeprägt finden sich flach abfallende, angeströmte Hänge in **Aufweitungen**, welche die Abflusssensibilität dieser Struktur berücksichtigen.

Das gute Habitatangebot in den neu geschaffenen **Seitenarmen** kommt vor allem den dort lebenden Jungfischen zugute, kann allerdings in begrenztem Maße auch als Refugium bei Hochwasserabflüssen im Mutterbett dienen.

Als Einzelmaßnahmen zur Förderung flach abfallender, angeströmter Hänge eignen sich eine dynamische Uferlinienführung, Uferbuchten und strömungsmodellierende Uferstrukturen, die auf Stabilität oder Verlagerung bei unterschiedlichen Abflüssen angelegt sind und durch wechselnde Abflüsse regeneriert werden.

6.5.3 Strukturtyp 3: überströmte Kiesflächen (Kieslaichhabitate z.B. Äsche, Barbe)

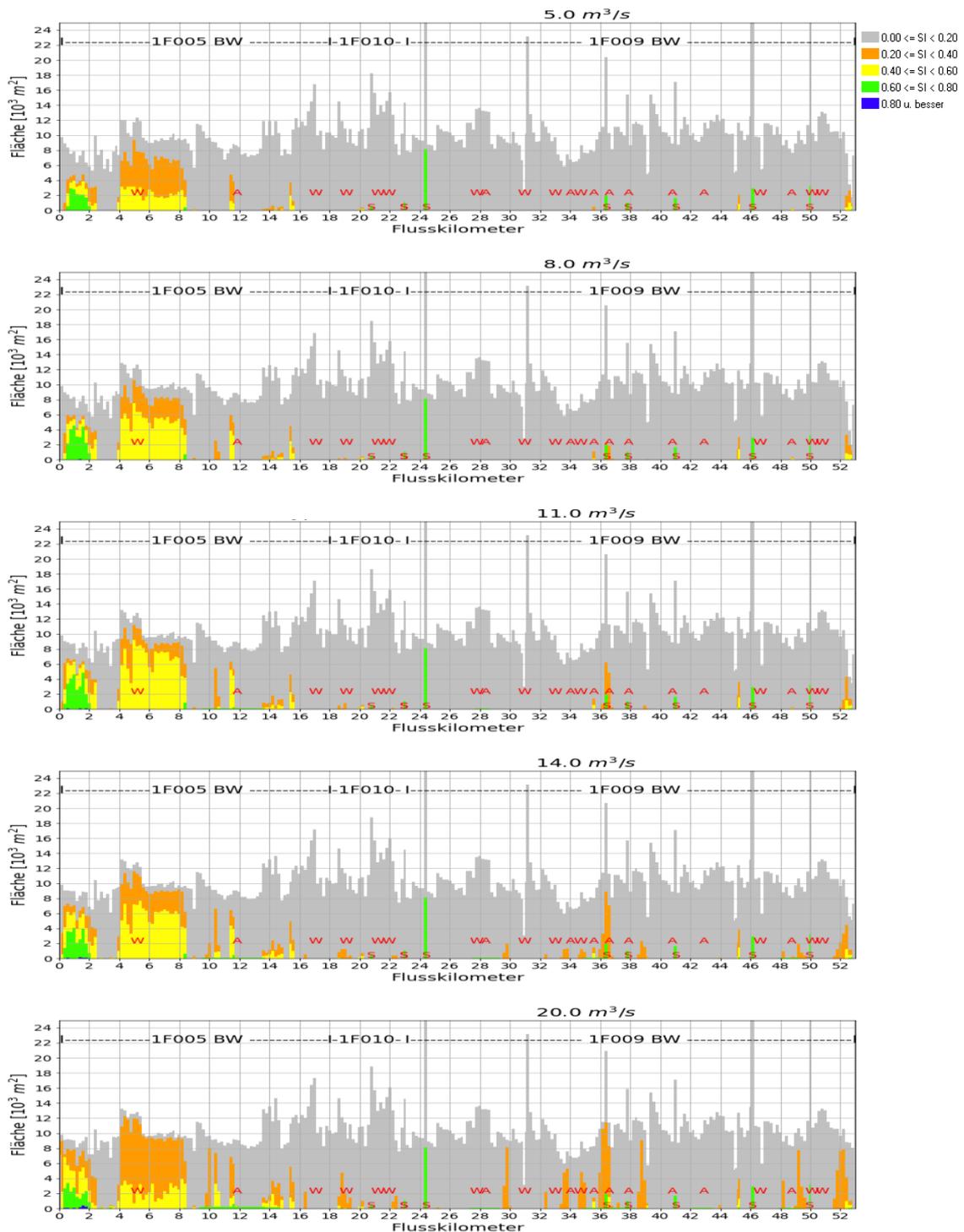


Abbildung 140 Überströmte Kiesflächen bei unterschiedl. Gesamtabflüssen (Mutterbett + 2 m³/s Seitenarme) im Planzustand (Längsschnitte über die 3 Flusswasserkörper der Bearbeitungsstrecke), **blau**: sehr gute; **grün**: gute; **gelb**: nutzbare, **orange**: ungünstige, **grau**: vermiedene Habitate. **A**: Absenkung (Stauwurzel); **W**: Aufweitung; **S**: Seitenarm (untere Anbindung)
Überströmte Kiesflächen sind in der Iller ein sehr seltener Habitattyp, der trotz gezielter Förderung durch die geplanten Maßnahmen nur in den untersten 16 km des FWK 1F005_BW einigermaßen zusammenhängend vertreten ist. Während in 1F005_BW das Habitatangebot mit dem Abfluss bis ca. 8 m³/s zunimmt, um dann konstant zu bleiben, lässt sich in den beiden FWK 1_F010 und 1F009_BW keine Abflussabhängigkeit erkennen. Das Habitatangebot ist hier auf die Seitenarme begrenzt, während im Mutterbett das erforderliche Kiessubstrat fehlt.

Habitatcharakteristik siehe Kap. 4.9.4.4

Habitatgröße, Habitatgestalt und -verteilung siehe Kap. 4.9.4.4

Lagebeziehungen:

Als dauerhafter Lebensraum für Kleinfische und Makrozoobenthos lassen sich überströmte Kiesflächen in der Iller nur mit wesentlich höherem Aufwand als dem geplanten etablieren. Möglich ist die Anlage entsprechender Flächen vor allem als Kieslaichareale in Seitenarmen. Diese sollten jedoch in den FWK 1_F010 und 1F009_BW in wesentlich höherer Zahl angelegt werden als bisher geplant. Dabei sind in der Regel mehrere kurze Seitenarme günstiger als einzelne lange, da durch die häufigeren Anbindungen die Erreichbarkeit für Fische des Mutterbettes verbessert wird.

Abflussabhängigkeit:

Eine Abflussabhängigkeit kann erst festgestellt werden, wenn die erforderlichen Strukturen und das erforderliche Substrat bereits vorhanden sind. Das ist in der Iller weitestgehend nicht der Fall. Bei gezielter Anlage von Kiesflächen muss bedacht werden, dass diese regelmäßig umgelagert werden müssen, um nicht zu kolmatieren, andererseits bei hohen Abflüssen abgetragen werden. Es besteht hier also eine zweifache Abflussabhängigkeit, wobei sowohl der Mindestabfluss für eine Substratumlagerung als auch der Abfluss der zu großräumiger Substraterosion führt oberhalb der normalen Restwasserabflüsse liegt.

Im unteren Abschnitt des FWK 1F009BW (Fkm 39-29) sind ab einer Mindestwasserabgabe von 14 m³/s erste Flächen mit zumindest einer geringen Habitateignung festzustellen. Diese Flächen nehmen bei zunehmendem Abfluss ebenfalls zu, wobei die Habitatqualität allerdings gering bleibt.

Förderliche Maßnahmentypen:

Der Habitattyp kann nur durch ein aufwendiges und regelmäßiges **Geschiebemanagement** im Mutterbett etabliert werden. Unterstützt werden muss dies durch Strukturen, die ein Auswaschen des Kieses durch hohe Abflüsse zumindest reduzieren und eine teilweise Ableitung größerer Hochwässer außerhalb des Mutterbettes über die Vorländer oder zusätzliche Flutmulden.

Die **Seitenarme**, die vom Hochwassergeschehen weitgehend abgekoppelt sind, eignen sich zur Schaffung eines lokalen Angebotes an überströmten Kiesflächen. Dieses Angebot wird in der Regel auch von Kieslaichern des Mutterbettes genutzt, wozu sie mehr oder weniger lange Laichwanderungen durchführen können.

6.5.4 Strukturtyp 4: stark überströmte Furten (Laich-/Refugialhabitat – Nasenlaichplatz)

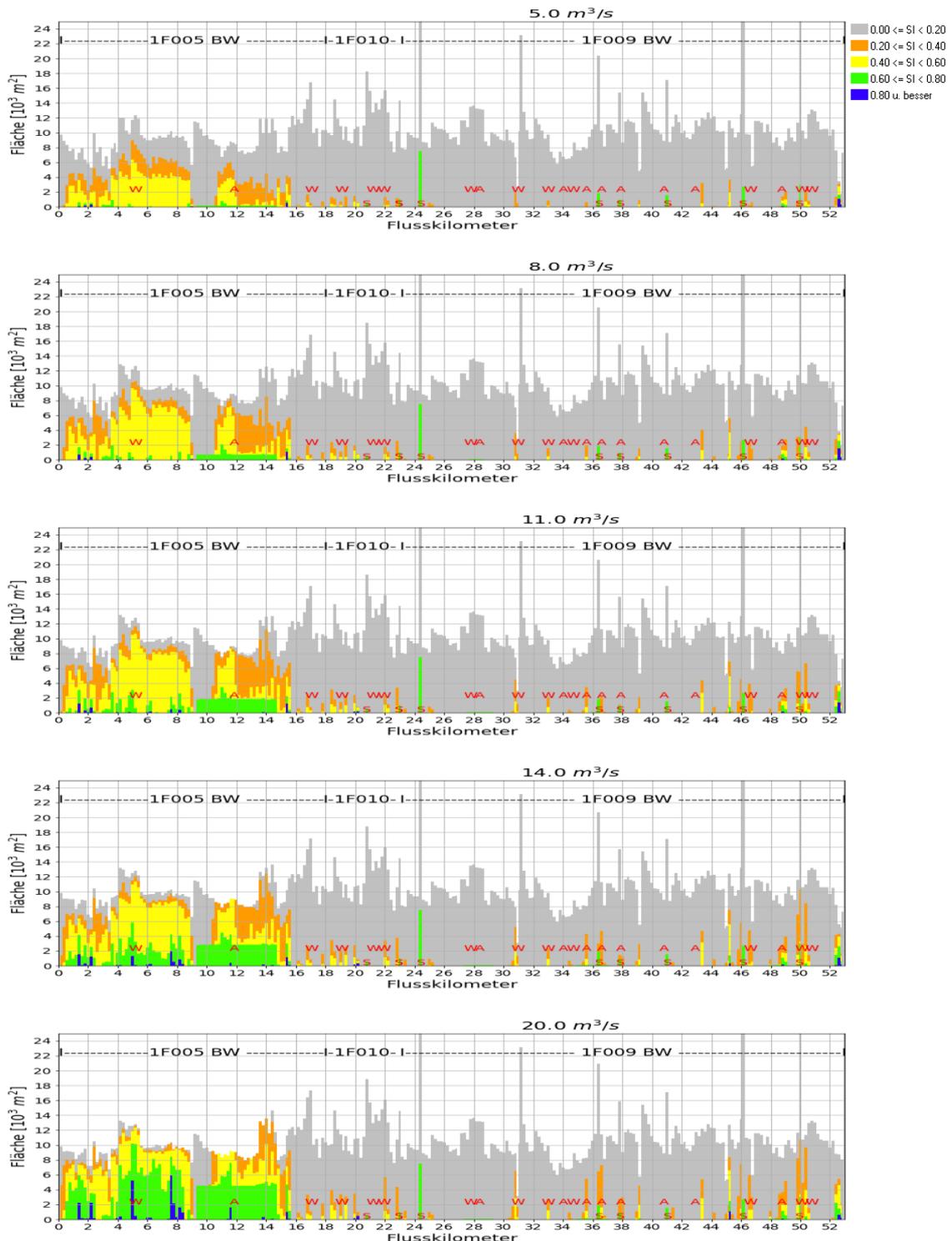


Abbildung 141 Stark überströmte Furten bei unterschiedlichem Gesamtabflüssen (Mutterbett + $2 \text{ m}^3/\text{s}$ Seitenarme) im Planzustand (Längsschnitte über die 3 FWK der Bearbeitungsstrecke), **blau**: sehr gute; **grün**: gute; **gelb**: nutzbare, **orange**: ungünstige, **grau**: vermiedene Habitate.

A: Absenkung (Stauwurzel); **W**: Aufweitung; **S**: Seitenarm (untere Anbindung)

Stark überströmte Furten sind in der Iller nur im FWK 1_F005_BW sehr gut vertreten, in den beiden übrigen FWK bleiben sie weitgehend auf Seitenarme beschränkt. Die Zunahme dieser Struktur mit dem Abfluss ist in FWK 1_F005_BW sehr auffällig, oberhalb dieses FWK jedoch fast nicht festzustellen (Weiteres siehe Text).

Habitatcharakteristik siehe Kap. 4.9.4.5

Habitatgröße, Habitatgestalt und -verteilung siehe Kap. 4.9.4.5

Lagebeziehungen:

Als Laichplätze sollten die stark überströmten Furten oberhalb längerer Strecken mit ausgedehnten Larval- und Jungfischhabitaten liegen, in welchen sich die geschlüpften und verdrifteten Fische entwickeln können. Dies ist vor allem für die Habitatflächen in den Stauwurzeln der Abschnitte 1_F010 und 1F009_BW nicht gegeben.

Als Refugialhabitate für Kleinfische im Mutterbett wären diese Furten geeignet. Hier (unterhalb Fkm 46) reduziert jedoch die durch weite Staubereiche isolierte Lage die Erreichbarkeit und Nutzbarkeit der Furthabitate.

Abflussabhängigkeit:

Im untersten Illerabschnitt (F005_BW) zeigt sich eine deutliche Abflussabhängigkeit des Angebotes an stark überströmten Furten. Diese Abhängigkeit ist noch bis etwa 36 m³/s zu verfolgen, da eine kräftige Überströmung des weitgehend stabilen Substrates ein wesentliches Kennzeichen des Habitat-/Strukturtypes ist. Einschränkend muss allerdings bemerkt werden, dass hierbei auch Flächen als geeignet gewertet wurden die nicht die eigentliche Furtstruktur (Geländesprung) aufweisen, die allerdings weitgehend ähnlich genutzt werden können. Zudem geht bei höheren Abflüssen das Angebot an ruhigen Kolkbereichen zurück, das für die Funktion als Nasenlaichplatz von Bedeutung ist, und bei höheren Abflüssen die Eignung als Laichplatz begrenzt (siehe Kap. 5.4.1.6).

Die wenigen geeigneten Flächen in den FWK 1_F010 und 1F009_BW zeigen kaum eine Abflussabhängigkeit. Dies liegt vor allem daran, dass die entsprechenden Strukturen sich innerhalb von Seitenarmen mit weitgehend konstantem Abfluss befinden. Eine gewisse Abflussabhängigkeit ergibt sich für kleinere Flächen des Habitat-/Strukturtypes, die durch Strömungsverbesserung in Stauwurzelbereichen mittels Wehrabsenkung geschaffen wurden. Hier können durch höhere Abflüsse noch günstigere Habitatangebote erzielt werden.

Förderliche Maßnahmentypen:

Gute Habitatangebote, vor allem als Laichplätze für Nasen, lassen sich in **Seitenarmen** realisieren, zumal hier die Nachbarschaft von Laich- und Ruhehabitaten recht einfach realisiert werden kann. Von einer Nutzung solcher Habitate kann ausgegangen werden, nicht zuletzt aufgrund der üblichen Laichwanderungen – oft auch in kleinere Zuflüsse.

Ebenfalls gute Habitatangebote lassen sich in gut überströmten **Stauwurzelbereichen** erwarten. Auch hier finden sich oft die erforderlichen Habitatkombinationen. Durch die begrenzten Möglichkeiten für **Wehrabsenkungen** (Grundwasserspiegel) sind solche Lösungen meist auf **erhöhte Abflüsse** angewiesen.

6.5.5 Strukturtyp 5: Fließrinne (Adulthabitate Äsche, Hasel, Nase, Barbe u.v.m.)

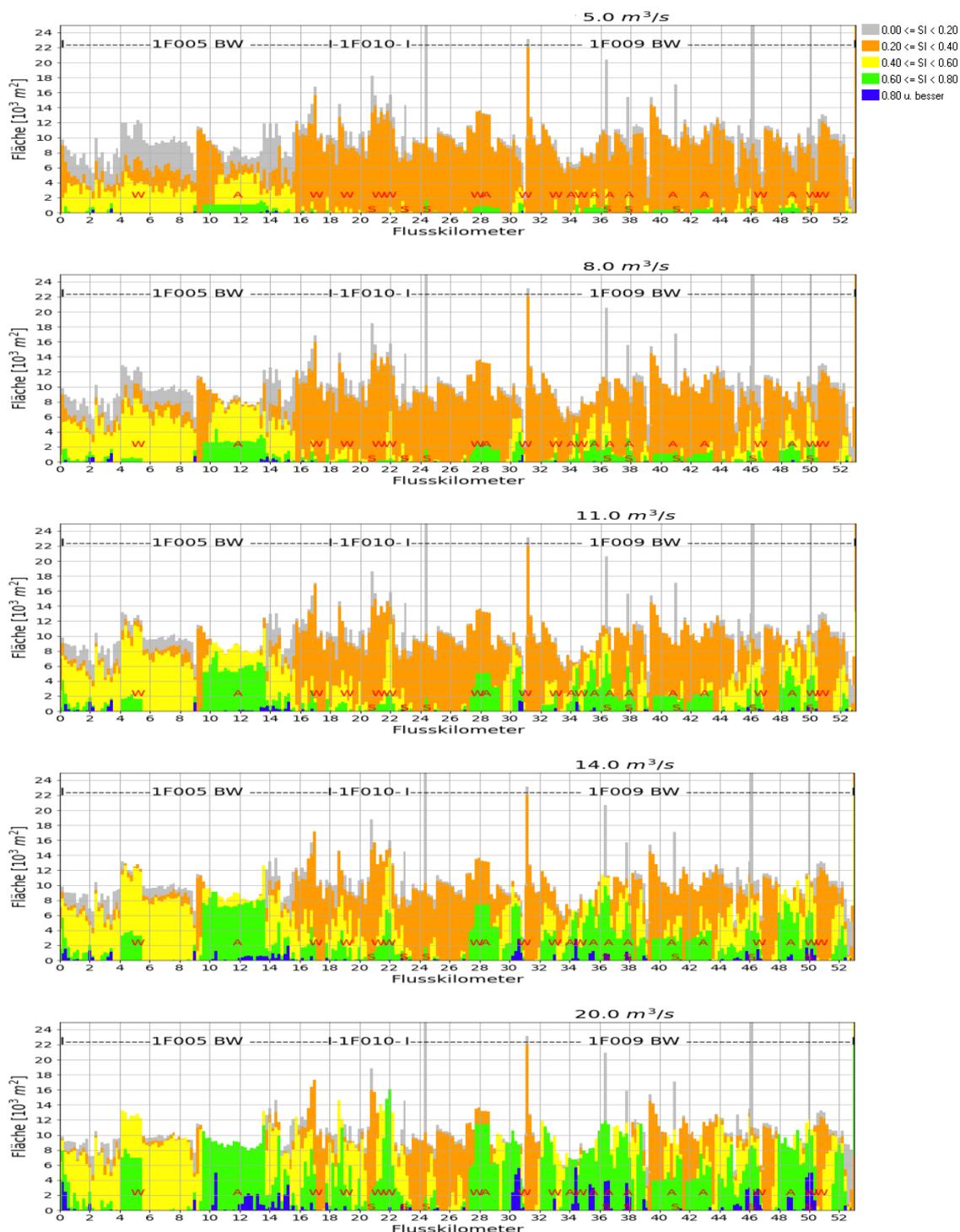


Abbildung 142 Fließrinnen bei unterschiedlichen Gesamtabflüssen (Mutterbett + 2 m³/s Seitenarme) im Planzustand (Längsschnitte über die 3 Flusswasserkörper der Bearbeitungsstrecke),
blau: sehr gute; **grün:** gute; **gelb:** nutzbare, **orange:** ungünstige, **grau:** vermiedene Habitate.
A: Absenkung (Stauwurzel); **W:** Aufweitung; **S:** Seitenarm (untere Anbindung)
 Fließrinnen sind bis zu Abflüssen von 8 m³/s nur sehr lückenhaft und spärlich ausgebildet und nehmen mit ansteigendem Abfluss deutlich zu. Auch wenn bei höheren Abflüssen (> 14 m³/s) ein recht hohes Angebot an Fließrinnen vorhanden ist, fehlen diese in einigen Staubereichen weiterhin.

Habitatcharakteristik siehe Kap. 4.9.4.6

Habitatgröße, Habitatgestalt und -verteilung siehe Kap. 4.9.4.6

Lagebeziehungen:

Fließrinnen sind sowohl als Lebensräume wie als verbindende Gewässerstrukturen von Bedeutung und sollten entlang des gesamten Gewässerlaufes ohne wesentliche Unterbrechungen ganzjährig vorhanden sein. Dieses Ziel wird selbst bei Abflüssen von 20 m³/s in einigen Staubereichen des FWK F_009_BW nicht erreicht.

Abflussabhängigkeit:

Das Angebot an Fließrinnen ist sehr stark abflussabhängig. Es nimmt mit zunehmendem Abfluss beständig zu und erreicht selbst bei 20 m³/s noch nicht sein Maximum. Lokal erweist sich allerdings auch die Gewässermorphologie als wesentlich für die Ausbildung von Fließrinnen. So können sich diese in Staubereichen nur rudimentär ausbilden, da das Gewässerbett dort sehr einheitlich durchflossen wird und die typischen lateralen Gradienten sich nicht ausbilden können. Ähnlich verhält es sich in FWK 1F005_BW, wo ein wenig differenziertes Querprofil über längere Strecken die Ausbildung von Fließrinnen behindert.

Bestehende Lücken im Habitatangebot (z.B. Fkm 27-23) werden oft erst bei Mindestwasserabgaben von über 11 m³/s allmählich geschlossen.

Förderliche Maßnahmentypen:

Grundsätzlich ist ein **ausreichender Abfluss** zur Entstehung von tiefen Rinnen mit kräftigem Durchfluss Voraussetzung. Gefördert wird dies durch häufige Wechsel des Strömungsstriches und **In-stream-Strukturen**, die den Abfluss differenzieren und lokal konzentrieren.

Auch **Geländeschwellen**, die als Furten zu Strömungswechseln führen und Fließrinnen longitudinal gliedern sind wesentliche Elemente zur Ausbildung dieser Rinnen.

6.5.6 Strukturtyp 6: ausgedehnte Kolke (Wintereinstände für Äsche, Barbe, Nase u.a.)

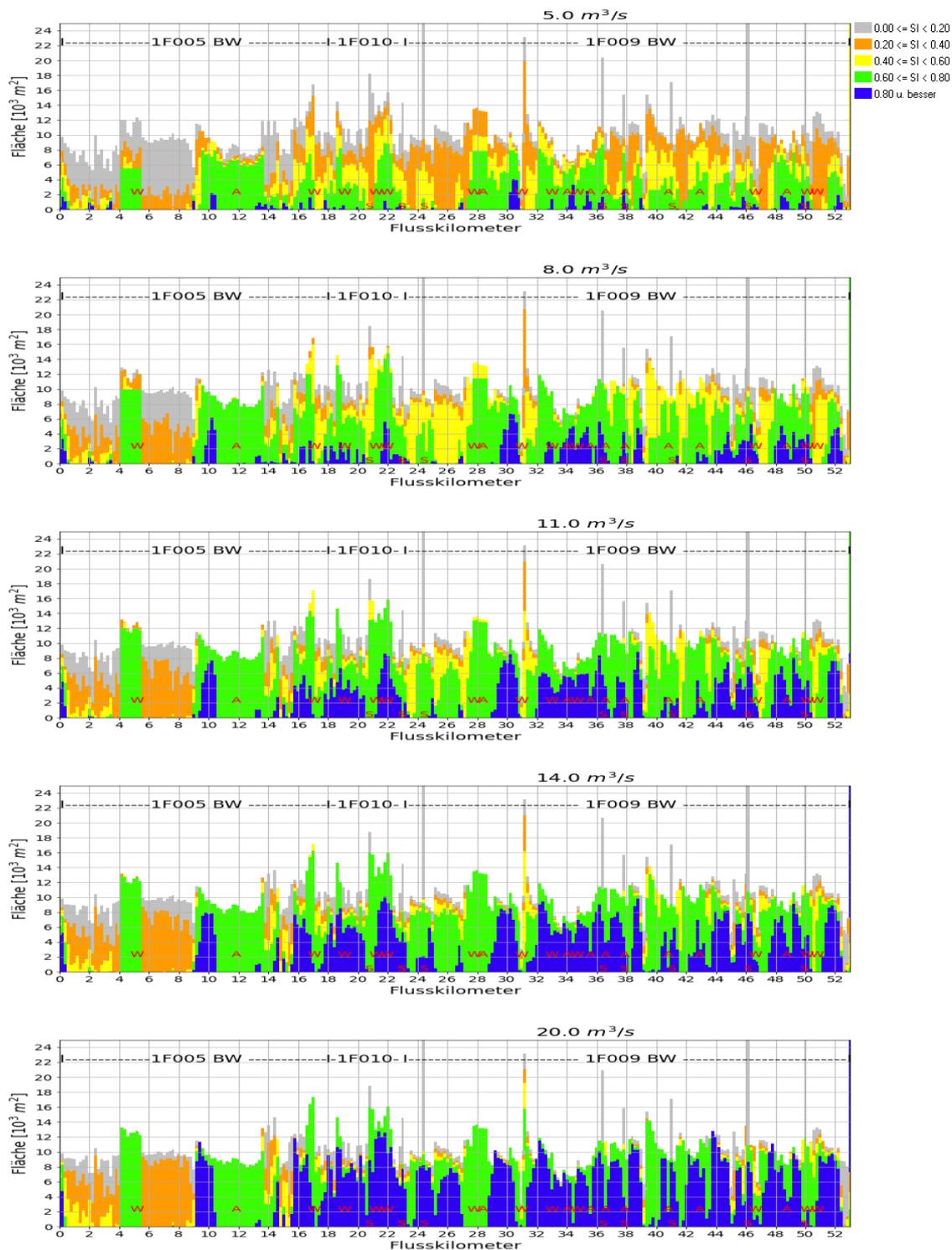


Abbildung 143 Ausgedehnte Kolke bei unterschiedlichen Gesamtabflüssen (Mutterbett + 2 m³/s Seitenarme) im Planzustand (Längsschnitte über die 3 Flusswasserkörper der Bearbeitungsstrecke)
blau: sehr gute; **grün:** gute; **gelb:** nutzbare, **orange:** ungünstige, **grau:** vermiedene Habitate.
A: Absenkung (Stauwurzel); **W:** Aufweitung; **S:** Seitenarm (untere Anbindung)
 Das Vorkommen von ausgedehnten Kolken ist zwar stark abflussabhängig, sie sind aber bereits bei geringen Abflüssen über die gesamte Flussstrecke ausreichend vorhanden.

Habitatcharakteristik siehe Kap. 4.9.4.7

Habitatgröße, Habitatgestalt und -verteilung siehe Kap. 4.9.4.7

Lagebeziehungen:

Kolke können sehr verstreut über das Gewässer verteilt sein, solange sie als Wintereinstände gut erreichbar bleiben.

Abflussabhängigkeit:

Als ruhige Gewässerbereiche bieten Kolke oft auch Stillwasserarten einen Lebensraum. Diese können jedoch kaum dauerhaft besiedelt werden, wenn im Falle von Hochwasserabflüssen keine Refugialhabitate in ausreichender Nähe und günstiger Lage zu erreichen sind. Der auffallende Anstieg des Angebotes an Kolkflächen im gesamten Untersuchungsbereich gibt möglicherweise ein zu positives Bild, da viele dieser Flächen sehr großräumig ausgeprägt und wenig strukturiert sind.

Auffällig ist ein nur geringes Habitatangebot im Mündungslauf der Iller. Zwischen FKM 9-5 und Fkm 4-1 sind unabhängig vom Abfluss fast keine Kolke zu finden.

Förderliche Maßnahmentypen:

Eine **Strukturierung des Gewässerbettes** besonders in Staubereichen kann die Qualität und Nutzbarkeit der kolkähnlichen Strukturen deutlich verbessern.

6.5.7 Hochwasserrefugien

Abbildung 144 zeigt das Flächenangebot an Hochwasserrefugien für adulte und juvenile Fische im Längsschnitt der drei Wasserkörper. Abbildung 145 und Abbildung 146 zeigen die Hochwasserrefugien in Aufsicht für alle drei Maßnahmentypen im Planzustand.

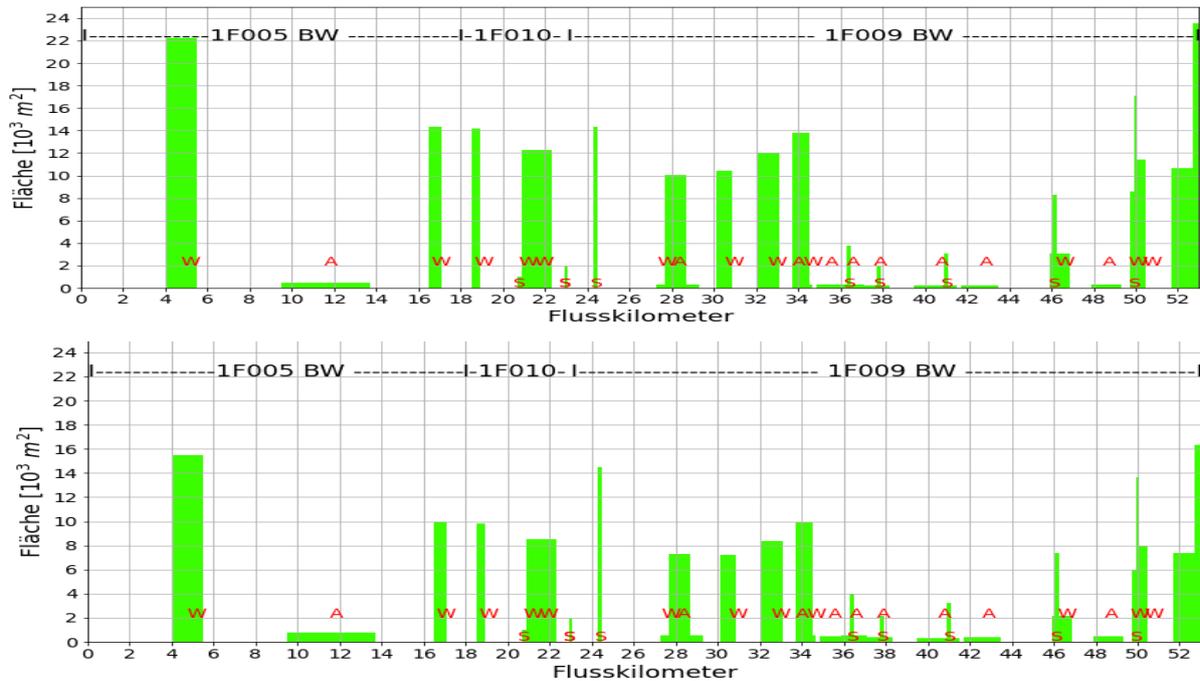


Abbildung 144 Hochwasserrefugien bei HQ2 für **Adulte (oben)** und **Jungfische (unten)** im Planzustand (Längsschnitte über die 3 Flusswasserkörper der Bearbeitungsstrecke). Die Hochwasserrefugien sind weitgehend an die Seitenarme und die Aufweitungmaßnahmen gebunden.
A: Absenkung (Stauwurzel); **W:** Aufweitung; **S:** Seitenarm (untere Anbindung)

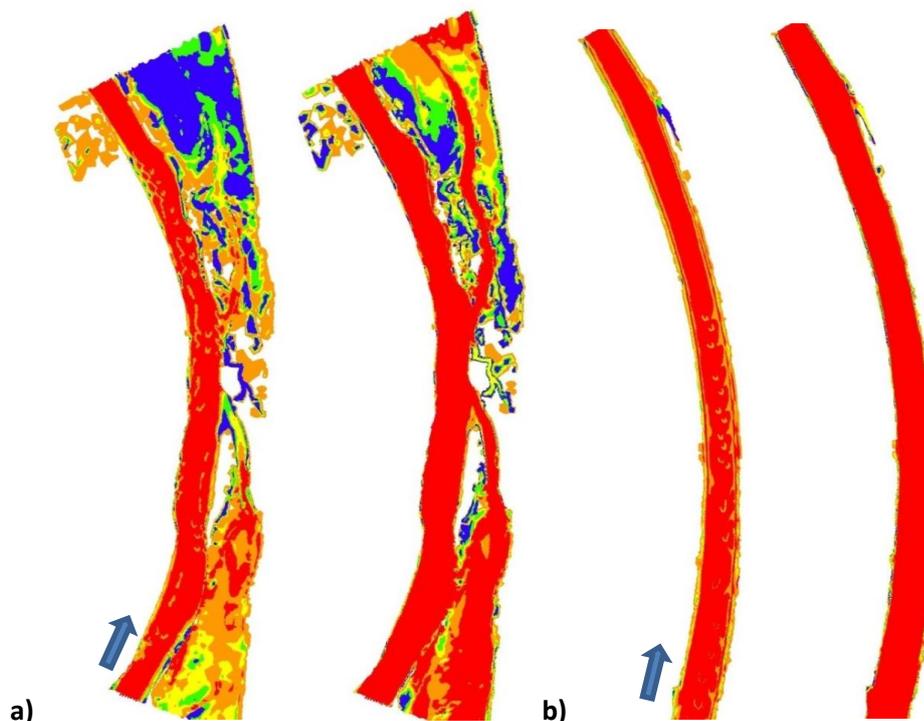


Abbildung 145 Hochwasserrefugien bei HQ2 (148 m³/s) für Adulte (links) und Jungfische (rechts) im Planzustand; a) Aufweitung b) Absenkung, für die Aufweitung (a) sind die Hochwasserrefugien im unmittelbaren Maßnahmenbereich im oberen Abschnitt zu beachten, nicht die in den bestehenden Vorländern weiter unten

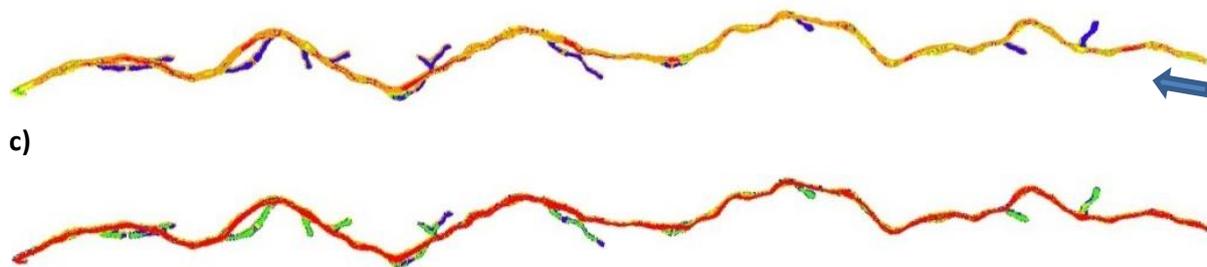


Abbildung 146 Hochwasserrefugien bei HQ2 (148 m³/s) für Adulte (oben) und Jungfische (unten) im Planzustand; c) Seitenarm, beim HQ2 ist der Abfluss im Seitenarm nicht erhöht, da noch keine Ausuferung in die Vorländer erfolgt

Habitatcharakteristik

Strömungsarme Bereiche, die auch bei ansteigendem Abfluss stabil erhalten bleiben. Als Refugien dienen sowohl Einzelstrukturen (Unterstände für einzelne Fische) als auch großflächig überschwemmte Auenbereiche.

Hochwasserrefugien müssen bei ablaufendem Wasser möglichst lange mit dem Hauptgewässer durchgängig verbunden bleiben und dürfen in dieser Situation nicht als Fallen wirken.

Habitatgröße, Habitatgestalt und -verteilung

Bereits kleinräumige Habitate können einzelnen Fischen als Refugien dienen, können aber bei zunehmenden Abflüssen mit dynamischen Strukturveränderungen als Fallen wirken, von denen aus ein Wechsel in stabilere Refugien oft nicht mehr aktiv möglich ist.

Refugien sollten daher sowohl entlang beider Ufer über ausgedehnte Strecken vorhanden sein wie auch bei zunehmendem Wasserstand sukzessive mit der Wasserlinie verlagert werden.

Lagebeziehungen

Hochwasserrefugien müssen bei ansteigendem Abfluss gut erreichbar sein, insbesondere für schwimmschwache Fische, die diese Bereiche mehr oder weniger driftend erreichen müssen.

Dies ist auch nach Durchführung der geplanten Maßnahmen nur lokal gegeben. Über weite Strecken bleibt das Angebot an Refugien sehr kleinräumig und oft nur durch Zufall erreichbar (z.B. Seitenarme).

Abflussabhängigkeit

Die modellierten Refugien sind bei HQ2 vorhanden, bei höheren Abflüssen dürften die meisten dieser Flächen eine abnehmende Schutzfunktion besitzen, nötige Schutzflächen in den landwärts angrenzenden Flächen fehlen weiterhin. Bei geringeren Wasserständen können einige der flach überstauten Bereiche entfallen ohne dass sie durch entsprechende Flächen in Nähe der Strömungsrinnen ersetzt werden können.

Förderliche Maßnahmentypen

Flächige Hochwasserrefugien können vor allem durch **Aufweitungen** geschaffen werden, wie das Beispiel der Maßnahme M46 zeigt. Dagegen stehen die Refugien in den Seitenarmen für Fische des Mutterbettes im Hochwasserfall nur begrenzt zu Verfügung, da diese zuvor die schmalen Anschlussstellen der Seitenarme erreichen und passieren müssen.

Als Einzelmaßnahmen können **Uferabflachungen und Strukturierungen** (Totholz, Buchten, Buhnen), die sich beidufsig über weite Uferbereiche verteilen, als Hochwasserrefugien angelegt werden. Großräumig sollten zudem ausgedehnte **Zugänge zu überschwemmten Auenbereichen** geschaffen werden, die über ein Rinnensystem bei zurückgehendem Wasserstand auch wieder verlassen werden können.

Abschließende Bewertung des Angebotes an Hochwasserrefugien

Eine abschließende Bewertung des Angebotes an Hochwasserrefugien (nach durchgeführten Maßnahmen) ist im Rahmen der vorliegenden Untersuchung kaum möglich. Hier wäre die Betrachtung völlig anderer Abflüsse als bei der Bearbeitung der übrigen Habitats erforderlich, die Fragestellung, die ansonsten auf die Festlegung von Mindestabflüssen zielt, wäre auf Maximalabflüsse auszurichten. Für die Hochwasserbetrachtungen wäre zudem die Berücksichtigung zusätzlicher Areale wie Überschwemmungsbereiche, zumindest aber der Uferbereiche bis zur Dammkrone erforderlich.

Schließlich gibt es bislang kaum Angaben, wie ausreichende Hochwasserrefugien zu dimensionieren und zu bewerten sind, zumal die Qualität der einzelnen Refugien sich mit ansteigenden Abflüssen sehr unterschiedlich, wenn nicht gegensätzlich entwickelt.

Unter den Referenzmaßnahmen haben sich Aufweitungen als besonders effektiv für die Schaffung von Refugien bei kleineren Hochwassern (HW2) erwiesen. Da Hochwasserrefugien aber bevorzugt im Uferbereich wirksam sind kann ihre Erstellung auch als Einzelmaßnahme sehr wirksam sein und sollte nicht an die Durchführung größerer Maßnahmen gebunden bleiben. Dies trifft allerdings nicht für Maßnahmen zu, die Refugien bei größeren Hochwassern schaffen sollen und die das Umland und Überschwemmungsflächen berücksichtigen müssen.

In der Unteren Iller sind die folgenden Gesichtspunkte bei der Bereitstellung ausreichender Hochwasserrefugien zu berücksichtigen:

- **Schaffen von Zufluchtsräumen mit verminderten Strömungsgeschwindigkeiten**
 - dichtes, ufernahes Angebot an stabilen, strömungsdifferenzierenden Strukturen z.B. Buhnen, Totholz, Buchten, Inseln (kleinere Hochwasser)
 - Einbeziehen von Überschwemmungsflächen in das Angebot von Refugialbereichen (größere Hochwasser)
- **Sichern der Erreichbarkeit von Zufluchtsräumen auch für schwimmschwache Fische**
 - dichtes Raster von Schutzstrukturen entlang beider Ufer unter Berücksichtigung der Driftwege
 - sukzessive Verlagerung der Refugien mit ansteigendem Wasserspiegel
- **Reduktion der Strömungsgeschwindigkeiten im Hochwasserfall**
 - flächiges oder auf zahlreiche Gerinne verteiltes Abführen von Hochwasserabflüssen
- **Sichern der Rückkehrmöglichkeiten der Fische aus Überschwemmungsbereichen** bei Rückgang des Abflusses

Bei verstärktem Geschiebetrieb im Hochwasserfall sind Hochwasserrefugien an der zentralen Flusssohle nicht zu realisieren. Dies ist einer der Gründe, warum Hochwasserrefugien vorzugsweise ufernah vorhanden sein sollten (zudem werden verdriftende Organismen früher oder später in Ufernähe angeschwemmt). Für den Fall ansteigender Wasserspiegel sind auch terrestrische Bereiche und Überflutungsflächen in die Konzeption von Hochwasserrefugien einzubeziehen.

6.6 Zielerreichung der Habitate in den FWK

Im Folgenden wird das Vorgehen für die Aufsummierung (Integration) der berechneten Habitatflächen für die Wasserkörper, deren ökologische Bewertung und die Zielerreichung bezüglich der Zielwerte für die 6 ausgewählten Strukturtypen dargestellt.

Berücksichtigt werden Flächen der Eignung $SI \geq 0,6$ ("gute" und "sehr gute" Eignung). Dabei werden die Flächen "guter" Eignungen ($0,6 < SI < 0,8$) vollumfänglich berücksichtigt, da erstens von einer gewissen Plastizität der Ansprüche der Fische ausgegangen werden kann, zweitens aber auch bei der Formulierung der Zielwerte nicht durchgehend optimale Strukturen und Schlüsselparameter vorausgesetzt wurden.

Flächen der Eignung $0,4 < SI < 0,6$ ("nutzbares Habitat") stehen bisweilen in größerem Umfang zur Verfügung, sind allerdings nicht als Funktionshabitate (Laich-, Brütlingshabitat) anzusehen, sondern allenfalls als Verbindungs- oder Ausweichhabitate. Sie erhalten ihre Funktion oft nur durch den Anschluss an zumindest "gute" Funktionshabitate, deren Funktion sie nur lokal unter besonders günstigen Bedingungen ergänzen können.

6.6.1 Integration der Habitatflächen

Um einen Überblick der Habitatflächen und deren Anteile an der Gesamtfläche in den gesamten betroffenen Wasserkörpern zu erhalten, werden folgende Schritte vollzogen:

Schritt A: Die guten Habitate mit Eignungen $\geq 0,6$ (grün und blau angezeigt) aus den Längsschnitten werden über die jeweiligen Flusskilometer der Wasserkörper aufsummiert.

→ Fläche der guten Habitate pro Wasserkörper in m^2

Schritt B: Diese Flächen werden durch die Gesamtfläche der Wasserkörper geteilt.

→ Prozentualer Anteil der guten Habitate an der Gesamtfläche der Wasserkörper

Schritt C: Schritt A und B werden für jeden Abfluss durchgeführt und in einen Graphen eingetragen.

→ Diagramm für die abflussabhängige Änderung der prozentualen Anteile der guten Habitate in den Wasserkörpern

Trägt man zusätzlich die Zielwerte (GÖZ/GÖP) in das Diagramm ein (grüne Linie), erhält man den Abfluss, ab dem die guten Habitate die Zielwerte erreichen.

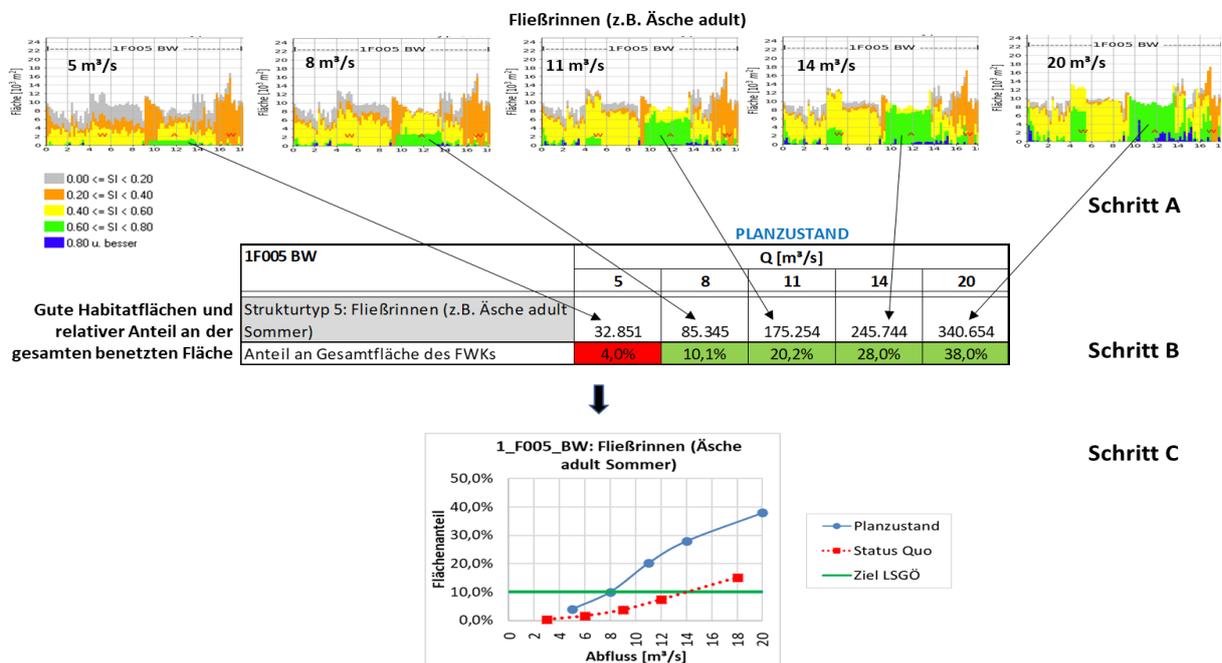


Abbildung 147 Vorgehen zur Darstellung der Anteile guten Habitatflächen (Eignung AI > 0,6) für die 6 ausgewählten Struktur-/Habitattypen

6.6.2 Zielerreichung der Struktur-/Habitattypen in den FWK

Die folgenden Tabellen (Tabelle 21) und Diagramme (Abbildung 148) zeigen für alle drei untersuchten Wasserkörper die Flächenanteile der guten Habitate für die sechs maßgebenden Habitat-/Strukturtypen und deren Veränderung mit dem Abfluss. Der Grad der Zielerreichung ist farblich gekennzeichnet.

Tabelle 21 listet die bei steigenden Abflüssen vorhandenen Flächenanteile der maßgebenden sechs Habitat-/Strukturtypen in allen drei Flusswasserkörpern.

Die erweiterten Tabellen sind im Anhang 9.9 gegeben.

Abbildung 148 stellt die in Tabelle 21 gelisteten Flächenteile als Diagramme dargestellt. Die Zielwerte für die einzelnen Habitat-/Strukturtypen sind als grüne Linie gekennzeichnet. Der Schnittpunkt der Flächenanteilkurven mit der grünen Linie kennzeichnet den Gesamtabfluss (Mutterbett + 2 m³/s Seitenarme), ab dem der Zielwert erreicht wird.

