



Bayerisches Landesamt
für Wasserwirtschaft



**Restwasserstudie
Isar/München**

Höllriegelskreuther Wehr
bis Oberföhringer Wehr

Materialien Nr. 92 (Sept. 2000)

Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft
in Zusammenarbeit mit
dem Bayerischen Landesamt für Umweltschutz,
dem Landesuntersuchungsamt für das Gesundheits-
wesen Südbayern, der Fachberatung für Fischerei des
Bezirks Oberbayern und dem Wasserwirtschaftsamt
München

Restwasserstudie

Isar/München

Höllriegelskreuther Wehr
bis Oberföhringer Wehr

Materialien Nr. 92 (Sept. 2000)

Herausgeber: Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, Lazarettstraße 67, D-80636 München,
eine Behörde im Geschäftsbereich des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung
und Umweltfragen

Bearbeitung: Martin Schmid, Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft

Druck: Eigendruck
Für den Druck wurde chlorfrei gebleichtes Papier verwendet.

Nachdruck und Wiedergabe – auch auszugsweise – nur mit Genehmigung des Herausgebers

INHALTSVERZEICHNIS

1. Ausgangslage	1
1.1 Anlass	1
1.2 Abgrenzung des Untersuchungsgebietes	1
1.3 Rechtsverhältnisse	6
1.3.1 Höllriegelskreuther Wehr	6
1.3.2 Großhesselohrer Wehr	6
1.3.3 Kleine Isar	7
1.3.4 Münchner Stadtbäche	7
1.4 Landesplanerische Vorgaben	8
2. Vorgehensweise	10
3. Darstellung der bestehenden Verhältnisse	13
3.1 Hydrologische Verhältnisse	13
3.1.1 Oberirdischer Abfluss	13
3.1.2 Grundwasser	16
3.2 Geologische und flussmorphologische Verhältnisse	18
3.2.1 Geologie	18
3.2.2 Flussmorphologie	18
3.3 Zustandsbild des Gewässers	19
3.3.1 Gewässergüte und Zoobenthos	20
3.3.2 Bakteriologie	22
3.3.3 Fischfauna	23
3.4 Zustandsbild der amphibischen und terrestrischen Lebensräume	24
3.5 Gewässernutzungen	25
3.5.1 Energieerzeugung	25
3.5.2 Abwassereinleitungen	26
3.5.3 Kühlwassereinleitungen	26
3.5.4 Freizeit und Erholung	27
3.6 Landschaftsästhetik	28

4	Abschätzung der Auswirkungen höherer Restabflüsse in den einzelnen Wirkungsbereichen	30
4.1	Datengrundlagen	30
4.1.1	Abflussversuche	30
4.1.2	Abflusssimulationen	35
4.2	Auswertung der einzelfachlichen Stellungnahmen	43
4.2.1	Oberirdischer Abfluss	43
4.2.2	Grundwasser	45
4.2.3	Flussmorphologie	45
4.2.4	Gewässergüte	45
4.2.5	Zoobenthos	47
4.2.6	Bakteriologie	57
4.2.7	Fischfauna	57
4.2.8	Vegetationslose Kiesbänke	60
4.2.9	Standortbedingungen in der Aue	62
4.2.10	Freizeit und Erholung	63
4.2.11	Landschaftsästhetik	65
4.2.12	Energieerzeugung	68
4.2.13	Kühlwassereinleitung	73
5	Gesamtabwägung und Entscheidungsfindung	76
5.1	Zusammenfassung der Ergebnisse der Einzelgutachten / Gesamtbeurteilung	76
5.2	Erarbeitung eines Mindestabflussvorschlags	79
5.2.1	Kosten-Nutzwert-Analyse	79
5.2.2	Sensitivitätsanalyse	83
5.2.3	Mindestabflussvorschlag	86
5.2.4	Begründung	88
5.3	Modifizierte Dynamisierungsvariante des Mindestabflussvorschlags bei einer stärkeren Berücksichtigung der Belange der Wasserkraftnutzung	92
5.4	Ausblick	94
6	Zusammenfassung	95
7	Zusammenstellung der verwendeten Unterlagen	97
8	Fotodokumentation (Auszug)	99