Anmerkung:

- Zum Erreichen des Guten Ökologischen Zustands (GÖZ) bzw. des Guten Ökologischen Potentials (GÖP) werden unterschiedliche Zielwerte angenommen (s. Kap. 6.3.3)
- Eine Zielerreichung von 100% für alle Habitat-/Strukturtypen ist nicht gleichzusetzen mit dem Guten Ökologischen Zustand (GÖZ) oder Guten Ökologischen Potential (GÖP), da hierfür noch weitere Faktoren (z.B. räumliche Beziehungen) zu berücksichtigen sind (s. Kap. 6.6.3). Die Erreichbarkeit des GÖZ wird in Kap. 6.6.3 bewertet

< 25% des Zielwerts
25 bis < 50% des Zielwerts
50 bis < 75% des Zielwerts
75 bis < 100% des Zielwerts
> 100 % des Zielwerts

Legende zu Tabelle 21

Tabelle 21 Gute Habitatflächen (SI>0,6) [m²] und relativer Anteil [%] an der gesamten benetzten Fläche für alle drei FWK im Istzustand und im Planzustand, sowie Zielerreichungsgrade

1F005 BW	Zielwert GÖZ	Status Quo					Planzustand				
		Q [m ³ /s]					Q [m ³ /s]				
		3	6	9	12	18	5	8	11	14	20
Strukturtyp 1: flache, strömungsarme Uferbereiche (z.B. Äsche Larve)		5,814	5,276	4,042	3,168	2,495	49,912	49,606	49,697	49,923	49,554
Anteil an Gesamtfläche des FWK	5%	0.8%	0.7%	0.5%	0.4%	0.3%	6.1%	5.9%	5.7%	5.7%	5.5%
Strukturtyp 2: flach abfallende, angeströmte Hänge (z.B. Nase juvenil)		85,142	53,746	38,603	30,745	18,784	169,776	142,389	130,863	121,852	104,300
Anteil an Gesamtfläche des FWK	7.5%	11.3%	6.8%	4.7%	3.7%	2.2%	20.9%	16.8%	15.1%	13.9%	11.6%
Strukturtyp 3: überströmte Kiesflächen (z.B. Äsche laichend)		4,130	20,456	27,316	26,613	21,309	15,370	25,728	27,934	27,160	25,120
Anteil an Gesamtfläche des FWK	5%	0.5%	2.6%	3.3%	3.2%	2.5%	1.9%	3.0%	3.2%	3.1%	2.8%
Strukturtyp 4: stark überströmte Furten (z.B. Nase laichend)		1,339	8,612	20,142	47,207	159,652	10,783	35,957	88,816	165,934	333,500
Anteil an Gesamtfläche des FWK	2.5%	0.2%	1.1%	2.45%	5.6%	18.7%	1.3%	4.2%	10.3%	18.9%	37.2%
Strukturtyp 5: Fließrinnen (z.B. Äsche adult Sommer)		3,329	13,294	31,620	62,160	130,144	32,851	85,345	175,254	245,744	340,654
Anteil an Gesamtfläche des FWK	10%	0.4%	1.7%	3.8%	7.4%	15.2%	4.0%	10.1%	20.2%	28.0%	38.0%
Strukturtyp 6: ausgedehnte Kolke (z.B. Äsche adult Winter)		25,256	96,829	150,940	167,698	171,963	238,999	370,150	423,547	439,770	453,215
Anteil an Gesamtfläche des FWK	1%	3.4%	12.2%	18.4%	20.1%	20.1%	29.4%	43.7%	48.9%	50.1%	50.6%
1F010		Q [m³/s]					Q [m³/s]				
	GÖP	3	6	9	12	18	5	8	11	14	20
Strukturtyp 1: flache, strömungsarme Uferbereiche (z.B. Äsche Larve)		294	462	365	326	83	12,247	12,457	13,038	13,384	12,901
Anteil an Gesamtfläche des FWK	2.5%	0.1%	0.2%	0.1%	0.1%	0.0%	3.9%	4.0%	4.1%	4.2%	4.0%
Strukturtyp 2: flach abfallende, angeströmte Hänge (z.B. Nase juvenil)		5,026	3,923	3,568	3,489	2,889	24,995	24,113	23,794	23,586	22,757
Anteil an Gesamtfläche des FWK	3.75%	1.9%	1.5%	1.3%	1.3%	1.1%	8.0%	7.7%	7.5%	7.4%	7.1%
Strukturtyp 3: überströmte Kiesflächen (z.B. Äsche laichend)		0	0	0	0	0	1,671	1,671	1,691	1,706	1,701
Anteil an Gesamtfläche des FWK	2.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.5%	0.5%	0.5%	0.5%
Strukturtyp 4: stark überströmte Furten (z.B. Nase laichend)		0	0	346	567	600	1,540	1,771	2,033	2,118	2,202
Anteil an Gesamtfläche des FWK	1.25%	0.0%	0.0%	0.1%	0.2%	0.2%	0.5%	0.6%	0.6%	0.7%	0.7%
Strukturtyp 5: Fließrinnen (z.B. Äsche adult Sommer)		5	191	783	2,530	13,616	994	4,958	17,036	46,013	116,141
Anteil an Gesamtfläche des FWK	5%	0.0%	0.1%	0.3%	0.9%	4.99%	0.3%	1.6%	5.4%	14.5%	32.7%
Strukturtyp 6: ausgedehnte Kolke (z.B. Äsche adult Winter)		5,769	97,316	167,851	192,763	208,598	101,677	197,735	248,520	262,132	271,318
Anteil an Gesamtfläche des FWK	0.5%	2.2%	36.3%	62.3%	71.2%	76.5%	32.5%	62.8%	78.6%	82.5%	84.9%
1F009 BW		Q [m³/s]					Q [m³/s]				
	GÖP	3	6	9	12	18	5	8	11	14	20
Strukturtyp 1: flache, strömungsarme Uferbereiche (z.B. Äsche Larve)		92	50	59	292	414	44,716	46,236	48,745	49,669	46,269
Anteil an Gesamtfläche des FWK	2.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.8%	2.9%	3.0%	3.0%	2.8%
Strukturtyp 2: flach abfallende, angeströmte Hänge (z.B. Nase juvenil)		28,186	17,774	13,124	12,375	11,008	105,260	92,866	88,827	87,845	82,886
Anteil an Gesamtfläche des FWK	3.75%	2.0%	1.2%	0.9%	0.8%	0.7%	6.5%	5.7%	5.5%	5.4%	5.0%
Strukturtyp 3: überströmte Kiesflächen (z.B. Äsche laichend)		62	181	237	409	487	19,440	20,036	20,706	21,251	22,020
Anteil an Gesamtfläche des FWK	2.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.2%	1.2%	1.3%	1.3%	1.3%
Strukturtyp 4: stark überströmte Furten (z.B. Nase laichend)		1,170	3,580	5,209	7,524	8,943	21,114	23,559	25,909	27,387	29,232
Anteil an Gesamtfläche des FWK	1.25%	0.1%	0.2%	0.4%	0.5%	0.6%	1.3%	1.5%	1.6%	1.7%	1.8%
Strukturtyp 5: Fließrinnen (z.B. Äsche adult Sommer)		383	4,521	14,607	28,196	85,332	36,239	118,268	255,345	423,712	732,335
Anteil an Gesamtfläche des FWK	5%	0.0%	0.3%	1.0%	1.9%	5.8%	2.3%	6.6%	12.6%	20.7%	31.0%
Strukturtyp 6: ausgedehnte Kolke (z.B. Äsche adult Winter)		74,609	434,939	771,740	1,018,916	1,159,772	484,106	863,146	1,118,517	1,268,236	1,379,170
Anteil an Gesamtfläche des FWK	0.5%	5.2%	30.1%	53.1%	69.8%	78.6%	30.1%	53.4%	68.7%	77.6%	83.5%

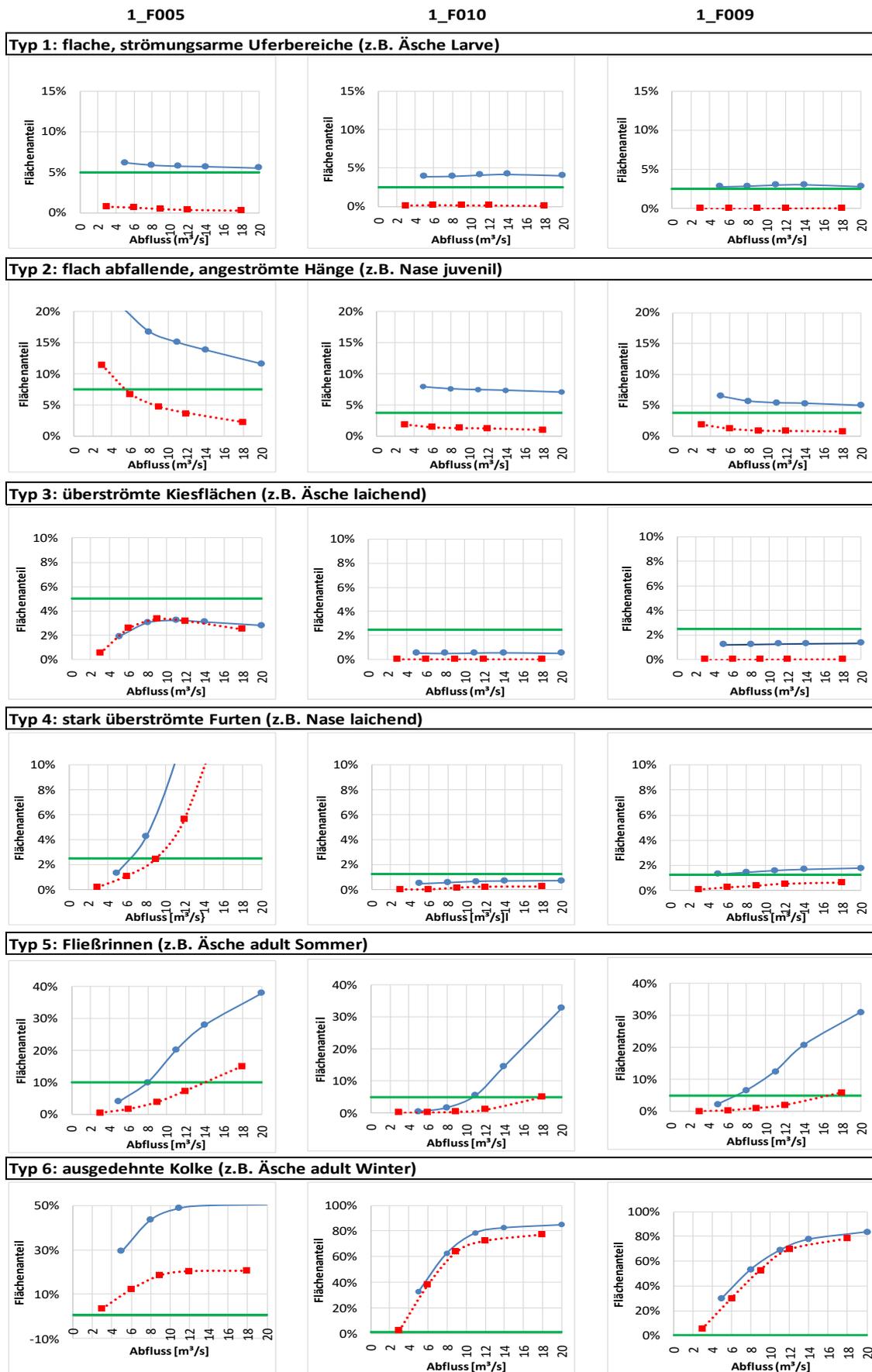


Abbildung 148 Prozentualer Anteil der Flächen mit Habitateignungen $SI > 0,6$ für die 6 Habitat-/Strukturtypen in den 3 FWK im Ist- (gepunktete rote Linie) und Planzustand (blaue Linie), Zielwert (GÖZ / GÖP, grün) in Abhängigkeit vom Gesamtabfluss (Mutterbett + 2 m³/s Seitenarme)

6.6.3 Beurteilung der Zielerreichung

Unter Bezug auf die in Kap. 6.6.2 dargestellten Zielerreichungsgrade (Tabelle 21 und Abbildung 148) werden im Folgenden die Verteilung der Habitat-/Strukturtypen für jeden FWK kurz beschrieben und die Bedeutung von Abfluss und Maßnahmen für ein verbessertes Habitatangebot bewertet.

6.6.3.1 FWK F005_BW

Maßnahmen: 3 Aufweitungen, 1 Absenkung

1. flache, strömungsarme Uferbereiche	Larvalhabitate z.B. Äsche larval
Flache, strömungsarme Uferbereiche sind immer noch vor allem in den untersten Bereichen des Flusswasserkörpers vorhanden, ansonsten lückenhaft. Das Habitatangebot bleibt bei zunehmendem Abfluss bis 20 m ³ /s weitgehend stabil. Dank der Maßnahmen (umfangreiche Wehr-Absenkung) wird das Habitatangebot wesentlich erweitert und erreicht damit die hydromorphologischen Zielwerte für den GÖZ).	
2. flach abfallende, angeströmte Hänge	Juvenilhabitate z.B. Nase juvenil
Flach abfallende, angeströmte Hänge sind bei sehr niedrigen Abflüssen im ganzen Flusswasserkörper ausreichend vorhanden. Das Habitatangebot geht mit zunehmendem Abfluss etwas zurück, bleibt jedoch auch bis 20 m ³ /s ausreichend vorhanden, so dass die Zielwerte für den GÖZ immer noch übertroffen werden. Das ursprünglich über weite Abflussbereiche mangelhafte Habitatflächenangebot wird durch die Maßnahmen auf den 3 bis 5fachen Wert verbessert.	
3. überströmte Kiesflächen	Kieslaichhabitate z.B. Laichhabitat Äsche
Mäßig überströmte Kiesflächen sind im gesamten Wasserkörper unzureichend vorhanden. Das Angebot ist stark vom Abfluss abhängig und nimmt zunächst bis zu 8 m ³ /s deutlich zu, erreicht ein Optimum zwischen 8 und 14 m ³ /s, um dann wieder langsam abzunehmen. Die geplanten Maßnahmen in F005BW beeinflussen diese unbefriedigende Situation nur wenig. Zwischen Fkm 4 und 8 befinden sich ausgedehnte Flächen, die aufgrund des relativ groben Substrates zwar nicht als gut, aber immerhin als nutzbar zu bewerten sind. Für Laichen und Eientwicklung sind diese Flächen wenig geeignet, als Lebensraum für Kleinfische dagegen schon. Insgesamt sollte die unbefriedigende Situation durch ein Geschiebemanagement verbessert werden. Die hydromorphologischen Zielwerte für den GÖZ werden nicht erreicht.	
4. stark überströmte Furten	Laich-/Refugialhabitat z.B. Laichhabitat Nase
Stark überströmte Furten finden sich bereits bei geringem Abfluss (5 m ³ /s) in kleinflächiger Ausprägung über den gesamten Flusswasserkörper. Das Habitatangebot nimmt mit zunehmendem Abfluss noch beträchtlich zu. Bereits bei etwas über 6 m ³ /s werden die Zielwerte für den GÖZ erreicht. Das bereits im Status quo recht gute Habitatangebot wird durch die Maßnahmen nochmals deutlich umfangreicher, was sich vor allem bei geringen Abflüssen (6 – 9 m ³ /s) positiv bemerkbar macht.	
5. gut durchströmte Fließrinnen	Adulthabitate z.B. Äsche adult
Gut durchströmte Fließrinnen sind bei geringen Abflüssen vor allem im Bereich der Absenkungsmaßnahme vorhanden. Bereits bei ca. 8 m ³ /s kann das Habitatangebot fast als ausreichend angesehen werden, nimmt aber mit dem Abfluss noch beträchtlich zu. Eine gewässermorphologisch bedingte Lücke im Habitatangebot zwischen Fkm 5,5 und 9 (sehr gerader, wenig strukturierter Verlauf) bleibt auch bei höheren Abflüssen bestehen. Durch die geplanten Maßnahmen kann das Habitatangebot je nach Abfluss mehr als verdoppelt werden. Die Zielwerte für den GÖZ werden erreicht.	
6. ausgedehnte Kolke	Wintereinstand z.B. Nase adult
Ausgedehnte Kolke (z.B. als Wintereinstände) sind bereits bei sehr geringen Abflüssen (3 m ³ /s) vorhanden. Das Habitatangebot nimmt bis zu einem Abfluss von ca. 10 m ³ /s stark zu und bleibt dann konstant. Eine Lücke besteht zwischen Fkm 5,5 und 9 bleibt auch bei höheren Abflüssen bestehen. Das Angebot kann durch die Maßnahmen verdoppelt werden. Die Zielwerte für den GÖZ werden erreicht.	

7. Hochwasserrefugien

Hochwasserrefugien finden sich für HQ 2 nur lokal im Bereich von Aufweitungen, Anbindungen von Zuflüssen oder bei Anbindung der Aue im Falle erhöhter Abflüsse. Das Fehlen ausreichender Hochwasserrefugien, die das Spektrum der häufigeren Hochwasserabflüsse berücksichtigen, gefährdet die Zielerreichung hinsichtlich der Fischbesiedlung. Im FWK 1_F005_BW können die Populationsverluste infolge von Hochwassern allerdings durch Einwanderung aus der Donau zumindest teilweise kompensiert werden.

6.6.3.2 FWK F010

Maßnahmen: 3 Aufweitungen, ein angebundener Altarm, ein einmündender Seitenarm

1. flache, strömungsarme Uferbereiche	Larvalhabitate z.B. Äsche larval
----------------------------------------------	-----------------------------------------

Flache, strömungsarme Uferbereiche haben durch die Maßnahmen (Aufweitung, Seitenarme) deutlich zugenommen und erreichen damit die hydromorphologischen Zielwerte für den GÖP. Das Habitatangebot bleibt bei zunehmendem Abfluss bis 20 m³/s weitgehend stabil. Aus fischökologischer Sicht ist jedoch eine Schließung der weiter bestehenden Habitatlücken wünschenswert.

2. flach abfallende, angeströmte Hänge	Juvenilhabitate z.B. Nase juvenil
-----------------------------------------------	------------------------------------------

Flach abfallende, angeströmte Hänge sind zumindest bis zu Abflüssen von 20 m³/s einigermaßen stabil und ausreichend vorhanden. Das ursprünglich stark defizitäre Habitatflächenangebot wurde durch die Maßnahmen – insbesondere die Aufweitungen - um ein Vielfaches verbessert und erreicht damit die Zielwerte für den GÖP.

3. überströmte Kiesflächen	Kieslaichhabitate z.B. Laichhabitat Äsche
-----------------------------------	--------------------------------------------------

Überströmte Kiesflächen, die als Kieslaichareale in Frage kämen, fehlen im Mutterbett – unabhängig vom jeweiligen Abfluss –völlig. Dies ist in erster Linie auf das Fehlen des erforderlichen Kiessubstrats zurückzuführen. Durch die Maßnahmen kann immerhin in einem einmündenden Seitenarm ein begrenztes Angebot an Kieslaichplätzen entstehen, das allerdings zur Erreichung der Zielwerte für den GÖP noch bei weitem nicht ausreicht.

4. stark überströmte Furten	Laich-/Refugialhabitat z.B. Laichhabitat Nase
------------------------------------	------------------------------------------------------

Stark überströmte Furten sind in diesem Flusswasserkörper auch weiterhin unzureichend vorhanden. In dem geplanten Seitenarm kann ein geringes Angebot an abflussunabhängigen Furt-Habitaten entstehen. Im Mutterbett finden sich vereinzelt kleine Furt-Flächen, die bei Abflüssen ab etwa 8 m³/s eine ausreichende Habitatqualität aufweisen, die bei zunehmendem Abfluss besser wird, ohne dass eine Flächenzunahme zu verzeichnen ist.

5. gut durchströmte Fließrinnen	Adulthabitate z.B. Äsche adult
----------------------------------------	---------------------------------------

Gut durchströmte Fließrinnen sind bei niedrigen Abflüssen kaum vorhanden, werden mit zunehmendem Abfluss ab 9 m³/s aber deutlich häufiger. Ab diesem Abfluss lässt sich auch eine zunehmend positive Wirkung der Aufweitungsmaßnahmen erkennen. Die Zielwerte für den GÖP werden ab einem Abfluss von 11 m³/s erreicht.

6. ausgedehnte Kolke	Wintereinstand z.B. Nase adult
-----------------------------	---------------------------------------

Ausgedehnte Kolke sind ab 3m³/s häufig vorhanden. Das Habitatangebot nimmt bis zu einem Abfluss von ca. 11 m³/s zu und bleibt dann weitgehend konstant. Der Habitattyp wird durch die geplanten Maßnahmen kaum gefördert, erreicht aber bereits bei niedrigsten Abflüssen die Zielwerte für den GÖP.

7. Hochwasserrefugien

Hochwasserrefugien finden sich für HQ 2 nur im Bereich von Aufweitungen und im Seitenarm. Das Fehlen ausreichender Hochwasserrefugien, die das Spektrum der häufigeren Hochwasserabflüsse berücksichtigen, erschwert die Zielerreichung hinsichtlich der Fischbesiedlung beträchtlich.

6.6.3.3 FWK F009_BW

Maßnahmen: 9 Aufweitungen, 6 Seitenarme, 9 Wehrabsenkungen

1. flache, strömungsarme Uferbereiche	Larvalhabitate z.B. Äsche larval
----------------------------------------------	-----------------------------------------

Flache, strömungsarme Uferbereiche haben durch die Maßnahmen (Aufweitung, Seitenarme) zugenommen und erreichen damit knapp die hydromorphologischen Zielwerte für den GÖP. Das Habitatangebot bleibt bei zunehmendem Abfluss bis 20 m³/s weitgehend stabil. Aus fischökologischer Sicht sollten jedoch die ausgedehnten und zahlreichen weiterhin bestehenden Habitatlücken durch zusätzliche gezielte Maßnahmen geschlossen werden.

2. flach abfallende, angeströmte Hänge	Juvenilhabitate z.B. Nase juvenil
-----------------------------------------------	------------------------------------------

Das Angebot an flach abfallenden, angeströmten Hängen reicht dank der deutlichen Verbesserungen infolge der Maßnahmen – insbesondere der Aufweitungen - zur Erreichung der Zielwerte für den GÖP aus, bleibt aber insgesamt lückenhaft. Insbesondere zwischen Fkm 23 und 27 sowie zwischen Fkm 38 und 36 wären weitere Verbesserungen wünschenswert. Das Angebot geht mit zunehmenden Abflüssen leicht zurück.

3. überströmte Kiesflächen	Kieslaichhabitate z.B. Laichhabitat Äsche
-----------------------------------	--------------------------------------------------

Überströmte Kiesflächen, die als Kieslaichareale in Frage kämen fehlen, mangels geeigneten Substrates, im Mutterbett fast völlig – unabhängig vom jeweiligen Abfluss. Dieses Habitat kann sich allenfalls sehr kleinräumig und lokal in den Stauwurzelbereichen der Wehr-Absenkungen bilden. Durch die Anlage von Seitenarmen kann immerhin ein begrenztes Angebot an Kieslaichplätzen entstehen, das beim bisher geplanten Maßnahmenumfang allerdings nicht zur Erreichung der Zielwerte für den GÖP ausreicht.

4. stark überströmte Furten	Laich-/Refugialhabitat z.B. Laichhabitat Nase
------------------------------------	------------------------------------------------------

Stark überströmte Furten finden sich vor allem in den geplanten Seitenarmen, selten auch in den Stauwurzelbereichen von Wehrabsenkungen. Die Furten in den Seitenarmen sind weitgehend unabhängig von der Wasserführung im Mutterbett. Das Habitatangebot vervielfacht sich durch die geplanten Maßnahmen (3 - 5 fach) und erreicht bereits bei Abflüssen ab 5 m³/s knapp die Zielwerte für den GÖP. Von Fkm 25 bis 45 findet sich der Habitattyp praktisch nur in den Seitenarmen, eine Situation, die auch durch höhere Abflüsse kaum verbessert wird.

5. gut durchströmte Fließrinnen	Adulthabitate z.B. Äsche adult
----------------------------------------	---------------------------------------

Bei geringen Abflüssen (5 m³/s) finden sich gut durchströmte Fließrinnen nur kleinräumig und lückenhaft, nehmen dann allerdings mit ansteigendem Abfluss stark zu. Bei 7 m³/s werden die Zielwerte für den GÖP im FWK erreicht. Allerdings werden zwischen Fkm 32 und 34 erst ab 11 m³/s größere Habitatflächen als auch eine bessere Habitatqualität erreicht. Zwischen Fkm 23 und 28 ist der Habitattyp erst bei Abflüssen deutlich über 14 m³/s in relevantem Umfang vorhanden.

6. ausgedehnte Kolke	Wintereinstand z.B. Nase adult
-----------------------------	---------------------------------------

Ausgedehnte Kolke sind bereits ab 3 m³/s in großer Zahl und Qualität vorhanden. Bereits bei unter 5 m³/s werden die Zielwerte für den GÖP erreicht, das Angebot nimmt allerdings bis ca. 12 m³/s stark zu, danach nur noch langsam. Die geplanten Maßnahmen besitzen fast keinen Einfluss auf das Habitatangebot.

7. Hochwasserrefugien	
------------------------------	--

Hochwasserrefugien finden sich für HQ 2 vor allem im Bereich von Aufweitungen lokal auch in Seitenarmen. Fehlen abschnittsweise Aufweitungen so finden sich über lange Strecken keine nennenswerten Hochwasserrefugien. Das Fehlen ausreichender Hochwasserrefugien, die das Spektrum der häufigeren Hochwasserabflüsse berücksichtigen, erschwert die Zielerreichung hinsichtlich der Fischbesiedlung beträchtlich.

6.6.4 Zielerreichung und verbleibende Defizite

Die folgende Tabelle fasst die Angaben zur Erreichung der hydromorphologischen Zielwerte für den GÖZ bzw. GÖP zusammen, wie auch die Angaben zum Einfluss von Maßnahmen und Abfluss.

Tabelle 22 Zielerreichung hinsichtlich der 6 maßgebenden Habitat-/Strukturtypen und hinsichtlich Hochwasserrefugien (zusammenfassende Tabelle)

FWK F005_BW	Mindestabfluss für Zielerreichung	Abfluss optimal	Defizite	Defizitfaktor	Einfluss der Maßnahmen	Einfluss des Abflusses
1 flache, strömungsarme Uferbereiche	x		Angebot lückenhaft Fkm 5,5 – 9,0	Gewässerstruktur	+++	(0)
2 flach abfallende, angeströmte Hänge	x				+++	-
3 überströmte Kiesflächen	-	8 - 14 m³/s	keine Zielerreichung	Substrat	0	(+)
4 stark überströmte Furten	7 m³/s	-			+	++
5 Fließrinnen	8 m³/s	-	Angebot lückenhaft Fkm 5,5 – 9,0	Gewässerstruktur	+	++
6 ausgedehnte Kolke	3 m³/s	11 m³/s	Angebot lückenhaft Fkm 5,5 – 9,0	Gewässerstruktur	++	+
7 Hochwasserrefugien			Hochwasserrefugien fehlen großräumig	Aueanbindung, Uferstruktur		
FWK F010	Mindestabfluss für Zielerreichung	Abfluss optimal	Defizite	Defizitfaktor	Einfluss der Maßnahmen	Einfluss des Abflusses
1 flache, strömungsarme Uferbereiche	x		Angebot lückenhaft Fkm 19-21		+++ Aufweitung, (Seitenarme)	0
2 flach abfallende, angeströmte Hänge	x				+++ Aufweitung	(-)
3 überströmte Kiesflächen	-		keine Zielerreichung	Substrat	(+) Seitenarme	0
4 stark überströmte Furten	-		keine Zielerreichung	Gewässerstruktur	(+)	(0)
5 Fließrinnen	11 m³/s				+	++
6 ausgedehnte Kolke	3 m³/s	11 m³/s			(+)	+/0
7 Hochwasserrefugien			Hochwasserrefugien fehlen großräumig	Aueanbindung, Uferstruktur		
FWK F009_BW	Mindestabfluss für Zielerreichung	Abfluss optimal	Defizite	Defizitfaktor	Einfluss der Maßnahmen	Einfluss des Abflusses
1 flache, strömungsarme Uferbereiche	(x)		Angebot lückenhaft Fkm 23 - 27; Fkm 35 - 50		+++ Aufweitung, (Seitenarme)	0
2 flach abfallende, angeströmte Hänge	x		Angebot lückenhaft Fkm 23 - 27; Fkm 39 - 45		+++ Aufweitung, (Absenkung), (Seitenarme)	(-)
3 überströmte Kiesflächen	-		keine Zielerreichung	Substrat	+	0
4 stark überströmte Furten	(x)		Angebot lückenhaft Fkm 25- 35		++ Seitenarme	+
5 Fließrinnen	7 m³/s		Angebot lückenhaft Fkm 23- 27		++	++
6 ausgedehnte Kolke	3 m³/s	14 m³/s			0	++
7 Hochwasserrefugien			Hochwasserrefugien fehlen großräumig	Aueanbindung, Uferstruktur	+++	
x: Zielerreichung bereits beim geringsten modellierten Abfluss (5 m³/s)						
(x): Zielerreichung bereits beim geringsten modellierten Abfluss (5 m³/s) jedoch mit relevanten Lücken						
-: Zielerreichung auch durch höhere Abflüsse nicht möglich						
fördernder Einfluss: (+) gering, + deutlich, ++ stark, +++ entscheidend						
Einfluss: 0 kein, (0) unklar, (-) eher negativ, - deutlich negativ						

Wie zu Beginn von Kapitel 6.6 (Einleitung) erläutert, wurden für die Ermittlung des Habitat-/Strukturangebots nur "gut" und "sehr gut" geeignete Habitat-/Strukturflächen ($0,6 < SI < 1,0$) berücksichtigt. Diese Flächen wurden ohne weitere Differenzierung (z.B. geringere Wichtung der Flächen mit $SI < 0,8$) als Habitatangebot gewertet.

Mit einer zusätzlichen, gewichteten (50%) Berücksichtigung der „nutzbaren“ Habitate (Habitateignung $SI = 0,4$ bis $0,6$) wurde überprüft, wie weit sich diese auf das Gesamthabitatangebot der besonders defizitären Struktur-/Habitattypen 3 und 4 (überströmte Kiesflächen und stark überströmte Furten) auswirkt (Abbildung 149).

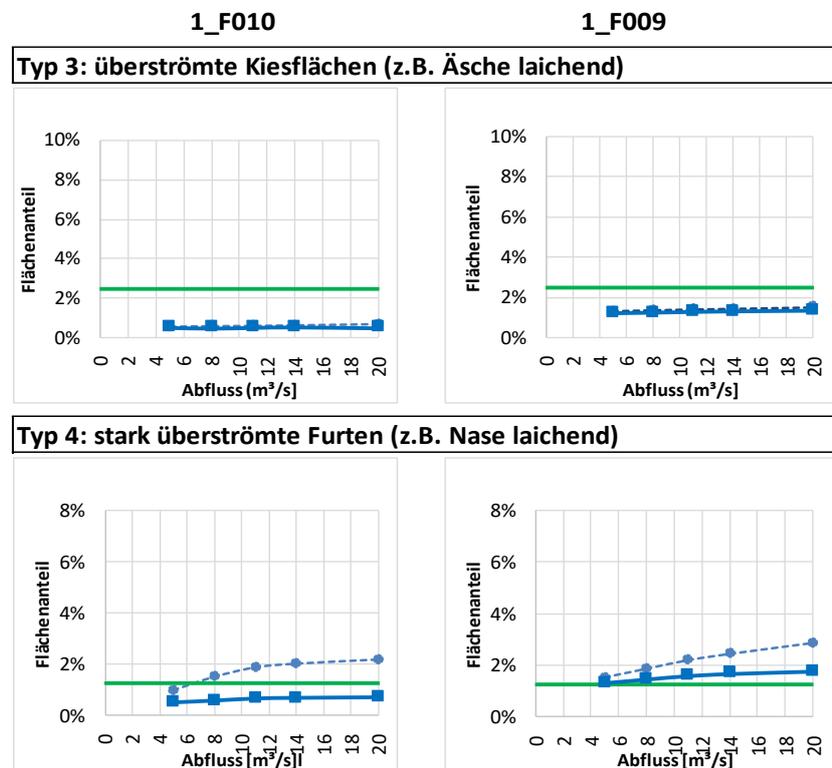


Abbildung 149 Vergleich der Flächenanteile mit Habitateignungen $SI > 0,6$ (blaue Linie) und $SI > 0,4$ (blau gestrichelt), Zielwert: grüne Linie
Habitat-/Strukturtypen 3 und 4 in Abhängigkeit vom Gesamtabfluss (Mutterbett + $2\text{ m}^3/\text{s}$ Seitenarme) im FWK 1_F010 und 1_F009_BW; Planzustand - Flächen mit $0,4 < SI < 0,6$ sind gewichtet mit Faktor 0,5

Während bei den *überströmten Kiesflächen* die Berücksichtigung der "nutzbaren" Flächen ($0,4 > SI > 0,6$) das Habitatangebot kaum verbessert, nimmt das Flächenangebot für *stark überströmte Furten* durch die Berücksichtigung "nutzbarer" Flächen deutlich zu. Die "nutzbaren" Flächen wurden hier mit einem Faktor 0,5 berücksichtigt, was für eine Nutzung als Jungfischhabitat angemessen sein dürfte, als Laichhabitat jedoch deutlich zu positiv bewertet ist.

Flächen, die als nutzbar bewertet wurden (Eignung $0,4 < SI < 0,6$) stehen zwar bisweilen in größerem Umfang zur Verfügung (besonders in 1_F005_BW), sind allerdings nur sehr eingeschränkt als Funktionshabitate (Laich-, Brütlingshabitat) nutzbar, sondern allenfalls als Verbindungs- oder Ausweichhabitate. Sie erhalten ihre Funktion oft nur durch den Anschluss an zumindest "gute" Funktionshabitate, deren Funktion sie nur lokal unter besonders günstigen Bedingungen ergänzen können. Sehr deutlich wird dies am Beispiel der "nutzbaren" Flächen der Habitat-/Strukturtypen 3 und 4, die zwar als Aufenthaltsbereiche besonders für Jungfische in Frage kommen, jedoch kaum Bedeutung für die wesentlich anspruchsvollere Nutzung als Laichareale besitzen.

Die "nutzbaren" Flächen finden sich vor allem in den Bereichen, die auch gute Eignungen aufweisen und fungieren somit nur selten (z.B. Habitattyp 3 in 1_F005_BW) als Verbindungselemente, welche die ausgedehnten Lücken von nur geringer Eignung überbrücken könnten.

6.7 Erreichbarer Ökologischer Zustand und Mindestabflüsse

Die Chancen, in den drei Iller-FWK einen guten ökologischen Zustand (F005_BW) bzw. ein gutes ökologisches Potenzial (F010, F009_BW) zu realisieren, wurde anhand der modellierten Umsetzung geplanter hydromorphologischer Maßnahmen beurteilt. Insgesamt ergaben sich für den ökologischen Gewässerzustand als Folge dieser Maßnahmen deutliche Verbesserungen, die aber nicht ausreichen, die angestrebten Entwicklungsziele in allen drei Flusswasserkörpern mit ausreichender Sicherheit zu erreichen. In allen drei FWK bleiben Habitats defizitär die besonders von einem funktionierenden Geschiebehauhalt abhängen. Dieser muss sowohl eine regelmäßige Umlagerung der Decksedimente ermöglichen als auch erodierte Sedimentgrößen ergänzen.

6.7.1 Bewertungsaspekte neben der Zielerreichung der Strukturtypen

6.7.1.1 Saisonale Aspekte

Die untersuchten Gewässerstrukturen sind für unterschiedliche Fischarten zu unterschiedlichen Zeiten von Bedeutung.

saisonal bedeutende Strukturen

Strukturen, die als Laichhabitate fungieren sind zu den Laichzeiten der betreffenden Arten besonders wichtig, flache, ruhige Uferbereiche als Entwicklungsbereiche für frisch geschlüpfte Fischlarven und tiefe Kolke als Winterinstände vorzugsweise für Arten, die im Winter ihre Aktivitäten reduzieren und sich – oft in großen Gruppen - zurückziehen. Diese Strukturen werden durchaus ganzjährig genutzt, ihre spezielle – kaum ersetzbare – Funktion besitzen sie aber nur in bestimmten Zeiträumen.

ganzjährig genutzte Strukturen

Einige Strukturen werden als gewässertypische Habitats mehr oder weniger ganzjährig genutzt, müssen allerdings nicht in jedem Fall ganzjährig in vollem Umfang zur Verfügung stehen und ihre Habitatfunktion kann zeitweilig auch von ähnlichen Strukturen übernommen werden. Hierzu zählen die stark abflussabhängigen Fließrinnen, deren Funktion im Winter – bei reduzierter räumlicher Aktivität vieler Fischarten - auch durch ausgedehnte Kolkstrukturen und angeströmte Hänge mitgetragen werden kann.

So sind zu den entsprechenden Zeiten (z.B. Laichzeit, Larvalentwicklung) die hydromorphologischen Zielwerte für den GÖP für die betreffenden Habitat-/Strukturtypen als Mindestwert einzuhalten. Dagegen erlauben im Winter bei geringerer Aktivität der Fische gut entwickelte Ersatzstrukturen einen Ersatz knapper abflussabhängiger Habitat-/Strukturtypen und somit einen insgesamt reduzierten Abfluss.

6.7.1.2 Räumliche Aspekte und Nachbarschaften

Auch wenn sich bei der Modellierung des Planzustandes für viele Habitatstrukturen ausreichende Struktur-/Habitatflächen ergeben, so können in den einzelnen FWK durchaus **lokale Defizite** auftreten, die das Erreichen des angestrebten ökologischen Zustands/Potenzials in Frage stellen. Dies trifft vor allem für Habitat-/Strukturtypen zu, die über den gesamten Wasserkörper mehr oder weniger lückenlos benötigt werden wie z.B. Larval- und Jungfischhabitats, da diese kaum aktiv von ihren Nutzern aufgesucht werden können.

Auf der anderen Seite ist es aus ökologischer Sicht nicht erforderlich, dass singuläre Strukturen wie Laichplätze oder Winterinstände in allen FWK den Zielwerten entsprechend vorhanden sind, da die Fische normalerweise diese Plätze über mehrere Kilometer weite Strecken aufsuchen, besonders Arten, die in großen Schwärmen laichen bzw. überwintern. Hier können ausreichend dimensionierte und gut erreichbare Funktionsstrukturen benachbarter FWK eigene Strukturflächen überflüssig machen.

Beide Aspekte wurden bei der Bewertung des notwendigen Abflusses und des erreichbaren Ökologischen Zustands berücksichtigt.

6.7.1.3 Unsicherheiten in der Bewertung

Die Bewertung beinhaltet auf verschiedenen Ebenen Unsicherheiten, die sich aus unsicheren Grundlagen, getroffenen Annahmen, bewussten Vereinfachungen und ungenauen Zieldefinitionen ergeben. Im Einzelnen lassen sich folgende Aspekte der Unsicherheiten unterscheiden:

A Die Untersuchungsobjekte

A1 Flüsse sind dynamische ökologische Systeme, deren Entwicklung sich nicht beliebig fein justieren und eindeutig prognostizieren lässt.

A2 Organismen sind oft sehr anpassungsfähig und weisen ein weites, aber nicht einheitliches Spektrum von Toleranzen und Ansprüchen auf, das bei Weitem noch nicht vollständig bekannt ist.

B Datenerhebung

B1 Die Datenerhebung erfasst immer nur eine zeitliche und räumliche Auswahl von Werten, die unterschiedlich repräsentativ sind.

B2 Zur Verfügung gestellte Daten wurden weitgehend ungeprüft übernommen oder vereinfachen bewusst manche Sachverhalte. So wurde von einer vollständigen Durchgängigkeit des Gewässersystems im Planzustand ausgegangen.

C Datenverarbeitung

C1. Die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Modellergebnisse hängen in wesentlichem Maße ab von der Genauigkeit und Zuverlässigkeit der eingehenden Daten. Dies betrifft sowohl die physikalischen Daten (Hydraulik und Morphologie) aber auch ökologische Daten (Definition der Habitansprüche).

C2. Die Modellierung kann kaum alle Beziehungen der eingehenden Parameter qualitativ berücksichtigen geschweige denn quantitativ abbilden.

D Umsetzung der Referenzmaßnahmen

D1 Es wurde von einer optimalen Übertragung der modellierten Referenzmaßnahmen auf andere geplante Maßnahmen ausgegangen, ohne dass diese geplanten Maßnahmen im Detail studiert wurden. Die Umsetzbarkeit wurde vor allem anhand hydromorphologischer Größen beurteilt.

E Zielvorgaben

E1 Die Richtwerte nach LSGÖ (Flächen von Gewässerstrukturen) stellen Schätzgrößen nach Stand des Wissens dar, die pauschal angegeben werden und nicht nach Gewässertypen und Gewässergrößen differenzieren.

E2 Das Habitatangebot, das sich aus den Gewässerstrukturen ergibt, lässt sich nicht direkt einer entsprechenden Fischbesiedlung zuordnen, sondern stellt ein Lebensraumpotenzial dar.

E3 Die biologische Definition eines "Guten ökologischen Zustands" und noch mehr eines "Guten ökologischen Potenzials" weist Unschärfen auf.

Die aufgeführten Unsicherheiten wurden bei der Bewertung nur teilweise berücksichtigt, d.h. es wurde **kein „ökologischer Sicherheitszuschlag“** angesetzt. Insofern ist davon auszugehen, dass die daraus abgeleiteten Mindestabflüsse untere Grenzwerte darstellen, die im Falle, dass sich die erwarteten positiven ökologischen Effekte nicht einstellen, zu erhöhen sind.

6.7.2 FWK 1_F005_BW

In FWK F005_BW sind bei einem **Abfluss von 11 m³/s** im Mutterbett die meisten untersuchten Habitat-/Strukturtypen ausreichend vertreten.

Defizitär bleiben **überströmte Kiesflächen** (Strukturtyp 3). Ihre Fläche kommt bei Abflüssen zwischen 8 und 14 m³/s den Zielwerten am nächsten (ca. 3/4). Das maximale Flächenangebot wird bei einem Abfluss von **11 m³/s** erreicht. Für andere strömungsabhängige Strukturen liegt dieser Abfluss in einem günstigen Bereich, für strömungssensible Strukturen bleibt er im unkritischen Bereich.

Lokal defizitäre Strukturen im geraden, strukturarmen Flussabschnitt zwischen Fkm 5,5 und 9,0 können nur durch zusätzliche Strukturmaßnahmen optimiert werden, nicht aber durch erhöhte Abflüsse.

Rückzugsbereiche bei Hochwasser fehlen weitgehend, können aber durch Aueanbindung geschaffen werden.

Ein Rückgang des Habitat-/Strukturangebotes durch eine **winterliche Abflussreduktion** kann durch entsprechende, immer noch großflächig vorhandene Ersatzstrukturen (Kolke) und bei Abflussrückgang zunehmende Strukturen (angeströmte Hänge) weitgehend ausgeglichen werden.

In der Zeit von **März bis Oktober** sollte ein Mindestabfluss von **11 m³/s im Mutterbett** nicht unterschritten werden.

In der Zeit von **November bis Februar** sollte ein Mindestabfluss von **3 m³/s im Mutterbett** nicht unterschritten werden.

Der **Gute Ökologische Zustand (GÖZ)** ist im Wasserkörper erreicht, nicht zuletzt durch die Zuwanderung von Fischen aus der Donau. Der hydromorphologische Zustand (Habitat-/Strukturtypen) weist jedoch noch Defizite auf. Zur Verbesserung sind zusätzliche Maßnahmen hinsichtlich der genannten noch defizitären Habitat-/Strukturtypen erforderlich.

FWK 1_F005_BW weist trotz der noch bestehenden strukturellen Defizite einen **guten ökologischen Zustand** auf. Durch die geplanten Maßnahmen wird dieser Zustand abgesichert und lokal deutlich verbessert. Bei umfangreicheren Maßnahmen (Geschiebehalt, Aueanbindung, Erweiterung des Flussraumes) und Beseitigung grundlegender Defizite ist auch ein Erreichen des sehr guten Zustandes möglich.

6.7.3 FWK 1_F010

In FWK F010 sind bei einem Mindestabfluss von **11 m³/s** im Mutterbett die meisten untersuchten Habitat-/Strukturtypen ausreichend vertreten.

Der Anteil der gewässertypischen **Fließrinnen** (Strukturtyp 5) könnte mit höheren Abflüssen noch wesentlich verbessert werden.

Die defizitären **überströmten Kiesflächen** (Strukturtyp 3) können im Mutterbett nur durch ein zusätzliches Geschiebemanagement, Wehrabsenkungen und begleitende instream-Maßnahmen den Sollanteil erreichen. Durch Anlage weiterer Seitenarme kann dieser Habitat-/Strukturtyp zwar zusätzliche Flächen gewinnen, aber kaum den angestrebten Flächenanteil erreichen.

Der Flächenanteil der ebenfalls defizitären **stark überströmten Furten** (Strukturtyp 4) kann ebenfalls kaum durch Abflusserhöhung, sondern allenfalls durch Wehrabsenkungen verbessert werden. Da im hier besprochenen FWK Wehrabsenkungen durch zahlreiche – auch gewässerökologische Probleme – erschwert werden, dürfte eine Verbesserung der defizitären Strukturen äußerst schwierig bleiben.

Das lückenhafte Angebot an **flachen, strömungsarmen Uferbereichen** (Strukturtyp 1) kann durch weitere Aufweitungen und Anlage von Seitenarmen weitgehend geschlossen werden.

Rückzugsbereiche bei Hochwasser sind ungenügend vorhanden und können hier vor allem durch instream-Maßnahmen geschaffen werden.

Ein Rückgang des Habitat-/Strukturangebotes (insbesondere Fließrinnen) durch eine **winterliche Abflussreduktion** im Mutterbett kann durch entsprechende, immer noch großflächig vorhandene Ersatzstrukturen (Kolke) aufgefangen werden. Der **Mindestabfluss im Mutterbett darf dabei 3 m³/s nicht unterschreiten**, da dann auch diese Ersatzstrukturen deutlich reduziert werden. Die Flächenanteile anderer nur gering vertretener Habitat-/Strukturtypen zeigen keine Abhängigkeit vom Abfluss im Mutterbett.

In der Zeit von **März bis Oktober** sollte ein Mindestabfluss von **11 m³/s im Mutterbett** nicht unterschritten werden.

In der Zeit von **November bis Februar** sollte ein Mindestabfluss von **3 m³/s im Mutterbett** nicht unterschritten werden.

Die sich daraus ergebenden Mindestwasserabgaben werden in Kap. 7.2.1 diskutiert.

Der hydromorphologische Zustand kommt dem Entwicklungsziel (GÖP) durch die geplanten Maßnahmen zwar näher, durch zahlreiche Restriktionen bleiben jedoch die Entwicklungsmöglichkeiten begrenzt. Zum Erreichen des Entwicklungszieles sind gezielte Maßnahmen hinsichtlich der genannten noch defizitären Habitat-/Strukturtypen erforderlich.

FWK 1_F010 wird aufgrund der beträchtlichen hydromorphologischen Defizite (Geschiebehalt, geringe Diversität, Habitatdefizite) auch mittels der geplanten Maßnahmen das gute ökologische Potenzial voraussichtlich verfehlen. Dabei sind allerdings gegenüber dem heutigen Zustand in einzelnen Bereichen **deutliche Verbesserungen** zu erwarten.

6.7.4 FWK 1_F009_BW

Obwohl im FWK F009_BW bei einem Abfluss von 7 m³/s (davon abschnittsweise 2 m³/s in den Seitenarmen) die Zielwerte für den Gesamt-FWK erreicht werden, bestehen bei der zusätzlichen Betrachtung der Habitatvernetzung abschnittsweise Defizite.

Diese Defizite können beim Strukturtyp 5 „gewässertypische **Fließrinnen**“ (Fkm 23 - 27 und 32 - 34, siehe Kap. 6.6.4) erst mit höheren Abflüssen wesentlich reduziert werden. Daher sollte zumindest ein sommerlicher **Mindestabfluss von 11 m³/s** im Mutterbett (davon abschnittsweise 2 m³/s in den Seitenarmen) nicht unterschritten werden.

Überströmte Kiesflächen (Strukturtyp 3) bleiben wie in den übrigen FWK unabhängig vom Abfluss defizitär, könnten hier jedoch durch die Anlage weiterer Aufweitungen und Seitenarme den angestrebte Mindestflächenanteil erreichen.

Zahlreiche Strukturen (Strukturtypen 1, 2, 4, 5) erreichen oder übertreffen zwar den Mindestflächenanteil, bleiben jedoch **lokal defizitär** und im FWK nur lückenhaft vertreten, teilweise konzentriert auf die Seitenarme (Strukturen 1 und 4).

Neue **Rückzugsbereiche bei Hochwasser** können durch die geplanten Aufweitungen im großen Maße geschaffen werden, fehlen aber weiterhin über weite Bereiche. Das Angebot kann vor allem durch weitere Flussaufweitungen verbessert werden.

Ein Rückgang des Habitat-/Strukturangebotes (insbesondere Fließrinnen) durch eine **winterliche Abflussreduktion** im Mutterbett kann durch entsprechende, immer noch großflächig vorhandene Ersatzstrukturen (Kolke) aufgefangen werden. Der **Mindestabfluss im Mutterbett darf dabei 3 m³/s nicht unterschreiten**, da dann auch diese Ersatzstrukturen deutlich reduziert werden. **Der Abfluss von 3 m³/s ist überall einzuhalten**, da ansonsten die Durchgängigkeit, besonders in Stauwurzelzonen, nicht gewährleistet ist. Zusammen mit dem Abfluss für die Seitenarme ergibt sich eine Mindestwasserabgabe am Filzinger Wehr von 5 m³/s.

Die Flächenanteile anderer nur gering vertretener Habitattypen zeigen keine Abhängigkeit vom Abfluss im Mutterbett.

In der Zeit von **März bis Oktober** sollte ein Mindestabfluss von **11 m³/s im Mutterbett** (davon abschnittsweise 2 m³/s in den Seitenarmen) nicht unterschritten werden.

In der Zeit von **November bis Februar** sollte ein Mindestabfluss von **3 m³/s im Mutterbett** nicht unterschritten werden. Weitere 2 m³/s sind abschnittsweise zur Beschickung der Seitenarme erforderlich.

Der hydromorphologische Zustand kommt dem Entwicklungsziel (GÖP) durch die geplanten Maßnahmen zwar deutlich näher, deren Erfolg bleibt jedoch durch stark eingeeengte Entwicklungsmöglichkeiten in der Fläche begrenzt. Zum Erreichen des Entwicklungszieles sind zusätzliche Maßnahmen hinsichtlich der genannten noch defizitären Habitat-/Strukturtypen erforderlich.

FWK 1_F009_BW wird aufgrund der weiterhin bestehenden hydromorphologischen Defizite (Geschiebehalt, geringe Diversität, Habitatdefizite) vor allem auch nach Durchführung der geplanten Maßnahmen das gute ökologische Potenzial voraussichtlich verfehlen. Dabei sind allerdings gegenüber dem heutigen Zustand **deutliche Verbesserungen** zu erwarten. Durch zusätzliche Maßnahmen wie ein intensives Geschiebemanagement und Schaffung weiterer Hochwasserrefugien kann das gute ökologische Potenzial erreicht werden.

6.7.5 Durchgängigkeit und rheoaktive Fließgeschwindigkeit

In den detailliert modellierten Gewässerabschnitten wird die Durchgängigkeit des Mutterbettes für die meisten Fische bei einem Abfluss von $\geq 3 \text{ m}^3/\text{s}$ nicht durch mangelnde Gewässertiefe behindert.

Die rheoaktive Fließgeschwindigkeit von $\geq 0,2 \text{ m/s}$ (s. Kap. 4.10.4) wird nach Durchführung der geplanten Maßnahmen bei einem Abfluss von $11 \text{ m}^3/\text{s}$ auf ca. 50% der Gewässerfläche erreicht (Abbildung 150). Dies entspricht einem Anteil, der ohne diese Maßnahmen erst bei einem Abfluss von ca. $17 \text{ m}^3/\text{s}$ erreicht werden kann. Im Vergleich zum jetzigen Sommerzustand ($9 \text{ m}^3/\text{s}$) bedeutet dies fast eine Verdopplung der Fläche mit den angestrebten Fließgeschwindigkeiten. Ohne Durchführung der Maßnahmen würde die Abflusssteigerung von $9 \text{ m}^3/\text{s}$ auf $11 \text{ m}^3/\text{s}$ nur einen Zugewinn um 4% erbringen.

Der Anteil von 50% der Gewässerfläche mit ausreichender Geschwindigkeit bedeutet allerdings noch keinen durchgehenden Wanderkorridor, da in den Staubereichen diese Fließgeschwindigkeiten oft in größeren Anteilen noch nicht erreicht werden. Auch die deutlich höhere rheoaktive Fließgeschwindigkeit, die für adulte Huchen erforderlich wäre, wird in längeren Abschnitten der Staubereiche bei einem Abfluss von $11 \text{ m}^3/\text{s}$ noch nicht erreicht.

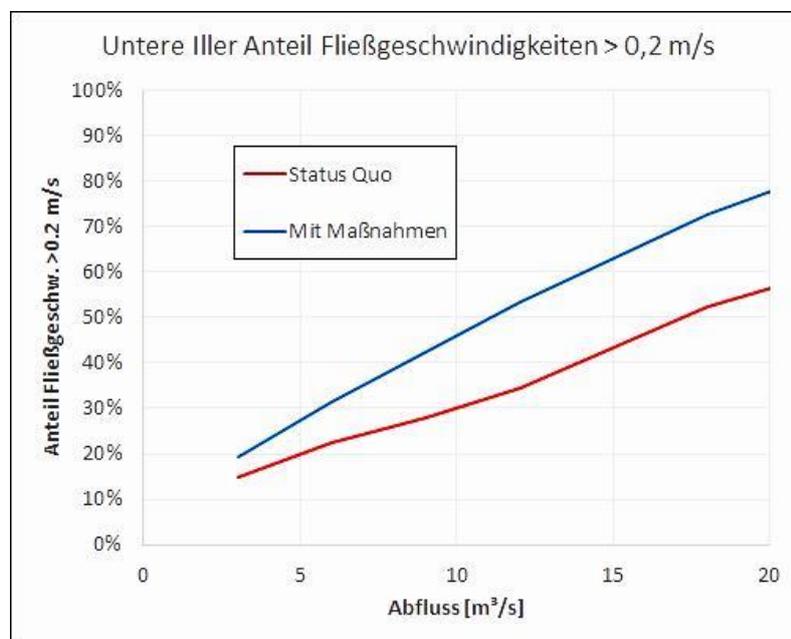


Abbildung 150 Anteil der Flächen mit Fließgeschwindigkeiten über 0,2 m/s in Abhängigkeit vom Abfluss im Status quo und nach Durchführung der geplanten Maßnahmen

6.7.6 Kartendarstellung: Ökologischer Zustand und Zielerreichung

6.7.6.1 Istzustand: Ökologischer Zustand – Zielerreichung der Strukturtypen (Modell)

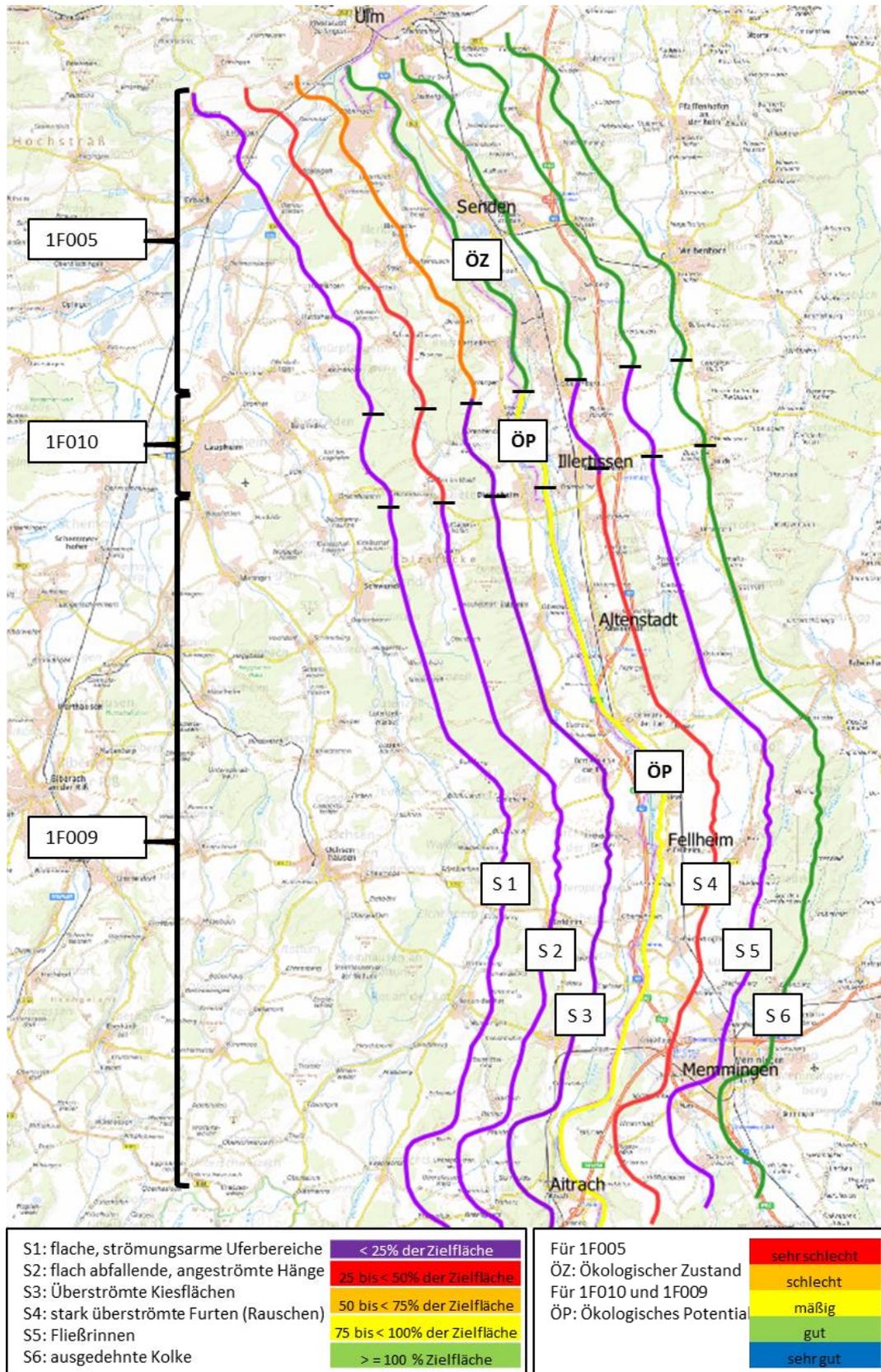


Abbildung 151 **Istzustand: Ökologischer Zustand bei aktueller Abflussregelung** (Sommer: 9 m³/s) nach Umweltatlas Bayern (2021) ohne Maßnahmen (Mitte), Zielerreichung für die 6 maßgebenden Struktur-/Habitattypen (links und rechts des Gewässers) aus der Modellierung des Istzustands

6.7.6.2 Planzustand: Zielerreichung der Strukturtypen - abgeleiteter ökologischer Zustand

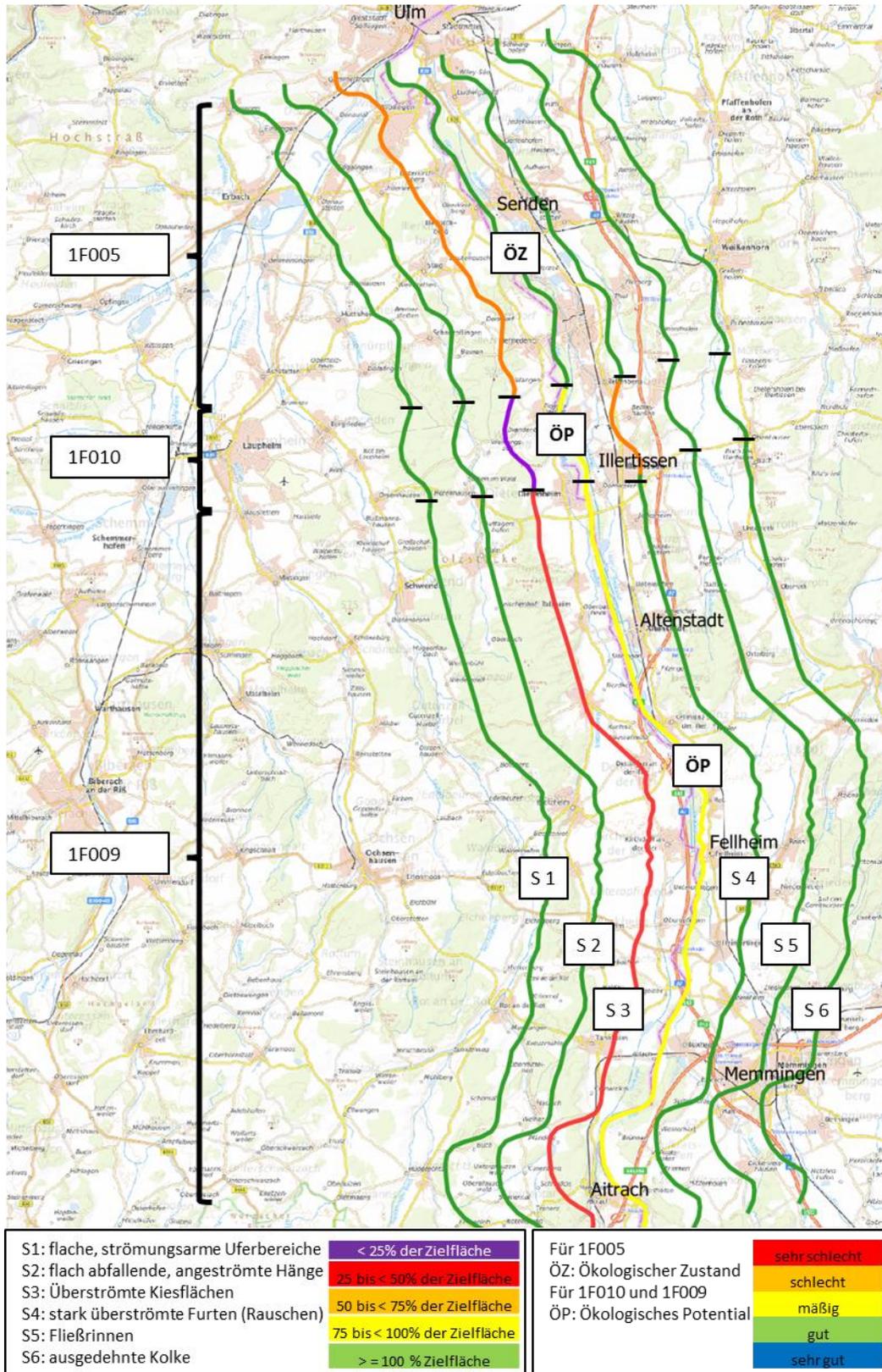


Abbildung 152 **Planzustand:** Zielerreichung für die 6 maßgebenden Struktur-/Habitattypen im Planzustand (nach Maßnahmenumsetzung, links und rechts des Gewässers) und daraus abgeleiteter Ökologischer Zustand für den Planzustand mit den empfohlenen Mindestwasserabgaben 11 m³/s im Sommer und 5 m³/s im Winter (Mitte).

6.8 Berücksichtigung der Kanäle

6.8.1 Temperatur und Sauerstoffhaushalt

Zusätzlich zu den in 4.6 dargestellten kontinuierlichen Messungen am Anfang und Ende des EnBW Kanals wurden im Juli 2019 Messungen in den 2 eingeschalteten Staubecken (Kraftwerke Tannheim und Dettingen) durchgeführt, um die Temperaturentwicklung an heißen Tagen zu dokumentieren.

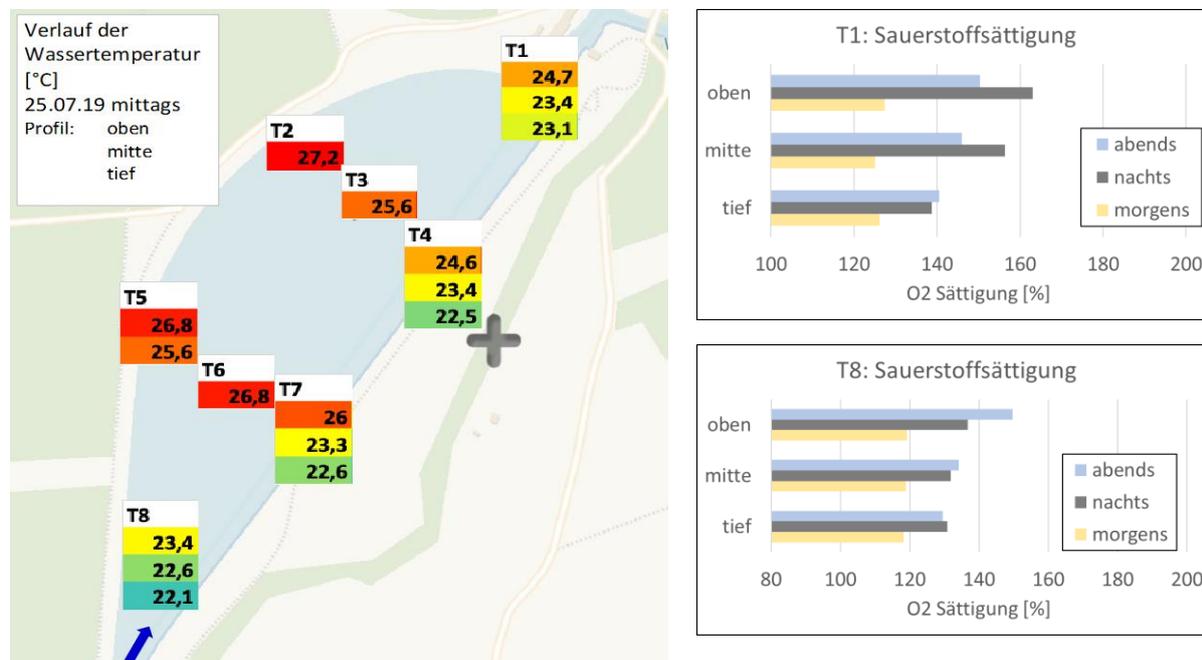


Abbildung 153 Ergebnisse der Temperatur- und Sauerstoffmessungen im Stau des Kraftwerks Tannheim an den heißesten Tagen 2019, 25./26.7.2019

Abbildung 153 zeigt die Temperaturdifferenz zwischen Zulauf und Ablauf nach der Passage des Staubeckens. Bei einem Durchfluss von $10 \text{ m}^3/\text{s}$ hat der Abfluss gegenüber dem Zufluss eine um ca. 1,3 Grad erhöhte Oberflächentemperatur. Diese Temperaturerhöhung beruht aber wohl weniger auf einer Erwärmung des Oberflächenwassers als auf einer Verdrängung oder Beimischung des warmen Wassers aus dem Staubereich. Der Durchfluss dürfte bei diesem Abflussvolumen nur wenig turbulent erfolgen, da sich über das gesamte Becken samt Zu- und Abfluss eine deutliche Temperaturschichtung erkennen lässt. Das Gewässer scheint kaum organisch belastet zu sein, da die hohen gemessenen Sauerstoffübersättigungen (bis $> 160\%$) auch am frühen Morgen nicht unter 120% zurückgegangen waren.

Der betrachtete Gewässerbereich ist zumindest in heißen Sommern bei geringem Durchfluss kaum von Fischen oder den typischen Benthosarten der Voralpenflüsse zu besiedeln. Neben den hohen Temperaturen schließen auch die permanente Sauerstoffübersättigung auf jeden Fall eine Besiedlung durch Jungfische aus.

Um hier durch intensivere Durchströmung die Gewässerverhältnisse zu verbessern, müssten beträchtlich höhere Abflüsse ($\gg 10 \text{ m}^3/\text{s}$) von kühlerem Wasser zunächst die Warmwasservolumen der Stau-becken verdrängen oder auf eine niedrigere Temperatur verdünnen. Da solche Wasservolumen bei Niedrigwasser kaum über einen längeren Zeitraum zur Verfügung stehen, sollte der vorhandene Abfluss vorrangig zur Sicherung der Verhältnisse im Mutterbett, den Seitenarmen und in kleinen Kanälen eingesetzt werden.

Abbildung 154 zeigt für den Stau Dettingen ähnliche Verhältnisse wie im Stau Tannheim (s.o.). Bei einem Durchfluss von $10 \text{ m}^3/\text{s}$ hat der Abfluss gegenüber dem Zufluss eine um 4,4 Grad erhöhte Oberflächentemperatur. Hier scheint das relativ kühle Zuflusswasser auf den Beckenboden abzusinken. Etwas oberhalb der Turbinen bei Messtelle D8 scheint das warme Oberflächenwasser zu dominieren. Da die Wassertemperaturen an der Messtation 7 kurz oberhalb der Rückleitung des

Kanals in die Iller im selben Zeitraum bei 22 °C lagen, dürfte in den Turbinen kühleres Tiefenwasser zugemischt werden, oder/und sich auf der Zwischenstrecke noch Zutritte von kühlerem Wasser befinden. Auch hier wäre aus den oben genannten Gründen eine vollständige Ableitung des Abflusses über die Iller ökologisch einem Abfluss über den Kanal vorzuziehen.

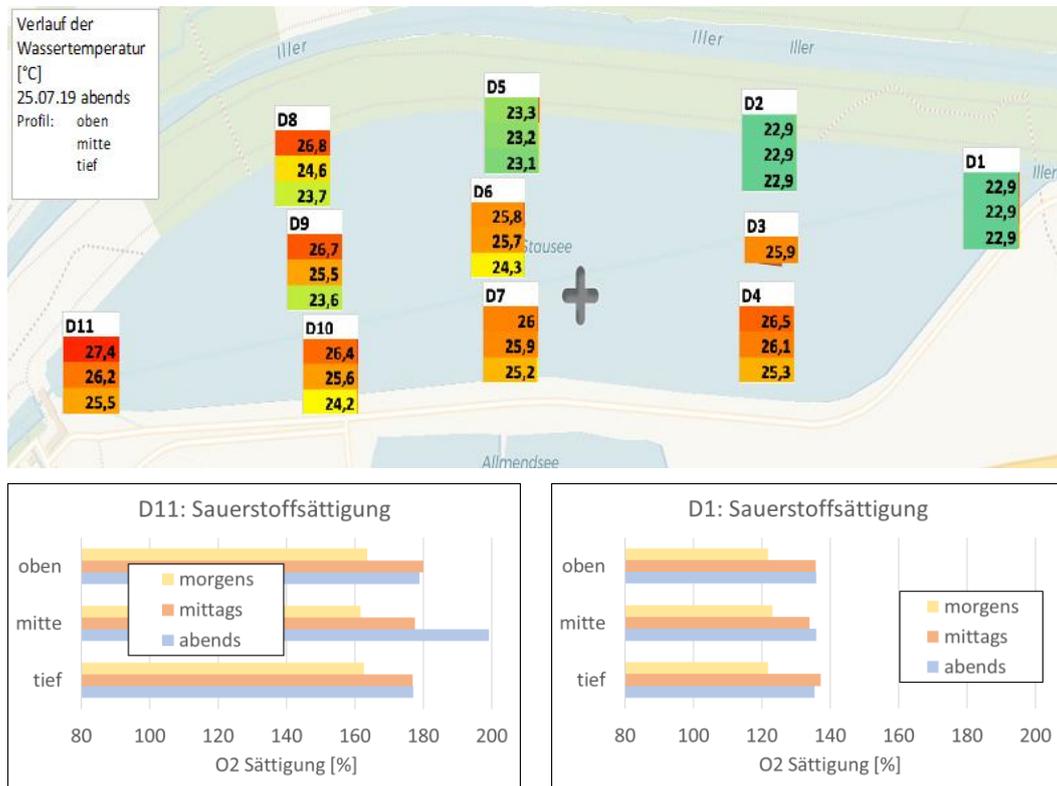


Abbildung 154 Ergebnisse der Temperatur- und Sauerstoffmessungen im Stau des Kraftwerks Dettingen an den heißesten Tagen 2019, 25./26.7.2019

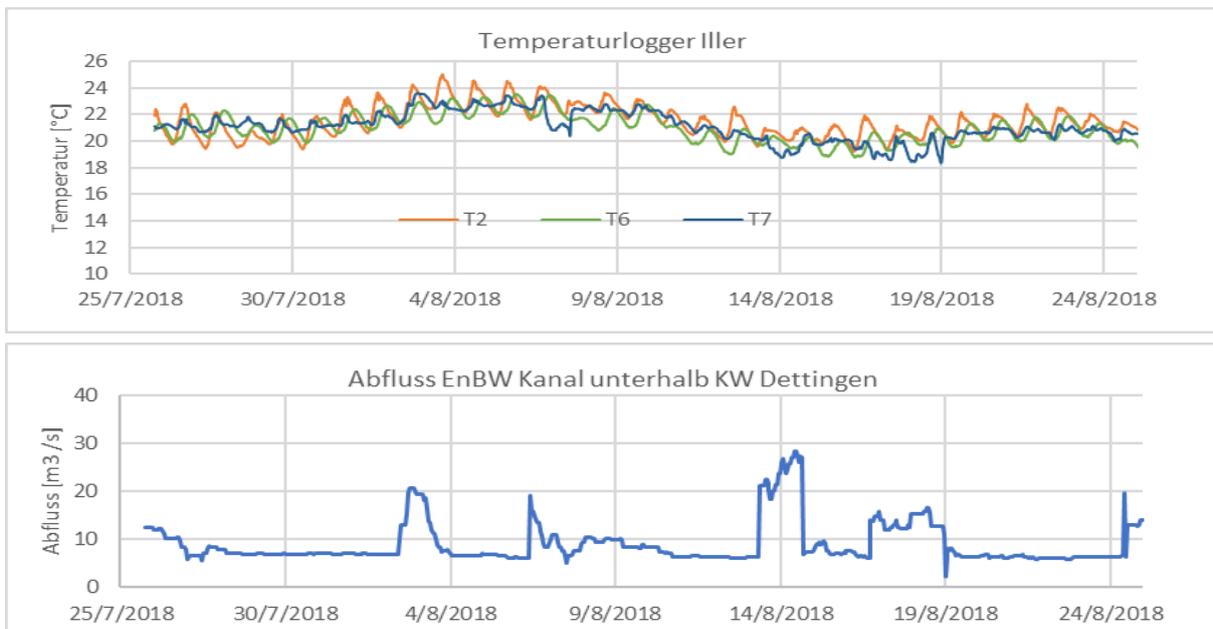


Abbildung 155 Abflussaufzeichnung der EnBW und Temperatur Messwerte der Sonden 2 im Mutterbett kurz unterhalb der Ausleitung in den EnBW Kanal, Sonde 7 am Ende des EnBW Kanals und Sonde 6 im Mutterbett 1km oberhalb Wiedereinmündung des EnBW Kanals für den Zeitraum Jul/Aug 2018

Eine ähnliche Abkühlung zeigt Abbildung 155 mit den Temperaturen in der Iller kurz unterhalb des Einlaufs in den EnBW Kanal (T2), am Ende des EnBW Kanals (T7) und in der Iller kurz vor Einmündung des EnBW Kanals (T6, vgl. auch Kap. 3.1.4) Die Temperaturmaxima sind nur ca. 1 Grad unterschiedlich und direkt unterhalb des Zuflusses in den Kanal in der Iller sogar etwas höher als am Ende des Kanals. Sie liegen am Ende des Kanals nahezu auf demselben Niveau wie in der Iller kurz vor der Kanaleinmündung. Dies ist auch bei niedrigen Kanalabflüssen unter $10 \text{ m}^3/\text{s}$ wie in der zweiten Augsthälfte 2018 der Fall.

Im Kanal tritt keine extreme Erwärmung auf, welche einen Abzug von Wasser aus dem als Lebensraum weitaus wichtiger einzustufenden Mutterbett rechtfertigen würde.

Eine Datenauswertung für den UIAG Kanal war leider nicht möglich, da ein zunächst angekündigtes Temperaturmessprogramm nicht durchgeführt wurde. Der UIAG ist gegenüber dem ENBW Kanal teilweise weniger technisch ausgebaut und weist vor den Kraftwerken keine aufgeweiteten Abschnitte mit Flachwasser und geringer Durchströmung auf. Insofern ist davon auszugehen, dass die Temperaturverhältnisse dort nicht ungünstiger als im EnBW-Kanal sind. Insofern behalten die getroffenen Aussagen ihre Gültigkeit.

6.8.2 Habitate in den Kraftwerkskanälen

Die Kanäle, große wie kleine, können begrenzte Hochwasserrückzugsräume darstellen, allerdings nur in gehölzbestandenen Uferbereichen. Die strukturarme Gewässersohle ist dazu wenig geeignet.

Bei normalen Abflüssen bieten die Kanäle aufgrund ihrer Strukturarmut begrenzte Teillebensräume, die durch geeignete Habitate in angeschlossenen Gewässern ergänzt werden müssen. Ein Vergleich der Eigenschaften der großen und kleinen Kanäle gibt Tabelle 23.

Tabelle 23 Charakteristische Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen den Habitatbedingungen in kleinen und großen Kanälen des Untersuchungsgebietes

	Kleine Kanäle	Große Kanäle
Charakter	<ul style="list-style-type: none"> • monotone Linienführung • geringe Tiefe und Breite • weite Strecken durch Ufergehölz beschattet 	<ul style="list-style-type: none"> • monotone Linienführung • große Tiefe und Breite • kaum Beschattung
Linienführung	<ul style="list-style-type: none"> • wenig Vielfalt 	<ul style="list-style-type: none"> • keine Vielfalt
Uferstrukturen	<ul style="list-style-type: none"> • verbaut, einheitlich • lokale Auflösung des Verbaus • streckenweise durch einhängendes Ufergehölz • gute Beschattung • Abflussabhängigkeit: bei hohem Wasserstand sind teilweise Ufergehölzstrukturen erschlossen 	<ul style="list-style-type: none"> • verbaut, einheitlich • lokale Auflösung des Verbaus • streckenweise durch einhängendes Ufergehölz • kaum Beschattung • Abflussabhängigkeit: bei hohem Wasserstand sind einige Ufergehölzstrukturen erschlossen
Sohle	<ul style="list-style-type: none"> • lokal kiesig, steinig 	<ul style="list-style-type: none"> • keine Information vorhanden
Gewässerstrukturen und Strömung	<ul style="list-style-type: none"> • Sohl- und Uferstrukturen selten • Strömung weitgehend einheitlich • Abflussabhängigkeit Fließgeschwindigkeit: aufgrund des geringen Querschnittes deutlich 	<ul style="list-style-type: none"> • Sohl- und Uferstrukturen selten • Strömung sehr einheitlich • Abflussabhängigkeit Fließgeschwindigkeit: aufgrund des großen Querschnittes gering
Temperaturen	<ul style="list-style-type: none"> • Temperaturen ähnlich wie in der Iller, • durch Beschattung des gesamten Querschnittes wenig zusätzliche Erwärmung 	<ul style="list-style-type: none"> • Temperaturen ähnlich wie in der Iller • nur in aufgestauten Bereichen größere Erwärmung mit Schichtung; • kaum Beschattung aber aufgrund großen Wasservolumens oft nur oberflächliche Erwärmung
Anmerkungen	<ul style="list-style-type: none"> • teilweise strukturreicher gestaltet (Kaula-Kanal), Fischbesatz 	
Fischhabitate	<ul style="list-style-type: none"> • in einzelnen Abschnitten gute Strukturen; • teilweise vollständige Fischökotope auch für anspruchsvollere Arten ; • Fischökotope für weniger anspruchsvolle Arten vorhanden (Aitel, Schmerle); • nur wenig Jungfischhabitate 	<ul style="list-style-type: none"> • temporäre Habitate für Adulte, • wenig Habitate für Jungfische

Die großen Kanäle der EnBW und UIAG bieten nur ganz vereinzelt Strukturen wie z.B. an abgebrochenen Ufern (Abbildung 156 o.li.) ansonsten sind sie eher monoton mit geringen Fließgeschwindigkeiten bei geringen Abflüssen (Abbildung 156 o.re.). Kleine Kanäle, wie der Altenstädter Kanal, sind zwar morphologisch ebenfalls meist monoton aber weisen mehr Strukturen (Abbildung 156 u. li.), teilweise eine kiesige Sohle und deutliche Strömung auf. (Abbildung 156 u. re.). Adulte rheophile Arten wie Döbel und Äsche können hier geeignete Habitate finden. Kleine Populationen können sich auch hier entwickeln. Für rheophile Kleinfische bestehen vor allem in strukturell aufgewerteten Strecken der kleinen Kanäle gute Habitatstrukturen.

Insgesamt ist in den Kanälen aufgrund ihrer Strukturarmut nur eine zahlen- und artenmäßig begrenzte Fischbesiedlung möglich. Ausgeprägter als im genutzten Mutterbett sind bestehende Habitate von einem mittleren Durchfluss abhängig und verschwinden bei zu starker, aber auch zu geringer

Strömung. Eine Differenzierung in benachbarte, verschieden schnell durchflossene Bereiche, wie sie viele der rheophilen Arten benötigen (Ruhehabitate und Nahrungshabitate) ist in den Kanälen nur kleinräumig vorhanden. Der Abfluss könnte hier ohne gravierende ökologische Nachteile für das Gesamtsystem reduziert werden bis auf **im Extremfall 0 m³/s** (technische Erfordernisse sind zu beachten).



Abbildung 156 Beispiele für die Charakteristik des UIAG Kanals (oben) und des Altenstädter Kanals (unten)

Für die **kleinen Kanäle** lässt sich annehmen, dass die Besiedlung mit Jungfischen oder limnophilen Arten bereits bei Fließgeschwindigkeiten ab 20 cm/s stark reduziert wird (wenig Strömungsrefugien), weniger rheophile Arten dürften ab 40 cm/s zurückgehen und nur wenige Individuen, die auch stärkere Strömung über längere Zeit tolerieren oder die wenigen strömungsgeschützten Bereiche nutzen können, können sich hier halten.

Auf der anderen Seite dürfte bei Niedrigwassersituationen bei Fließgeschwindigkeiten von 20 cm/s für viele Arten bzw. Individuen zumindest hinsichtlich der Strömung noch relativ gute Bedingungen gegeben sein.

Der Altenstädter Kanal und der von ihm abzweigende Kaulakanal weisen, nach Einschätzung aus Beobachtungen während einer Begehung am 20.9.2020, meist Breiten um 5 m auf und Wassertiefen zwischen 0,5 und 1 m auf. Es wurden hier keine eingehenderen Habitatuntersuchungen durchgeführt. Es lässt sich jedoch aus dem Kontinuitätsgesetz $v = Q/A$ ableiten, dass sich bei Annahme einer mittleren Tiefe von 0,75 m und einer mittleren Breite von 5 m bei einem Abfluss von 0,7 m³/s noch eine mittlere Fließgeschwindigkeit von $0,7 / (0,75 \cdot 5) = \text{ca. } 0,2 \text{ m/s}$ vorhanden ist. Dieser Wert wird außerhalb der Laichzeiten der Bachforelle im Oktober/November als für die vorübergehende Erhaltung der Habitatfunktionen ausreichend angesehen. D.h. eine Absenkung **auf 0,7 m³/s** wird in Grenz-Niedrigwassersituationen als tolerierbar angesehen, **kurzzeitig** auch eine Absenkung auf **0,5 m³/s**. Der Wielandkanal weist ca. die doppelte Dimension der zuvor genannten Kanäle auf, erhält aber auch den Abfluss aus beiden, d.h. die geforderte Fließgeschwindigkeit wird dort ebenfalls erreicht.

6.9 Fazit: Planzustand und Zielerreichung

Sedimenthaushalt (Kap. 6.1)

Für die Iller ist generell, insbesondere aber für Absenkungs- und Aufweitungsmaßnahmen die Bereitstellung von zusätzlichem Geschiebe notwendig. Die Absenkung von Schwellen würde ohne Deckung des Kiesdefizits mittel- bis langfristig zu unveränderten Sohl- und Strömungsverhältnissen bei niedrigerem Sohl- und Grundwasserniveau führen. Die Aufweitungsmaßnahmen erhöhen zwar die Heterogenität des Gewässers und der Strömung, jedoch fehlt weiterhin das Kies- bzw. Geschiebematerial zur Erzielung einer besseren Substratdiversität. Die Aktivierung einer begrenzten Morphodynamik mit periodischer Umlagerung von Kiesbänken ist vor allem in den Seitenarmen und hier mit weitaus kleineren Abflüssen als im Mutterbett und über Kiesdepots möglich. Vor zu hohen Abflüssen sind die Seitenarme jedoch zu schützen, um ein Ausräumen von Strukturen und Kies zu vermeiden (s.a. Kap.5.4.5). Zusätzliche Geschiebequellen können lokal durch das Zulassen von Seitenerosion erschlossen werden.

Grundwasser (Kap. 6.2)

Sowohl Sohlerhöhungen als auch Absenkungsmaßnahmen wirken sich im Nahbereich der Iller schnell und deutlich aus. Feldversuche zeigten, dass sich dort ca. 40 bis 50% der Wasserspiegelabsenkung im Mutterbett in der Absenkung des Grundwasserspiegels widerspiegeln. Gleichzeitig klingen die Auswirkungen mit steigender Entfernung schnell ab und sind in einem Umkreis von etwa 200 bis 300 m feststellbar. In Bereichen mit überwiegendem Grundwasseraustrag ist davon auszugehen, dass Maßnahmen im Flussbereich geringen Einfluss auf die begleitenden Grundwasserspiegel haben. Zusätzlichen Einfluss hat die Kolmation der Illersohle, die bei starker Ausprägung den Einfluss auf den Grundwasserspiegel zusätzlich abmindert.

Im Bereich von Aufweitungen kann es lokal zu Sohlanhebungen und damit auch zu leichten Grundwasseranhebungen kommen. Deutliche Auswirkungen sind ohne Gegenmaßnahmen im direkten Umfeld der Seitenarme vorhanden: diese sind Absenkungen des GW Spiegels im Nachbarbereich des Oberwassers von Schwellen, dagegen Aufhöhungen des GW-Spiegels im Nachbarbereich des Schwellenunterwassers. Dem damit verbundenen Austrag von Seitenarmwasser in den GW-Körper bzw. dem Zutritt von GW in den Seitenarm ist durch Dichtungen in der unteren Schicht der Seitenarmsohle entgegenzuwirken.

Generell ist eine Erhöhung des Mindestabflusses in den Ausleitungsstrecken der Iller mit der damit verbundenen Erhöhung des Wasserspiegels im Mutterbett im Hinblick auf das Grundwasser als positiv zu bewerten.

Maßgebende Habitat-/Strukturtypen und Zielwerte (Kap. 6.3)

Die im Istzustand untersuchten 23 Habitattypen wurden für die Untersuchung des Planzustands auf 6 fischökologisch relevante Strukturtypen reduziert. Die einzelnen Strukturtypen entsprechen in der Regel mehreren funktionellen Habitattypen. Unter diesen wurde jeweils der Habitattyp mit dem anspruchsvollsten Flächenbedarf berücksichtigt.

Das mit dem Modell CASiMiR ermittelte Angebot an zahlreichen unterschiedlichen Habitatflächen kann so durch 6 fischrelevante Strukturtypen weitgehend vertreten werden. Für die einzelnen Strukturtypen kann das ermittelte Flächenangebot mit den entsprechenden Zielwerten verglichen werden und der Grad der Zielerreichung bestimmt werden.

Übertragung der Referenzmaßnahmen Ergebnisse (Kap. 6.4)

Die Habitatmodellierungen wurden nicht für alle geplanten Maßnahmen des Arbeitsprogramms „Agile Iller“ durchgeführt, sondern es wurde für die drei häufigsten Maßnahmentypen „Strömungsverbesserung (Absenkung)“, „Seitenarm“ und „Aufweitung“ je eine Referenzmaßnahme modelliert (s. Kap. 4.11)

Die für die Referenzmaßnahmen berechneten Ergebnisse (Flächenanteile der Habitat-/Strukturtypen) können nicht 1:1 auf andere Maßnahmen übertragen werden. Deshalb wurden für die Übertragung der Ergebnisse sogenannte „Gestaltbarkeitsfaktoren“ definiert. Diese berücksichtigen Randbedingungen wie verfügbaren Raum, Abfluss und Gefälle für die jeweilige Maßnahme. So kann z.B. ein Seitenarm mit der halben Länge des Referenzseitenarms und sonst gleichen Randbedingungen nur 50% der Strukturflächen zur Verfügung stellen. Anhand der Gestaltbarkeitsfaktoren wurde eine Gesamtgestaltbarkeit berechnet und die Ergebnisse der Referenzmaßnahmen auf Maßnahmen an anderen Standorten (nahezu alle Flächenmaßnahmen = Maßnahmen, die nicht der reinen Durchgängigkeitsherstellung dienen) projiziert.

Habitat-/Strukturangebot (Kap. 6.5)

Das Habitat-/Strukturangebot wird, aufgeteilt in 200 m Abschnitte, entlang der gesamten untersuchten Illerstrecke dargestellt. Entsprechende Längsschnitte werden für alle 6 Habitat-/Strukturtypen bei jeweils 5 Abflüssen zwischen 5 und 20 m³/s erstellt.

Die Längsschnitte stellen die Flächenanteile der Habitat-/Strukturtypen zusammen mit der Abgrenzung der Wasserkörper und den geplanten Maßnahmen dar und bilden so eine geeignete Grundlage für die Interpretation der räumlichen Verfügbarkeit und Vernetzung der Habitate.

Zielerreichung der Habitat-/Strukturtypen in den Wasserkörpern (Kap.6.6)

Das Flächenangebot an gut nutzbaren Strukturen ergibt sich aus der Integration der in den Längsschnitten aufgezeigten sehr guten und guten Flächen (SI >= 0,6). Diese Integration erfolgt für jeden Strukturtyp jeweils bei 5 verschiedenen Abflüssen und innerhalb eines jeden der drei Wasserkörper. Das ermittelte abflussabhängige Flächenangebot kann mit den Zielwerten verglichen werden. Hiermit kann beurteilt werden, inwieweit die Zielwerte erreicht werden und welche Abflüsse hierfür erforderlich sind.

Erreichbarer Ökologischer Zustand in den Wasserkörpern (Kap. 6.7)

Der erreichbare ökologische Zustand bzw. das erreichbare ökologische Potenzial werden auf Grundlage der Fläche der angebotenen Habitat-/Strukturtypen eingeschätzt. Neben dem Angebot an Habitat-/Strukturtypen spielen zusätzliche Aspekte (Kap. 6.7.1) wie die Saisonalität der Habitatnutzung sowie die räumliche Lage und Vernetzung von Habitaten für die Bewertung des ökologischen Zustands eine Rolle. So sind lokale Lücken im Angebot für Larval- und Jungfischhabitate (Typen 1 u. 2) deutlich kritischer zu bewerten als Lücken bei Laichplätzen oder Wintereinständen (Typen 3, 4, 6).

Unter Berücksichtigung der Zielerreichung der 6 Habitat-/Strukturtypen und der zusätzlichen Aspekte erfolgt die folgende Bewertung für den Zustand mit Maßnahmen und Mindestwasserabgabe:

FWK	Aktueller Zustand	Zielerreichung Gewässerstruktur (nach Maßnahmen)	empfohlene Zusatzmaßnahmen	Zielerreichung nach WRRL (biologisch)	Mindestabfluss (in F009_BW davon teilweise 2 m ³ /s in Seitenarmen)	
					Mrz. - Okt.	Nov. - Feb.
F005_BW	GöZ 2021 bereits erreicht	fast erreicht <i>Defizit bei überströmten Kiesflächen</i>	Aufweitungen, Geschiebemanagement (grobe Fraktionen)	positiver Einfluss durch Verbindung mit der Donau	11 m ³ /s	5 m ³ /s
F010	GöP	teilweise erreicht <i>Defizit bei überströmten Kiesflächen & Schnellen</i>	Absenkungen, Geschiebemanagement (mittlere Fraktionen), Seitenarme	Ein gutes ökologisches Potenzial kann sich ausbilden bei: <ul style="list-style-type: none"> • angepasstem Kies- und Geschiebemanagement • ökologisch verträglicher Hochwasserableitung (HW-Refugien, HW-Glättung) • weiterer gezielter Förderung der Defizitstrukturen 	11 m ³ /s	3 m ³ /s
F009_BW	GöP	größtenteils erreicht <i>Defizit bei überströmten Kiesflächen; kritisch bei strömungsarmen Uferbereichen</i>	Aufweitungen, Geschiebemanagement (mittlere Fraktionen)		11 m ³ /s	5 m ³ /s

Eine erfolgreiche Durchführung der geplanten Maßnahmen ist erforderlich, um den aktuellen Gewässerzustand zu stabilisieren. In allen Wasserkörpern wird dieser durch die Maßnahmen deutlich verbessert, ohne Zusatzmaßnahmen bleibt jedoch das Erreichen einer besseren Bewertungsstufe nach WRRL fraglich. Für ausreichende Verbesserungen sind zusätzliche Maßnahmen vor allem zur Schaffung von Hochwasserrefugien und ein umfassendes Geschiebemanagement erforderlich.

Aufbauend auf die morphologischen Maßnahmen kann insbesondere Flusswasserkörper 1_F009_BW durch Zusatzmaßnahmen eine bessere Bewertung erreichen (GÖP). In den Flusswasserkörpern 1_F005_BW und 1_F010 wird durch die geplanten Maßnahmen, neben der Verbesserung/Erhaltung des ökologischen Zustands/Potenzials, ihre wichtige Funktion als Verbindungsstrecke von der Donau zum Oberlauf der Iller deutlich gefördert.

Berücksichtigung Kanäle (Kap. 6.8)

Temperatur und Sauerstoffmessungen in den zwei Aufweitungen/Staubecken der Kraftwerke Tannheim und Dettingen im EnBW Kanal an den zwei heißesten Tagen des Jahres 2019 belegen, dass zwar lokal in Flachwasserzonen sehr hohe Wassertemperaturen bis zu ca. 27 Grad auftreten. Diese gehen mit Sauerstoffübersättigungen einher, die sich zwischen 120% (morgens) und über 160% (nachmittags) bewegen. Gleichzeitige Messungen oben am Einlauf des Kanals und unten an der Wiedereinleitung des Kanals in die Iller weisen jedoch darauf hin, dass es im Kanal insgesamt zu keinen maßgeblichen Erwärmungen kommt.

Die beiden großen Kanäle der EnBW und UIAG bieten nur vereinzelt fischrelevante Strukturen und sind meist monoton, bei niedrigen Abflüssen mit geringen Fließgeschwindigkeiten. Die kleinen Kanäle weisen zwar lokal gute Strukturen, eine kiesige Sohle und deutliche Strömung auf. Insgesamt ist in den Kanälen aufgrund ihrer Strukturarmut aber nur eine zahlen- und artenmäßig begrenzte Fischbesiedlung möglich. Ausgeprägter als im genutzten Mutterbett sind bestehende Habitate vom Abfluss abhängig und sind bei zu starker, aber auch zu geringer Strömung deutlich reduziert.

In den **großen Kanälen** kann der Abfluss in extremen Wassermangelsituationen ohne gravierende ökologische Nachteile für das Gesamtsystem vorübergehend bis auf 0 m³/s reduziert werden. Als technisch erforderlicher Abfluss wurde **1 m³/s** angenommen.

In den **kleinen Kanälen** wird zur Erhaltung einer Mindestströmung von ca. 0,2 m/s ein Mindestabfluss von **0,7 m³/s** empfohlen, in Extremsituationen kann **kurzzeitig** eine Absenkung auf **0,5 m³/s** toleriert werden.

7 Abschließende Bewertung und Empfehlungen

7.1 Ökologisch begründeter Mindestabfluss

Wie in Kap. 2.1 ausgeführt liegt ein Schwerpunkt des vorliegenden Gutachtens auf der Empfehlung eines ökologischen notwendigen Mindestabflusses in der Iller. Damit ist nicht notwendigerweise ein einziger Abflusswert gemeint, sondern es geht um Abflussregelungen, die saisonal variieren können und die Ausgangslage der konkurrierenden Beschickung von Mutterbett, Seitenarmen und Kraftwerkskanälen berücksichtigen.

Die im Folgenden genannten Aspekte sind maßgebend für den ökologisch begründeten Mindestabfluss in der Iller und führen zu Abflussempfehlungen. Diese Empfehlungen beruhen auf den durchgeführten Habitatsimulationen für den Planzustand, also den Zustand nach der Umsetzung von Maßnahmen. Es wird dabei angenommen, dass sich die Maßnahmen eng an den untersuchten Referenzmaßnahmen orientieren. Die Simulationen liefern detaillierte quantitative Aussagen zu den Fischhabitaten, die nach optimaler Umsetzung zu erwarten sind. Der Gute ökologischen Zustand und das Gute Ökologische Potential, die nach WRRL zu erreichen sind, bemessen sich vorrangig an der Fisch- und Makrozoobenthosbesiedlung. Dabei dürften die Fische in der Regel höhere Ansprüche an Gewässerstruktur und Abflüsse stellen als das Zoobenthos.

7.1.1 Begriffsbestimmungen: Abfluss und erforderliches Habitatangebot

Aufgrund der mehrfachen Aus- und Rückleitungen sowie der Seitenarme kann der Begriff „Abfluss“ im System der Unteren Iller unterschiedlich interpretiert werden. Daher werden im Folgenden die unterschiedlichen diskutierten Abflüsse nochmals zusammenfassend aufgeführt.

Abflüsse unterhalb einer Ausleitung

Im betrachteten unteren Illerabschnitt sind zwei Abflussabgaben relevant:

- die Abfluss-Abgabe der ENBW am Wehr Mooshausen in das Iller-Flussbett
- die Abfluss-Abgabe der UIAG am Filzinger Wehr in das Iller-Flussbett

Für diese beiden Stellen wird die jeweils geforderte **Mindestwasserabgabe** angegeben. Die Mindestwasserabgabe soll den **ökologisch begründeten Mindestabfluss** im Iller-Mutterbett, in den Seitenarmen sowie in Ausleitungskanälen sicherstellen.

Der ökologisch begründete Mindestabfluss wird für Teilabschnitte des Iller-Mutterbetts, für die Seitenarme und für die großen und kleinen Ausleitungskanäle separat angegeben. Der ökologisch begründete Mindestabfluss wird auf Grundlage der Habitatansprüche der Fische aus dem abflussabhängigen Habitatangebot ermittelt.

Das zur Erreichung des GÖZ **erforderliche Habitatangebot** wird auf Basis der Richtwerte für 6 Strukturtypen nach LSGÖ (2020) abgeleitet. Die **Zielwerte (GÖZ)** liegen dabei bei 50% der Richtwerte nach LSGÖ 2020, allerdings werden sie hier auf den gesamten Betrachtungsraum (= Wasserkörper) bezogen. Berücksichtigt werden neben den Zielwerten für die Flächenanteile auch die Verteilung der Habitate im Gewässer, saisonale Aspekte und lokale Besonderheiten.

Für die Erreichung des GÖP wurden in Abstimmung mit dem AG reduzierte **Zielwerte (GÖP)** als ausreichend angenommen, die bei 50% der Zielwerte für den GÖZ liegen.

Unter ungünstigen Umständen werden GÖZ und GÖP trotz Erreichung der hydromorphologischen Zielwerte nicht erreicht. Unter günstigen Umständen (Zuwanderung aus Anschlussgewässern, Ergänzung der Habitatangebots in angebunden Gewässern) können dagegen GÖZ und GÖP auch trotz Unterschreitung der hydromorphologischen Zielwerte erreicht werden.

Die Erreichung von GÖZ und GÖP ist durch ein Monitoring zu überprüfen (s.a. Kap. 7.6).

7.1.2 Mutterbett

Im **Mutterbett der Iller** sind wesentliche Habitate stark abflussabhängig. Bei sinkenden Abflüssen sollten die folgenden **ökologisch begründeten Mindestabflüsse** nicht unterschritten werden:

FWK 1_F009_BW im erweiterten **Sommerhalbjahr**: $Q_{\min} = 11 \text{ m}^3/\text{s}$

FWK 1_F010 im erweiterten **Sommerhalbjahr**: $Q_{\min} = 11 \text{ m}^3/\text{s}$

Dies gilt besonders zur Sicherung der wenigen guten Laichhabitate im Iller-Mutterbett, aber auch zur Sicherung der vorhandenen Adult-Habitate. Der relevante Zeitraum erstreckt sich von **März bis Oktober** (Beginn Laichphase Äsche bis Rückzug in die Winterhabitate).

Die Wassertemperaturen im Sommer (Juni - September) erreichen phasenweise Werte über 23°C. Sie können zwar durch Abflusssteigerung nicht verringert werden, die durchgeführten Messungen belegen jedoch, dass bei einem Abfluss von mindestens 9 m³/s die Sauerstoffkonzentrationen nicht in kritische Wertebereiche geraten. Dieser Wert wird mit der genannten Regelung eingehalten.

Im **Winter** sind die Ansprüche an die Habitate verändert (teilweise reduzierte Aktivität, Winterstände). Die Anforderungen an die Abflüsse im Mutterbett können von **November bis Februar** bereits bei 3 m³/s erfüllt werden (s.a. Kap. 6.7.3 und 6.7.4). Dabei ist darauf zu achten, dass die 3 m³/s im Mutterbett auch in von Seitenarmen begleiteten Abschnitten vorhanden sind. Bei Abflüssen unter 3 m³/s ist neben dem Habitatangebot auch die Durchgängigkeit in den zahlreichen Stauwurzelbereichen mit Kiesumlagerungen (besonders bei zukünftig erhöhter Kiesverfügbarkeit) nicht gewährleistet. Die Durchgängigkeit ist im Rahmen des empfohlenen Monitorings zu überprüfen.

7.1.3 Seitenarme

In der neu gestalteten Iller kommt den **Seitenarmen** bei der Bereitstellung wichtiger Habittypen eine besonders hohe Bedeutung zu (Kap. 4.3.3). Sie müssen u.a. aufgrund ihrer Funktion als Ersatzlebensraum und einer geforderten morphologischen Basisdynamik die empfohlenen Mindestbreiten aufweisen. Die Seitenarme benötigen für Durchgängigkeit und Habitatfunktionen

ganzjährig einen $Q_{\min} = 2 \text{ m}^3/\text{s}$.

In extremen Niedrigwassersituationen kann zeitweilig die Anforderung der Durchgängigkeit der Seitenarme für alle Fischarten aufgegeben werden. Damit kann der Abfluss auf $Q_{\min_extr} = 1 \text{ m}^3/\text{s}$ reduziert werden. (s.a. Kap. 7.2.4)

7.1.4 Kanäle

Die **großen Kanäle** (EnBW, UIAG) sind strukturell sehr homogen und größtenteils tief (habitatarm). Die Temperatur wird aufgrund des großen Wasservolumens und der beträchtlichen Tiefe durch Abflussänderung wenig beeinflusst, Arten mit hohem Sauerstoffanspruch sind eher im Mutterbett zu erwarten. Der Abfluss könnte hier ohne gravierende ökologische Nachteile reduziert werden bis auf $Q_{\min} = 0 \text{ m}^3/\text{s}$. Als **technisch erforderlicher Mindestabfluss** (Halten der Stauspiegel) wird ein Abfluss von $Q_{\min} = 1 \text{ m}^3/\text{s}$ angenommen (s.a. Kap. 7.2.1). Dieser Wert wäre evtl. aufgrund nachgewiesener technischer Notwendigkeiten anzupassen. Die empfohlene Reihenfolge der Abflussreduktion (Kap. 7.2.4) wird dadurch nicht verändert.

Die **kleinen Kanäle** (Altenstädter, Kaula, Gießen) weisen insgesamt wenig fischrelevante Strukturen auf, lokal findet sich jedoch Kiessubstrat und Ufereinstände bei guter Durchströmung. Zum Schutz dieser Habitate und der sie nutzenden Fische sollte eine Mindestfließgeschwindigkeit von 0,2 m/s gewährleistet sein, wozu ein Durchfluss von $Q_{\min} = 0,7 \text{ m}^3/\text{s}$ erforderlich ist.

Bei extremen Niedrigwassersituationen wird eine **kurzfristige Reduktion auf $Q_{\min_extr} = 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$** als tolerierbar angesehen.

7.1.5 Abflussdynamik

Basisdynamik

Eine Basisdynamik ist im betrachteten Illerabschnitt durch regelmäßig am Wehr Mooshausen ankommende Gesamtabflüsse über $102 \text{ m}^3/\text{s}$ ($91 \text{ m}^3/\text{s}$ im EnBW Kanal + $11 \text{ m}^3/\text{s}$ Sommermindestabfluss im Mutterbett der Ausleitungsstrecken) und den dadurch bedingten Wehrüberfall am Wehr Mooshausen, gegeben. Diese Dynamik tritt in durchschnittlichen Sommern ca. 1 bis 2mal pro Monat auf (z.B. 2011), in trockenen Sommern kommt es aber auch vor, dass über mehrere Monate der Illerabfluss unter $102 \text{ m}^3/\text{s}$ liegt und damit in den Restwasserstrecken keinerlei Dynamik vorhanden ist.

Die Auswirkungen von Abflusserhöhungen sind bis ca. $250 \text{ m}^3/\text{s}$ Gesamtabfluss (= ca. $150 \text{ m}^3/\text{s}$ im Mutterbett) im Mutterbett der Iller auf Wasserspiegeländerungen bzw. Änderungen der benetzten Flächen beschränkt. D.h. morphologisch wirksame dynamische Veränderungen sind in diesem Abflussbereich nicht zu erwarten.

Die Änderung der benetzten Flächen ist durch die langen Staubebereiche und das monotone Flussprofil auch nach Verbesserung durch die vorgesehenen Aufweitungsmaßnahmen weiterhin beschränkt. Eine „Minidynamik“ durch erhöhte Abgaben, z.B. als geringer prozentualer Anteil des Zuflusses, wird als ökologisch wenig wirksam angesehen. Deshalb wurde eine zusätzliche am Abfluss orientierte Dynamik nicht in die Regelungen mit einbezogen.

Wehrsteuerung in Abhängigkeit von Hochwasser-An- und Abstieg

Wie oben dargestellt, erfolgt ab Illergesamtabflüssen um $100 \text{ m}^3/\text{s}$ ein erhöhter Wehrüberfall an den Ausleitungswehren der EnBW und der UIAG (dort etwas später, da zusätzlich Wasser in die kleinen Kanäle abgezogen wird). Dies hat zur Folge, dass bei ansteigendem und auslaufendem Hochwasser die Abflussänderungen deutlich schneller erfolgen als natürlicherweise.