1 Ausgangslage

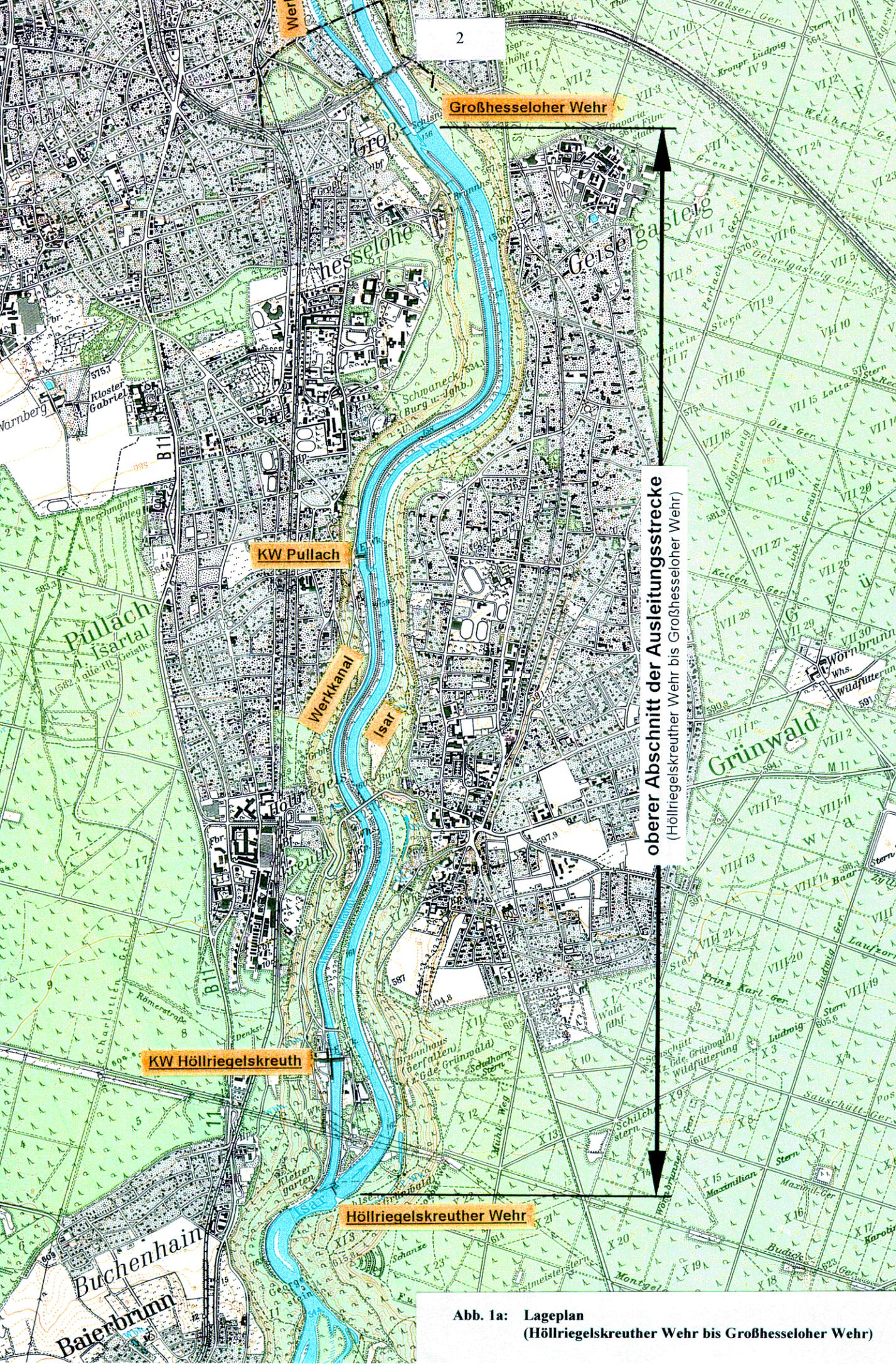
1.1 Anlass

Der Freistaat Bayern beabsichtigt, zusammen mit der Stadt München an der Isar zwischen südlicher Stadtgrenze und Corneliusbrücke Maßnahmen zur Verbesserung des Hochwasserschutzes und zur naturnahen Umgestaltung durchzuführen. Die Variantenplanung unter der Bezeichnung „Isar-Plan“ wird derzeit gemeinsam vom Wasserwirtschaftsamt München und der Stadt München erarbeitet. Gesichtspunkte zum Mindestabfluss in der durch Wasserausleitungen gekennzeichneten Strecke sollen dabei in die Gesamtbetrachtungen mit einbezogen werden.

Das Bayerische Landesamt für Wasserwirtschaft wurde daher vom Bayerischen Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen beauftragt, in enger Abstimmung mit dem Wasserwirtschaftsamt München eine Restwasserstudie für die Isarstrecke zwischen dem Höllriegelskreuther und dem Oberföhringer Wehr zu erstellen. Damit wird auch die Lücke zwischen den Ausleitungsstrecken der Isar im Bereich Mühlthal sowie unterhalb des Oberföhringer Wehrs (Mittlere Isar) geschlossen, für die bereits eine Restwasserstudie als Endfassung vorliegt (Mühlthal) bzw. derzeit erarbeitet wird (Mittlere Isar). Der Entwurf der Restwasserstudie wurde am 12. Mai 1999 der Öffentlichkeit vorgestellt. Die dazu eingegangenen sachdienlichen Hinweise [14]-[18] wurden ausgewertet und in die vorliegende endgültige Fassung eingearbeitet.

1.2 Abgrenzung des Untersuchungsgebietes