Dieser Effekt wird durch Abbildung 157 am Beispiel eines typischen kleinen Hochwassers aus dem Sommer 2019 verdeutlicht. Die Ganglinie des Hochwassers vor der Ausleitung ist in blau, die des effektiv im Mutterbett der Ausleitungsstrecke ankommenden Hochwassers in braun dargestellt.

Das Hochwasser in der Iller oberhalb der Ausleitung steigt im unteren Abflussbereich deutlich langsamer an als im Mutterbett der Ausleitung. Die extrem steile Abflusszunahme in der Restwasserstrecke kann (zusammen mit den steil verbauten Ufern) zur Folge haben, dass Jungfische mit noch geringer Schwimmkapazität bei ansteigendem Abfluss nicht den sich verlagernden ufernahen strömungsarmen Zonen folgen können und abgedriftet werden. Beim fallendem Abfluss bewegt sich die Uferlinie in die andere Richtung und die Fische laufen Gefahr zu stranden. Beim natürlichen Hochwasserverlauf sind die anfänglichen Anstiegsraten deutlich langsamer und die Jungstadien der Fische haben weitaus bessere Chancen der sich verändernden Wasseranschlagslinie zu folgen.

Die Abflussänderungsrate beträgt beim anlaufenden Hochwasser in der Iller oberhalb der Ausleitung ca. $6 \text{ m}^3/\text{s}$ pro h während sich dieser Wert in der Ausleitungsstrecke um den Faktor 13 auf ca. $88 \text{ m}^3/\text{s}$ pro h vergrößert. Beim ablaufenden Hochwasser beträgt der Wert in der Iller vor der Ausleitung ca. $0,7 \text{ m}^3/\text{s}$ pro h, in der Ausleitungsstrecke liegt der Wert bei ca. $7 \text{ m}^3/\text{s}$ pro h, d.h. er ist hier 10mal höher. Diese Effekte sind besonders schädlich im Bereich geringer Hochwasserabflüsse, da bei diesen Abflüssen viele Kiesbänke beim Anlaufen des Hochwassers noch nicht komplett benetzt sind, und beim auslaufenden Hochwasser teilweise trockenfallen.

Durch eine „Ankündigung“ des anlaufenden Hochwassers über einen langsam gesteigerten Wehrüberfall und eine Ankündigung des auslaufenden Hochwassers über einen entsprechend langsam verringerten Wehrüberfall ließen sich diese negativen ökologischen Effekte verringern oder ganz vermeiden. Grenzwerte für die maximalen, ökologisch verträglichen Wasserspiegeländerungsraten können aus Schwall-Sunk Untersuchungen abgeleitet werden, die z.B. in Schmutz et al. (2013) diskutiert werden.

Für die untere Iller bietet sich eine Kopplung der Wehrsteuerung mit den Pegelmesswerten in Kempten an, die ein anlaufendes und auslaufendes Hochwasser Stunden vor dem Ankommen an der Ausleitungsstelle erkennen lassen. Ebenso können beim auslaufenden Hochwasser bei Erreichen von

Abflüssen, welche die Kiesbänke trockenfallen lassen, die Sunkraten durch erhöhten Wehrüberfall auf geringere Werte gesteuert werden.

Es werden hier genauere Studien empfohlen, die z.B. mit Werkzeugen für Schwall-Sunk-Untersuchungen aus dem EU-Projekt FITHYDRO durchgeführt werden können.

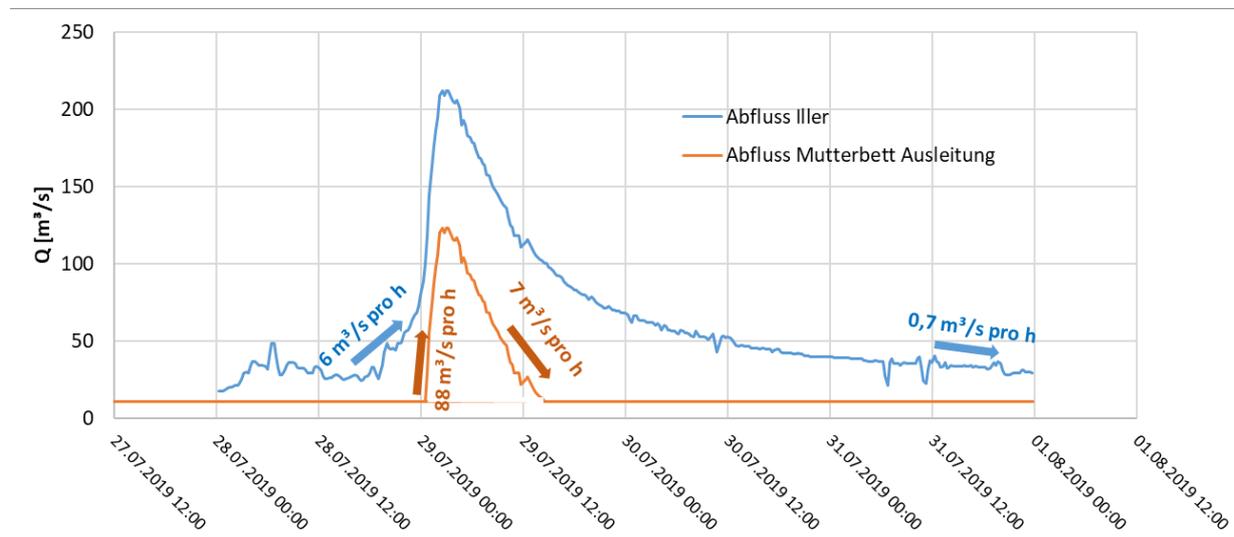


Abbildung 157 Beispiel eines kleinen Hochwassers in der Iller und im Mutterbett einer der Iller Ausleitungstrecken

In den Restwasserstrecken der Unteren Iller erfordert eine ökologisch verträgliche oder gar nützliche Abflusssdynamik eine morphologische Vielfalt (morphologische Ausstattung), von der die heutige Situation sehr weit entfernt ist. Im aktuellen Zustand ist es allerdings dringend erforderlich, den Gewässerorganismen wieder zu ermöglichen, der durchaus noch bestehenden, natürlichen Dynamik unbeschadet standzuhalten (Rückzugsmöglichkeiten, gedämpfte Änderungsraten). In einem nächsten Schritt könnte den Organismen dann durch eine Erweiterung des dynamischen Flussraumes sogar die Nutzung der verbliebenen Dynamik wieder ermöglicht werden. Die Frage, wie auch in den Zeiten zwischen Wehrüberläufen eine gewisse Dynamik in das Abflussgeschehen gebracht werden kann, steht dann ganz am Schluss.

Berücksichtigung der Fischbiologie

Das Verhalten der Fische wird u.a. von der Tageslänge vor allem aber von den Wassertemperaturen bestimmt. Der Vorschlag, die geregelten Abflüsse an dem durch Datum und Wassertemperatur gesteuerten Verhalten der Fische zu orientieren ist daher zunächst einleuchtend. Allerdings stehen diesem Vorgehen verschiedene Schwierigkeiten entgegen. Selbst wenn nur eine Fischart mit einem bestimmten Habitatbedarf berücksichtigt werden sollte, ist ein zeitlich und räumlich enges Messraster zur Erfassung der Temperaturdaten erforderlich, welches die verschiedenen betroffenen Fischpopulationen berücksichtigt. Weiterhin ist zu bedenken, dass sich die verschiedenen Ansprüche ein und derselben Art hinsichtlich der Abflüsse und Habitate unterscheiden oder überschneiden können, viel mehr noch die Ansprüche verschiedener Arten. Dies würde ein sehr fein reguliertes, und gegensätzliche Ansprüche austarierendes Abflussregime erfordern.

Schließlich bestimmen nicht nur die Wassertemperaturen den Jahreskalender der Fische. Auch Faktoren wie Abflussanstiege, Trübung u.a. beeinflussen den Entwicklungszyklus und Habitatbedarf der Fische. Hier wäre ein enormer Monitoring- und Regelaufwand erforderlich mit fraglichem Erfolg.

Insgesamt bleibt es doch erwägenswert, die jahreszeitlichen Abflussanpassungen auch an massiven Temperaturverschiebungen zu orientieren, deren einheitliche Wirkung auf die betroffenen Fischarten jedoch zuvor abzuklären wäre.

7.2 Abflusssituationen und Abflussregelungen

7.2.1 Mindestwasserabgaben in die Iller

Die empfohlenen Mindestwasserabgaben an den Entnahmestellen sind in Tabelle 24 gelistet.

Tabelle 24 Empfohlene Mindestwasserabgaben für die Untere Iller

	März bis Oktober	November bis Februar
EnBW (Wehr Mooshausen)	11 m ³ /s	5 m ³ /s
UIAG (Filzinger Wehr)	11 m ³ /s	5 m ³ /s

Nach Umsetzung aller geplanter Strukturmaßnahmen verbleiben bei Einhaltung der genannten Mindestabflüsse vor allem morphologische Defizite (Sedimenthaushalt, Hochwasserrefugien), welche das Erreichen der Bewirtschaftungsziele in Frage stellen.

Bis zur vollständigen Umsetzung der geplanten Maßnahmen sind die vorgeschlagenen Mindestwasserempfehlungen allerdings deutlich zu gering. In dem der Studie zugrunde liegenden Status quo (der heute allerdings bereits überholt ist) liegen die erforderlichen Mindestabflüsse im Sommer zwischen 14 m³/s (1_F005_BW) und 18 m³/s (1_F010, 1_F009_BW) (s. Kap. 6.6.2, Tabelle 21, Abbildung 148, Strukturtyp 4 und 5).

Das heißt also, bis zur vollständigen Umsetzung der Maßnahmen wird empfohlen, die Mindestwasserabgabe im Sommer (März bis Oktober) auf 18 m³/s (Wehr Mooshausen und Filzinger Wehr) zu erhöhen. Die Abgaben können mit fortschreitender Umsetzung der Maßnahmen sukzessive verringert werden bis auf die in Tabelle 24 gelisteten Werte.

7.2.2 Vollabflusssituation Iller und Kanäle

Das Iller-Kanal-System wurde bereits in Abbildung 19 eingeführt und ist in der folgenden Abbildung 158 mit dem empfohlenen Sommerabfluss in der Iller und angeschlossenen Seitenarmen, sowie Vollabfluss in allen anderen Systemelementen dargestellt.

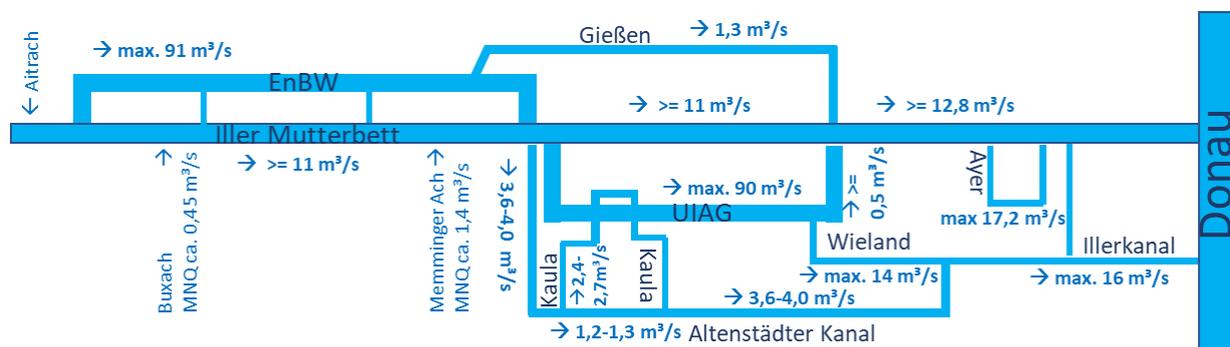


Abbildung 158 Systemplan der Unteren Iller mit Sommerabfluss 11 m³/s im Iller Mutterbett (davon abschnittsweise 2 m³/s in den Seitenarmen) und Kanälen bei Vollabfluss

Wie bereits erwähnt, sind bislang für die beiden großen Kanäle der EnBW und der UIAG keine Mindestabflüsse rechtlich geregelt. Durch Sonderregelungen wurde für den UIAG-Kanal im Sommer 2018, während einer Extremniedrigwasserphase, temporär ein Mindestabfluss von 1 m³/s festgelegt, der durch eine reduzierte Abgabe in den Altenstädter Kanal erreicht wurde.

Im Weiteren wird für die beiden großen Kanäle (EnBW und UIAG) ein **technisch erforderlicher Abfluss von 1 m³/s** angenommen. Undichtigkeiten an den Kraftwerken und etwaige Verluste an den benachbarten Grundwasserkörper können laut Angaben der Betreiber zu einem Absinken des

Wasserstands führen, welcher insbesondere im UIAG Kanal zu einer Gefährdung der Tondichtungen führen kann. Es wird davon ausgegangen, dass mit diesem Abfluss von 1 m³/s der Wasserstand in den Kanälen konstant gehalten werden kann.

7.2.3 Systemrelevantes Niedrigwasser NQ und Extremniedrigwasser NNQ

Um die Randbedingungen bei geringen Abflüssen zu berücksichtigen, werden zwei Abflusswerte unterschieden:

7.2.3.1 NQ_{sys}: Systemrelevantes Niedrigwasser

Bei Abflüssen \geq NQ_{sys} können alle ökologischen und technischen Erfordernisse sowie in Bescheiden festgelegten Abflüsse eingehalten werden. NQ_{sys} an der EnBW- und UIAG-Ausleitung listet Tabelle 25.

Tabelle 25 Systemrelevantes Niedrigwasser NQ_{sys} an der EnBW Entnahme (Wehr Mooshausen) und der UIAG Entnahme (Filzinger Wehr) und Teilabflüsse

	EnBW-Kanal bzw. Gießen	Iller inkl. Seitenarme	NQ _{sys} _EnBW
Mrz bis Okt	1,3 m ³ /s*	11 m ³ /s	12,3 m³/s
Nov bis Feb	1,3 m ³ /s*	5 m ³ /s	6,3 m³/s

	Altenstädter/Kaulakanal	UIAG -Kanal	Iller inkl. Seitenarme	NQ _{sys} _UIAG
Mrz bis Okt	3,6 m ³ /s	1 m ³ /s	11 m ³ /s	15,6 m³/s
Nov bis Feb	3,6 m ³ /s	1 m ³ /s	5 m ³ /s	9,6 m³/s

* Der EnBW Kanal unterhalb der Abzweigung des Gießens erhält in der Grenzsituation $Q = NQ_{sys}$ keinen Abfluss (s.a. Abflussschema in Abbildung 159).

7.2.3.2 NNQ_{sys}: Systemrelevantes-Extremniedrigwasser

Bei Abflüssen unter NQ_{sys} aber über NNQ_{sys} können alle technischen aber nicht mehr alle in Bescheiden festgelegten Abflussmengen im System eingehalten werden. Die NNQ_{sys} an der EnBW- und UIAG-Ausleitung listet Tabelle 26.

Tabelle 26 Systemrelevantes Extremniedrigwasser NNQ_{sys} an der EnBW Entnahme (Wehr Mooshausen) und der UIAG Entnahme (Filzinger Wehr) und Teilabflüsse

	EnBW-Kanal inkl. Gießen	Iller inkl. Seitenarme	NNQ _{sys} _EnBW
Mrz bis Okt	1,0 m ³ /s *	11 m ³ /s	12,0 m³/s
Nov bis Feb	1,0 m ³ /s	5 m ³ /s	6,0 m³/s

	Altenstädter/Kaulakanal	UIAG -Kanal	Iller inkl. Seitenarme	NNQ _{sys} _UIAG
Mrz bis Okt	2 x 0,7 m ³ /s	1,0 m ³ /s	11 m ³ /s	13,4 m³/s
Nov bis Feb	2 x 0,7 m ³ /s	1,0 m ³ /s	5 m ³ /s	7,4 m³/s

* Der EnBW Kanal unterhalb der Abzweigung des Gießens erhält in der Grenzsituation $Q = NNQ_{sys}$ einen Abfluss von 0,3 m³/s (s.a. Abflussschema in Abbildung 160).

7.2.4 Niedrigwassersituationen und Abflussverteilung

An den zwei Ausleitungswehren lassen sich drei Niedrigwassersituationen unterscheiden:

A) Niedrigwassersituation 1: $Q \geq NQ_{Sys}$

Q_{EnBW} (Wehr Mooshausen) $\geq 12,3 \text{ m}^3/\text{s}$

Q_{UIAG} (Filzinger Wehr) $\geq 15,6 \text{ m}^3/\text{s}$

Eingehalten werden können (Abbildung 159):

- der Mindestabfluss $11 \text{ m}^3/\text{s}$ im Mutterbett, davon abschnittsweise $2 \text{ m}^3/\text{s}$ in den Seitenarmen
- die technisch erforderlichen Abflüsse in den großen Kanälen
- die in Bescheiden zugewiesenen Abflüsse im Gießen sowie Altenstädter und Kaulakanal

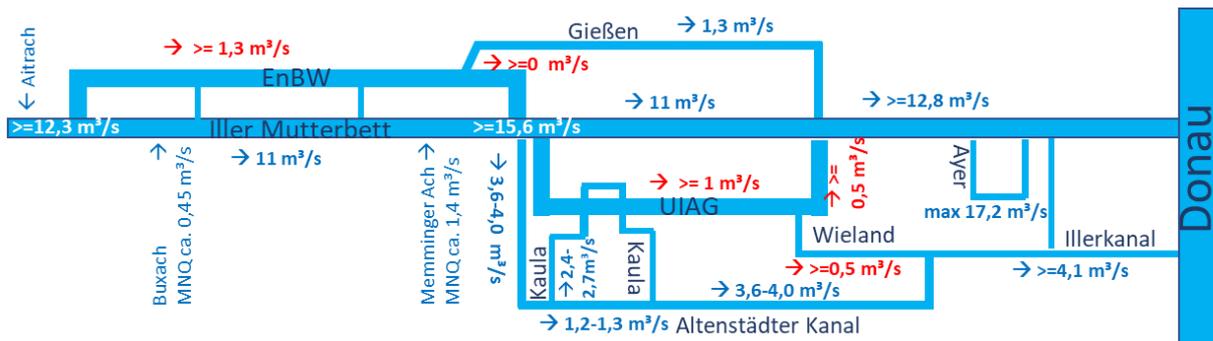


Abbildung 159 Systemplan der Unteren Iller mit Sommerabfluss $11 \text{ m}^3/\text{s}$, davon abschnittsweise $2 \text{ m}^3/\text{s}$ in den Seitenarmen, Niedrigwassersituation 1 ($Q \geq NQ_{Sys}$)

B) Niedrigwassersituation 2: $NNQ_{Sys} < Q < NQ_{Sys}$

Q_{EnBW} (Wehr Mooshausen) = $12,0 - 12,3 \text{ m}^3/\text{s}$

Q_{UIAG} (Filzinger Wehr) = $13,4 - 15,6 \text{ m}^3/\text{s}$

Eingehalten werden können (Abbildung 160):

- der Mindestabfluss $11 \text{ m}^3/\text{s}$ im Mutterbett, davon abschnittsweise $2 \text{ m}^3/\text{s}$ in den Seitenarmen
- die technisch erforderlichen Abflüsse in den großen Kanälen
- die ökologisch begründeten Abflüsse im Gießen (sowie Altenstädter- und Kaulakanal)

Nicht mehr eingehalten werden können:

- die in Bescheiden zugewiesenen Abflüsse im Gießen sowie in Altenstädter- und Kaulakanal
 → Reduktion auf $0,7 \text{ m}^3/\text{s}$ im Gießen
 → Reduktion in Summe auf $1,4 \text{ m}^3/\text{s}$ in Altenstädter- und Kaulakanal

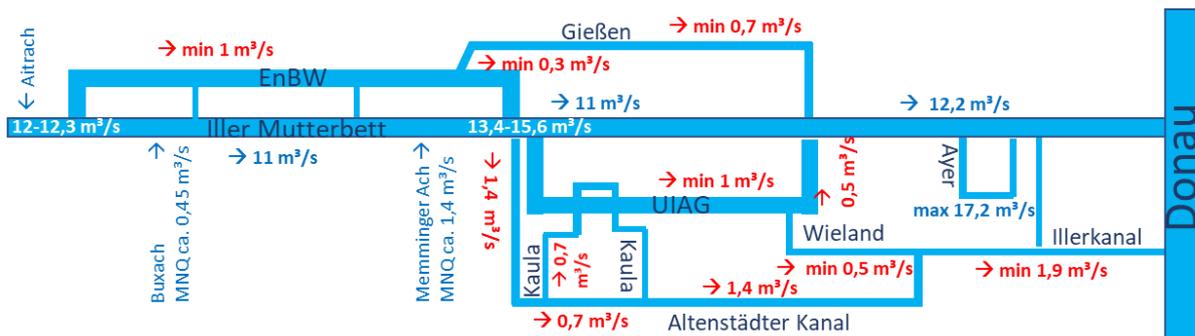


Abbildung 160 Systemplan der Unteren Iller mit Sommerabfluss $11 \text{ m}^3/\text{s}$ im Iller Mutterbett, davon abschnittsweise $2 \text{ m}^3/\text{s}$ in den Seitenarmen, Niedrigwassersituation 2 ($NNQ_{Sys} < Q < NQ_{Sys}$)

C) Niedrigwassersituation 3: $Q < NNQ_{\text{Sys}}$

Q_{EnBW} (Wehr Mooshausen) $< 12,0 \text{ m}^3/\text{s}$

Q_{UIAG} (Filzinger Wehr) $< 13,4 \text{ m}^3/\text{s}$

Eingehalten werden können (Abbildung 161):

- die technisch erforderlichen Abflüsse in den großen Kanälen

Nicht mehr eingehalten werden können (in der aufgelisteten Reihenfolge zu reduzieren):

- die Abflüsse ökologisch begründeten Abflüsse im Gießen sowie Altenstädter- und Kaulakanal
→ Reduktion auf $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ im Gießen
→ Reduktion in Summe auf $1,0 \text{ m}^3/\text{s}$ in Altenstädter und Kaulakanal
- der Mindestabfluss in den Seitenarmen → Reduktion auf $1 \text{ m}^3/\text{s}$ zugunsten des Iller-Mutterbetts
- der Mindestabfluss im Iller-Mutterbett → Reduktion auf verbleibende Wassermenge

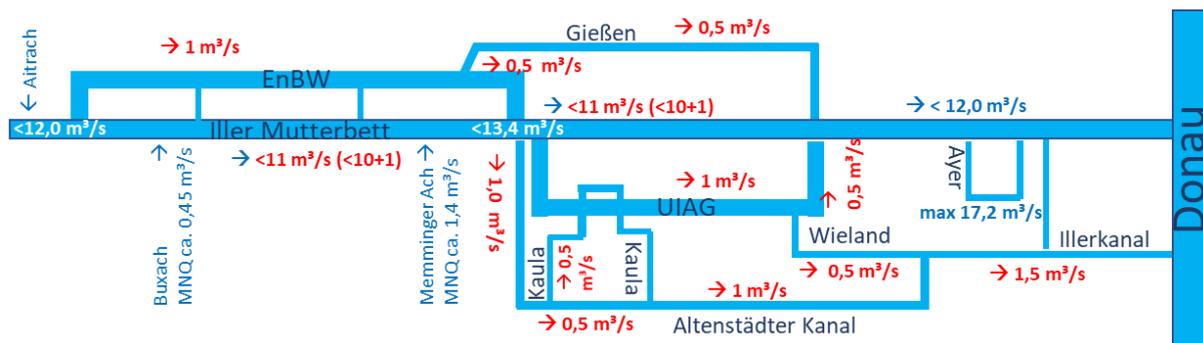


Abbildung 161 Systemplan der Unteren Iller mit Sommerabfluss $< 11 \text{ m}^3/\text{s}$ im Iller Mutterbett, davon abschnittsweise $1 \text{ m}^3/\text{s}$ in den Seitenarmen, Niedrigwassersituation 3 ($Q < NNQ_{\text{Sys}}$)

7.2.5 Abschätzung der Häufigkeit von NW-Situationen mit Regelungsbedarf

Die Häufigkeit der benannten Niedrigwassersituationen kann auf Basis der Pegeldaten Kempten abgeschätzt werden. In Kap 4.3 wurde das Abflussverhältnis zwischen dem Wehr Mooshausen und dem Pegel Kempten in Niedrigwasserphasen, abgeleitet aus den Abflussdaten des trockenen Jahres 2018, mit einem Wert von ca. 1,2 angenommen.

Die dem Systemrelevanten Niedrigwasser NQ_{Sys} entsprechenden Abflusswerte am Pegel Kempten listet Tabelle 27

Tabelle 27 Systemrelevantes Niedrigwasser NQ_{Sys} an der EnBW Entnahme (Wehr Mooshausen) und UIAG Entnahme (Filzinger Wehr) und zugeordnete Abflüsse am Pegel Kempten (Schätzung)

	$Q_{Kempten}$	NQ_{Sys_EnBW} (Faktor 1,2)				
Mrz bis Okt	10,3 m ³ /s	12,3 m ³ /s				
Nov bis Feb	5,3 m ³ /s	6,3 m ³ /s				

	$Q_{Kempten}$	$Q_{Mooshausen}$ (Faktor 1,2)	Dotation Gießen	Buxach + Memminger Ach MNQ	GW Zutritte (Schätzung)	NQ_{Sys_UIAG}
Mrz bis Okt	11,9 m ³ /s	14,3 m ³ /s	-0,7 m ³ /s	ca. 1,8 m ³ /s	0,2 m ³ /s	15,6 m ³ /s
Nov bis Feb	6,9 m ³ /s	8,3 m ³ /s	-0,7 m ³ /s	ca. 1,8 m ³ /s	0,2 m ³ /s	9,6 m ³ /s

Die dem Systemrelevanten Extremniedrigwasser NNQ_{Sys} entsprechenden Abflusswerte am Pegel Kempten listet Tabelle 28

Tabelle 28 Systemrelevantes Extremniedrigwasser NNQ_{Sys} an der EnBW Entnahme (Wehr Mooshausen) und UIAG Entnahme (Filzinger Wehr) und zugeordnete Abflüsse am Pegel Kempten (Schätzung)

	$Q_{Kempten}$	NNQ_{Sys_EnBW} (Faktor 1,2)				
Mrz bis Okt	10,0 m ³ /s	12,0 m ³ /s				
Nov bis Feb	5,0 m ³ /s	6,0 m ³ /s				

	$Q_{Kempten}$	$Q_{Mooshausen}$ (Faktor 1,2)	Dotation Gießen	Buxach + Memminger Ach MNQ	GW Zutritte (Schätzung)	NNQ_{Sys_UIAG}
Mrz bis Okt	9,9 m ³ /s	11,9 m ³ /s	-0,5 m ³ /s	ca. 1,8 m ³ /s	0,2 m ³ /s	13,4 m ³ /s
Nov bis Feb	4,9 m ³ /s	5,9 m ³ /s	-0,5 m ³ /s	ca. 1,8 m ³ /s	0,2 m ³ /s	7,4 m ³ /s

Auftretenshäufigkeit systemrelevantes Niedrigwasser NQ_{Sys}

Um abzuschätzen, wie oft der NQ_{Sys} auftritt und damit ein Regelungsbedarf an den kleinen Kanälen eintritt, wurden die Dauerlinien am Pegel Kempten betrachtet. Relevant ist die Phase von März bis Oktober mit einer Mindestwasserempfehlung von 11 m³/s.

Die Dauerlinien für die Periode März bis Oktober für die Jahre 2000 bis 2019 sind in Abbildung 162 dargestellt. Die Auswertung ergibt die in Tabelle 29 gegebenen Unterschreitungsdauern in Tagen und Anzahl an Jahren, in denen der NQ_{Sys} erreicht oder unterschritten worden ist.

Tabelle 29 Dem systemrelevanten Niedrigwasser NQ_{Sys} entsprechende Abflüsse am Pegel Kempten, Unterschreitungsdauern in Tagen und Anzahl der Jahre mit Unterschreitungen für den Zeitraum 2000 bis 2019

	$Q_{Kempten}$	NQ_{Sys}	Unterschreitungsdauer gesamt 2000-2019 [d]	Anzahl der Jahre im Zeitraum 2000 bis 2019 mit Unterschreitung
Mrz bis Okt	10,3 m ³ /s	13,4 m ³ /s EnBW	17	2 (2003 und 2018)
Mrz bis Okt	11,9 m ³ /s	15,9 m ³ /s UIAG	60	6

Auftretenshäufigkeit systemrelevantes Extremniedrigwasser NNQ_{Sys}

Um abzuschätzen, wie oft der NNQ_{Sys} auftritt und damit ein Regelungsbedarf an den kleinen Kanälen und den Seitenarmen eintritt, wurden die Dauerlinien am Pegel Kempton betrachtet. Relevant ist die Phase von März bis Oktober mit einer Mindestwasserempfehlung von $11 \text{ m}^3/\text{s}$.

Die Dauerlinien für die Periode März bis Oktober für die Jahre 2000 bis 2019 sind in Abbildung 162 dargestellt. Die Auswertung ergibt die in Tabelle 30 gegebenen Unterschreitungsdauern in Tagen und Anzahl an Jahren, in denen der NNQ_{Sys} erreicht oder unterschritten worden ist.

Tabelle 30 Dem systemrelevanten Extremniedrigwasser NNQ_{Sys} entsprechende Abflüsse am Pegel Kempton, Unterschreitungsdauern in Tagen und Anzahl der Jahre mit Unterschreitungen für den Zeitraum 2000 bis 2019

	$Q_{Kempton}$	NNQ_{Sys}	Unterschreitungsdauer gesamt 2000-2019 [d]	Anzahl der Jahre im Zeitraum 2000 bis 2019 mit Unterschreitung
Mrz bis Okt	$10,0 \text{ m}^3/\text{s}$	$12,0 \text{ m}^3/\text{s}$ EnBW	16	2 (2003 und 2018)
Mrz bis Okt	$9,9 \text{ m}^3/\text{s}$	$13,4 \text{ m}^3/\text{s}$ UIAG	15	2 (2003 und 2018)

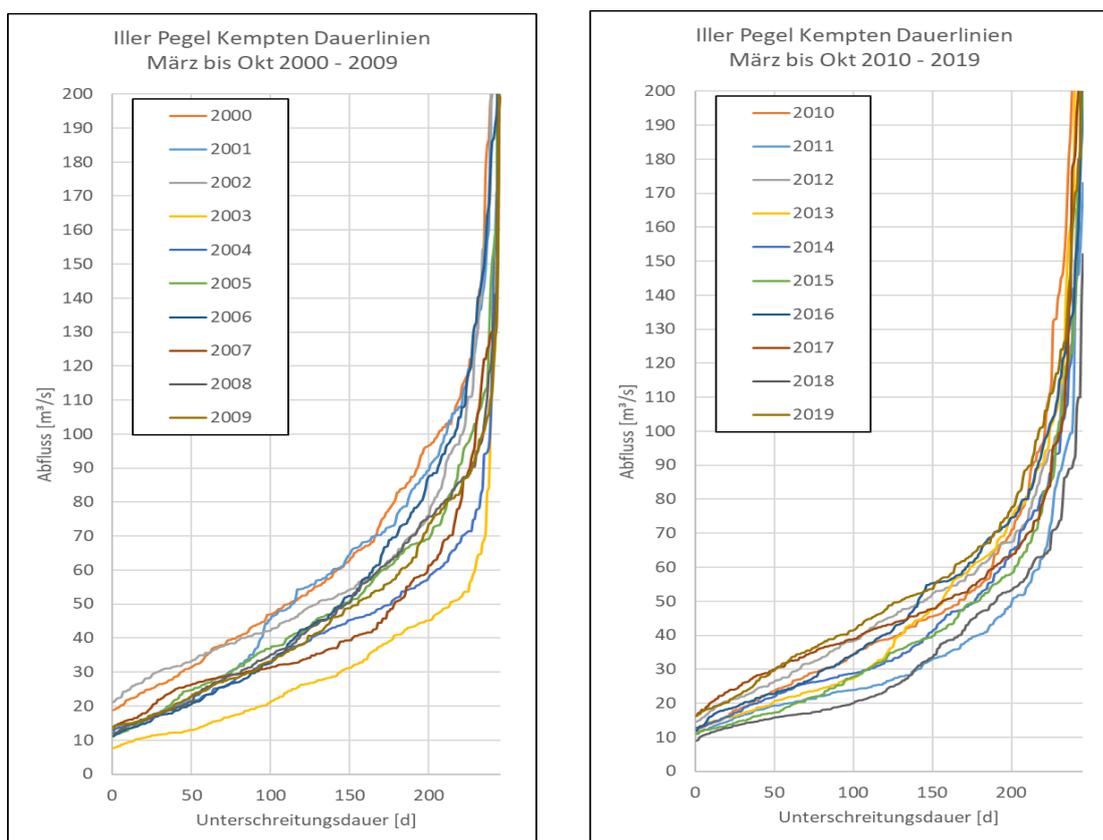


Abbildung 162 Dauerlinien am Pegel Kempton für die Jahre 2000 bis 2009 und 2010 bis 2019, Phase März bis Oktober

Es ist allerdings zu beachten, dass die Abflüsse am Pegel Kempton durch die Kraftwerke an der Oberen Iller beeinflusst und evtl. zeitweise reduziert sind, d.h. vermutlich ist die Auftretenshäufigkeit geringer. Es werden eingehendere hydrologische Untersuchungen empfohlen.

7.2.6 Einfluss des Rottachspeichers und der Kraftwerke flussaufwärts

Der Pegel Kempten selbst und die weiter unterhalb folgenden Gewässerabschnitte der Iller sind durch Wasserkraftnutzung beeinflusst. Die insgesamt 5 Kraftwerke der BEW unterhalb Kemptens, sowie das Kraftwerk Aitrach der EnBW oberhalb von Mooshausen fahren zwar keinen ausgeprägten Schwallbetrieb, doch durch die automatische Steuerung des Turbinendurchflusses, die über den Wasserstand im Oberwasser geregelt wird, wird der Abfluss in der Iller verändert. Außerdem treten Abflussschwankungen in der Iller auf durch das Bestreben den mit dem Abfluss veränderlichen Wirkungsgrad der Anlagen bestmöglich auszunutzen.

Der Rottachspeicher, der ca. 10 km oberhalb von Kempten an die Iller angebunden ist, dient zwar primär der Niedrigwasseraufhöhung der Donau und erst sekundär der ökologischen Illerniedrigwasseraufhöhung. Bei Niedrigwasser der Iller kann also nicht zwingend von einer Einspeisung ausgegangen werden. Um den Illerabfluss zu erhöhen, wurde jedoch in der Vergangenheit in Niedrigwasserphasen Wasser aus dem Rottachspeicher abgegeben. Dies war auch im August 2018 der Fall. Durch die Zugabe wurde allerdings keine spürbare Abflusserhöhung am Wehr Mooshausen (EnBW Entnahme) erzielt, da die dazwischenliegenden Stauhaltungen diese Erhöhung nicht ins jeweilige Unterwasser weitergaben.

Durch eine in Niedrigwassersituationen angepasste Steuerung der genannten Kraftwerke könnte

- a) eine Vergleichmäßigung des Iller-Abflusses erreicht,
- b) die Abflusserhöhungen aus dem Rottachtalspeicher weitergegeben und
- c) kritische Niedrigwassersituationen im EnBW-UIAG Kanalsystem entschärft werden.

Hierfür werden entsprechende vertragliche Regelungen empfohlen.

7.3 Hinweise zum Sedimentmanagement

Morphologisch ist im Gesamtsystem Iller ein Geschiebedefizit gegeben (siehe Kap. 4.5.4). Vor allem fehlen neben dem Volumen die für die Sohlstabilität erforderlichen gröbereren Kornfraktionen (> 25-35 mm).

Wie in Kap. 4.5.4 dargelegt fehlen für eine Stabilisierung der Sohle rd. 500 – 1000 m³ /a und Fkm. Durch flankierende Maßnahmen wie beispielsweise Förderung von Seitenerosion, Förderung des Eintrags aus dem EZG, Verbesserung der Geschiebedurchgängigkeit, etc. kann diese künstliche Zugabe reduziert werden. Ohne ein entsprechendes Sedimentmanagement sind die gesteckten Ziele (guter ökologischer Zustand (GÖZ) bzw. zumindest ein gutes ökologisches Potential) aus morphologischer Sicht nicht erreichbar. Die (bezogen auf den Jahresgang) langfristigen Verteilungsprozesse im mittleren bis höheren Abflussbereich fehlen im stark wasserkräftebeeinflussten Abschnitt oberhalb von Fkm 17,600. Für die Verteilung des Materials ist hier die stark beeinflusste Hydrologie ein limitierender Faktor. Daher muss speziell hier ein Teil der, im unbeeinflussten Fall vom Gewässer selbst übernommen, Verteilung künstlich vorweggenommen werden, um die Zielerreichung zu ermöglichen.

Für die Maßnahmen zur Deckung des Kiesbedarfs ist die Zusammensetzung des Materials entscheidend. So führen die Aufweitungsmaßnahmen (Vöhringen etwa Fkm 13,600 bis 14,600) zu einer zeitl. begrenzten Entspannung der Sohl-situation. Die Zusammensetzung des Materials aus der Seitenerosion wird als zu fein beurteilt (Material aus ursprünglich verzweigtem Gewässersystem Iller) – Beimischungen (Depots) gröbereren Materials (> 25-35 mm) wären für eine längerfristige Sohlstabilisierung zu empfehlen. Auch zeigt sich hier eine eher monotone Sohlausformung (geringe Breiten- und Tiefenvarianzen im Sohlbereich), was sowohl das Erfordernis der vorgeschlagenen Maßnahmen (Referenzmaßnahmen M33 Absenkung und M46 Aufweitung) bestätigt als auch auf das fehlende Feststoffmaterial hinweist. Unterhalb von Fkm 17,600 ist die Hydrologie deutlich geringer von der Wasserkraftnutzung beeinflusst, wodurch das Thema Verteilung hier in geringerem Maß von Bedeutung ist.

Der Abschnitt UIAG Kanal und EnBW Kanal ist anders zu bewerten als der Abschnitt darunter (unterhalb Fkm 17,700). Oberhalb von Fkm 17,700 entspricht die Hydrologie der in Abbildung 24 (Dauerlinien) dargestellten Veränderung durch die Energienutzung (Dynamik auf HW Ereignisse fokussiert). Die Verteilung auf die Abschnitte zwischen den Rampen ist hier wichtiger.

Hier sind deutlichere Eintiefungen vorhanden, gestützt bzw. unterteilt durch Querwerke. In diesen Bereichen wäre zunächst ein „Auffüllen“ der Sohle zu empfehlen (siehe Abbildung 25), wodurch lokal anfänglich auch größere Geschiebemengen eingetragen werden können. Diese Situationen sind v.a. auch in Hinblick auf Schwellenabsenkungen zu berücksichtigen. Um die Längsneigung zu erhöhen bzw. zu erhalten, wäre als Zone für Maßnahmen zur Deckung des Kiesbedarfs jeweils der Bereich unterhalb eines Querbauwerks vorzusehen. Mögliche Auswirkungen auf die Hochwassersituation sind zu berücksichtigen. Andernfalls wäre bei Schwellenabsenkungen (ohne zusätzliche Geschiebezugabe und vorherigem Sohlausgleich) ein „Nachfolgen“ der Flusssohle auf ein niedrigeres Sohl-niveau zu befürchten (langfristig wieder analog zum Istzustand aber mit niedrigerem Sohl- und GW-Zustand).

Langfristig ist die Bereitstellung von zusätzlichem Geschiebematerial (aus dem Oberwasser oder über künstlichen Eintrag (Geschiebewirtschaftung)) erforderlich, um die Sohlstabilität zu gewährleisten. Dies ist abschnittsweise genauer zu analysieren.

Unterhalb von Fkm 17,700 entspricht der Abfluss wieder annähernd dem natürlichen Zustand. Hier kann die Verteilung in größeren Abständen (problemorientiert - jeweils oberhalb bzw. am Beginn eines bekannten Problembereichs (Eintiefung)) erfolgen - z. Bsp. direkt unterhalb der Aufweitung Vöhringen durch Zugabe gröbereren Materials als Ergänzung zum feineren Material aus der Seitenerosion.

Der Wert von 500 – 1000 m³/Fkm und Jahr (Basiswert) entspricht grob vereinfacht einer zum Istzustand um 1-2 cm höheren Sohl-lage pro Jahr (Kap. 4.5.4). Entscheidend hierbei ist die Kornzu-

sammensetzung (> 25–35 mm), um den Austrag möglichst gering zu halten. Dieser Wert kann dann im Zuge einer Geschiebe- bzw. Feststoffbewirtschaftung über die längerfristige Beobachtung (Ergebnisse) entsprechend angepasst werden (Mengen/Zusammensetzung).

Ökologisch gesehen ist der Einbau und Erhalt von geeigneten wasserbaulichen Strukturen notwendig, um eine geometrische Variabilität zu erreichen. Wasserbauliche Strukturen erzeugen räumlich fixierte Zonen unterschiedlicher Strömungszustände. Aufgrund fehlender Eigendynamik (massiv eingeschränkte Hydrologie, die morphodynamische Entwicklung wird überwiegend durch Extremereignisse bestimmt) ist dies zur Erreichung der Planungsziele erforderlich.

Aus morphologischer Sicht ist das Konzept Seitenarm besser geeignet eigendynamisch Iller-typische Verhältnisse auszubilden. Bei dieser Maßnahme kann eine eigendynamische Entwicklung erreicht werden. Diese entspricht vereinfacht der ursprünglichen furkierenden Iller, da der Nebenarm als Teil des ursprünglich furkierenden Systems gesehen werden kann.

7.4 Hinweise zur Umsetzung von Maßnahmen

Die im vorliegenden Gutachten vorgestellten Planungskonzepte stellen Beispiele dar, welche die Maßnahmentypen

- **Absenkung** (in Verbindung mit strömungsverbessernden Maßnahmen),
- **Aufweitung** (in Verbindung mit der Initiierung von eigendynamischen Prozessen) und
- die Schaffung von **Seitenarmen**

anhand von jeweils einer Referenzmaßnahme behandeln.

Diese Referenzmaßnahmen wurden ausgewählt, weil deren Planungselemente und ökologische Wirkung als „grundsätzlich übertragbar“ angesehen werden.

Einschränkend sind bei der Übertragung auf andere Standorte standortspezifische Randbedingungen, die im Rahmen der einzelnen Maßnahmen des Arbeitsprogramms individuell überprüft werden müssen. Dazu zählen insbesondere:

- Geometrische Randbedingungen
 - Gefälle
 - Linienführung
 - Gewässerbreite
- Kieszugabestellen in sinnvoller Anordnung
- Abflussverhältnisse
- Flächenverfügbarkeit, insbesondere bei Aufweitungen und Seitenarmen
- Konflikte mit
 - anderen Schutzgütern, wie Naturschutz, Bodenschutz, Grundwasser
 - Infrastruktur
 - Nutzungen

Die Wirkung dieser Randbedingungen wurde bei der Übertragung der Habitatergebnisse abgeschätzt. Die Planungen der Referenzmaßnahmen wurden derart entwickelt, dass eine weitgehende Übertragung auf andere Standorte möglich ist. Dennoch sind im Einzelfall die genannten Randbedingungen zu prüfen und für die Planungskonzepte ggf. geeignete Anpassungen vorzunehmen.

7.5 Hinweise zu zusätzlichen Maßnahmen

Zur Behebung der ökologischen Defizite, die gemäß den Modellergebnissen auch nach Umsetzung der geplanten Maßnahmen bestehen bleiben, sind drei Typen von zusätzlichen Maßnahmen zu empfehlen:

- 1. Grundsätzliche, weiträumige Maßnahmen** die sowohl den Oberlauf als auch ein weites Umland einbeziehen und ohne die keine wesentlichen nachhaltigen ökologischen Verbesserungen zu erwarten ist
 - 1.1 Verbesserung der hydromorphologischen Bedingungen – Ableitung der Hochwasser
Flussraum Erweiterung
 - breite Überschwemmungsräume zur schadfreien Ableitung von Hochwasser
 - Anbindung von Auebereichen zum Rückhalt von HochwasserDynamisierung der Linienführung
 - Differenzierung von Strömungs- und Flussbettstrukturen
 - 1.2 Geschiebemanagement
Geschiebenachführung von oberstrom oder regelmäßige umfangreiche lokale Maßnahmen zur Deckung des Kiesbedarfs unter Berücksichtigung von
 - Geschiebezusammensetzung (Strukturmaterial + Feinmaterial)
 - Zugabeorte und -termine
 - Geschiebevolumen
- 2. Lokale Maßnahmen**, welche die geplanten Maßnahmen ergänzen und den ökologischen Zustand eines FWK aufwerten bzw. zu einer besseren ökologischen Bewertung des FWK führen können
 - 2.1 direkte Förderung defizitärer Strukturen
Flussbettmorphologie mit Flachufern,
Flussbettmorphologie mit Strömungsdifferenzierung durch Instream-Maßnahmen
 - 2.2 Ergänzung defizitärer Strukturen
Erstellung von hochwassersicheren, strukturreichen Seitenarmen
- 3. Weitere Maßnahmen**, welche die positiven Auswirkungen der hydromorphologischen Maßnahmen auf die biologischen Qualitätskomponenten absichern und fördern können.
 - 3.1 Anpassung des Abflusses an das natürliche Abflussgeschehen durch Abgabe höherer Zuflussanteile, welche spürbare Auswirkungen auf die benetzten Flächen haben
 - 3.2 lokales Abdämpfen von Anstieg- und Abklingkurven der Hochwasser
 - 3.3 Bewuchs und Dynamisierung der Uferbereiche

7.6 Hinweise zu einem Monitoring

Ein Monitoring zur Überprüfung der Wirkung der Maßnahmen ist im vorliegenden Fall zum einen für die biologischen Komponenten zu empfehlen, da das Hauptziel der Maßnahmen eine Verbesserung der Besiedlung und der daraus resultierenden Verbesserung des Ökologischen Zustands nach WRRL ist. Zum anderen ist aber auch ein morphologisches Monitoring sinnvoll, da die Entwicklung der Morphologie in den Maßnahmenzonen sowohl für die biologischen Komponenten maßgebend ist, aber auch wichtige Hinweise für die Nachhaltigkeit und dynamische Entwicklung der Maßnahmen gibt.

Die Nachhaltigkeit und damit auf lange Zeiträume erhaltene Wirksamkeit der Maßnahmen wird erst dadurch erreicht, dass sich innerhalb der Maßnahmenzonen (und idealerweise auch außerhalb davon) dynamische Gewässerveränderungen ergeben. Wie zuvor mehrfach erwähnt sind z.B. die Umlagerung von Kiesbänken oder die Entwicklung von Steilufern wichtige morphologische Prozesse, welche die Entstehung und den Erhalt bestimmter Habitate überhaupt erst ermöglichen.

Biologisches Entwicklungsmonitoring zur Beschreibung der Wirkung der Maßnahmen auf die Biozönosen

Ziel eines solchen Monitorings ist das Erfassen der Auswirkungen der einzelnen Maßnahmen auf die Biozönosen – weniger die Ermittlung eines Zustands oder gar nur des Potenzials des gesamten FWK.

Ökologisch wesentlich aussagekräftiger - vor allem im Hinblick auf den Erfolg einzelner Maßnahmen und im Hinblick auf deren weitere Anwendung oder Modifikation - ist die Beobachtung der Besiedlung der Maßnahmenareale und ihrer direkten Einflusszone. Hier sind, neben den morphologischen Veränderungen, die deutlichsten Auswirkungen an der Besiedlung zu erwarten. Dabei empfiehlt sich eine umfangreiche, differenzierte Beobachtung mehrerer Strukturelemente. Eine Aufnahme der Besiedlung des gesamten Maßnahmenbereichs kann wenig Aufschluss über eventuell erforderliche Modifikationen der Maßnahmengestaltung geben, ist jedoch als ergänzender Schritt, zum Abschätzen der Auswirkungen einer Maßnahme auf den FWK wünschenswert.

Schwierig wird die biozönotische Beurteilung einer völlig neuen Struktur (z.B. Seitenarm) gegenüber einer indifferenten Ausgangssituation im Mutterbett. Wesentlich ist hier über lange Phasen nicht der Grad der Erreichung eines (schwer festzulegenden) Zielzustandes, sondern die Richtung der Entwicklung. Hierbei können auch neue Entwicklungsziele erarbeitet werden, sollte sich ergeben, dass das ursprüngliche Ziel unter den gegebenen Randbedingungen nicht erreichbar ist.

Morphologisches Monitoring

Die oben genannten morphologischen Änderungen könnten durch regelmäßige Vermessungen von Gewässerzonen dokumentiert und analysiert werden. Dabei bedeutet der Einsatz neuer Drohnentechniken eine deutliche Verringerung des Zeitaufwands.

Orthofotos in Kombination mit GIS Integration und digitaler Kartierung liefern Informationen zu den Flächenanteilen von Habitaten in und am Gewässer.

Die Structure from Motion Methode (SfM), die auch für die Vermessung der Detailstrecken im gegenständlichen Projekt eingesetzt wurde, ermöglicht weitergehend die Erstellung von Digitalen Geländemodellen (DGM). Bei geringer Wassertrübung können auch Unterwasserbereiche bis zu Tiefen von 1,5 erfasst werden, Flachwasserzonen auch bei mittlerer Trübung. Die regelmäßig erstellten DGMs liefern Informationen zur Veränderung der Flusstopographie und können z.B. für die Dimensionierung von Maßnahmen zur Deckung des Kiesbedarfs, die Notwendigkeit von Unterhalts- oder Sicherungsmaßnahmen und für die optimierte Umsetzung von anderen Maßnahmen am Gewässer verwendet werden.

7.7 Fazit: Empfehlungen

Ökologisch begründeter Abfluss (Kap. 7.1)

Die Abflussempfehlungen beruhen auf den durchgeführten Habitatsimulationen für den Planzustand nach Umsetzung der Maßnahmen aus dem Arbeitsprogramm „Agile Iller“ und deren Auswertung unter Einbeziehung saisonaler Aspekte und räumlicher Vernetzung. Es wird dabei angenommen, dass sich die Umsetzung der Maßnahmen eng an den untersuchten Referenzmaßnahmen orientiert.

Im **Mutterbett der Iller** sollten nach vollständiger Umsetzung der Maßnahmen zur Sicherung der wenigen dort vorhandenen guten Laichhabitate im Mutterbett und der vorhandenen Adulthabitate die folgenden Abflüsse nicht unterschritten werden:

FWK 1_F009_BW, „Sommer“: $Q_{\min} = 11 \text{ m}^3/\text{s}$ (inkl. $2 \text{ m}^3/\text{s}$ Seitenarme)

FWK 1_F010, „Sommer“: $Q_{\min} = 11 \text{ m}^3/\text{s}$

Der relevante Zeitraum erstreckt sich von **1. März bis 31. Oktober** (Laichzeit der Frühjahrslaicher, Aktiv- und Wachstumsphase typischer rheophiler Flussfische bis Rückzug in die Winterhabitate).

Im **Winter** (1. November bis 29. Februar) sind die Ansprüche an die Habitate verändert (Wintereinstände, geringere Aktivität). Die Anforderungen an die Habitate im Mutterbett können von November bis Februar ab $3 \text{ m}^3/\text{s}$ im Mutterbett erfüllt werden (s.a. Kap. 6.7.3 und 6.7.4). Unter $3 \text{ m}^3/\text{s}$ ist neben der Habitatverfügbarkeit die Durchgängigkeit, besonders in den zahlreichen Stauwurzelbereichen, nicht gewährleistet. Dabei ist darauf zu achten, dass die $3 \text{ m}^3/\text{s}$ im Mutterbett auch in Abschnitten mit Seitenarmen vorhanden sind. Somit muss im FWK 1_009_BW im Mutterbett außerhalb von Seitenarmabschnitten, der Mindestabfluss von $3 \text{ m}^3/\text{s}$ und zusätzlich der erforderliche Abfluss für die Seitenarme von $2 \text{ m}^3/\text{s}$, im Sommer also $5 \text{ m}^3/\text{s}$, geführt werden.

FWK 1_F009_BW, „Winter“: $Q_{\min} = 5 \text{ m}^3/\text{s}$ (inkl. $2 \text{ m}^3/\text{s}$ Seitenarme)

FWK 1_F010, „Winter“: $Q_{\min} = 3 \text{ m}^3/\text{s}$

In den **Seitenarmen** kommt den Habitattypen, die im Mutterbett kaum auftreten, besonders hohe Bedeutung zu. Die Seitenarme müssen u.a. aufgrund ihrer Funktion als Ersatzlebensraum und einer geforderten morphologischen Basisdynamik die empfohlenen Mindestbreiten von ca. 8 m aufweisen. Sie benötigen für Durchgängigkeit und Habitatfunktionen **ganzjährig** einen $Q_{\min} = 2 \text{ m}^3/\text{s}$.

In extremen Niedrigwassersituationen kann zeitweilig die Durchgängigkeit der Seitenarme aufgegeben werden. Damit kann der Abfluss in diesen Extremphasen auf $Q_{\min_extr} = 1 \text{ m}^3/\text{s}$ reduziert werden.

In den **großen Kanälen** kann der Abfluss ohne gravierende ökologische Nachteile reduziert werden bis auf $Q_{\min} = 0 \text{ m}^3/\text{s}$. Als **technisch erforderlicher Mindestabfluss** wird ein Wert von $Q_{\min} = 1 \text{ m}^3/\text{s}$ angenommen der evtl. aufgrund einer nachgewiesenen technischen Notwendigkeit anzupassen wäre.

In den **kleinen Kanälen** (Altenstädter, Kaula, Gießen) sollte zum Schutz der lokal vorhandenen Habitate ein Durchfluss von $Q_{\min} = 0,7 \text{ m}^3/\text{s}$ nicht unterschritten werden. In extremen Niedrigwassersituationen wird eine **kurzfristige Reduktion auf $Q_{\min_extr} = 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$** als tolerierbar angesehen.

Abflusssdynamik

Ein "dynamisierter" Abfluss auf dem Niveau der Mindestwasserabflüsse ist als ökologisch wenig wirksam einzustufen. Eine ökologisch wirksame Dynamik müsste zumindest zu einer veränderten Sedimentdynamik, Umlagerungen und Feinsedimentauswaschungen führen. Solche Abflüsse müssten ein Vielfaches der Mindestwasserabflüsse betragen. Die Basisabflüsse einer solchen Dynamik dürfen keinesfalls die hier geforderten Mindestabflüsse unterschreiten.

Eine **Wehrsteuerung in Abhängigkeit von Hochwasseran- und -abstieg** wird jedoch empfohlen, um die derzeitigen schnellen Abflussänderungen, die weit höhere Änderungsraten aufweisen als natürliche Hochwässer, zu reduzieren.

Mindestwasserabgaben in die Iller

Aus den oben genannten ökologisch begründeten Abflüssen ergeben sich die folgenden empfohlenen Mindestwasserabgaben an den Entnahmen der EnBW und der UIAG:

	März bis Oktober	November bis Februar
EnBW (Wehr Mooshausen)	11 m ³ /s	5 m ³ /s
UIAG (Filzinger Wehr)	11 m ³ /s	5 m ³ /s

Bis zur vollständigen Umsetzung der geplanten Maßnahmen wird empfohlen, die Mindestwasserabgabe auf 18 m³/s (Wehr Mooshausen und Filzinger Wehr) zu erhöhen. Die Abgaben können mit fortschreitender Umsetzung der Maßnahmen sukzessive verringert werden auf die in der Tabellen genannten Werte.

Abflussregelungen (Kap. 7.2)

Für die Abflussregelungen wird zwischen zwei Abflusswerten unterschieden, bei denen Regelungsbedarf für die kleinen Kanäle bzw. für die kleinen Kanäle und die Seitenarme eintritt (Kap. 7.2.3). Diese sind:

NQ_{sys} = Systemrelevantes-Niedrigwasser und

NNQ_{sys} = Systemrelevantes-Extremniedrigwasser.

Diese betragen mit den oben empfohlene Abflusswerten und getroffenen Annahmen an den beiden Entnahmestellen der großen Kanäle der EnBW und UIAG:

$$\mathbf{NQ_{sys_EnBW} (Wehr Mooshausen) = 13,3 \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$\mathbf{NQ_{sys_UIAG} (Filzinger Wehr) = 15,6 \text{ m}^3/\text{s}}$$

bzw.

$$\mathbf{NNQ_{sys_EnBW} (Wehr Mooshausen) = 12,0 \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$\mathbf{NNQ_{sys_UIAG} (Filzinger Wehr) = 13,4 \text{ m}^3/\text{s}}$$

Daraus abgeleitet ergeben sich drei Niedrigwassersituationen, je nach Über- oder Unterschreitung der genannten Abflusswerte.

Für die detaillierten **Abflussregelungen** wird auf das entsprechende Kapitel 7.2.4 verwiesen, da die einzelnen Regelungen am besten über die dort enthaltenen Schemadiagramme zu erfassen sind.

Häufigkeit des Regelungsbedarfs

Eine Auswertung der Pegeldaten Kempton für die 20 Jahre zwischen 2000 bis 2019 ergibt für diesen Zeitraum

a) die folgenden Häufigkeiten für die **Unterschreitung des NQ_{sys}**, also die Situation mit Abflussregelungsbedarf für die kleinen Kanäle:

- NQ_{sys} an der Ausleitung **Wehr Mooshausen** (EnBW) wurde zwischen 2000 und 2019 an insgesamt **17 Tagen** unterschritten. Die Unterschreitungen traten in **2 Jahren** (2003 und 2018) auf.
- NNQ_{sys} an der Ausleitung **Filzinger Wehr** (UIAG) wurde zwischen 2000 und 2019 an insgesamt **60 Tagen** unterschritten. Die Unterschreitungen traten in **6 Jahren** auf.

und

b) die folgenden Häufigkeiten für die **Überschreitung des NNQ_{Sys}** , also die Situation mit Abflussregelungsbedarf für die kleinen Kanäle und die Seitenarme:

- NNQ_{Sys} an der Ausleitung **Wehr Mooshausen** (EnBW) wurde zwischen 2000 und 2019 an insgesamt **16 Tagen** überschritten. Die Überschreitungen traten in **2 Jahren** (2003 und 2018) auf.
- NNQ_{Sys} an der Ausleitung **Filzinger Wehr** (UIAG) wurde zwischen 2000 und 2019 an insgesamt **15 Tagen** überschritten. Die Überschreitungen traten in **2 Jahren** (2003 und 2018) auf.

Für die Hinweise zum **Sedimentmanagement** (Kap. 7.3), Hinweise zur **Umsetzung von Maßnahmen** (Kap. 7.4), Hinweise zu **zusätzlichen Maßnahmen** (Kap. 7.5) und Hinweise zum **Monitoring** (Kap. 7.6) wird auf die jeweiligen Kapitel verwiesen.

8 Verwendete Literatur

- Baars M., Born O. & Stein H. (2000): Charakterisierung der Äschenbestände in Bayern. Eine Untersuchung ausgewählter Populationen und ihrer Lebensräume. Bayerns Fischerei und Gewässer; Schriftenreihe des Landesfischereiverbandes Bayern e.V.; Heft 5; 116 S.
- Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (o. J.): Grundwasserlandschaften in Bayern.
https://www.wasserforscher.de/schueler/der_wasserkreislauf/untergrund/ (nicht mehr online)
- Bayerisches Landesamt für Umwelt (2015): Bewirtschaftungspläne (BWP) 2016 - 2021 für Bayer. Flussgebiete: Ökologischer Zustand der Fließgewässer: Fischfauna.
https://www.lfu.bayern.de/wasser/wrrl/bewirtschaftungsplaene_1621/karten/index.htm
- Bayerisches Landesamt für Umwelt LfU Ref. 82 (2015): Glossar Wasserrahmenrichtlinie.-
https://www.lfu.bayern.de/wasser/wrrl/informationmaterial/doc/glossar_wrrl.pdf
- Björnsen Beratende Ingenieure GmbH (2012): Sanierung und Umbau Illerschwelle Fl.km 43+400 in Raue Rampe – Anlage 9.1 Hydrogeologisches Modell.
- Björnsen Beratende Ingenieure GmbH (2020a): Agile Iller Maßnahme Nr. 53, Agile Iller Maßnahme Nr. 53, Illerentwicklung Fl.km 13+600 bis 9+242, Genehmigungsplanung - Teil 1, Hydrogeologisches Modell.
- Björnsen Beratende Ingenieure GmbH (2020b): Agile Iller Maßnahme Nr. 53, Illerentwicklung Fl.km 13+600 bis 9+242, Genehmigungsplanung, Teil 3: Einsatz Grundwassermodell.
- Björnsen Beratende Ingenieure GmbH (2020c): Agile Iller Maßnahme Nr. 23, Umbau Illerschwelle Fl.km 41+500, Hydrogeologisches Modell und Abstauversuch.
- Blake R.W., Chan K.H. (2010): Biomechanics of Rheotactic Behaviour in Fishes. 2. In: Paolo Domenici und B. G. Kapoor (Hg.): Fish locomotion. An eco-ethological perspective. Enfield, New Hampshire: Science Publishers, S. 40–61.
- Blasy & Øverland Beratende Ingenieure GmbH & Co. KG (2017): Gewässerentwicklungskonzept Gewässer I. Ordnung Untere Iller Fl.-km 0,0 bis 56,725.- im Auftrag des Wasserwirtschaftsamtes Donauwörth und des Regierungspräsidiums Tübingen, Bearbeiter: Dietmar Patalong & Christoph Meyr, 57 S. + Anlagen
- Born O. (2018, briefl. Mitt.): Referenzfischzönose Nr. 47 Iller
- Dahm V., B. Kupilas, P. Rolaufts, D. Hering, P. Haase, H. Kappes, M. Leps, A. Sundermann, S. Döbbelt-Grüne, C. Hartmann, U. Koenzen, C. Reuvers, U. Zellmer, C. Zins, F. Wagner (2014): Hydromorphologische Steckbriefe der deutschen Fließgewässertypen. Anhang 1 von „Strategien zur Optimierung von Fließgewässer-Renaturierungsmaßnahmen und ihrer Erfolgskontrolle“. Umweltbundesamt, Texte 43/2014, Dessau-Roßlau
- Dußling U., Gaye-Siessegger J., Blank S., Brinker A. (2020): Zuordnung der Fischgemeinschaften und resultierende Temperaturanforderungen gemäß Oberflächengewässerverordnung in Baden-Württemberg.- LAZBW-FFS
- Dußling, U. (2009): Handbuch zu fiBS. Schriftenreihe des Verbandes Deutscher Fischereiverwaltungsbeamter und Fischereiwissenschaftler e.V., Heft 15
- DWA (2014): Merkblatt DWA-M 509 Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke – Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung. - Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Hennef
- Fehr, R. (1987): Einfache Bestimmung der Korngrößenverteilung von Geschiebematerial mit Hilfe der Linienzahlanalyse. Erschienen in „Schweizer Ingenieur und Architekt“, Band 105 (1987), Heft 38
- Fichtner water & transportation GmbH (2020): Geotechnisches Gutachten (Entwurf) zum Umbau der Iller-Schwelle bei Fkm 34,680. Stuttgart

- Groll, M. (2011): Beziehungen zwischen der Gewässermorphologie und dem Makrozoobenthos an renaturierten Abschnitten der Lahn.- Michael Groll, Dissertation, Fachbereich Geographie der Philipps-Universität Marburg
- Hanfland S. (2002) Erfolgskontrolle von praxisüblichen Besatzmaßnahmen mit Äschen (*Thymallus thymallus*) in ausgewählten südbayerischen Fließgewässern.- Dissertation, TU München
- HGK E (1980): Erläuterungen zur Hydrogeologische Karte von Baden-Württemberg, Oberschwaben Erolzheimer Feld / Illertal.- Geologisches Landesamt Baden-Württemberg, 100 S., 47 Abb., 19 Tab., 1980
- Ingenieurbüro Gebler GmbH (2020): Geotechnischer Bericht zur Fischaufstiegsanlage am Wehr Unterbalzheim, Fkm 25+200 im Zuge der Herstellung der Durchgängigkeit an der Iller
- Kopecki, I., Schneider, M., Tuhtan, J. (2017): Depth-dependent hydraulic roughness and its impact on the assessment of hydropeaking, *The Science of the total Environment* 575 (2017), S.1597-1605
- Kraml, J; Sattler, S; Mader, H; Mayr, P (2013): Self Steering Dynamic Processes and Relocating Capacity of the River Schwechat. [35th IAHR World Congress, Chengdu, CHINA, SEP 8-13, 2013
- Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg LUBW Ref. 41 (2009): Glossar Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie in Baden-Württemberg.- LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/Zredaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/3_Umwelt/Schutz_natuerlicher_Lebensgrundlagen/Wasser/Rechtvorschriften/WRRL/Zyklus-1/BWP-1/Anhang/WRRL_Glossar_Juni_2009.pdf
- Leo, F.; Gruber, M.; Wieprecht, S. (2013): Morphologische Studie Untere Iller (Fkm 56,725- Mündung) – Phase 1. IWS - Institut für Wasser und Umweltsystemmodellierung, Universität Stuttgart Technischer Bericht TB01/2016
- LSGÖ (2020): Fischökologisch funktionsfähige Strukturen in Fließgewässern.- Landesstudie Gewässerökologie (LSGÖ), Handreichung im Auftrag der Geschäftsstelle Gewässerökologie des Regierungspräsidiums Tübingen, Wiesloch 2020, Bearbeitung: UnterArbeitsgruppe Fische (UAG Fische), Autoren: Becker A. & Ortlepp J.
- LUBW (2005): Mindestabflüsse in Ausleitungsstrecken. Grundlagen, Ermittlung und Beispiele.- Oberirdische Gewässer, Gewässerökologie 97, LUBW, Karlsruhe 2005, 182 Seiten, ISBN: 3-88251-297-0.
- Matzinger, M. (2017): Zustand, Schutz und Bewirtschaftung der Donaufischbestände in Baden-Württemberg - Fischereiforschungsstelle Baden-Württemberg, Langenargen, 76 S.
- Meier C., Haase P., Rolaufts P., Schindehütte K., Schöll F., Sundermann A., Hering D. (2006): Methodisches Handbuch Fließgewässerbewertung. Handbuch zur Untersuchung und Bewertung von Fließgewässern auf der Basis des Makrozoobenthos vor dem Hintergrund der EG-Wasserrahmenrichtlinie. - Stand Mai 2006 - <http://www.fliessgewaesserbewertung.de>
- Noack, M., Schneider, M., Wieprecht, S. (2013): The Habitat Modelling System CASiMiR: A Multivariate Fuzzy-Approach and its Applications. In: *Ecohydraulics: An integrated approach*. John Wiley & Sons, 8/2013.
- Pavlov D.S. (1989): Structures assisting the migrations of non-salmonid fish: USSR. FAO, Rome, 97 S.
- Pottgiesser T. (2018): Die deutsche Fließgewässertypologie – Zweite Überarbeitung der Steckbriefe der Fließgewässertypen. - FE-Vorhaben des Umweltbundesamtes „Gewässertypenatlas mit Steckbriefen“ (FKZ 3714 24221 0) (Stand Dezember 2018). http://www.gewaesser-bewertung.de/files/steckbriefe_fliessgewaessertypen_dez2018.pdf
- Sattler, S. & Mayr, P. (2008). Vereinfachte Analyseverfahren zur Beurteilung feststoffspezifischer und morphologischer Fragestellungen wasserbaulicher Konzeptionen in der Praxis auf Basis numeri-

- scher 2D-Hydraulikmodelle. Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft, (11-12/08), 175-181.
- Schmutz S., Fohler N., Friedrich T., Fuhrmann M., Graf W., Greimel F., Höller N., Jungwirth M., Leitner P., Moog O., Melcher A., Müllner K., Ochsenhofer G., Salcher G., Steidl C., Unfer G., Zeiringer B. (2013): Schwallproblematik an Österreichs Fließgewässern – Ökologische Folgen und Sanierungsmöglichkeiten. BMFLUW, Wien: 183 S
- Schneider, M. & Ortlepp, J. (2003): Zustand und Entwicklungspotential der Restwasserstrecke des Kraftwerks Rheinau, Gutachten im Auftrag des Rheinaubundes, sje – Schneider & Jorde Ecological Engineering, Stuttgart, Hydra – Büro für Gewässerökologie, Öschelbronn.
- Schneider, M. (2001): Habitat- und Abflussmodellierung für Fließgewässer mit unscharfen Berechnungsansätzen. Dissertation, Mitteilungen des Instituts für Wasserbau, Heft 108, Universität Stuttgart, Eigenverlag.
- Seifert K. (2016): Fischaufstiegsanlagen in Bayern. Landesfischereiverband Bayern e.V. und Bayerisches Landesamt für Umwelt Februar 2012, 2. Überarbeitete Auflage, Mai 2016.
- Steinbacher-Consult Ingenieurgesellschaft mbH & Co, KG (2000): Umbau der Illerschwelle Fkm 29,116 (Markt Altenstadt) zur Verbesserung der ökologischen Durchgängigkeit: Protokoll zum Abstimmungsgespräch zur geplanten Schwellenabsenkung am 11.11.2020
- UBA (Umweltbundesamt) (2014): Hydromorphologische Steckbriefe der deutschen Fließgewässertypen - Anhang 1 von „Strategien zur Optimierung von Fließgewässer-Renaturierungsmaßnahmen und ihrer Erfolgskontrolle.- UBA Texte: 43/ 2014.
- Umweltatlas Bayern (2021): Fließgewässer – Wasserkörper > Zustand (abgerufen 2021) <https://www.umweltatlas.bayern.de>
- Völker, J. (2008): Abhängigkeit der Besiedlung benthischer Invertebraten von Hydromorphologie und Saprobie in silikatischen Mittelgebirgsbächen.- Jeanette Völker, Dissertation, Dresden, Techn. Universität
- Wieprecht, S.; Haun, S.; Seitz, L.; Kikillus, A. (2016): Morphologische Studie Untere Iller (Fkm 56,600-Mündung) – Phase 2. IWS - Institut für Wasser und Umweltsystemmodellierung, Universität Stuttgart Technischer Bericht TB10/2013

9 Anlagen

9.1 Habitatsprüche der modellierten Fischarten

Die folgenden Abbildungen stellen die für die Simulationen verwendeten Habitatsprüche der untersuchten Fischarten und -stadien grafisch dar. Jedes Quadrat spiegelt die Eignung für die Kombinationen von Fließgeschwindigkeit (horizontale Richtung) und Wassertiefe (vertikale Richtung) wider, die unterschiedlichen Quadrate ergeben sich aus der zusätzlichen Kombination von Substrattypen und Unterständen (10 Substrattypen horizontal x 11 Unterstandstypen vertikal = 110 Quadrate). Die farbigen Flächen in den Quadraten der folgenden Abbildungen zeigen die Habitateignung an.

	rote Flächen	schlechte Habitatbedingungen,
	orange Flächen	ungünstige Habitatbedingungen,
	gelbe Flächen	mäßige Habitatbedingungen,
	grüne Flächen	gute Habitatbedingungen und
	blaue Flächen	sehr gute Habitatbedingungen

Die Farbcodierung bei den Unterstandstypen (senkrecht) und den Substraten (waagrecht) beziehen sich auf die Darstellung der Kartierergebnisse und sind hier nicht relevant.

bearbeitete Taxa bzw Funktionen

- Huchen
 - Adultfisch
 - juvenil
 - Laichplatz
- Äsche
 - Adultfisch, Sommer Ruheplatz
 - Adultfisch, Sommer aktiv
 - Adultfisch, Wintereinstand
 - Laichplatz
 - Larven
- Barbe
 - Adultfisch
 - Laichplatz
 - juvenil
- Hasel
 - Adultfisch, Sommer
 - Laichplatz
 - Adultfisch, Wintereinstand
- Nase
 - Adultfisch
 - Laichplatz
 - juvenil
- Schneider
 - Adultfisch, Sommer
 - Laichplatz
 - Adultfisch, Wintereinstand
 - juvenil
- Groppe
 - adult
- Trüsche
 - Adultfisch
 - Laichplatz
 - juvenil
 - Larven
- Hochwassereinstände
 - Adultfisch
 - juvenile Fische

9.1.1 Habitatsprüche des Huchen

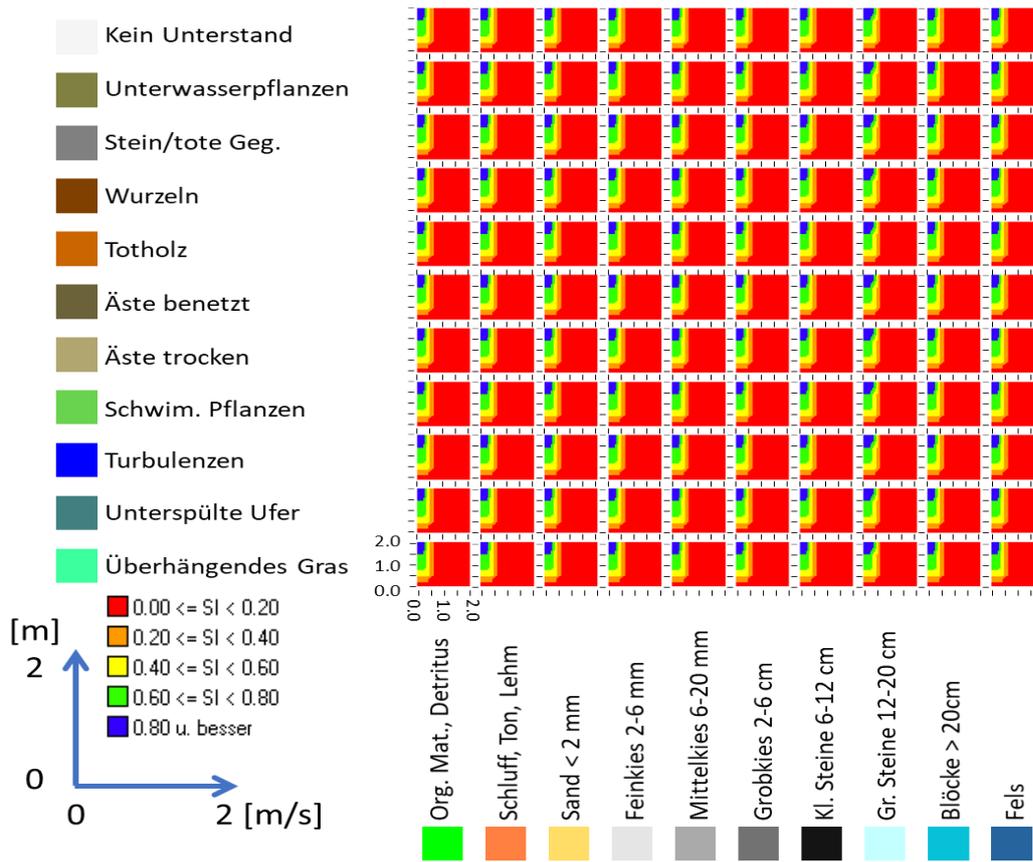


Abbildung 163: Eignungsquadrate Huchen : Adultfisch

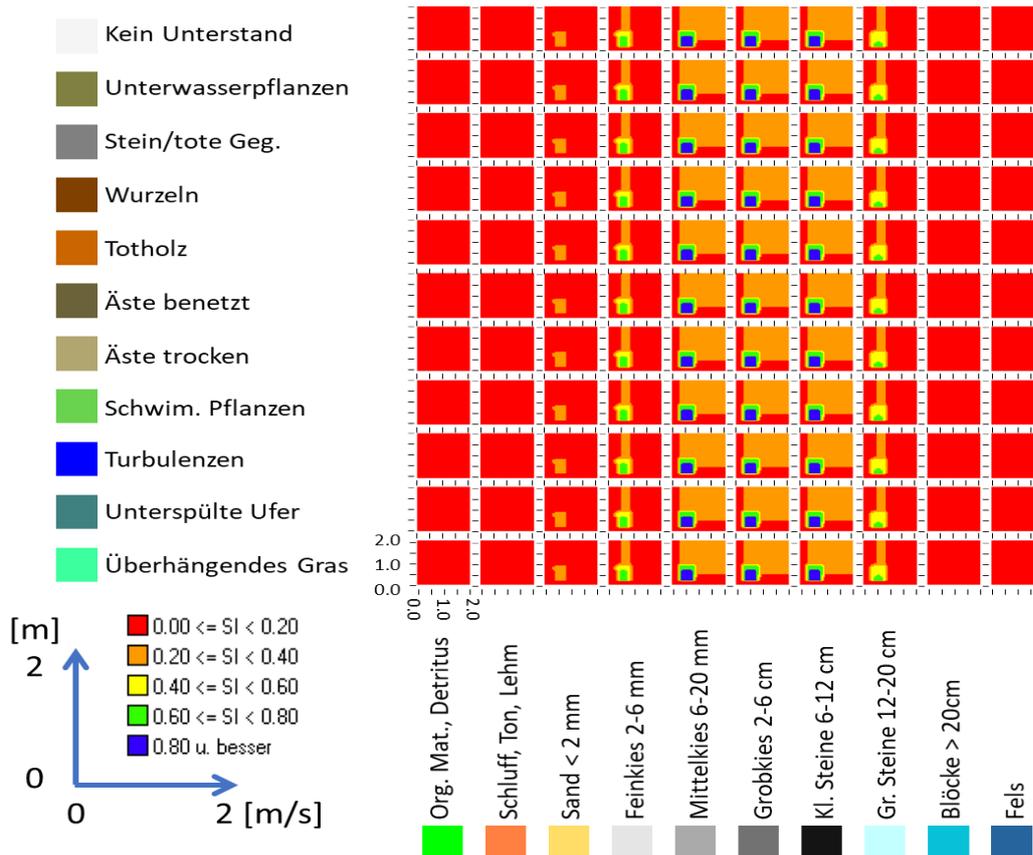


Abbildung 164: Eignungsquadrate Huchen : Laichplatz

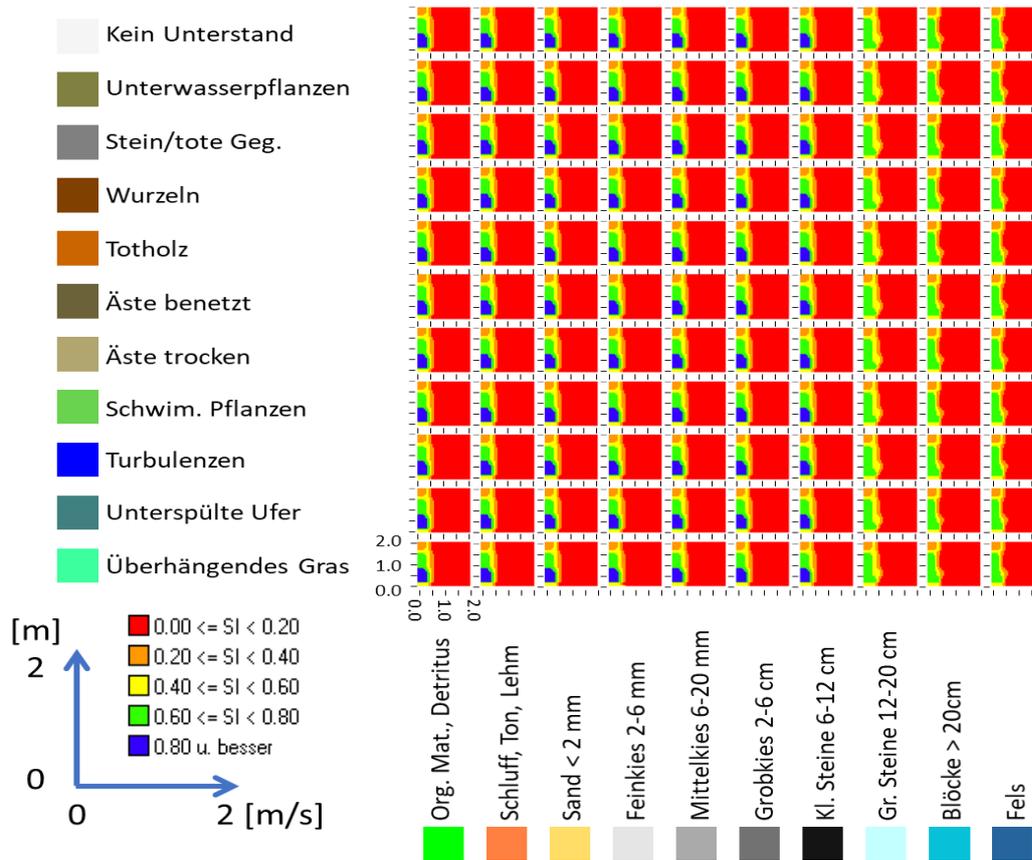


Abbildung 165: Eignungsquadrate Huchen : juvenil

9.1.2 Habitatsprüche der Äsche

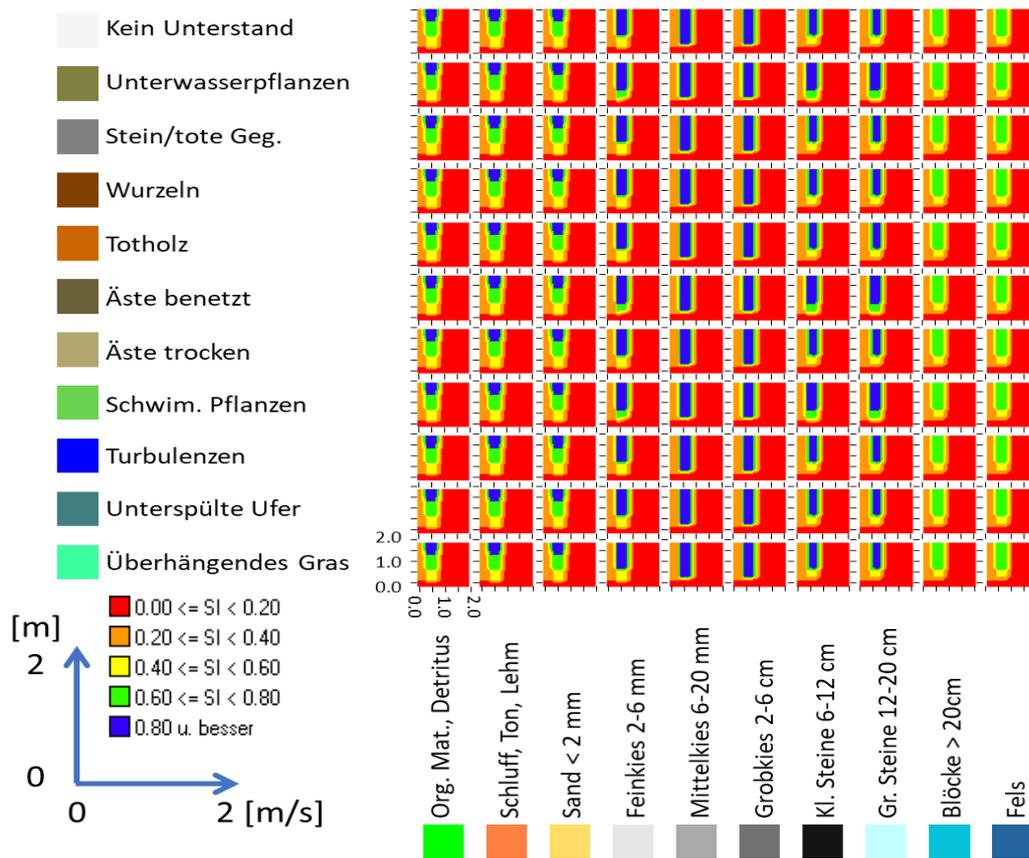


Abbildung 166: Eignungsquadrate Äsche : Adultfisch Sommer Standplatz

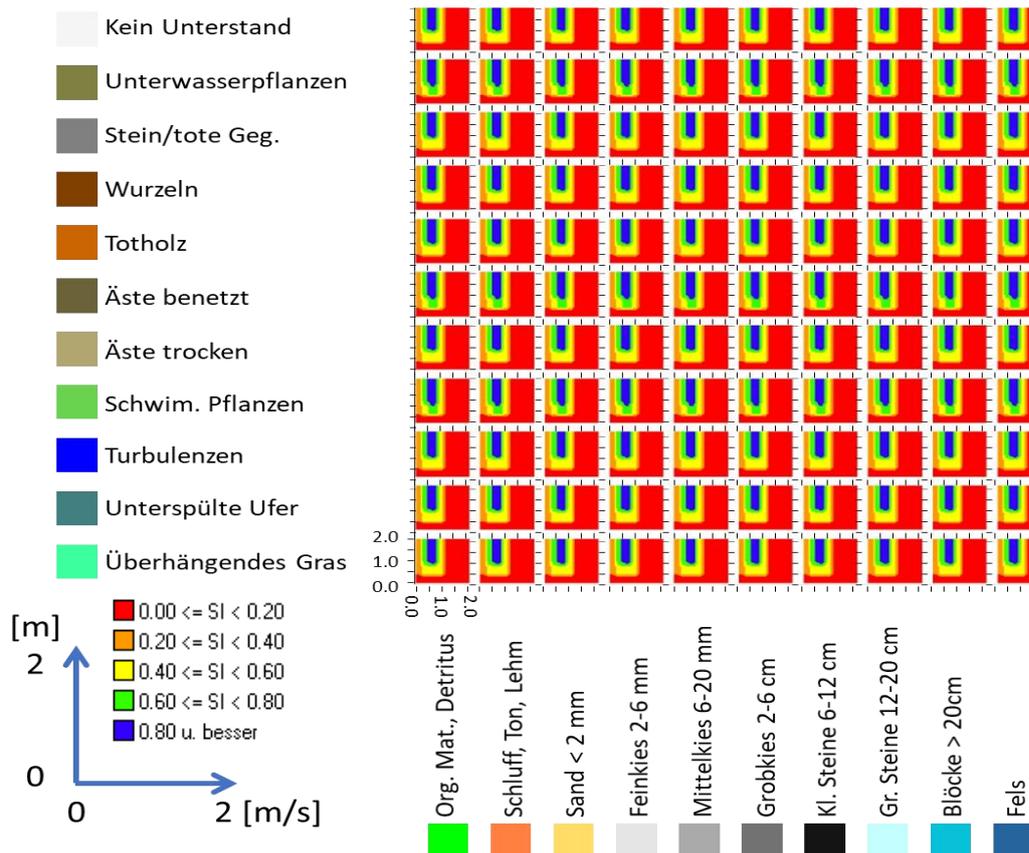


Abbildung 167: Eignungsquadrate Äsche : Adultfisch Sommer Aktiv

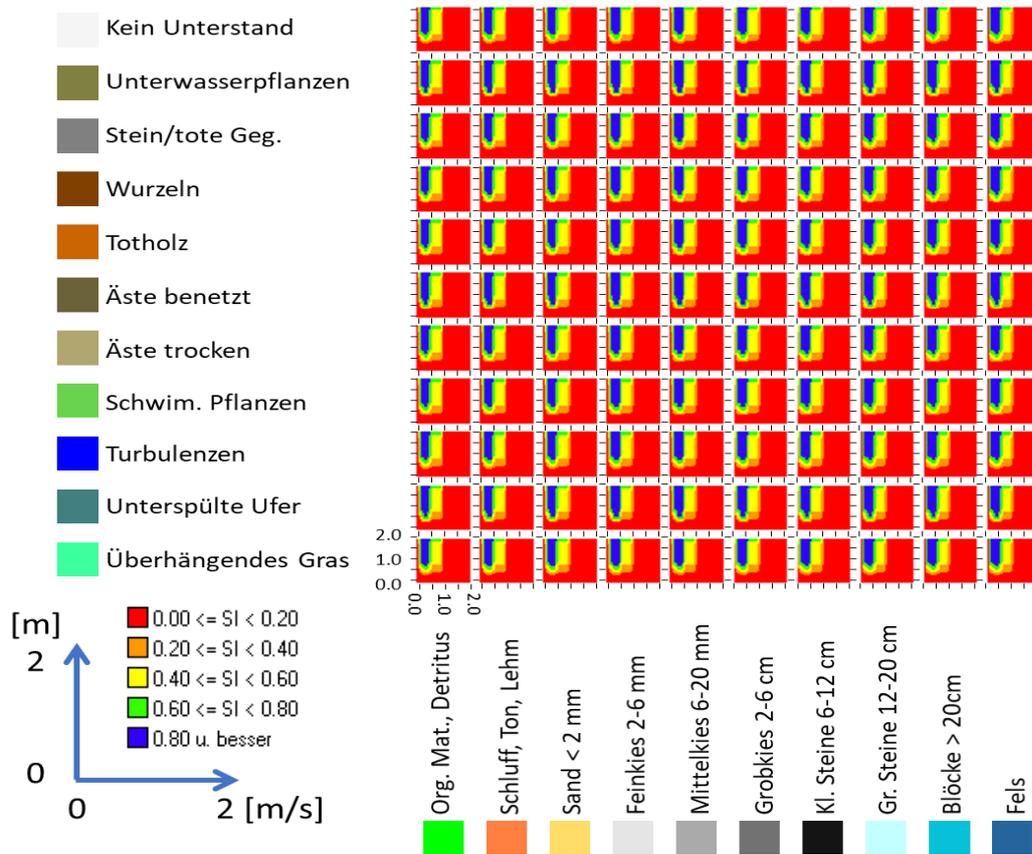


Abbildung 168: Eignungsquadrate Äsche : Adultfisch Winterreinzustand

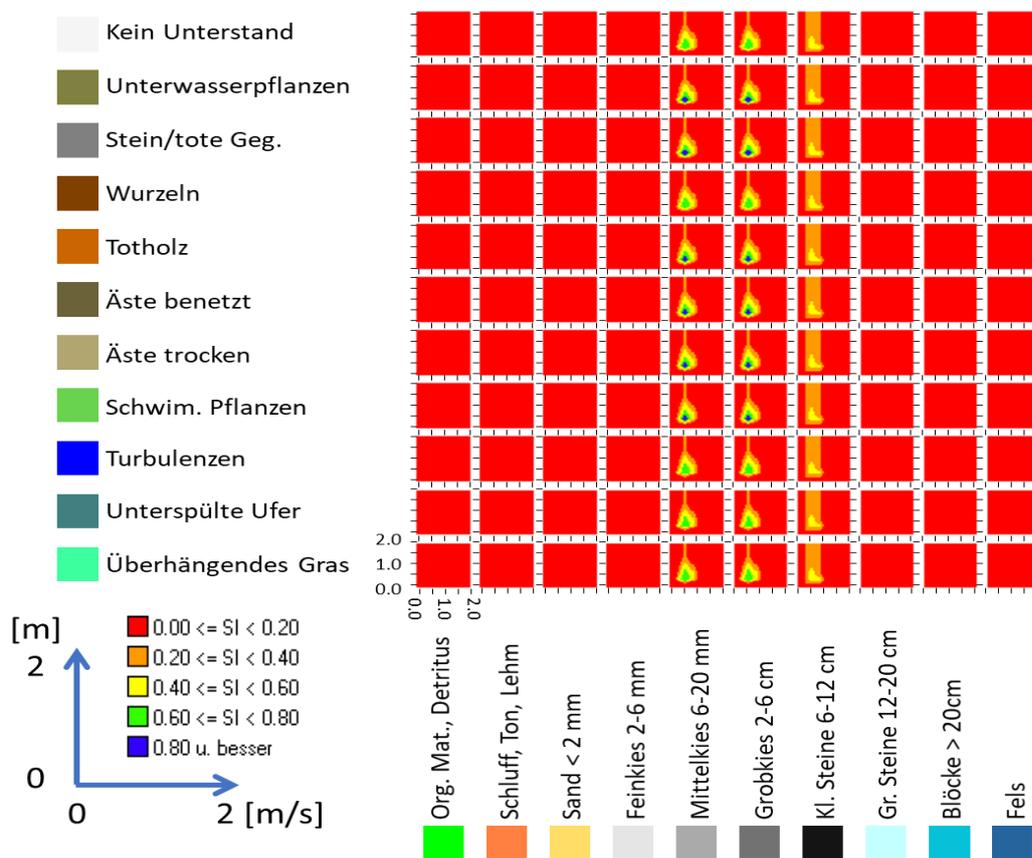


Abbildung 169: Eignungsquadrate Äsche : Laichplatz

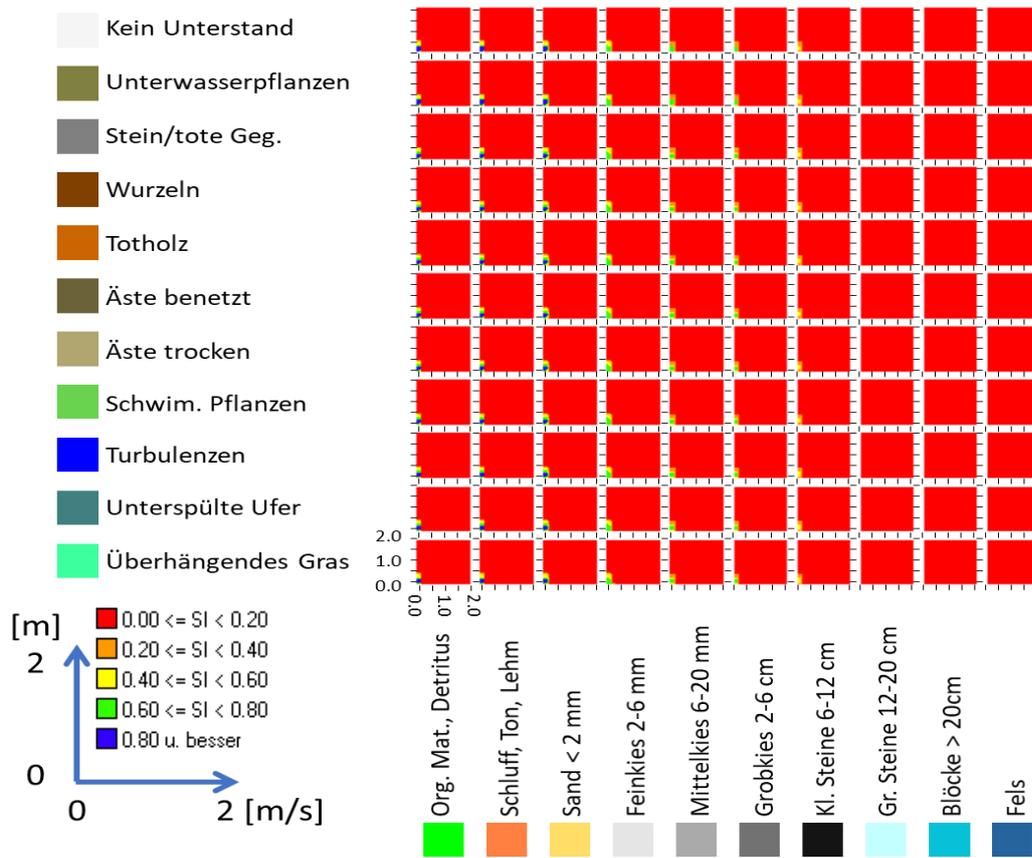


Abbildung 170: Eignungsquadrate Äsche : Larven

9.1.3 Habitatsprüche der Barbe

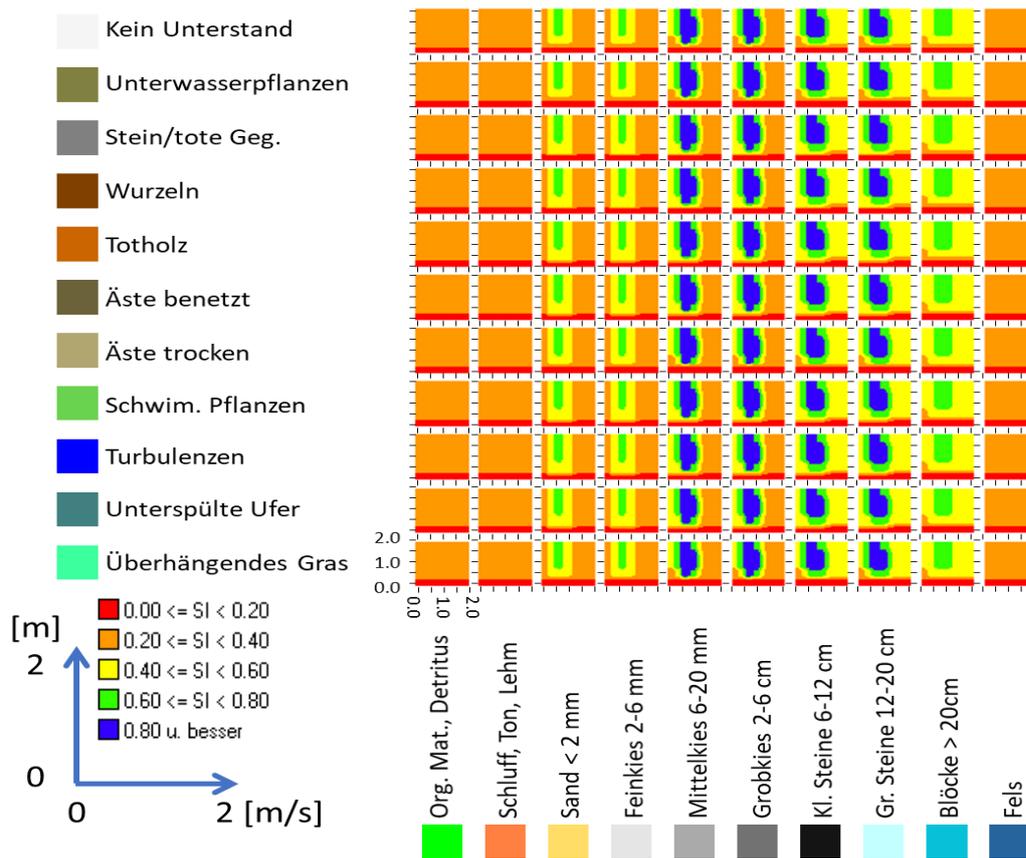


Abbildung 171: Eignungsquadrate Barbe : Adultfisch

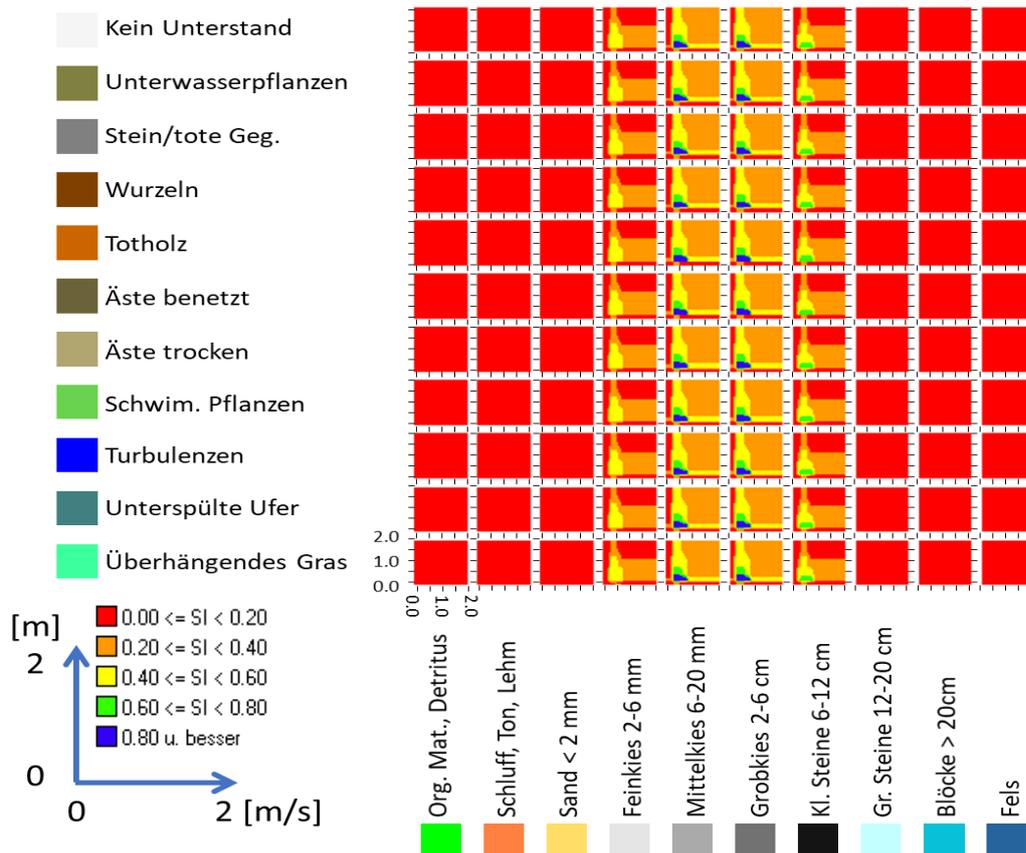


Abbildung 172: Eignungsquadrate Barbe : Laichplatz

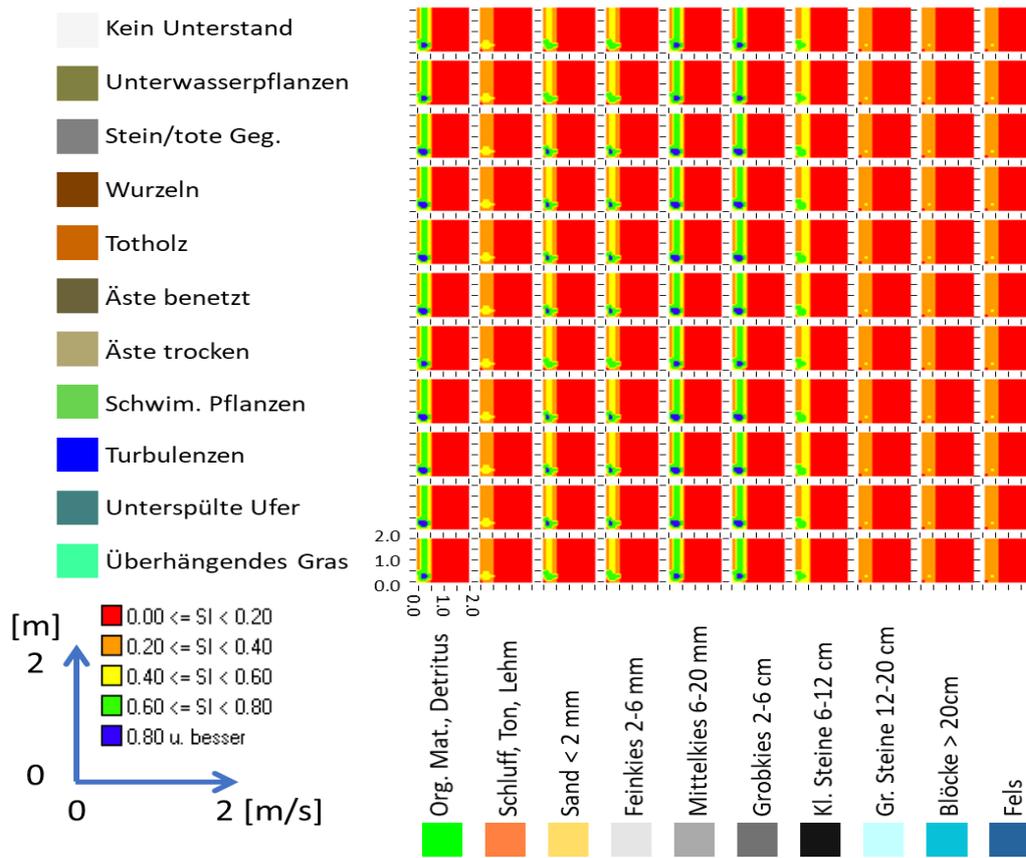


Abbildung 173: Eignungsquadrate Barbe : juvenil

9.1.4 Habitatansprüche des Hasel

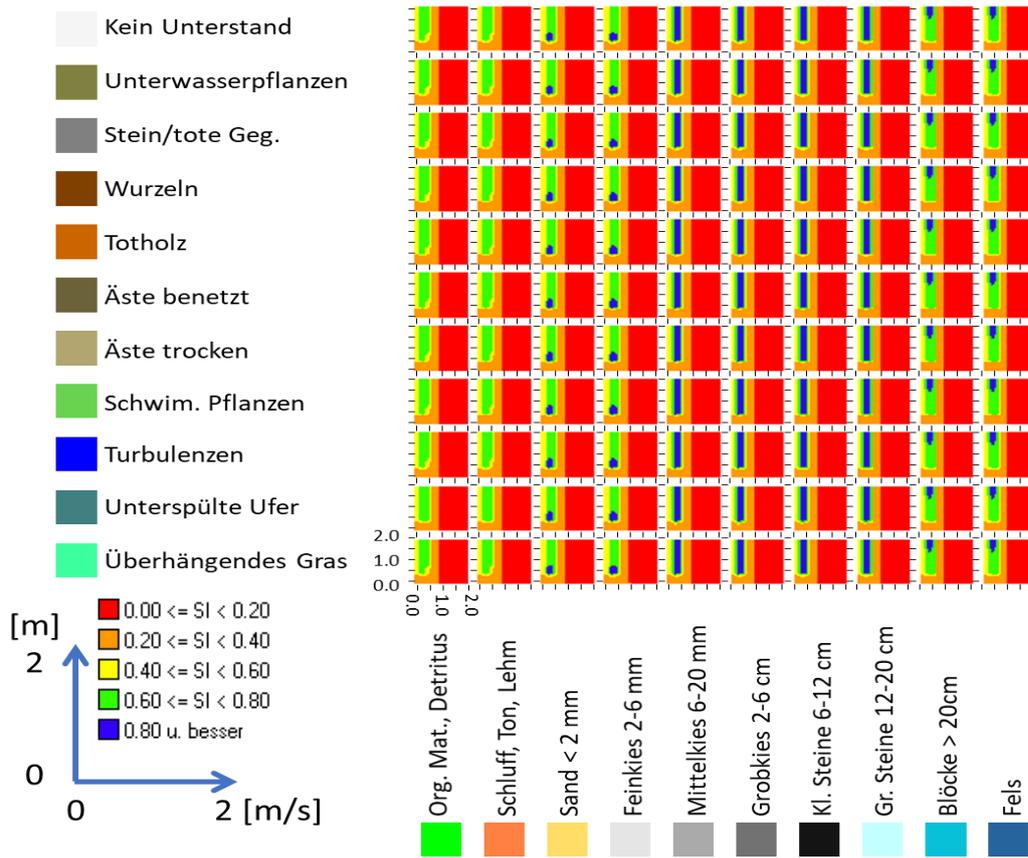


Abbildung 174: Eignungsquadrate Hasel : Adultfisch Sommer

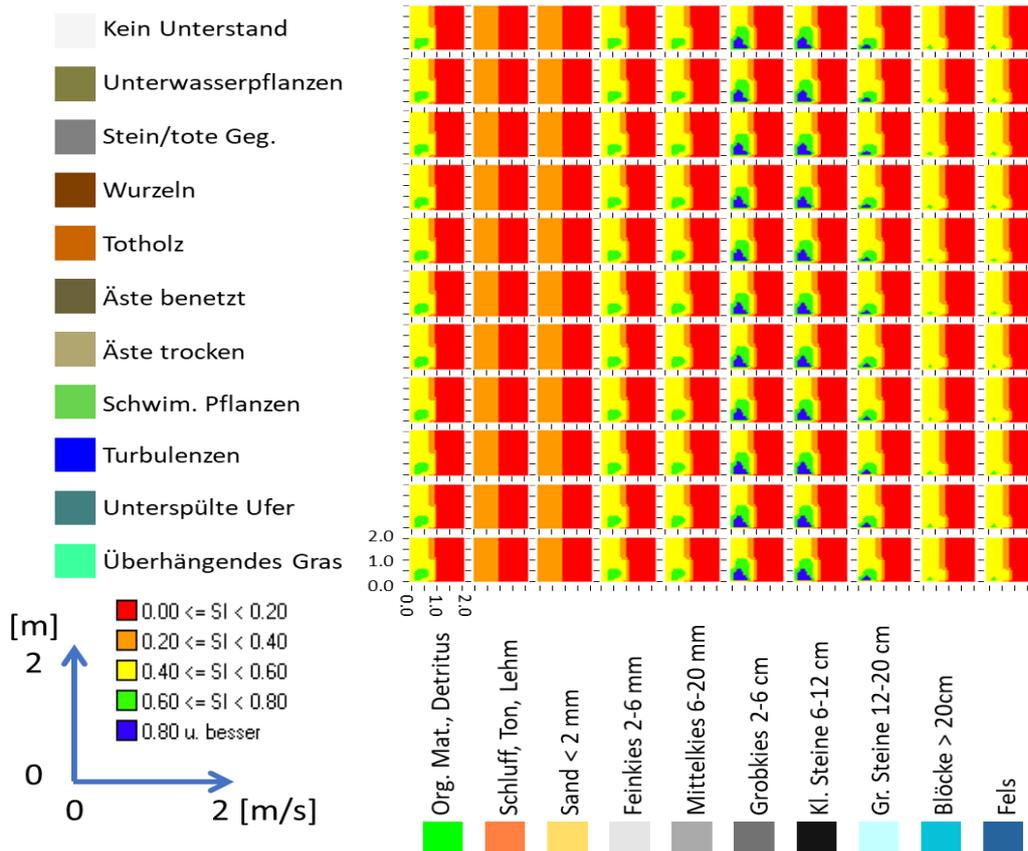


Abbildung 175: Eignungsquadrate Hasel : Laichplatz

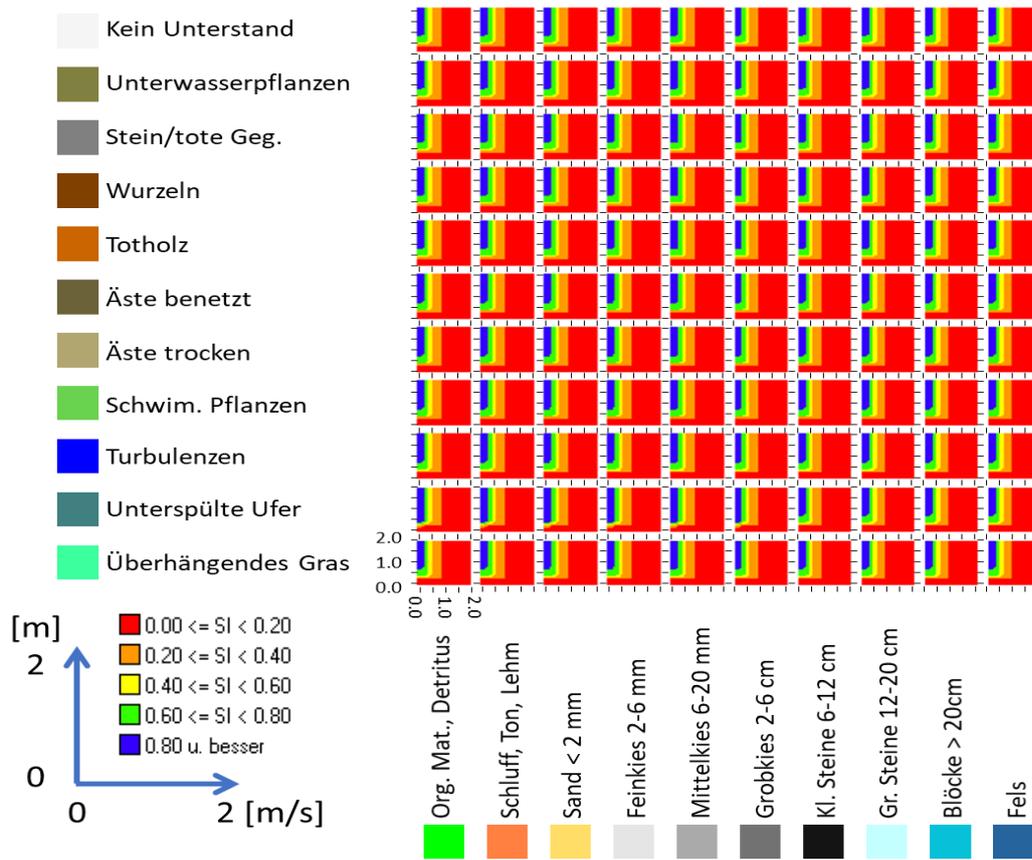


Abbildung 176: Eignungsquadrate Hasel : Adultfisch Wintereinstände

9.1.5 Habitatsprüche der Nase

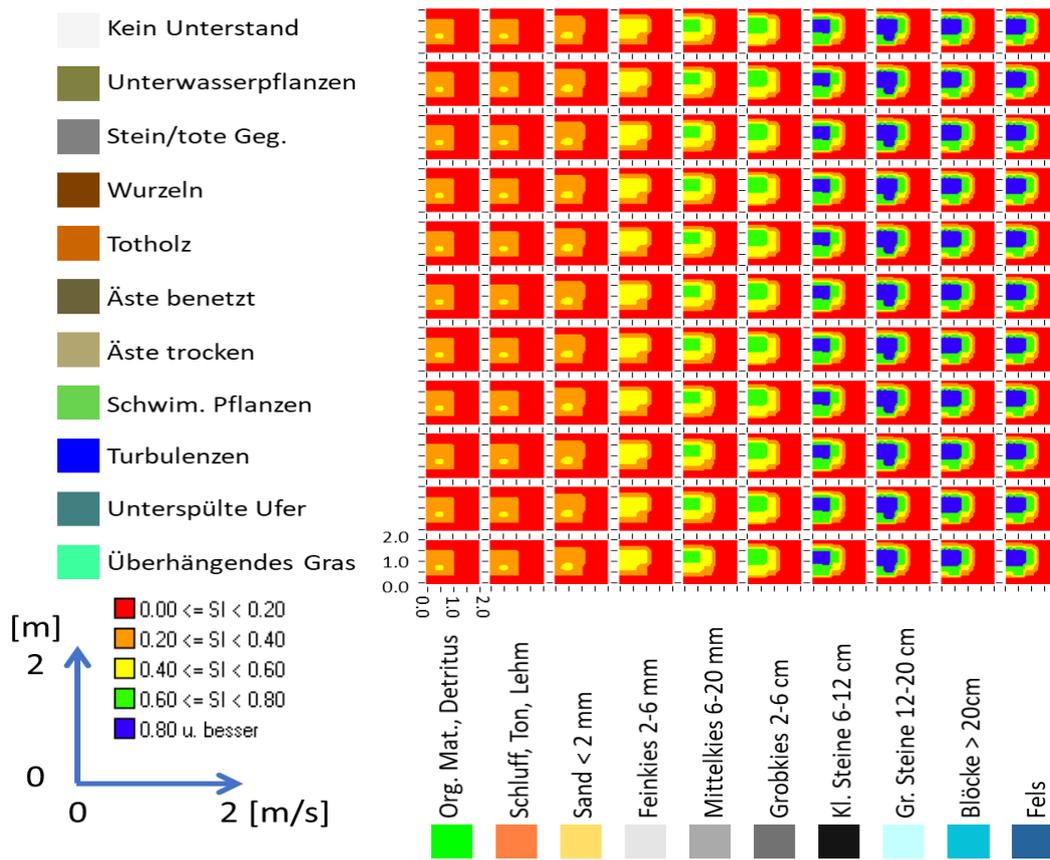


Abbildung 177: Eignungsquadrate Nase : Adultfisch

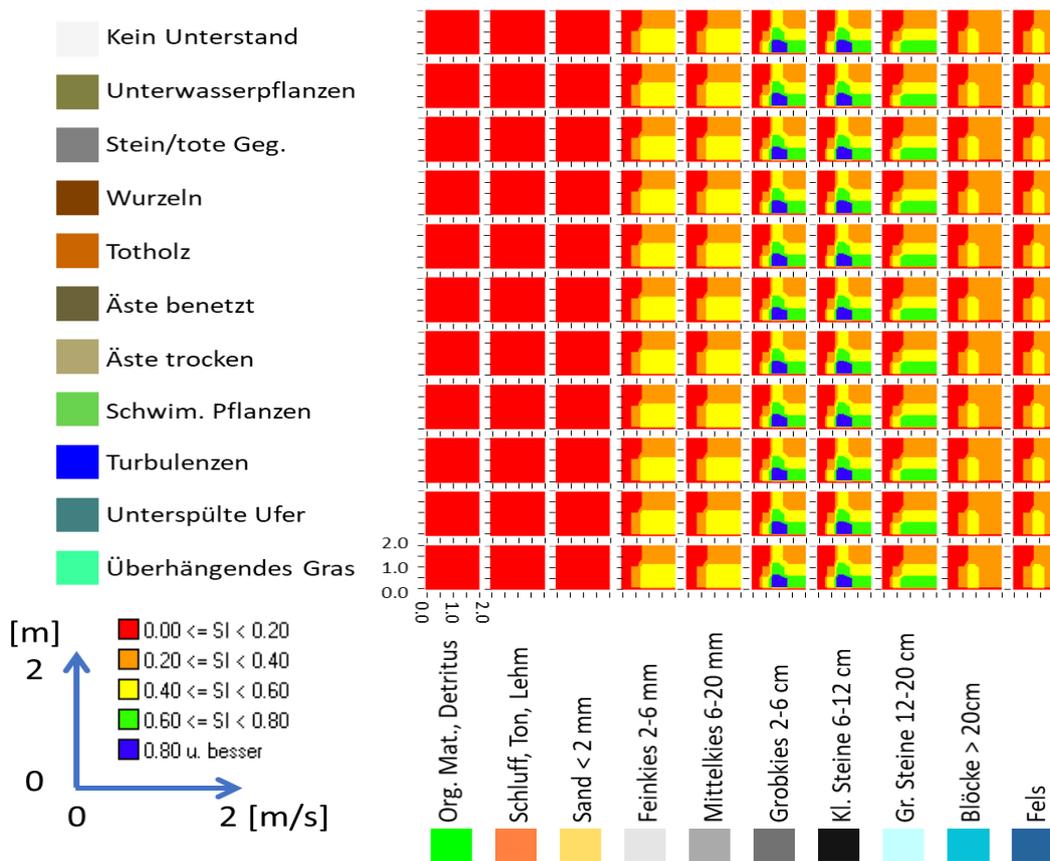


Abbildung 178: Eignungsquadrate Nase : Laichplatz

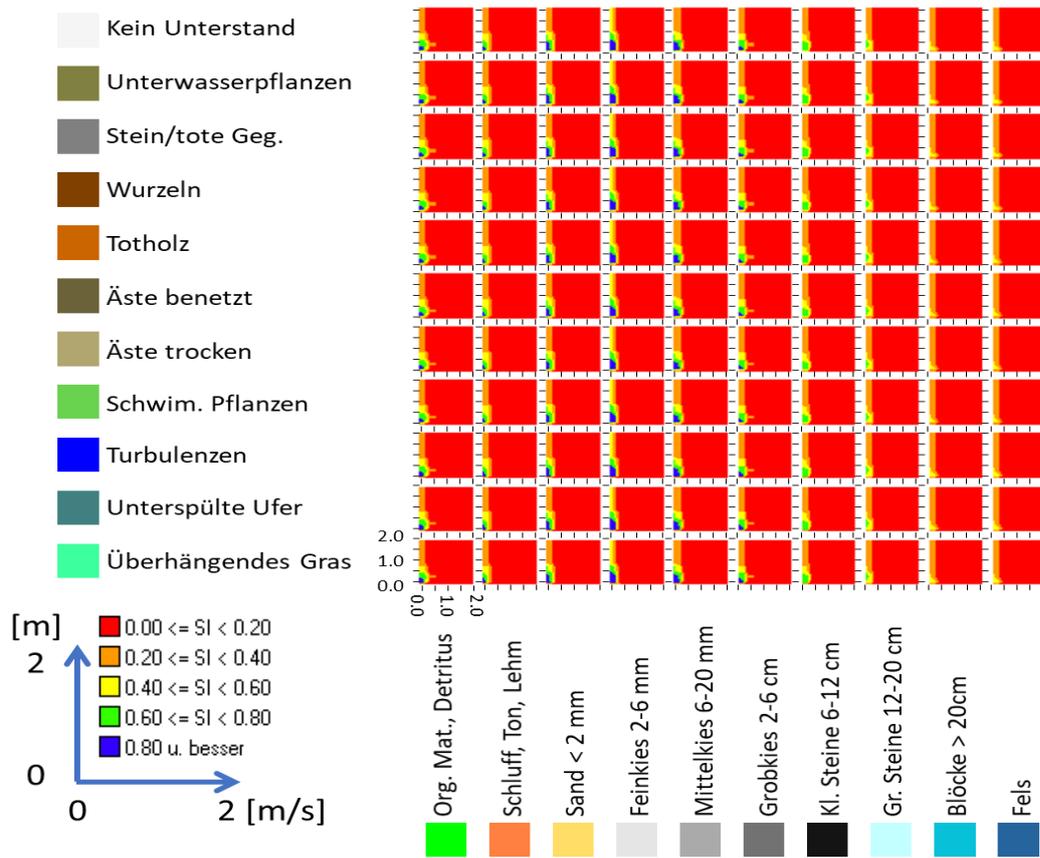


Abbildung 179: Eignungsquadrate Nase : juvenil

9.1.6 Habitatsprüche der Schneider

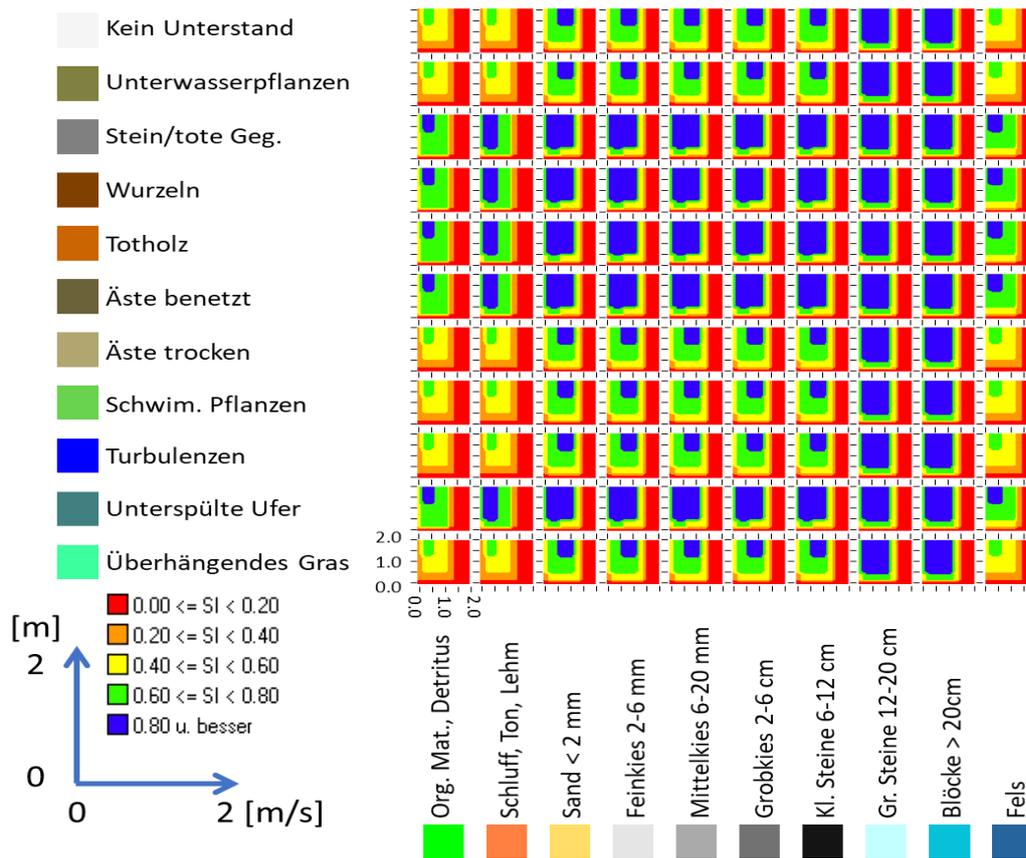


Abbildung 180: Eignungsquadrate Schneider : Adultfisch Sommer

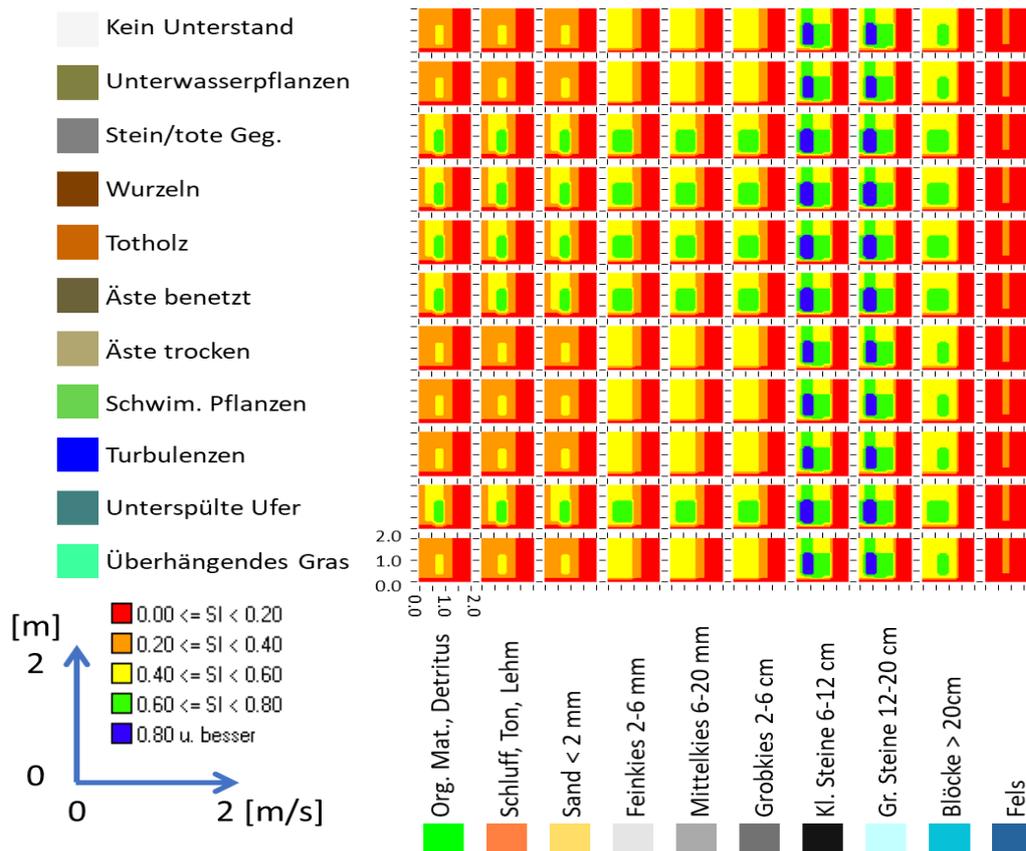


Abbildung 181: Eignungsquadrate Schneider : Laichplatz

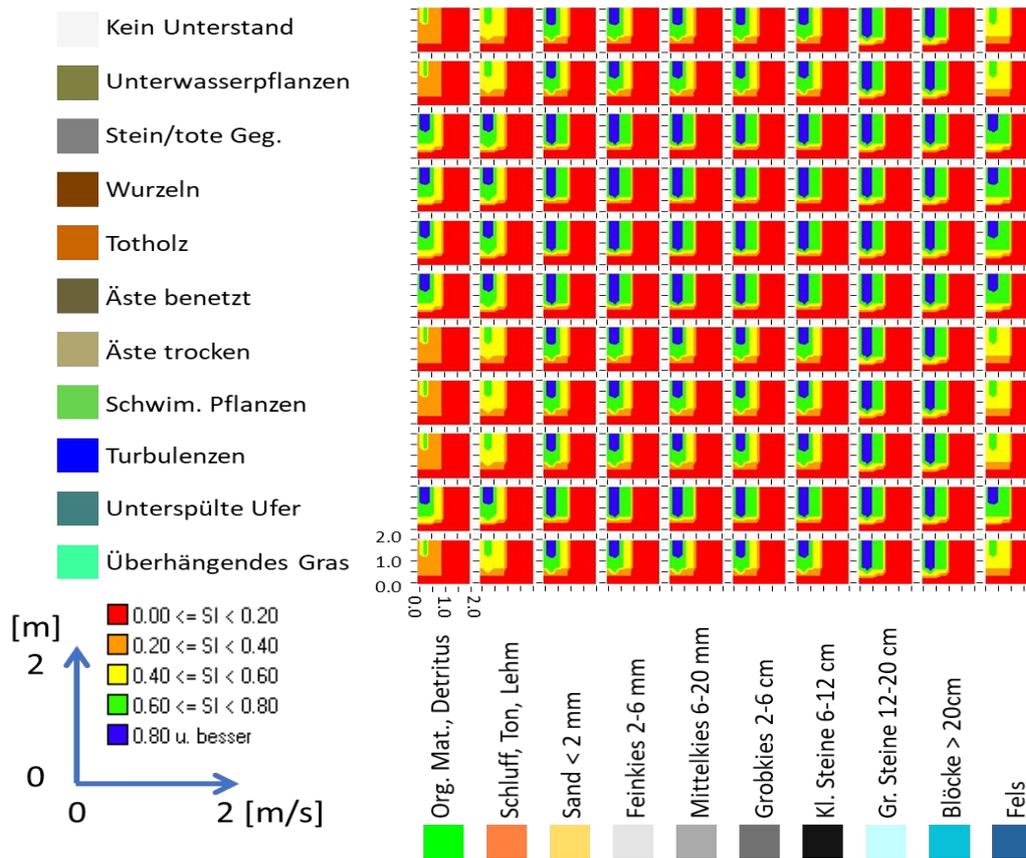


Abbildung 182: Eignungsquadrate Schneider : Adultfisch Wintereinstände

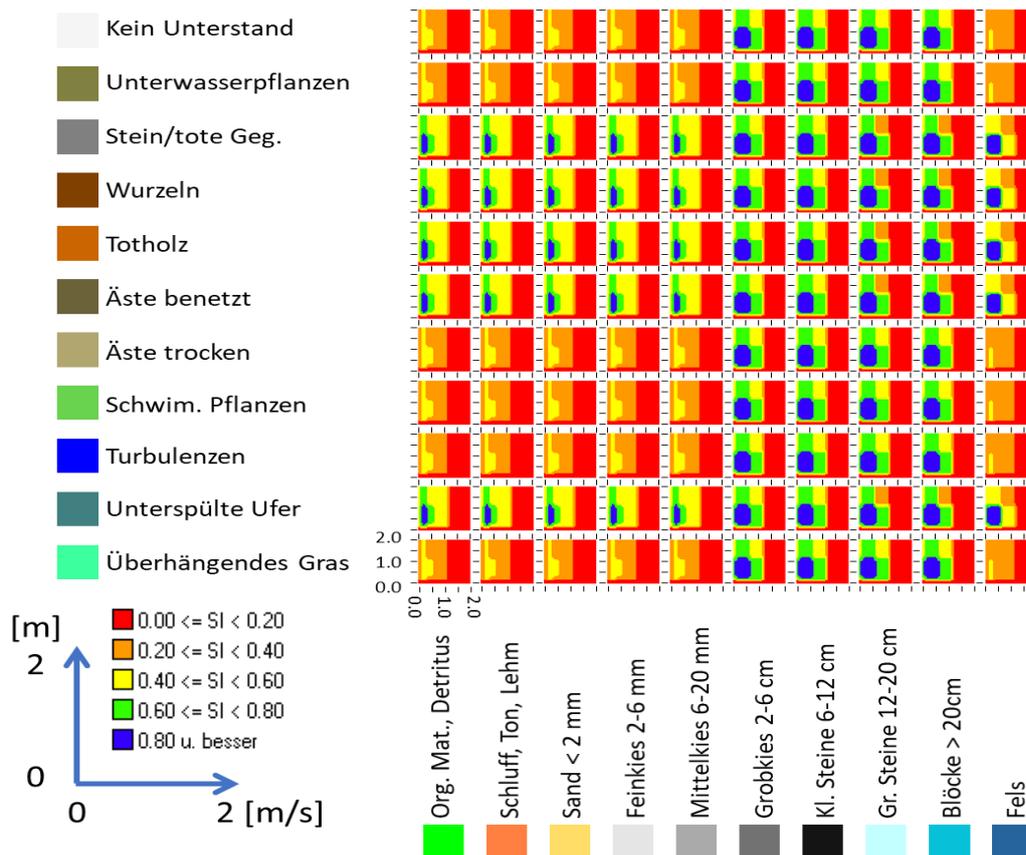


Abbildung 183: Eignungsquadrate Schneider : juvenil

9.1.7 Habitatsprüche der Groppe

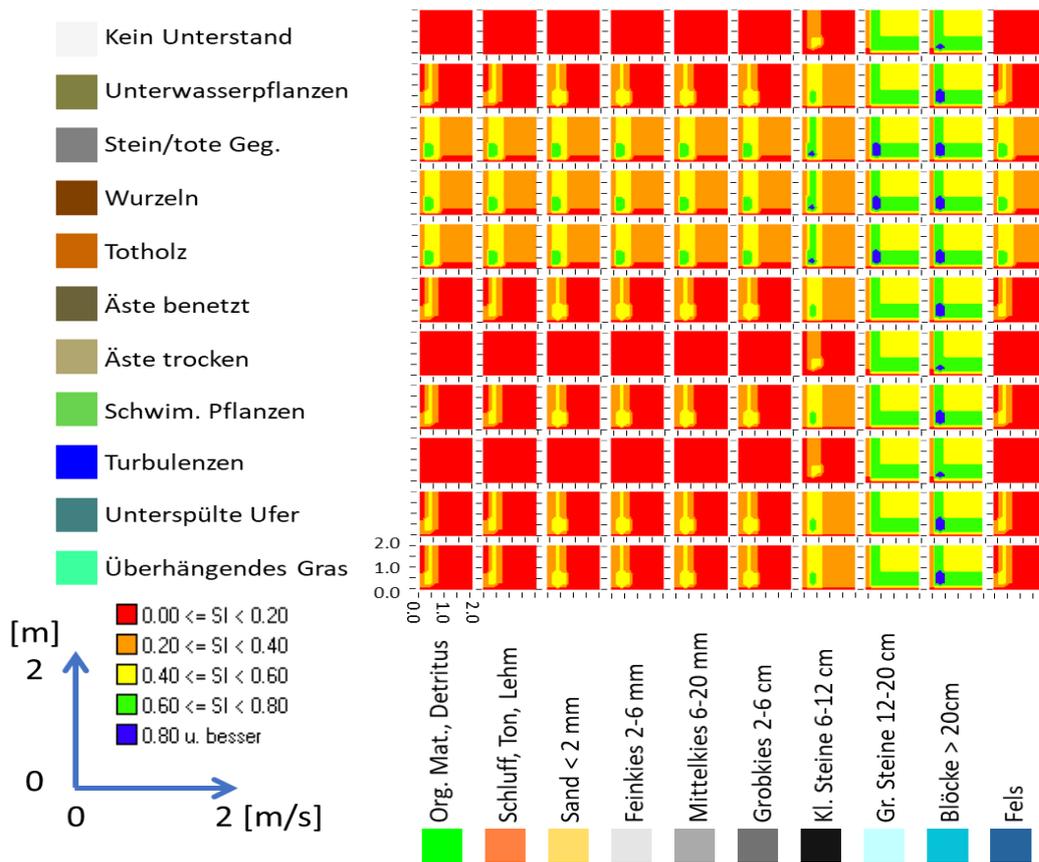


Abbildung 184: Eignungsquadrate : Groppe adult

9.1.8 Habitatsprüche der Trüsche

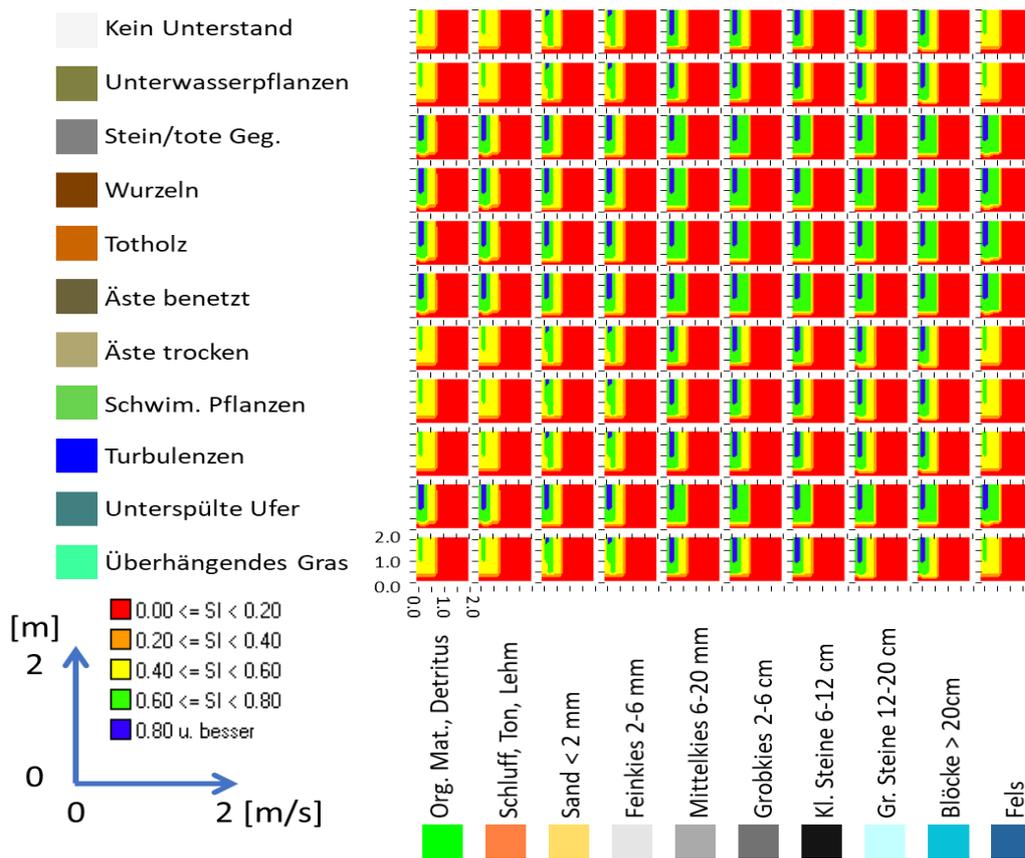


Abbildung 185: Eignungsquadrate Trüsche : Adultfisch

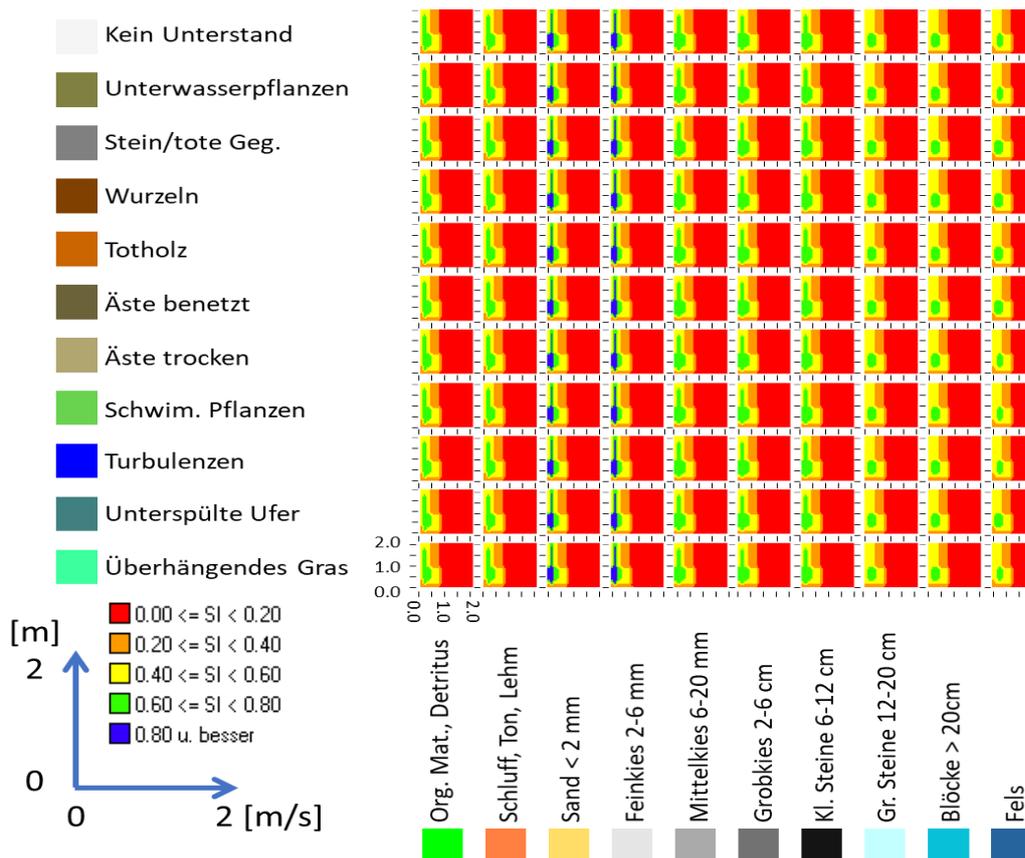


Abbildung 186: Eignungsquadrate Trüsche : Laichplatz

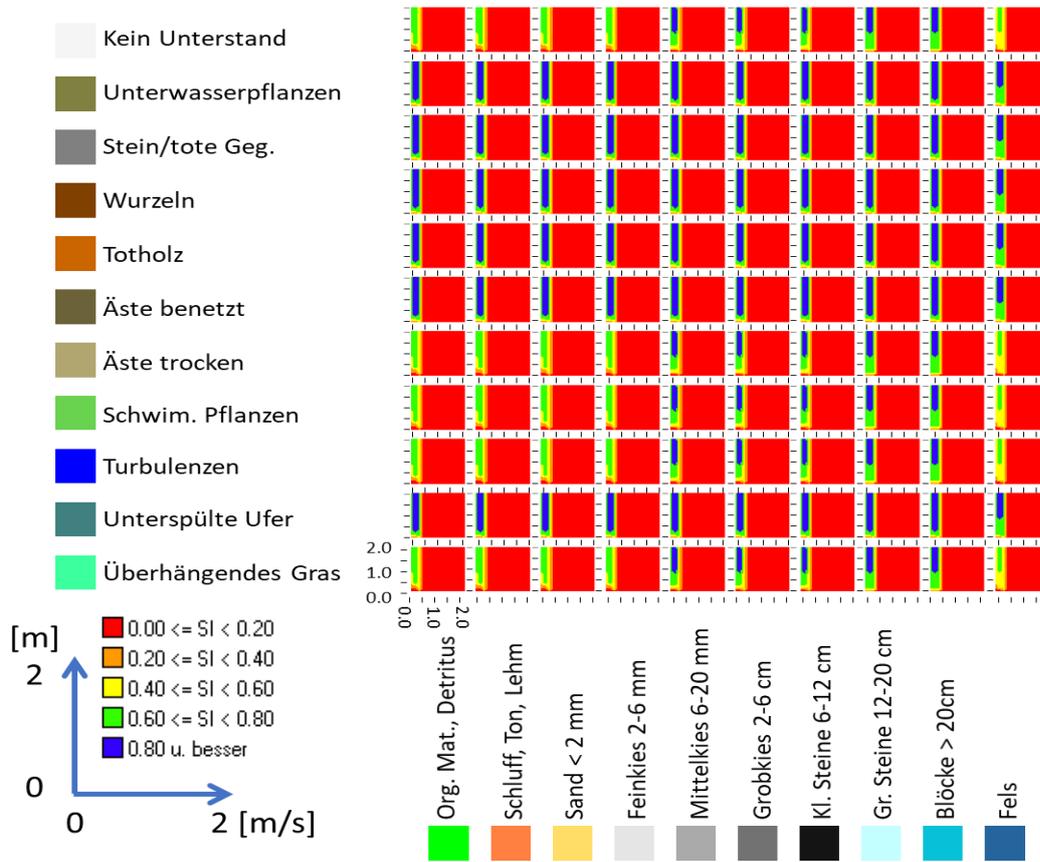


Abbildung 187: Eignungsquadrate Trüsche : juvenil

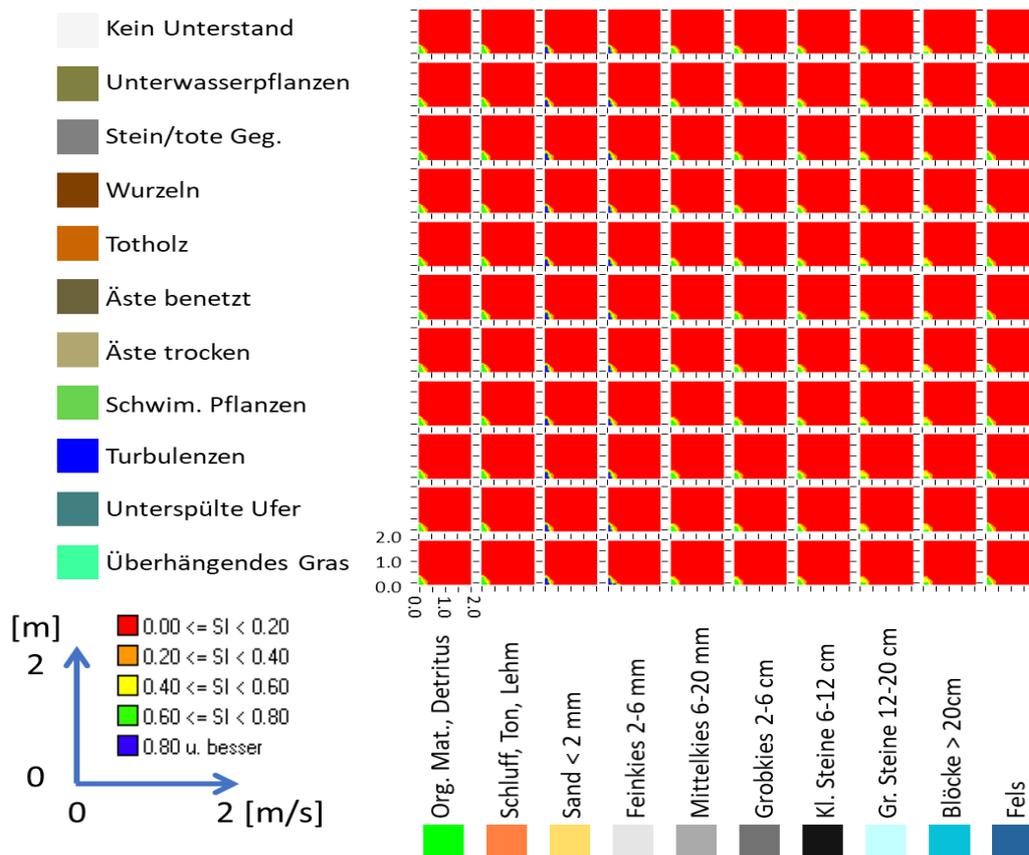


Abbildung 188: Eignungsquadrate Trüsche : larval

9.1.9 Hochwassereinstände

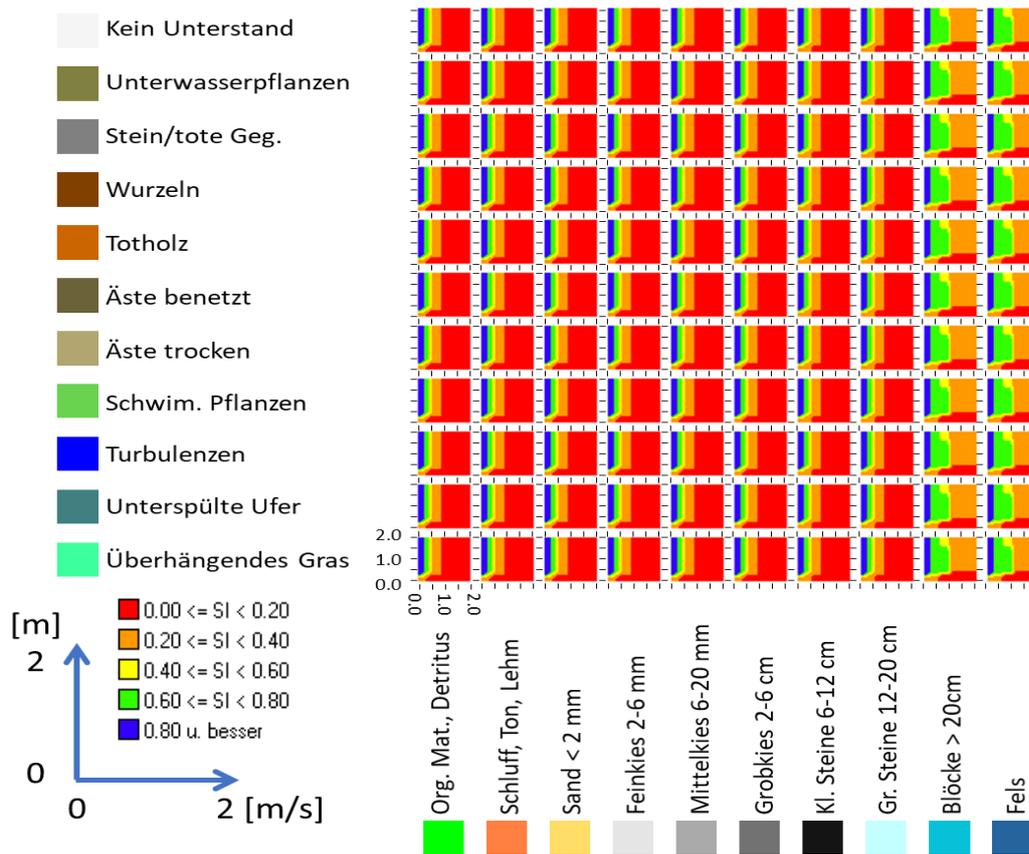


Abbildung 189: Eignungsquadrate Hochwassereinstände : Adultfische

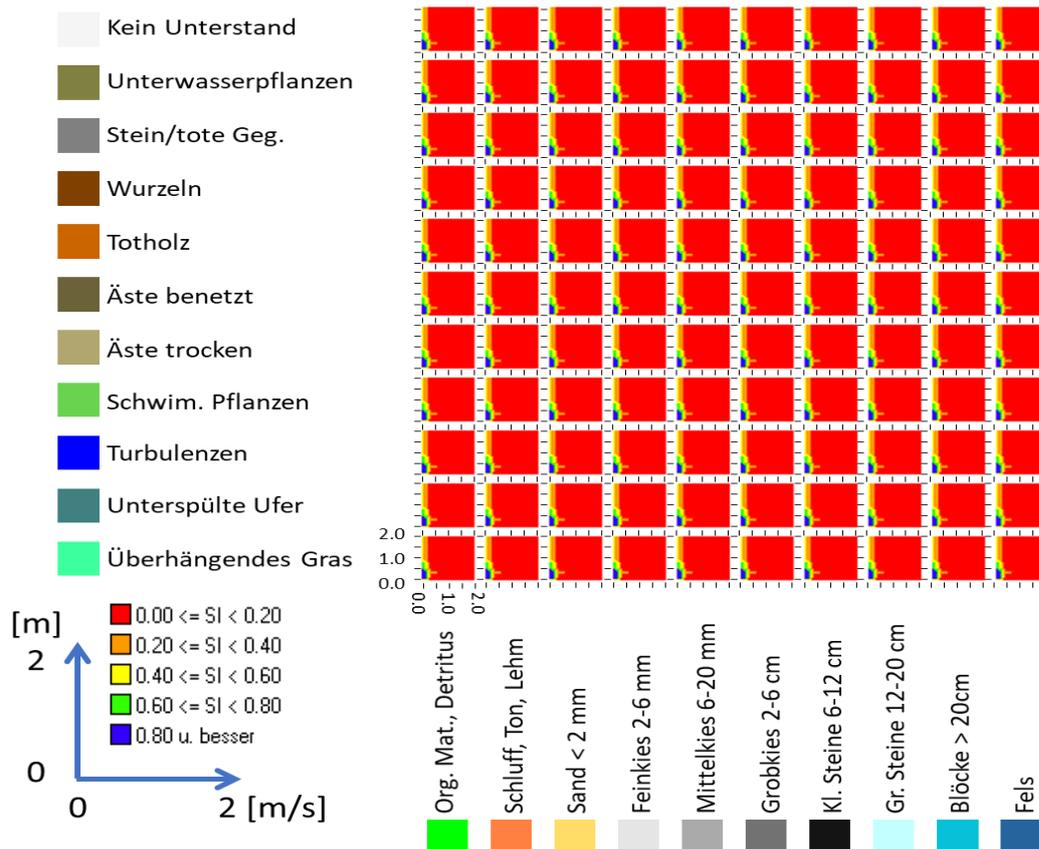


Abbildung 190: Eignungsquadrate Hochwassereinstände : Juvenile Fische

9.2 Habitatergebnisse Referenzmaßnahmen

- 9.2.1 M33 Wehrabsenkung und Instream-Maßnahmen
- 9.2.2 M42 Neuanlage Seitenarm
- 9.2.3 M46 Aufweitung

9.2.1 M33 Wehrabsenkung und Instream-Maßnahmen

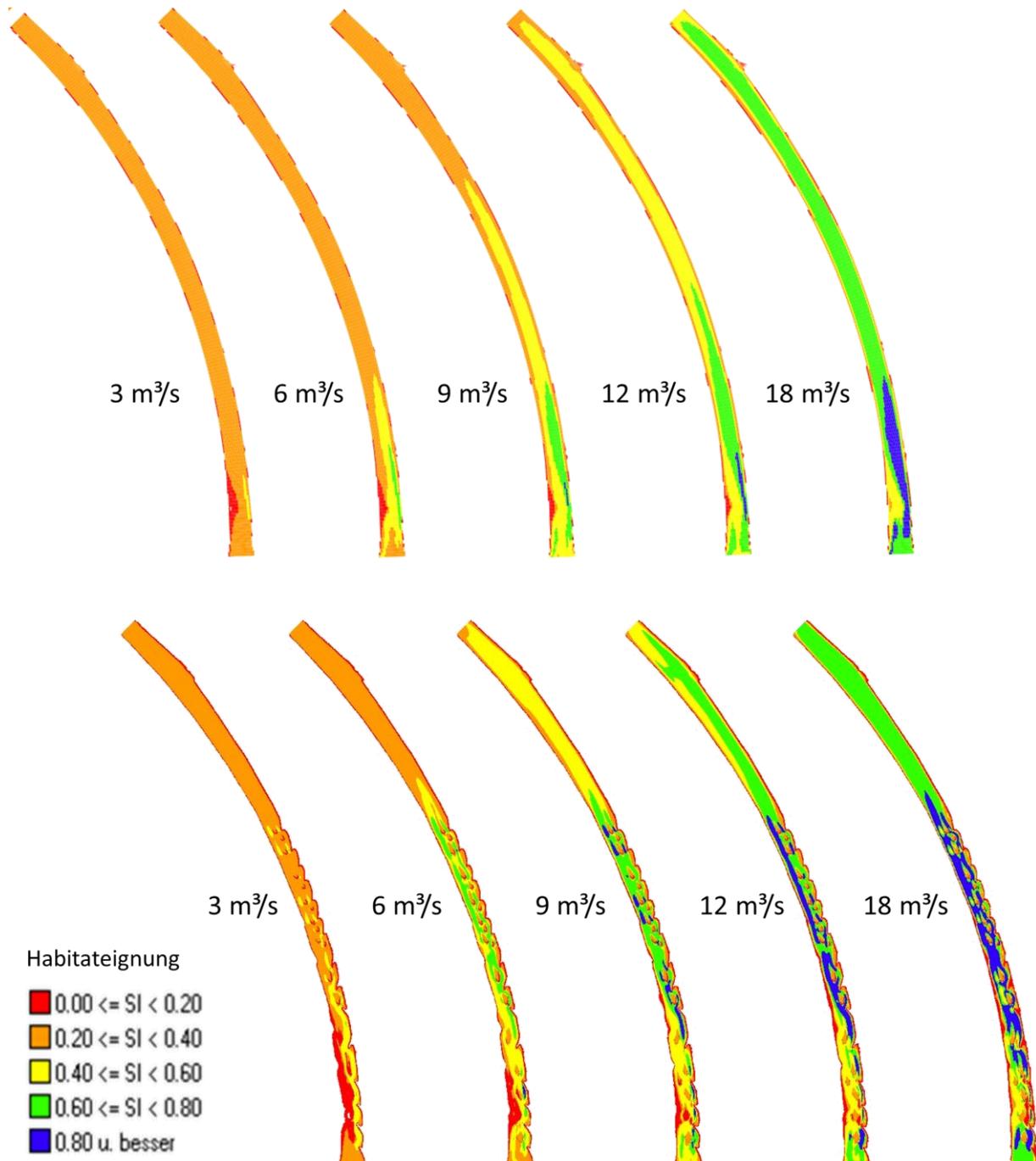


Abbildung 191: Äsche adult Sommer - M33 Habitatergebniskarten, Istzustand (oben) und Planzustand (unten), Abfluss 3-18 m³/s

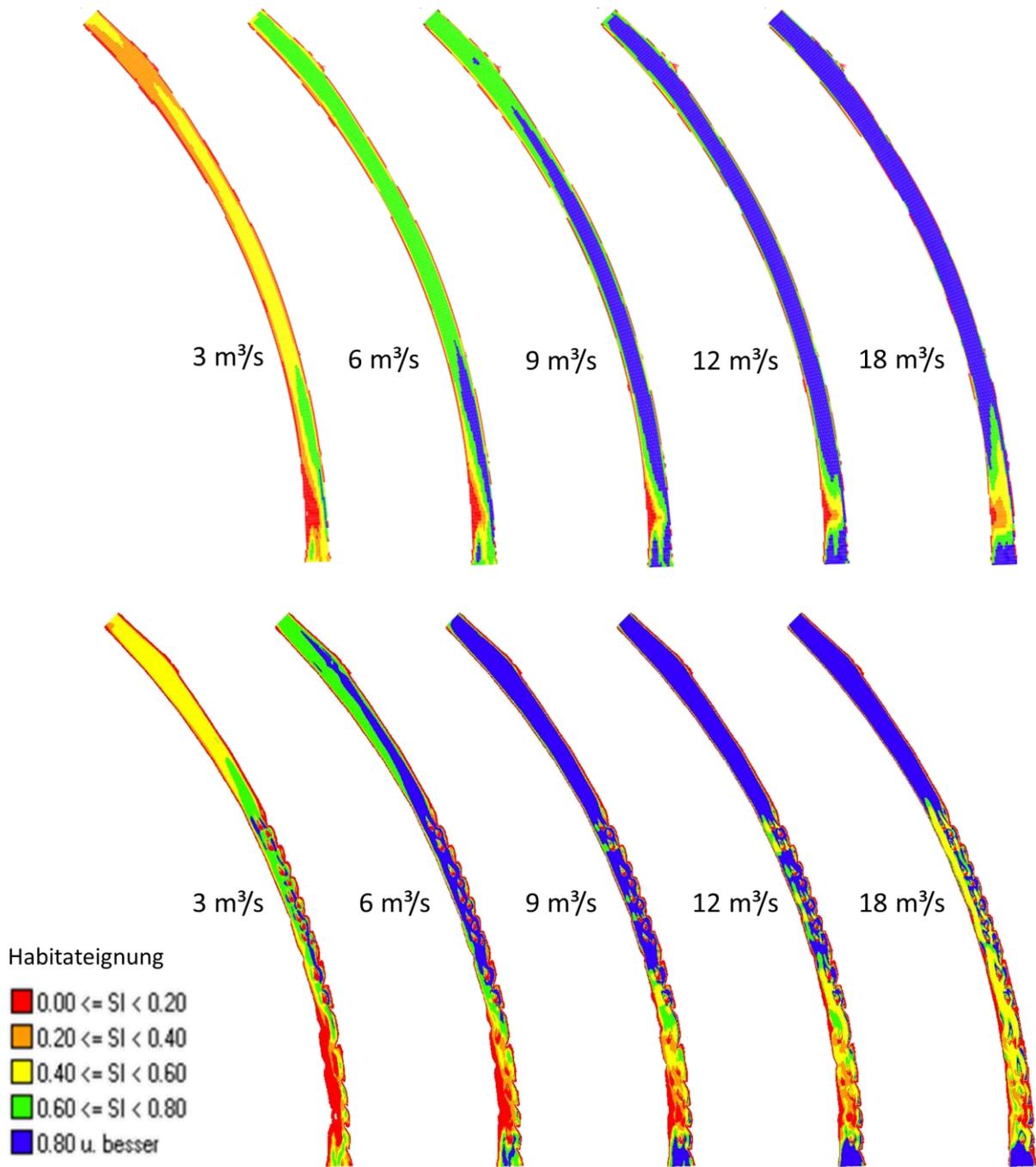


Abbildung 192: Äsche adult Winter - M33 Habitataignungskarten, Istzustand (oben) und Planzustand (unten), Abfluss 3-18 m³/s

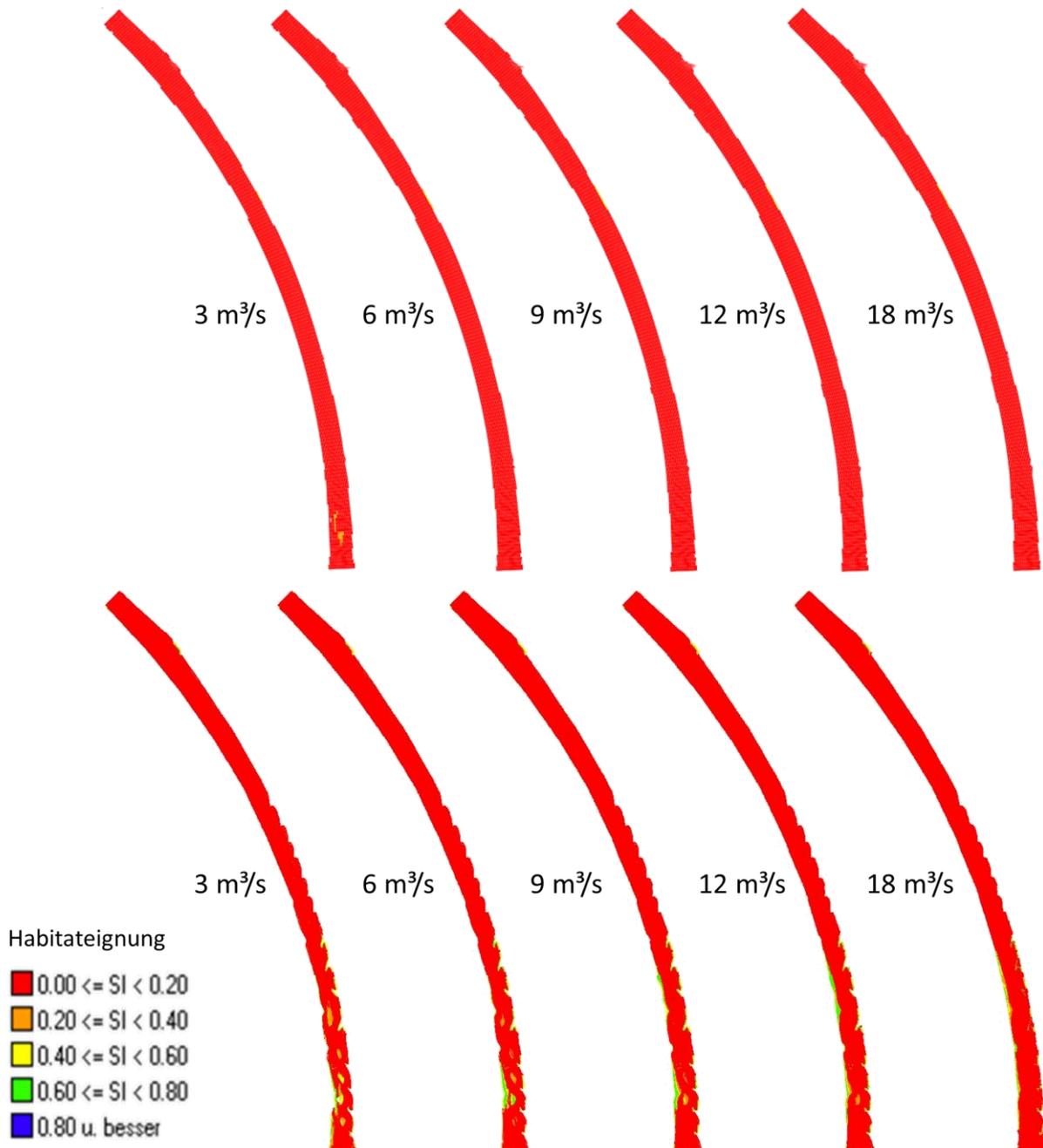


Abbildung 193: Äsche larval - M33 Habitateignungskarten, Istzustand (oben) und Planzustand (unten), Abfluss 3-18 m³/s

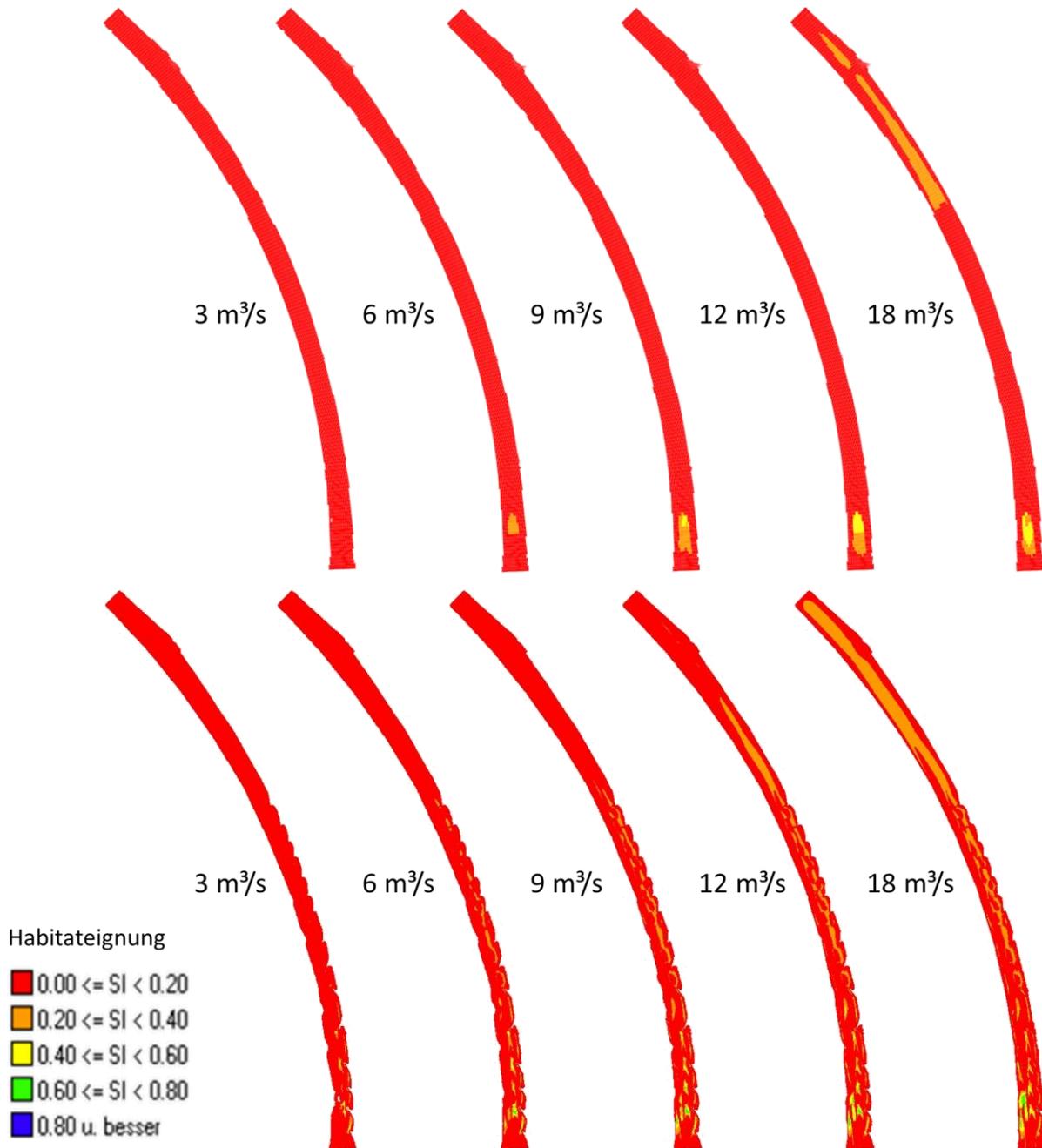


Abbildung 194: Äsche Laichplatz - M33 Habitateignungskarten, Istzustand (oben) und Planzustand (unten), Abfluss 3-18 m³/s

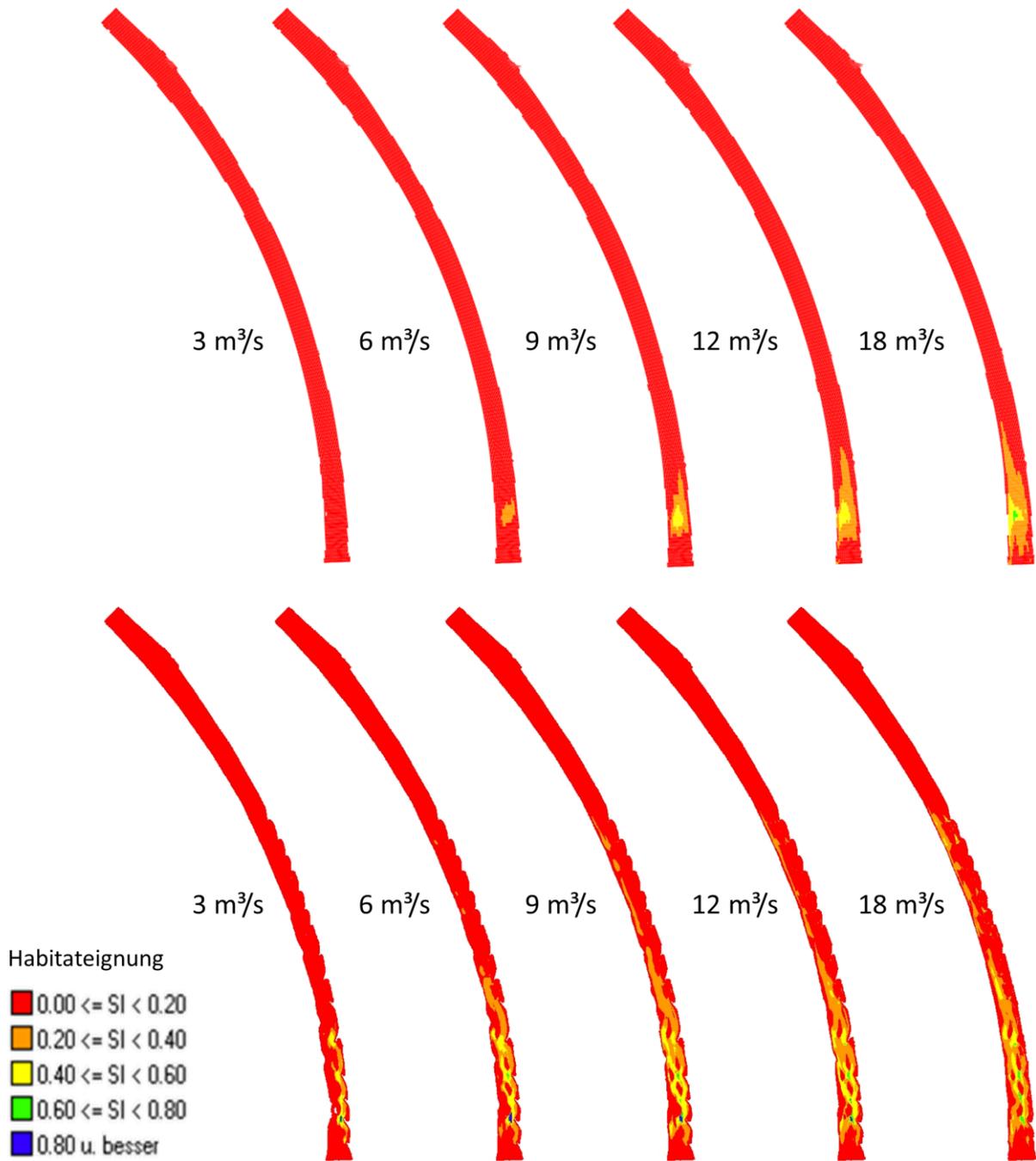


Abbildung 195: Nase Laichplatz - M33 Habitateignungskarten, Istzustand (oben) und Planzustand (unten), Abfluss 3-18 m³/s

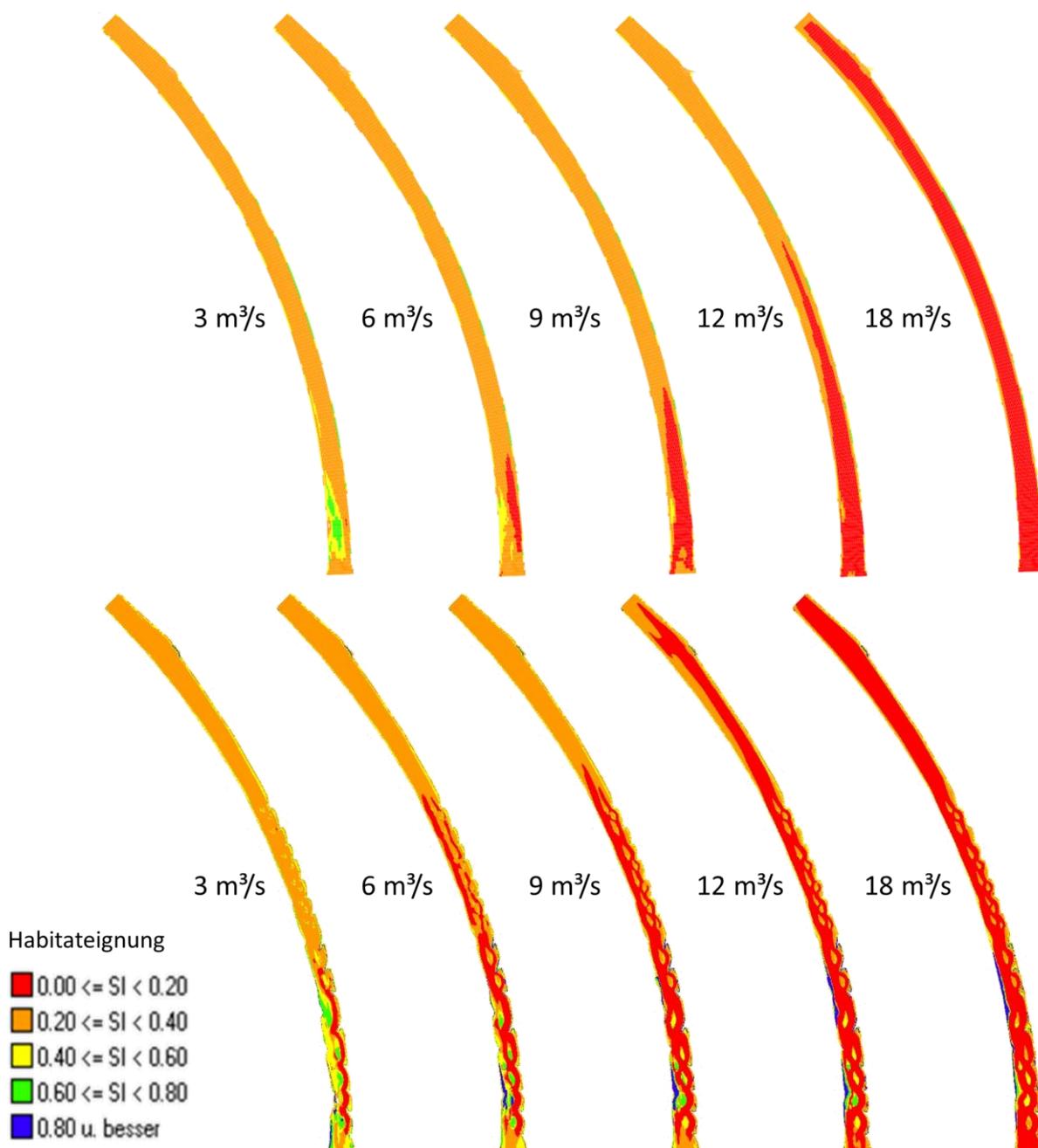


Abbildung 196: Nase juvenil - M33 Habitateignungskarten, Istzustand (oben) und Planzustand (unten), Abfluss 3-18 m³/s

9.2.2 M42 Neuanlage Seitenarm

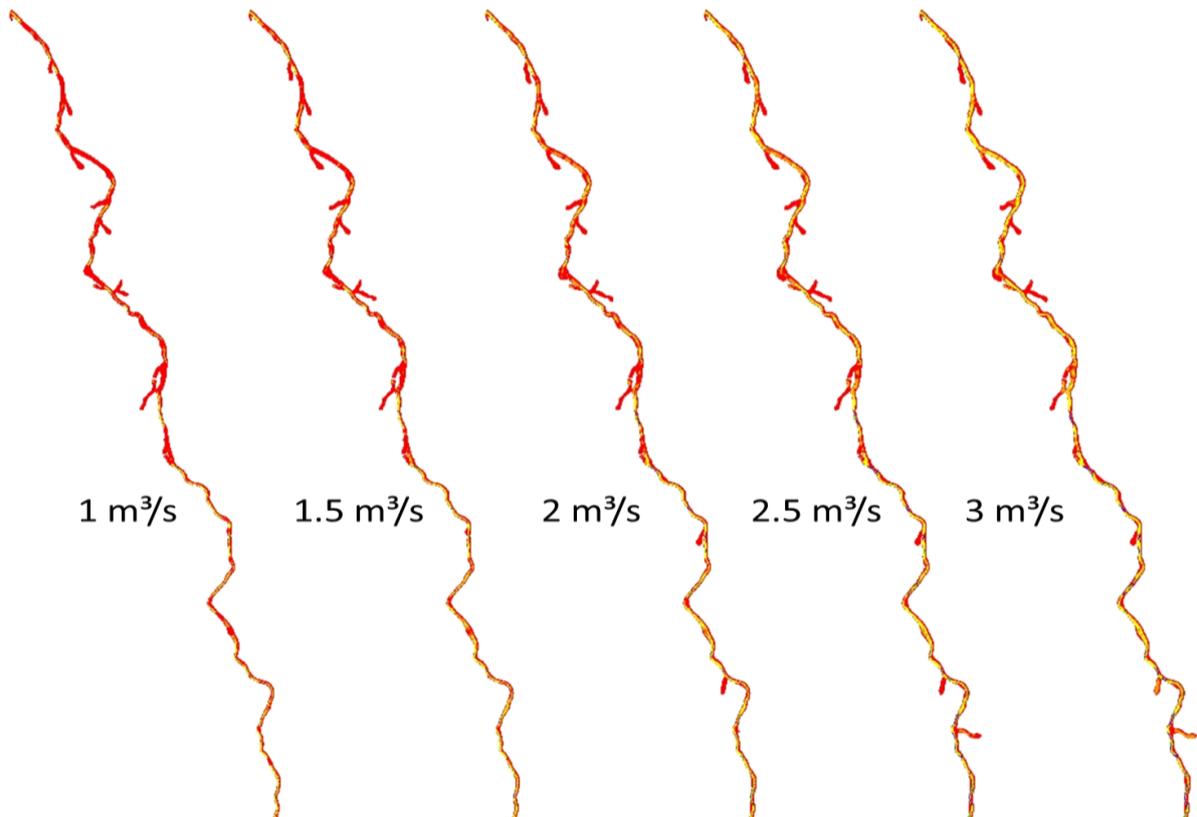


Abbildung 197: **Äsche adult Sommer** - Habitateignungskarten M42, Maßnahmen umgesetzt, Abfluss 3-18 m³/s

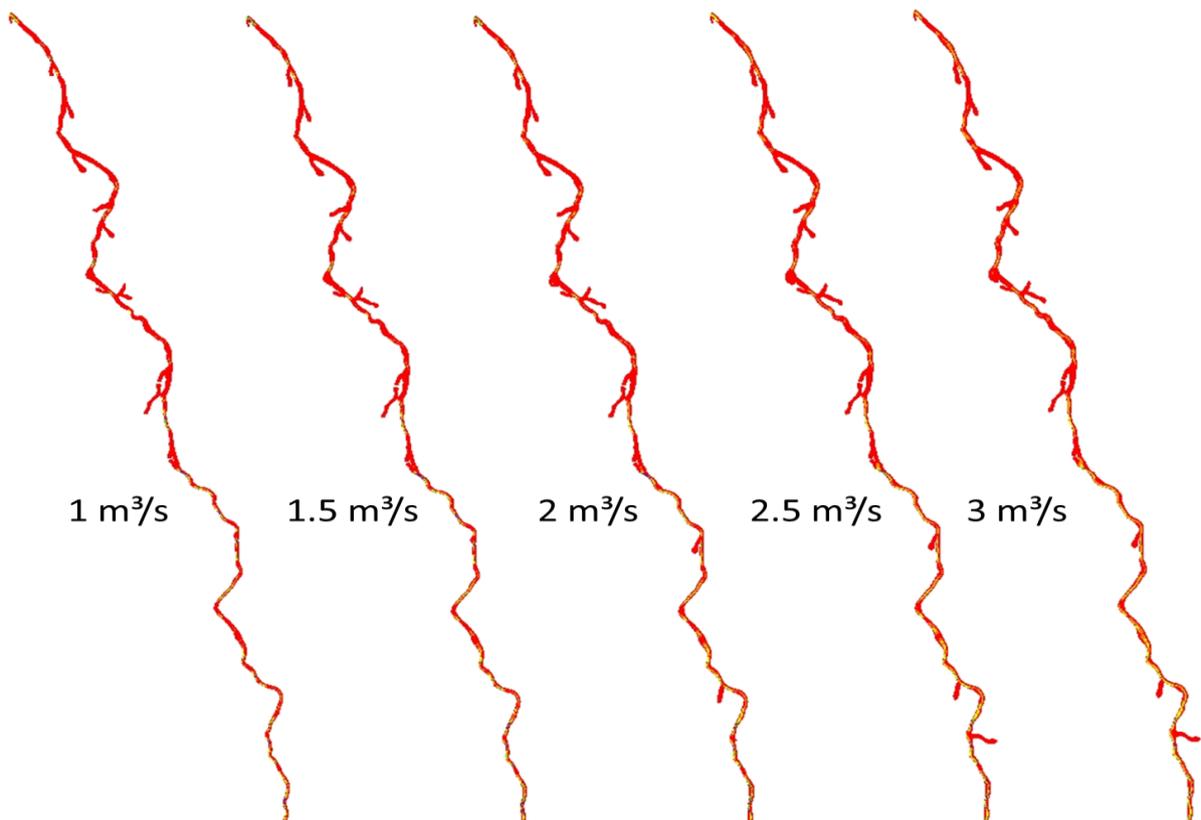


Abbildung 198: **Äsche adult Winter** - Habitateignungskarten M42, Maßnahmen umgesetzt, Abfluss 3-18 m³/s

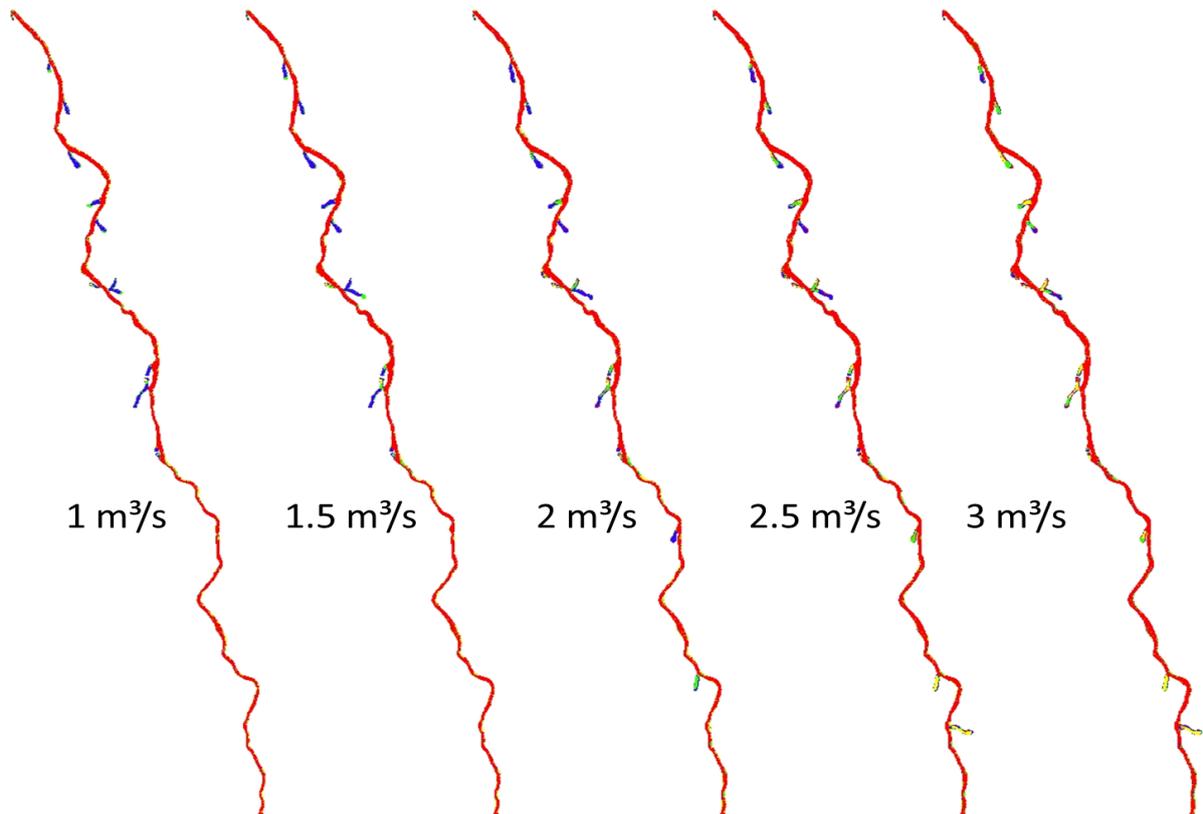


Abbildung 199: **Äsche larval** - Habitateignungskarten M42, Maßnahmen umgesetzt, Abfluss 3-18 m³/s

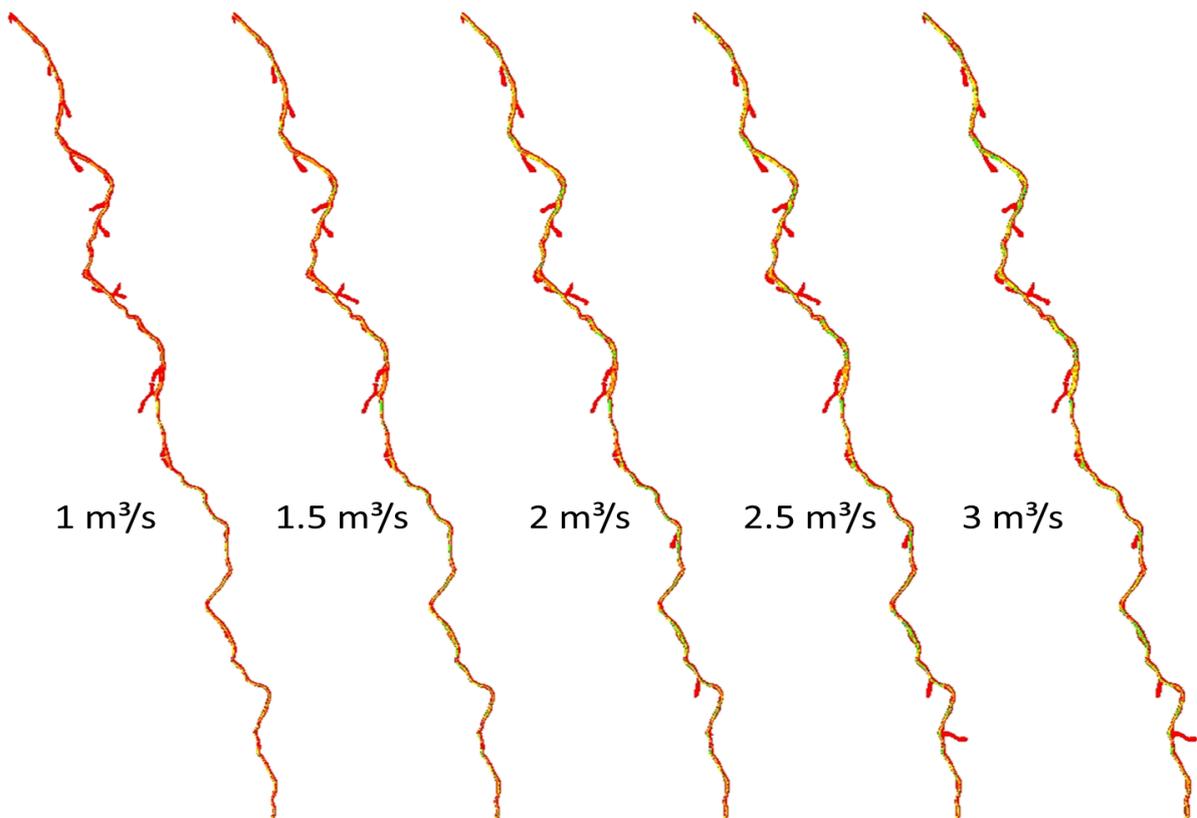


Abbildung 200: **Äsche Laichplatz** - Habitateignungskarten M42, Maßnahmen umgesetzt, Abfluss 3-18 m³/s

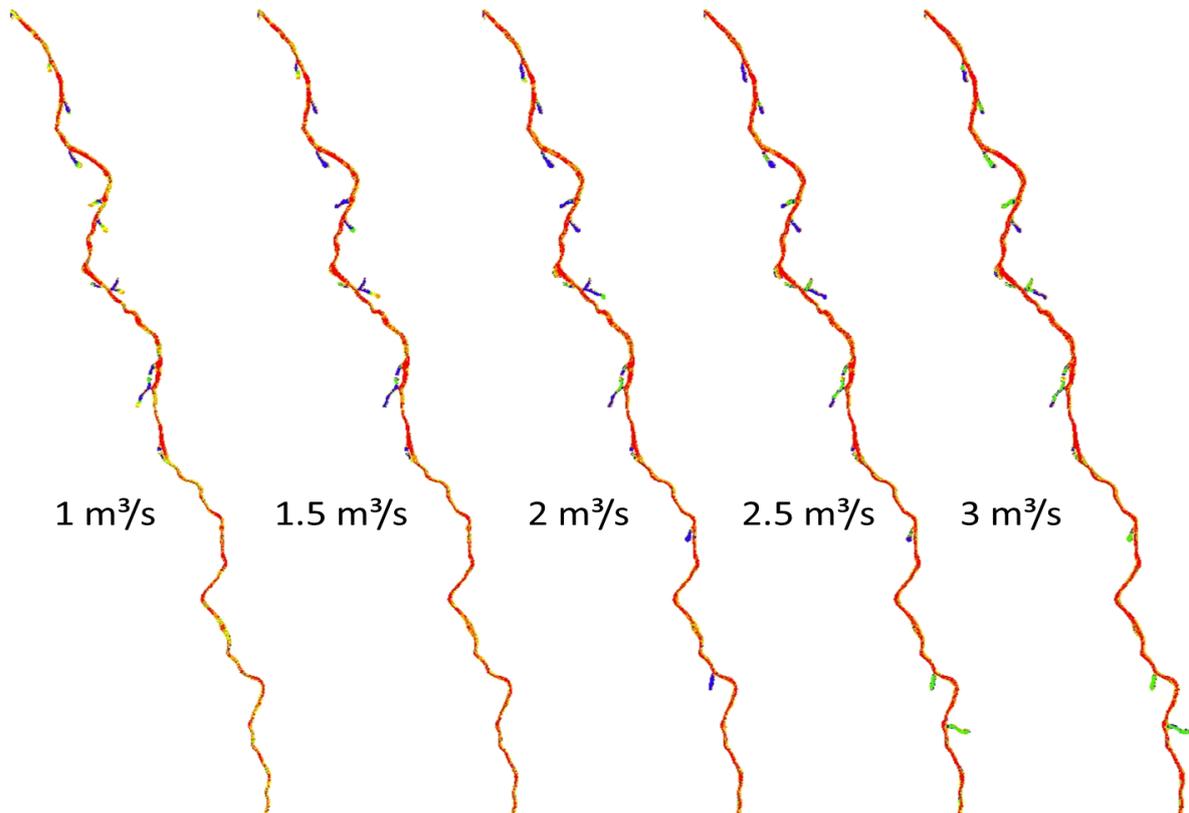


Abbildung 201: Eignungsquadrate Hochwassereinstände :Abbildung 164: **Nase juvenil** - Habitateignungskarten M42, Maßnahmen umgesetzt, Abfluss 3-18 m³/s

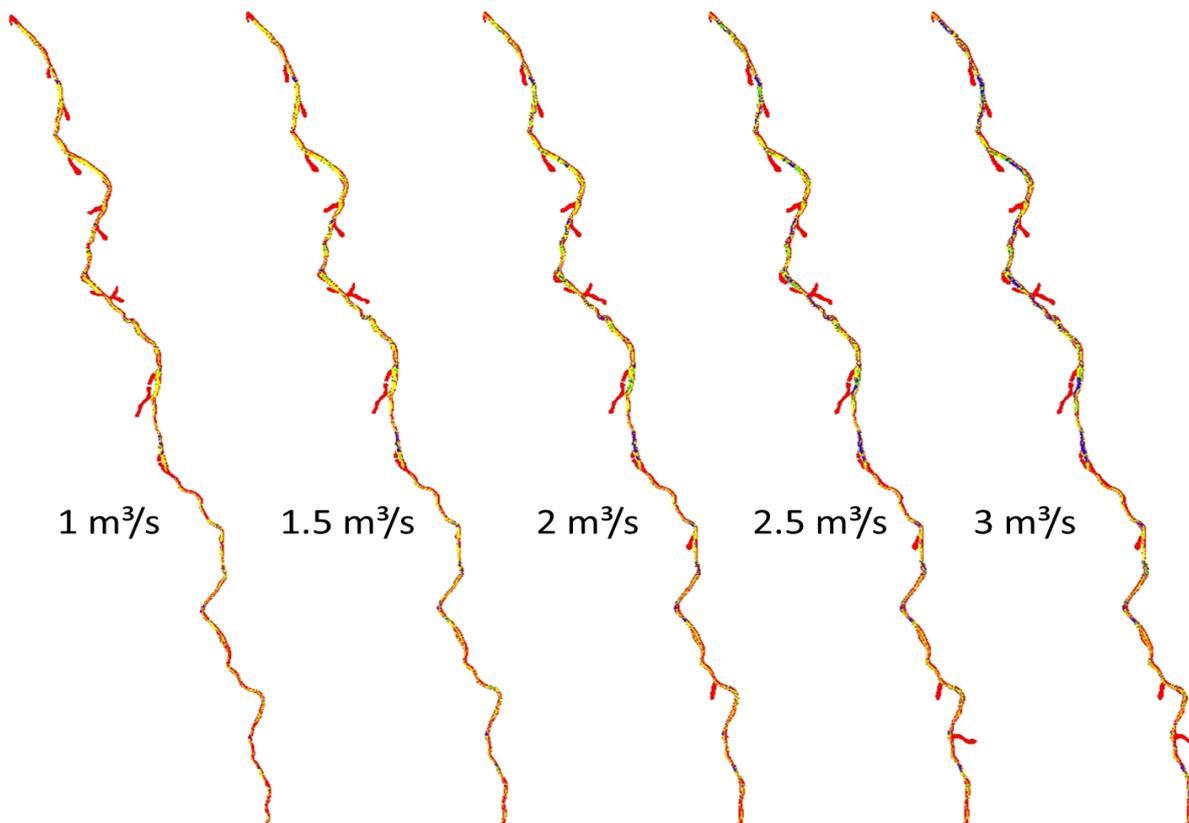


Abbildung 202: **Nase Laichplatz** - Habitateignungskarten M42, Maßnahmen umgesetzt, Abfluss 3-18 m³/s

9.2.3 M46 Aufweitung

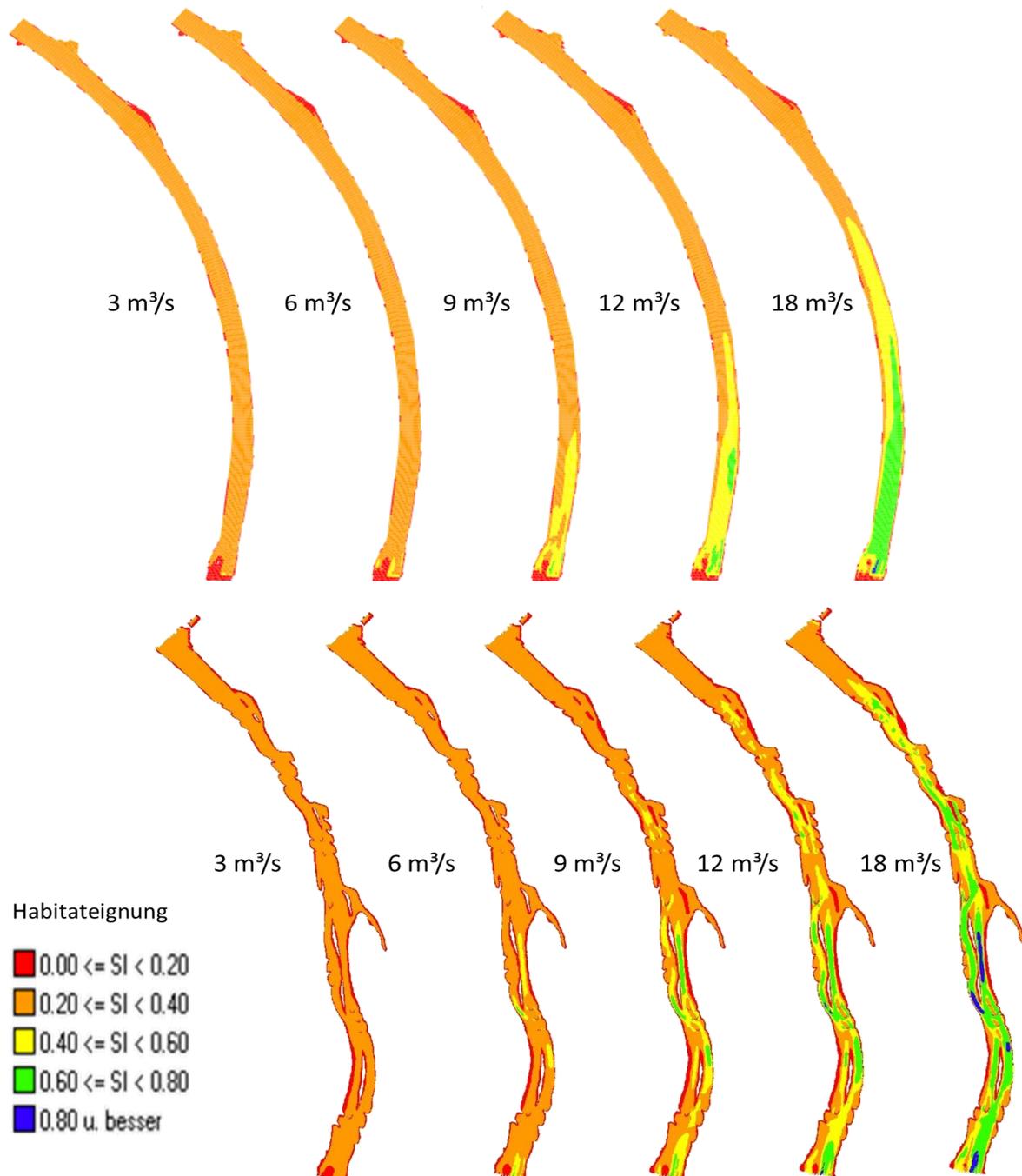


Abbildung 203: Äsche adult Sommer – M46 Habitateignungskarten, Istzustand (oben) und Planzustand (unten), Abfluss 3-18 m³/s

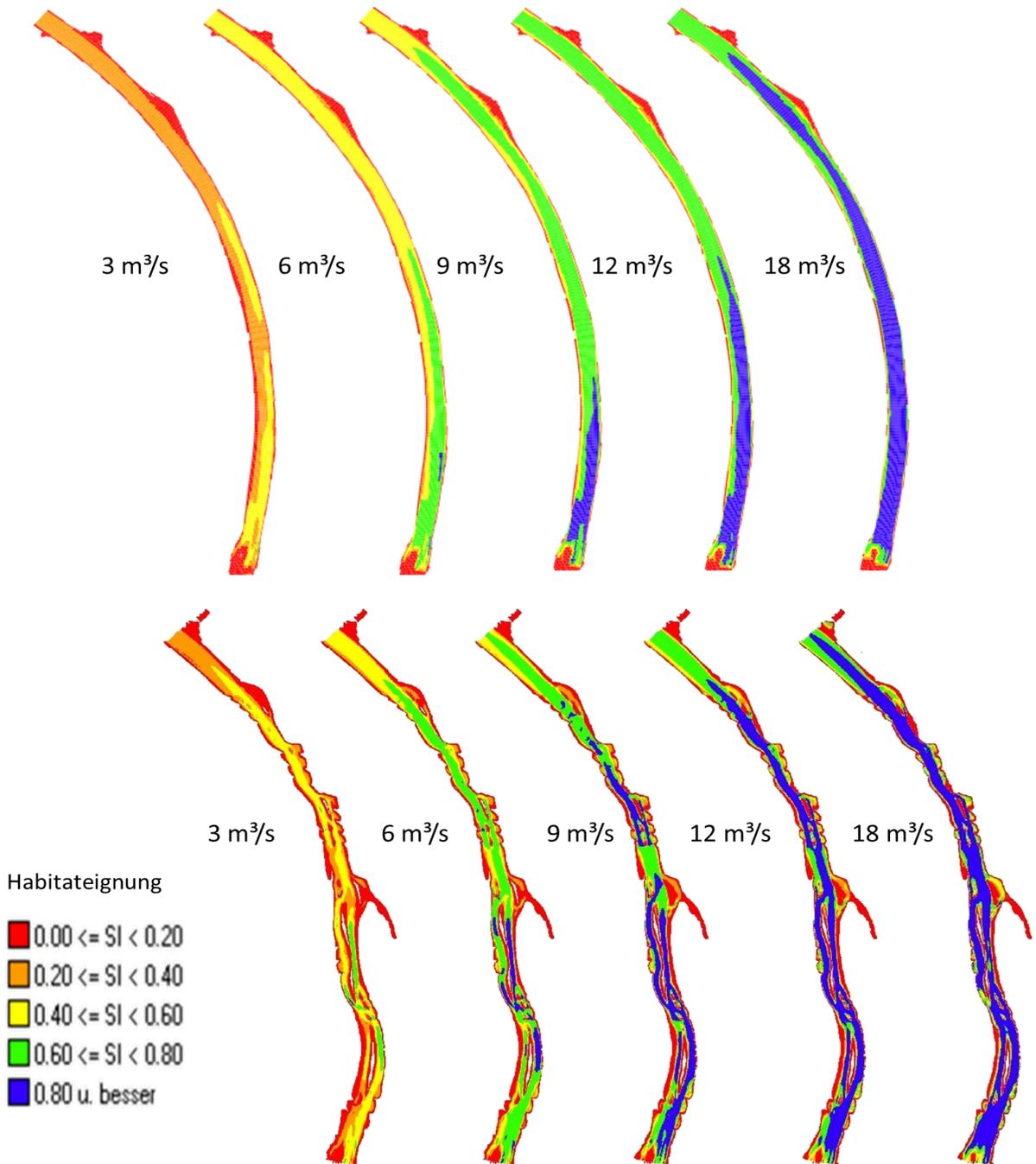


Abbildung 204: Äsche adult Winter - M46 Habitateignungskarten, Istzustand (oben) und Planzustand (unten), Abfluss 3-18 m³/s

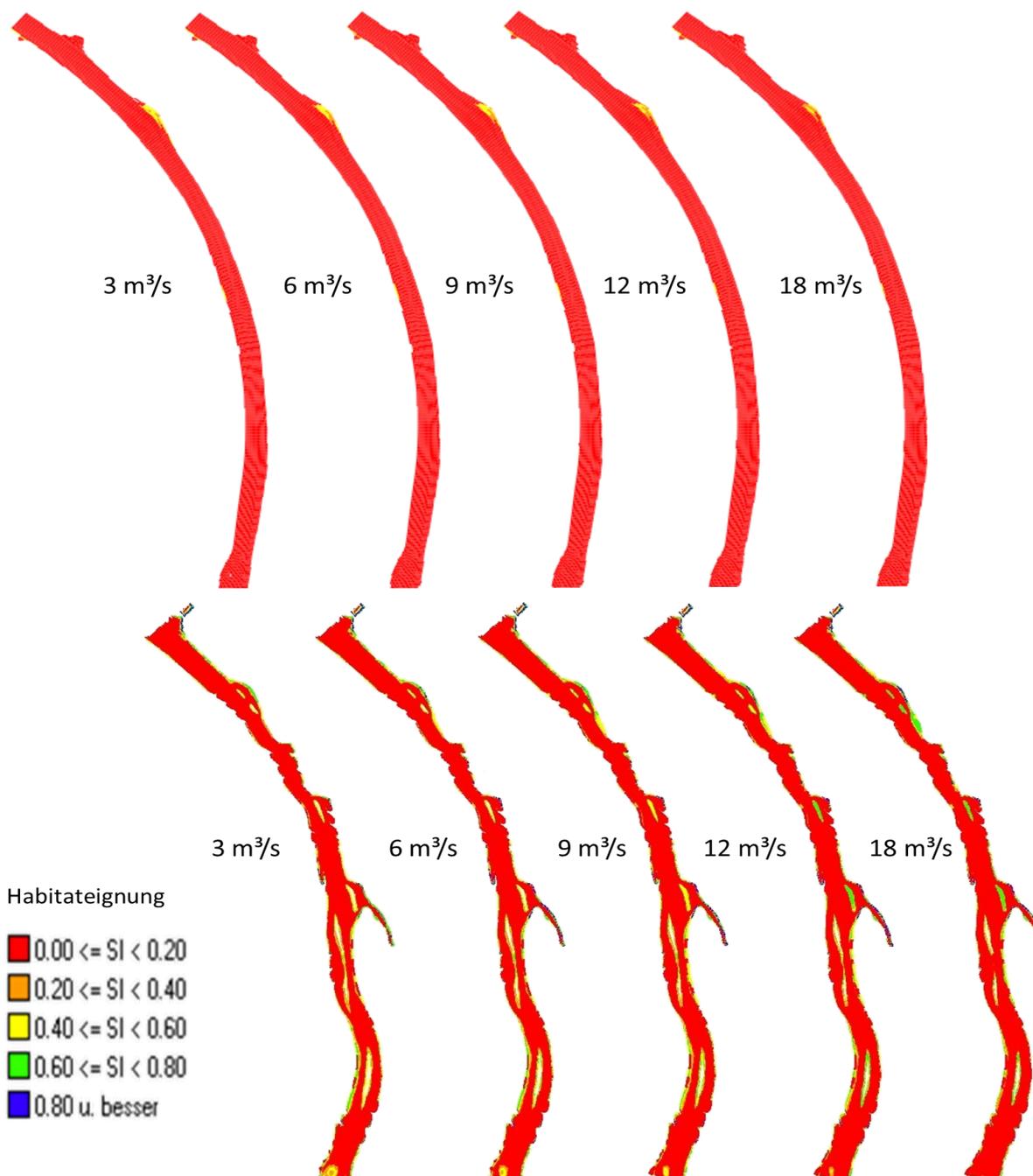


Abbildung 205: Äsche larval - M46 Habitateignungskarten, Istzustand (oben) und Planzustand (unten), Abfluss 3-18 m³/s

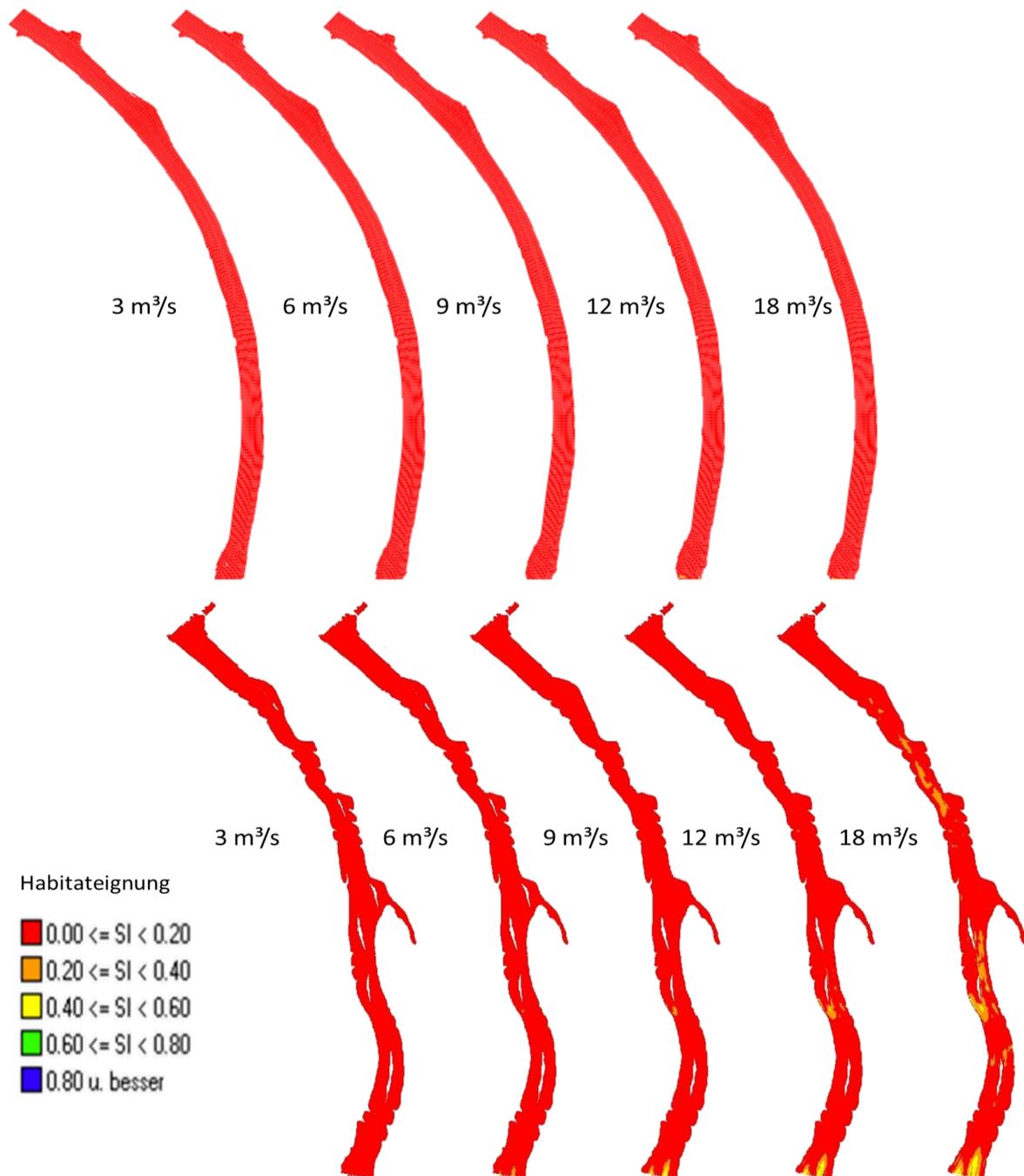


Abbildung 206: **Äsche Laichplatz** - M46 Habitateignungskarten, Istzustand (oben) und Planzustand (unten), Abfluss 3-18 m³/s

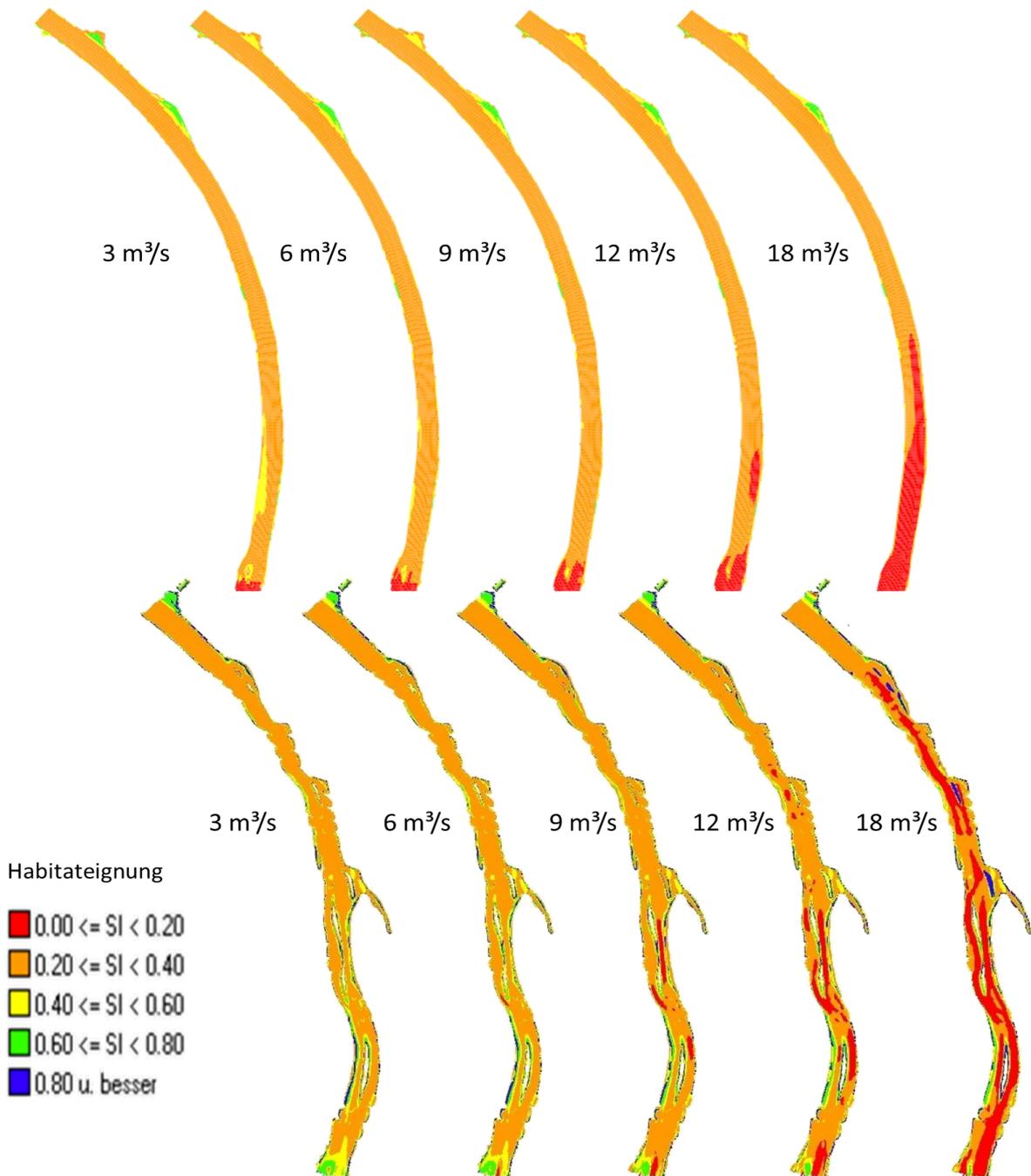


Abbildung 207: **Nase juvenil** - M46 Habitateignungskarten, Istzustand (oben) und Planzustand (unten), Abfluss 3-18 m³/s

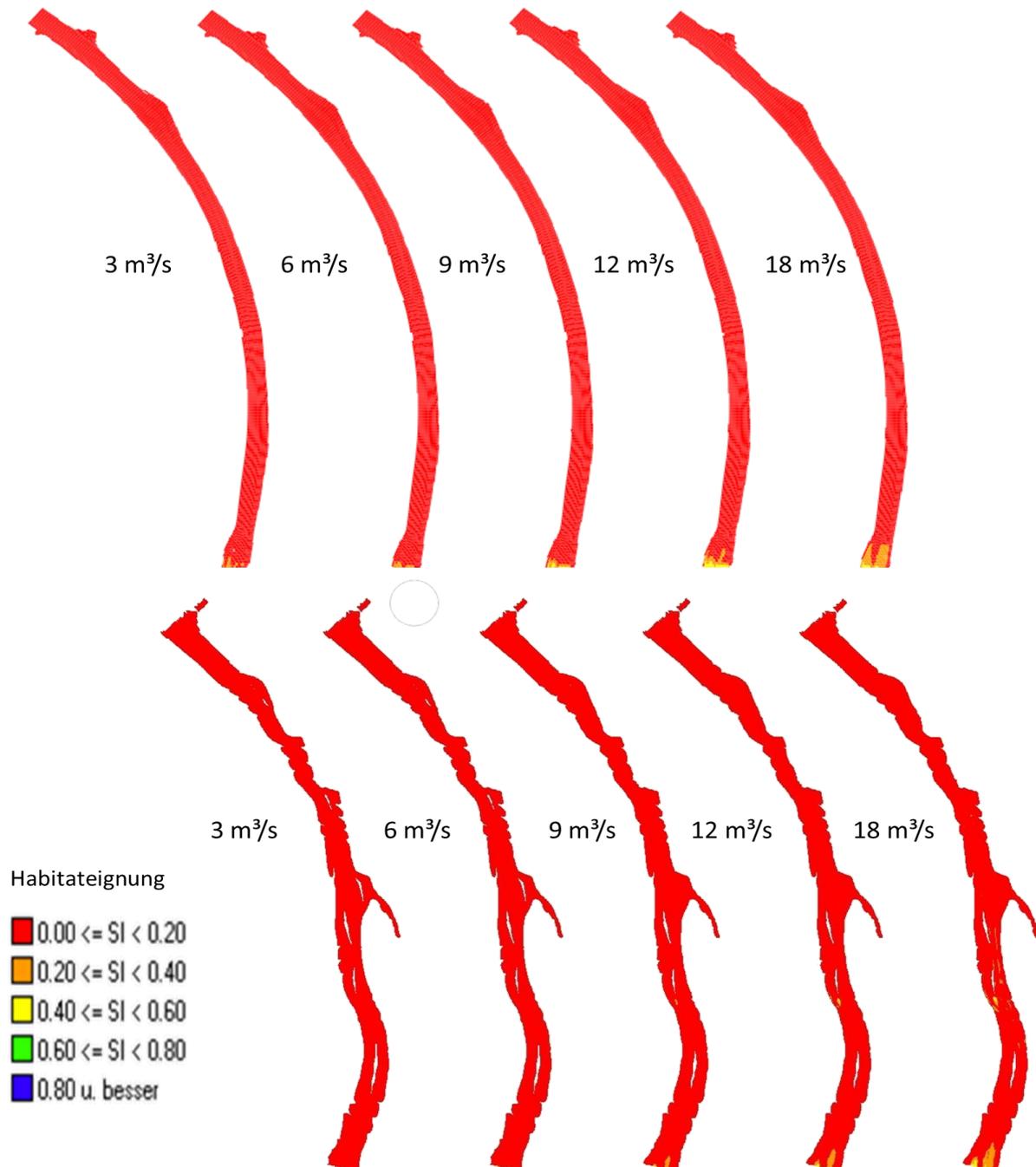


Abbildung 208: **Nase Laichplatz** - M46 Habitateneignungskarten, Istzustand (oben) und Planzustand (unten), Abfluss 3-18 m³/s

9.3 Ergebnisse Hydraulikmodell für die Referenzmaßnahmen

9.3.1 M33 Wehrabsenkung

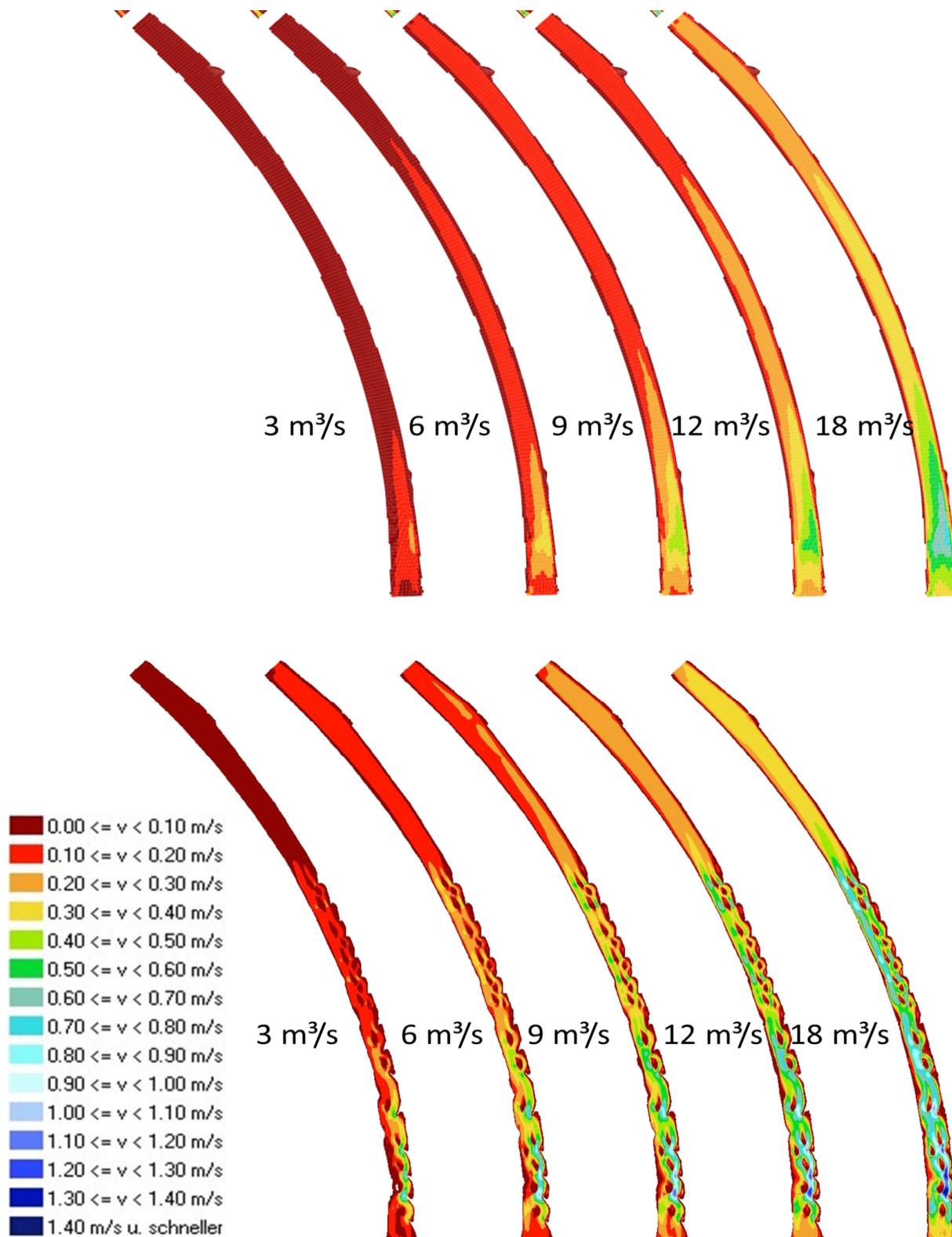


Abbildung 209: Tiefengemittelte Fließgeschwindigkeiten 3-18 m³/s
Istzustand (oben) und mit umgesetzten Maßnahmen (unten) am Standort M33

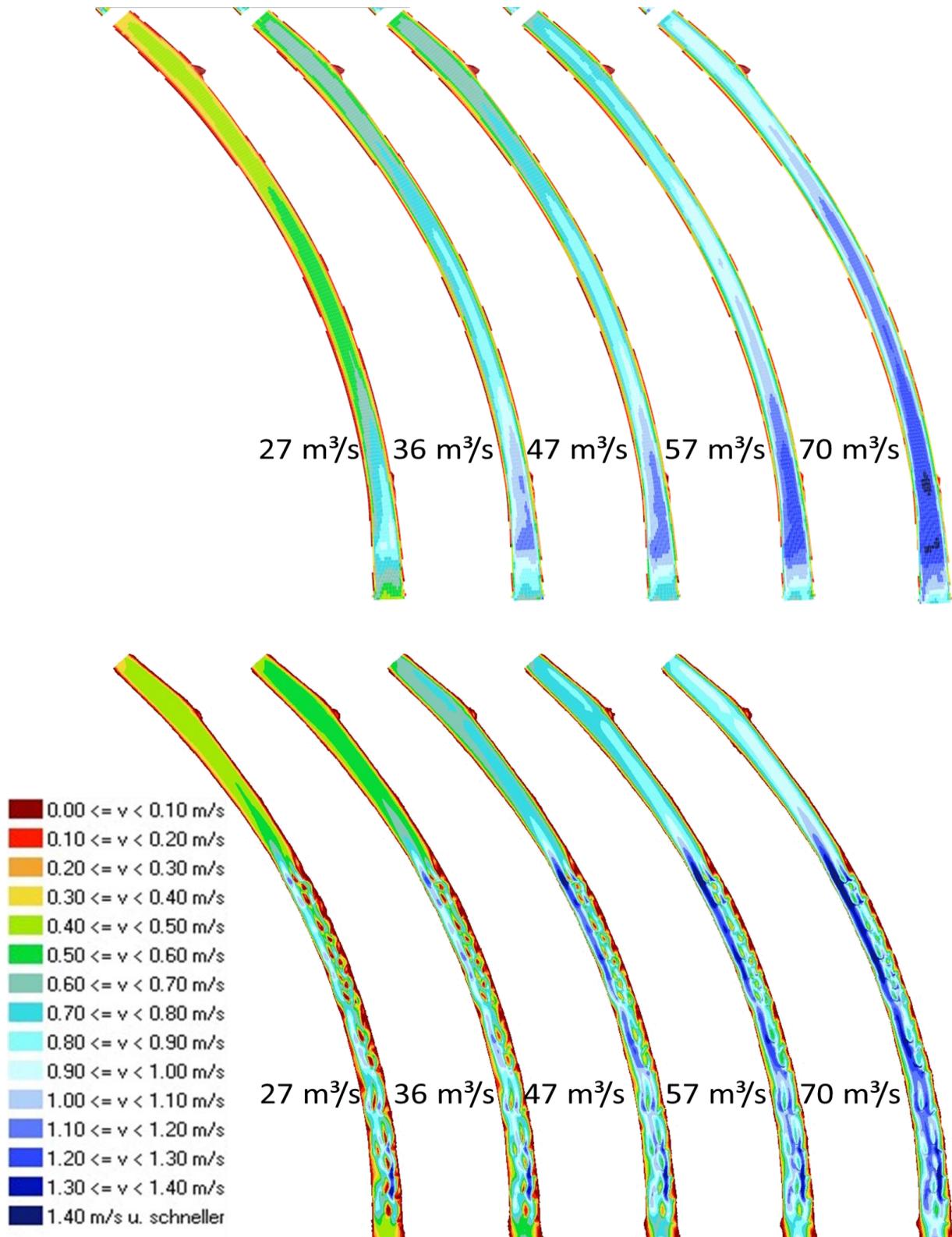


Abbildung 210: **Tiefengemittelte Fließgeschwindigkeiten 27-70 m³/s**
Istzustand (oben) und mit umgesetzten Maßnahmen (unten) am Standort M33

9.3.2 M46 Aufweitung

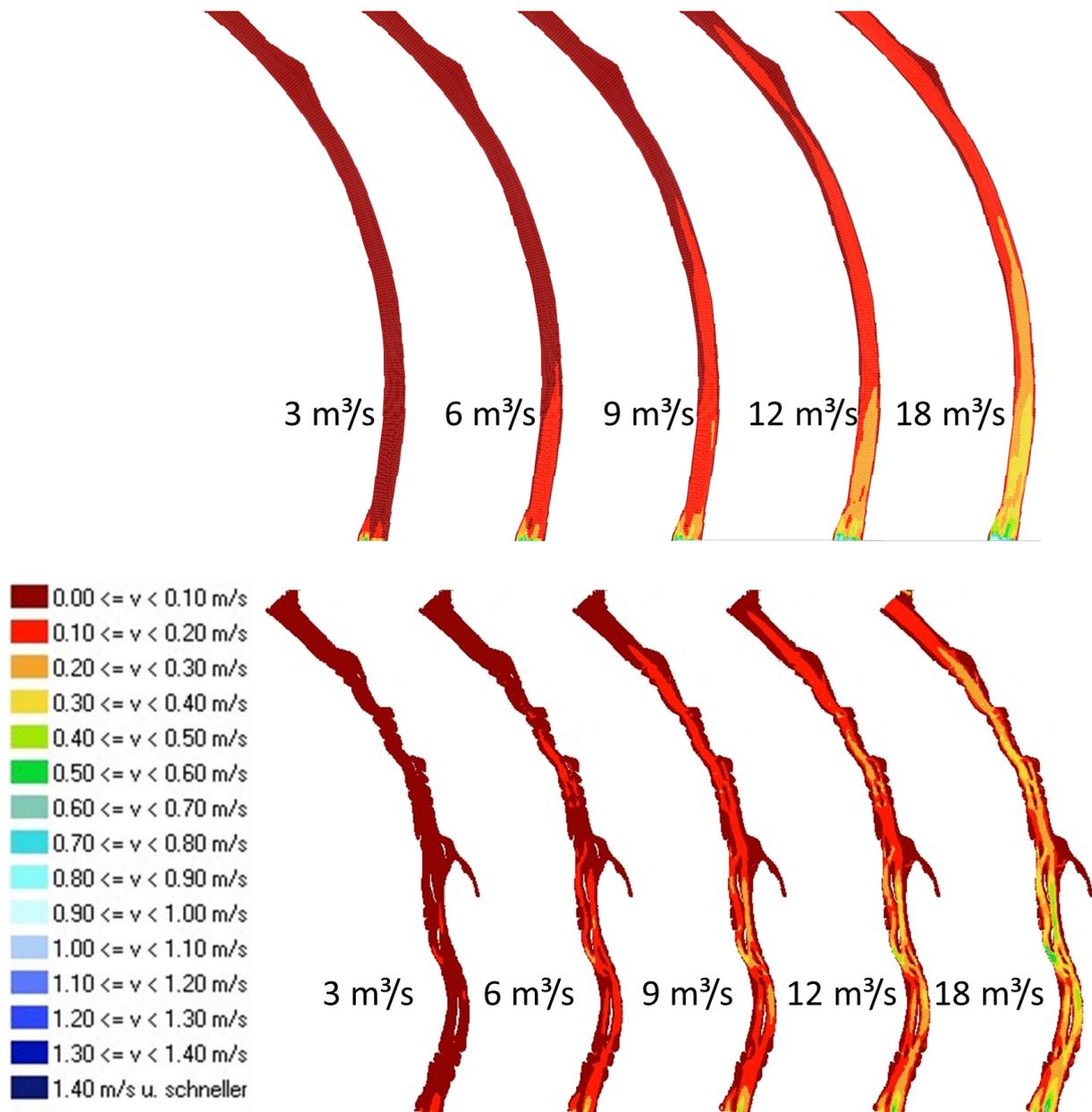


Abbildung 211: Tiefengemittelte Fließgeschwindigkeiten 3-18 m³/s
Istzustand (oben) und mit umgesetzten Maßnahmen (unten) am Standort M46

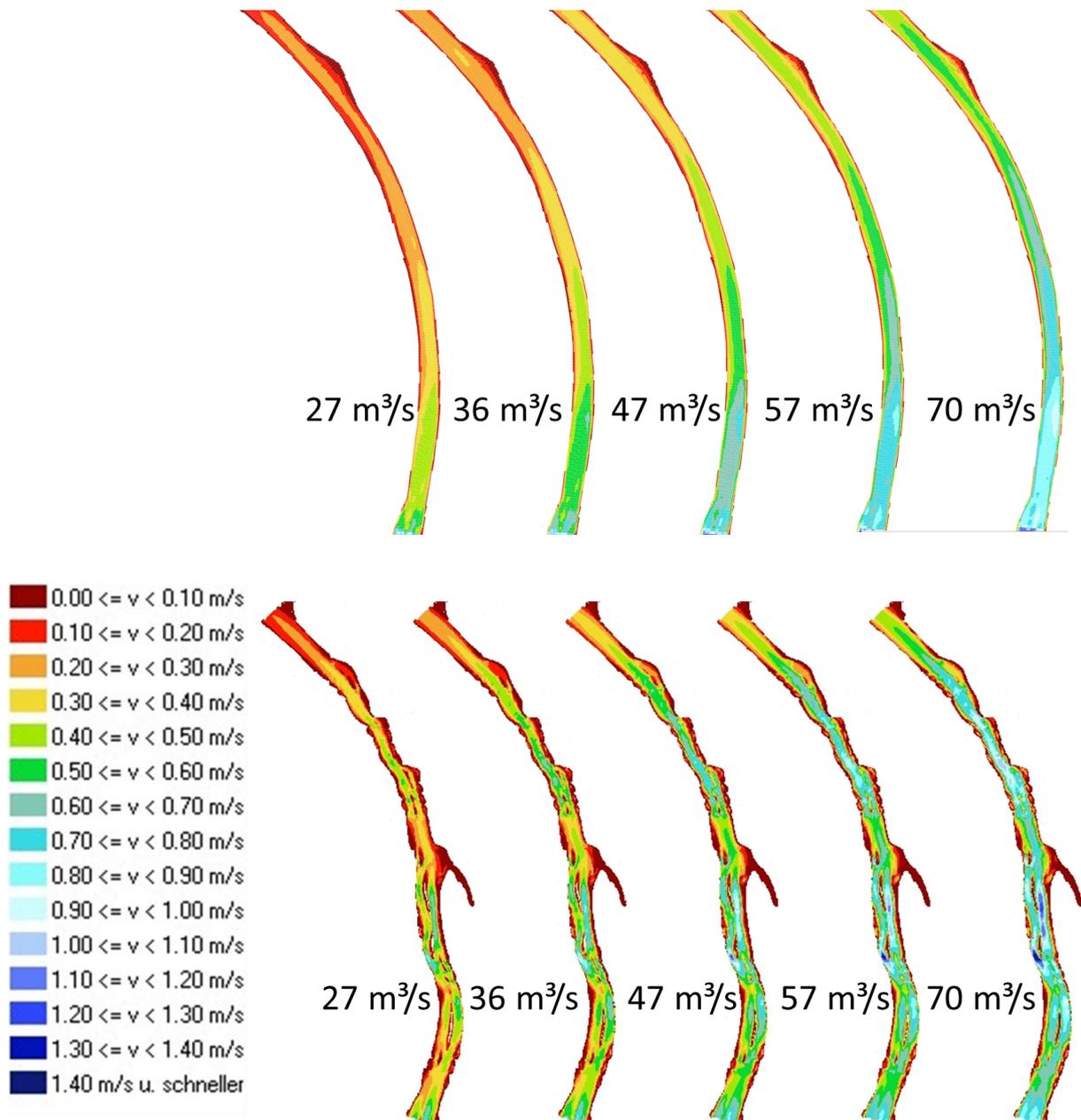


Abbildung 212: **Tiefengemittelte Fließgeschwindigkeiten 27-70 m³/s**
Istzustand (oben) und mit umgesetzten Maßnahmen (unten) am Standort M46

9.4 Maßnahmenbewertung (Übertragbarkeit)

Dazu 1 pdf Anlage 9.4

9.5 Planungen der Referenzmaßnahmen M33, M42 und M46/47

Dazu 4 pdfs Anlage 9.5a bis c

9.6 Kostenrahmen der Referenzmaßnahmen

Dazu 3 pdfs Anlage 8.6a bis c

9.7 Zu den Temperaturmessungen und Sauerstoffmessungen

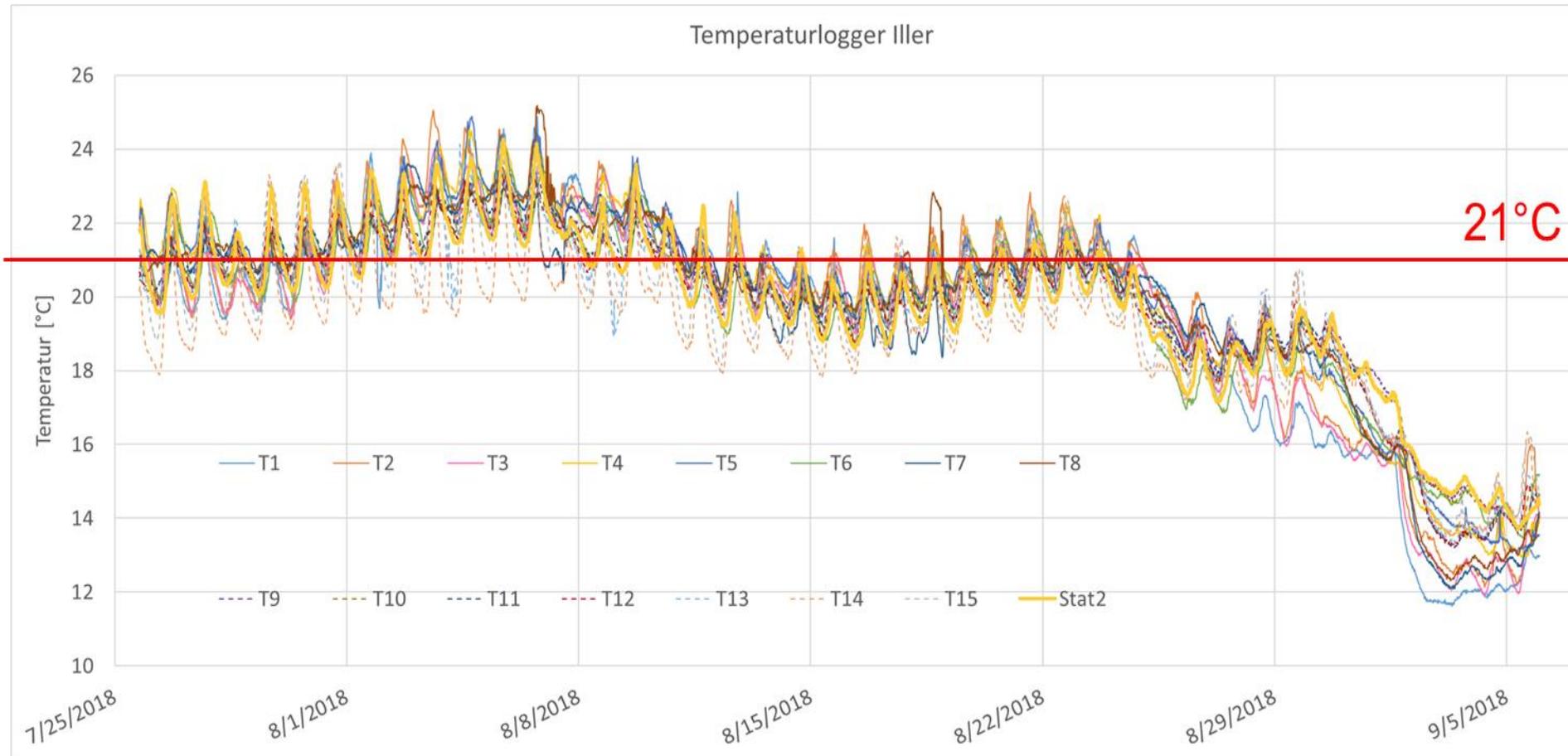


Abbildung 213 Darstellung der 15 min Messwerte der installierten Temperaturlogger in der Sommerphase 2018 (Ende Juli bis Anfang September) mit einer Hitzeperiode in der ersten Augustwoche

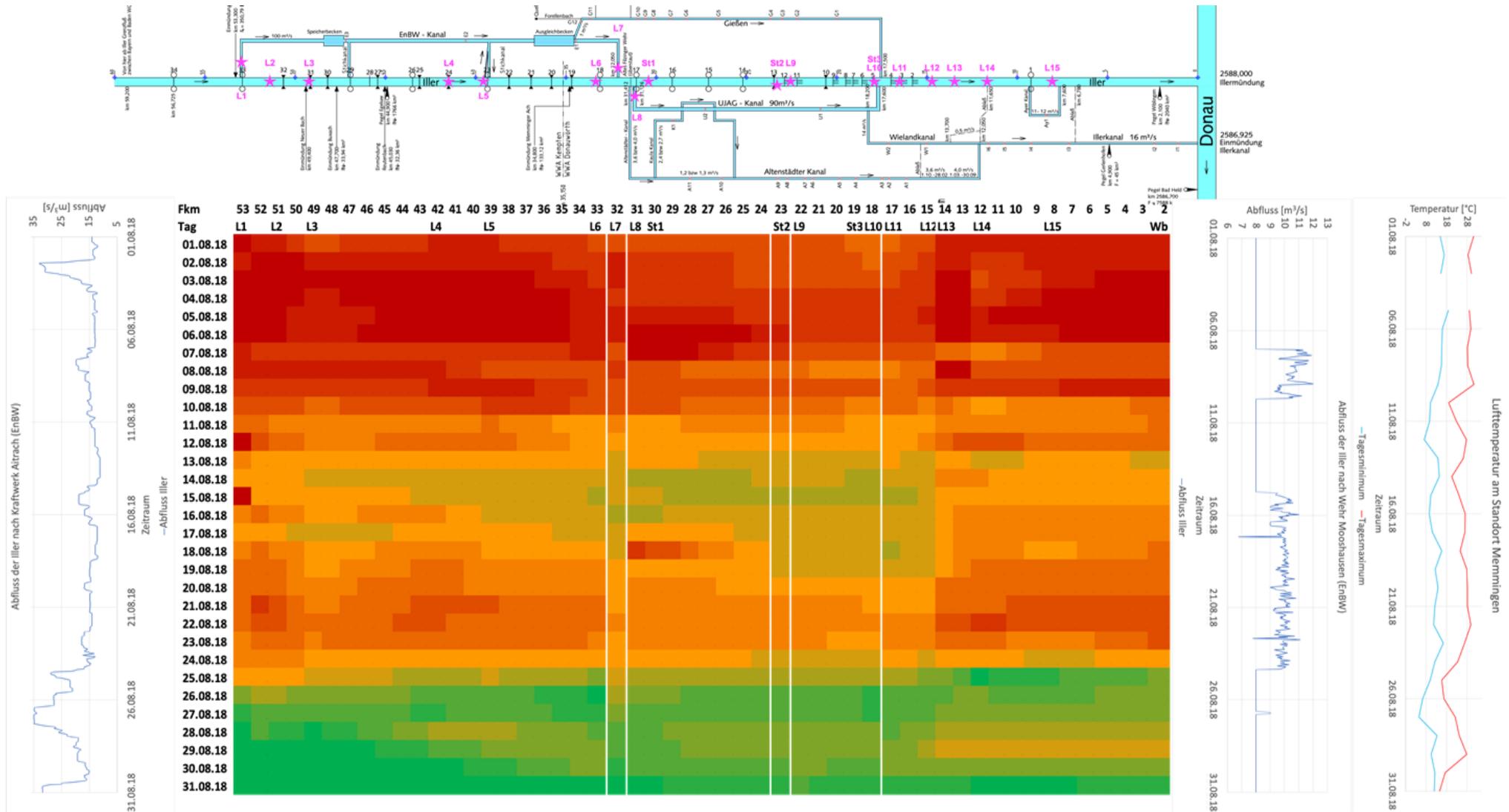


Abbildung 214 Darstellung der täglichen **Maximaltemperaturen** entlang der Iller abgeleitet aus den Messwerten der 18 Messstellen + den Werten Pegel Wiblingen, überlagert mit Lufttemperatur und Abflussganglinien oberhalb Mooshausener Wehr und im EnBW Kanal, Hitzeperiode August 2018

Position	Datum	Uhrzeit	Wassertiefe Bereich	Wassertiefe Probe	Wassertemperatur °C	Sauerstoffkonzentration mg/l	Sauerstoffsättigung %	Luftdruck hPa
T1, Fkm 41,400	02-08-18	19:32	3,2m	0,2m	22.8	8.37	103.3	956
T1, Fkm 41,400	02-08-18	19:34	3,2m	1,5m	22.7	8.34	102.6	956
T1, Fkm 41,400	02-08-18	19:36	3,2m	3,0m	22.7	7.58	93.2	956
T2, Fkm 40,200	02-08-18	19:49	1,8m	0,2m	22.6	8.6	105.6	956
T2, Fkm 40,200	02-08-18	19:50	1,8m	1,0m	22.6	8.51	104.5	956
T2, Fkm 40,200	02-08-18	19:52	1,8m	1,6m	22.6	8.48	104.1	956
T3, Fkm 39,500	02-08-18	20:13	2,7m	0,2m	23.3	9.32	116	956
T3, Fkm 39,500	02-08-18	20:15	2,7m	1,2m	23.2	9.28	115.2	956
T3, Fkm 39,500	02-08-18	20:16	2,7m	2,5m	22.7	9.19	113	956
T4, Fkm 39,200	02-08-18	20:38	0,6m	0,2m	22.7	8.37	102.9	957
T1, Fkm 41,400	03-08-18	05:26	3,2m	0,2m	22.3	8.34	101.8	956
T1, Fkm 41,400	03-08-18	05:28	3,2m	1,5m	22.4	8.31	101.7	956
T1, Fkm 41,400	03-08-18	05:31	3,2m	3,0m	21.8	6.89	83.4	956
T2, Fkm 40,200	03-08-18	05:45	1,8m	0,2m	22.2	8.13	99	956
T2, Fkm 40,200	03-08-18	05:46	1,8m	1,0m	22.2	8.11	98.8	956
T2, Fkm 40,200	03-08-18	05:48	1,8m	1,6m	22.2	7.06	86	956
T3, Fkm 39,500	03-08-18	06:07	2,7m	0,2m	22.2	7.8	94.9	956
T3, Fkm 39,500	03-08-18	06:08	2,7m	1,2m	22.2	7.78	94.8	956
T3, Fkm 39,500	03-08-18	06:09	2,7m	2,5m	22.2	7.74	94.4	956
T4, Fkm 39,200	03-08-18	06:40	0,6m	0,2m	21.6	8.46	101.9	957
T1, Fkm 41,400	03-08-18	15:32	3,2m	0,2m	23.2	8.52	106	954
T1, Fkm 41,400	03-08-18	15:33	3,2m	1,5m	23	8.56	106.2	954
T1, Fkm 41,400	03-08-18	15:35	3,2m	3,0m	23	8.58	106.4	955
T2, Fkm 40,200	03-08-18	15:46	1,8m	0,2m	23.2	9.11	113.1	955
T2, Fkm 40,200	03-08-18	15:47	1,8m	1,0m	22.6	9.17	112.8	955
T2, Fkm 40,200	03-08-18	15:48	1,8m	1,6m	22.6	9.27	114	955
T3, Fkm 39,500	03-08-18	16:08	2,7m	0,2m	24.2	9.7	116.5	955
T3, Fkm 39,500	03-08-18	16:09	2,7m	1,2m	23.1	10.21	126.8	955
T3, Fkm 39,500	03-08-18	16:11	2,7m	2,5m	22.8	9.98	123.1	955
T4, Fkm 39,200	03-08-18	14:47	0,6m	0,2m	23.5	8.36	104.5	955



Messung 02. & 03.08.2018:

Tiefstwert O₂: 7,06 mg/l bei 22,2°C

Höchstwert O₂: 10,21 mg/l bei 23,1 °C

Abbildung 215 Ergebnisse der lokalen Messungen am heißen Sommertag 3.8.2018 im Stau oberhalb der Rampe bei Fkm 39.400

9.8 Abschätzung der morphologischen Eigendynamik der Iller

Tabelle 31: Abschätzung der morphologischen Eigendynamik nach Scherle (1999)

Eigendynamik Breitenvariation

Entwicklungsfreudigkeit	P[W/m²]
ideal	>100
gut	35<P<100
eher gering	10<P<35
vernachlässigbar	<10

Abschätzung der Eigendynamik nach Scherle (1999) Strömungsleistung (Specific Stream Power) P [W/m²]

Parameter: Durchfluss Q [m³/s], Gefälle J [], Sohlbreite B [m]

Gefälle

Mittl. Gefälle (ohne Querbauwerke)	0.00214
Mittl. Bereichsgefälle (WSP - US)	0.00090
Mittl. Bereichsgefälle (WSP - OS)	0.00200

Sohlbreite B [m]	40	50	60	70	80
Gefälle J []	0.00214	0.00214	0.00214	0.00214	0.00214
	IST	Aufw. 1	Aufw. 2	Aufw. 3	Aufw. 4
NQ	4	3	2	2	2
MNQ	5	4	4	3	3
MQ	24	19	16	14	12
0.5.HQ2	100	80	66	57	50
HQ2	199	160	133	114	100
HQ10	270	216	180	154	135
HQ20	302	241	201	172	151
HQ50	346	277	231	198	173
HQ100	383	306	255	219	192

Sohlbreite B [m]	40	50	60	70	80
Gefälle J []	0.00090	0.00090	0.00090	0.00090	0.00090
	IST	Aufw. 1	Aufw. 2	Aufw. 3	Aufw. 4
NQ	1	1	1	1	1
MNQ	2	2	1	1	1
MQ	10	8	7	6	5
0.5.HQ2	42	34	28	24	21
HQ2	84	67	56	48	42
HQ10	114	91	76	65	57
HQ20	127	102	85	73	63
HQ50	146	117	97	83	73
HQ100	161	129	107	92	81

Sohlbreite B [m]	40	50	60	70	80
Gefälle J []	0.00200	0.00200	0.00200	0.00200	0.00200
	IST	Aufw. 1	Aufw. 2	Aufw. 3	Aufw. 4
NQ	3	3	2	2	2
MNQ	5	4	3	3	2
MQ	22	18	15	13	11
0.5.HQ2	93	75	62	53	47
HQ2	186	149	124	106	93
HQ10	253	202	168	144	126
HQ20	282	226	188	161	141
HQ50	324	259	216	185	162
HQ100	358	286	239	205	179

9.9 Flächenanteile der Struktur-/Habitattypen in den FWK

Tabelle 32: Gute Habitatflächen (SI >= 0,6) in m² und relativer Anteil an der gesamten benetzten Fläche, **FWK 1_F005_BW**

1F005 BW	Zielwert GÖZ	Status Quo					Planzustand				
		Q [m ³ /s]					Q [m ³ /s]				
		3	6	9	12	18	5	8	11	14	20
Strukturtyp 1: flache, strömungsarme Uferbereiche (z.B. Äsche Larve)		5,814	5,276	4,042	3,168	2,495	49,912	49,606	49,697	49,923	49,554
Anteil an Gesamtfläche des FWK	5%	0.8%	0.7%	0.5%	0.4%	0.3%	6.1%	5.9%	5.7%	5.7%	5.5%
Strukturtyp 2: flach abfallende, angeströmte Hänge (z.B. Nase juvenil)		85,142	53,746	38,603	30,745	18,784	169,776	142,389	130,863	121,852	104,300
Anteil an Gesamtfläche des FWK	7.5%	11.3%	6.8%	4.7%	3.7%	2.2%	20.9%	16.8%	15.1%	13.9%	11.6%
Strukturtyp 3: überströmte Kiesflächen (z.B. Äsche laichend)		4,130	20,456	27,316	26,613	21,309	15,370	25,728	27,934	27,160	25,120
Anteil an Gesamtfläche des FWK	5%	0.5%	2.6%	3.3%	3.2%	2.5%	1.9%	3.0%	3.2%	3.1%	2.8%
Strukturtyp 4: stark überströmte Furten (z.B. Nase laichend)		1,339	8,612	20,142	47,207	159,652	10,783	35,957	88,816	165,934	333,500
Anteil an Gesamtfläche des FWK	2.5%	0.2%	1.1%	2.45%	5.6%	18.7%	1.3%	4.2%	10.3%	18.9%	37.2%
Strukturtyp 5: Fließrinnen (z.B. Äsche adult Sommer)		3,329	13,294	31,620	62,160	130,144	32,851	85,345	175,254	245,744	340,654
Anteil an Gesamtfläche des FWK	10%	0.4%	1.7%	3.8%	7.4%	15.2%	4.0%	10.1%	20.2%	28.0%	38.0%
Strukturtyp 6: ausgedehnte Kolke (z.B. Äsche adult Winter)		25,256	96,829	150,940	167,698	171,963	238,999	370,150	423,547	439,770	453,215
Anteil an Gesamtfläche des FWK	1%	3.4%	12.2%	18.4%	20.1%	20.1%	29.4%	43.7%	48.9%	50.1%	50.6%

< 25% des Zielwerts
25 bis < 50% des Zielwerts
50 bis < 75% des Zielwerts
75 bis < 100% des Zielwerts
> 100 % des Zielwerts

Tabelle 33: Gute Habitatflächen (SI >= 0,6) in m² und relativer Anteil an der gesamten benetzten Fläche, **FWK 1_F010**

1F010	Status Quo						Planzustand				
	GÖP	Q [m ³ /s]					Q [m ³ /s]				
		3	6	9	12	18	5	8	11	14	20
Strukturtyp 1: flache, strömungsarme Uferbereiche (z.B. Äsche Larve)		294	462	365	326	83	12,247	12,457	13,038	13,384	12,901
Anteil an Gesamtfläche des FWK	2.5%	0.1%	0.2%	0.1%	0.1%	0.0%	3.9%	4.0%	4.1%	4.2%	4.0%
Strukturtyp 2: flach abfallende, angeströmte Hänge (z.B. Nase juvenil)		5,026	3,923	3,568	3,489	2,889	24,995	24,113	23,794	23,586	22,757
Anteil an Gesamtfläche des FWK	3.75%	1.9%	1.5%	1.3%	1.3%	1.1%	8.0%	7.7%	7.5%	7.4%	7.1%
Strukturtyp 3: überströmte Kiesflächen (z.B. Äsche laichend)		0	0	0	0	0	1,671	1,671	1,691	1,706	1,701
Anteil an Gesamtfläche des FWK	2.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.5%	0.5%	0.5%	0.5%
Strukturtyp 4: stark überströmte Furten (z.B. Nase laichend)		0	0	346	567	600	1,540	1,771	2,033	2,118	2,202
Anteil an Gesamtfläche des FWK	1.25%	0.0%	0.0%	0.1%	0.2%	0.2%	0.5%	0.6%	0.6%	0.7%	0.7%
Strukturtyp 5: Fließrinnen (z.B. Äsche adult Sommer)		5	191	783	2,530	13,616	994	4,958	17,036	46,013	116,141
Anteil an Gesamtfläche des FWK	5%	0.0%	0.1%	0.3%	0.9%	4.99%	0.3%	1.6%	5.4%	14.5%	32.7%
Strukturtyp 6: ausgedehnte Kolke (z.B. Äsche adult Winter)		5,769	97,316	167,851	192,763	208,598	101,677	197,735	248,520	262,132	271,318
Anteil an Gesamtfläche des FWK	0.5%	2.2%	36.3%	62.3%	71.2%	76.5%	32.5%	62.8%	78.6%	82.5%	84.9%

< 25% des Zielwerts
25 bis < 50% des Zielwerts
50 bis < 75% des Zielwerts
75 bis < 100% des Zielwerts
> 100 % des Zielwerts

Tabelle 34: Gute Habitatflächen (SI >= 0,6) in m² und relativer Anteil an der gesamten benetzten Fläche, **FWK 1_F009_BW**

1F009 BW	Status Quo						Planzustand				
	GÖP	Q [m ³ /s]					Q [m ³ /s]				
		3	6	9	12	18	5	8	11	14	20
Strukturtyp 1: flache, strömungsarme Uferbereiche (z.B. Äsche Larve)		92	50	59	292	414	44,716	46,236	48,745	49,669	46,269
Anteil an Gesamtfläche des FWK	2.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.8%	2.9%	3.0%	3.0%	2.8%
Strukturtyp 2: flach abfallende, angeströmte Hänge (z.B. Nase juvenil)		28,186	17,774	13,124	12,375	11,008	105,260	92,866	88,827	87,845	82,886
Anteil an Gesamtfläche des FWK	3.75%	2.0%	1.2%	0.9%	0.8%	0.7%	6.5%	5.7%	5.5%	5.4%	5.0%
Strukturtyp 3: überströmte Kiesflächen (z.B. Äsche laichend)		62	181	237	409	487	19,440	20,036	20,706	21,251	22,020
Anteil an Gesamtfläche des FWK	2.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.2%	1.2%	1.3%	1.3%	1.3%
Strukturtyp 4: stark überströmte Furten (z.B. Nase laichend)		1,170	3,580	5,209	7,524	8,943	21,114	23,559	25,909	27,387	29,232
Anteil an Gesamtfläche des FWK	1.25%	0.1%	0.2%	0.4%	0.5%	0.6%	1.3%	1.5%	1.6%	1.7%	1.8%
Strukturtyp 5: Fließrinnen (z.B. Äsche adult Sommer)		383	4,521	14,607	28,196	85,332	36,239	118,268	255,345	423,712	732,335
Anteil an Gesamtfläche des FWK	5%	0.0%	0.3%	1.0%	1.9%	5.8%	2.3%	6.6%	12.6%	20.7%	31.0%
Strukturtyp 6: ausgedehnte Kolke (z.B. Äsche adult Winter)		74,609	434,939	771,740	1,018,916	1,159,772	484,106	863,146	1,118,517	1,268,236	1,379,170
Anteil an Gesamtfläche des FWK	0.5%	5.2%	30.1%	53.1%	69.8%	78.6%	30.1%	53.4%	68.7%	77.6%	83.5%

< 25% des Zielwerts
25 bis < 50% des Zielwerts
50 bis < 75% des Zielwerts
75 bis < 100% des Zielwerts
> 100 % des Zielwerts