Das Untersuchungsgebiet umfasst die rd. 19,5 km lange Isarstrecke zwischen dem Höllriegelskreuther Wehr (Fkm 162,4) und dem Oberföhringer Wehr (Fkm 142,9). Die eigentliche, rd. 13,5 km lange Ausleitungsstrecke, auf die sich diese Restwasserstudie in erster Linie bezieht, befindet sich zwischen dem Höllriegelskreuther Wehr, an dem ein Großteil des Isarabflusses in den linksseitig gelegenen Werkkanal abgezweigt wird, und der Rückleitung des Werkkanals bei Fkm 149,9. Eine Nutzung der Wasserkräfte erfolgt dabei auf der Teilstrecke zwischen Höllriegelskreuther Wehr und Großhesseloher Wehr (Fkm 156,0) (Abb. 1a) durch die Isar-Amperwerke AG in den Kraftwerken Höllriegelskreuth und Pullach sowie auf der Teilstrecke zwischen Großhesseloher Wehr und Rückleitung (Abb. 1b) durch die Stadt München in den Isarwerken I bis III. Der Isarabfluss im daran anschließenden rd. 6 km langen Abschnitt bis zum Oberföhringer Wehr (Abb. 1c) ist durch einige Ausleitungen in das Münchner Stadtbächesystem in vergleichsweise deutlich geringerem Umfang geschmälert. Lagepläne sind in Abb. 1a bis c, eine Schemaskizze des Gewässernetzes der Isar und der begleitenden Stadtbäche in Abb. 2 dargestellt.



2

Großhesseloher Wehr

KW Pullach

Werkkanal
Isar

KW Höllriegelskreuth

Höllriegelskreuther Wehr

oberer Abschnitt der Ausleisungsstrecke
(Höllriegelskreuther Wehr bis Großhesseloher Wehr)

Abb. 1a: Lageplan (Höllriegelskreuther Wehr bis Großhesseloher Wehr)

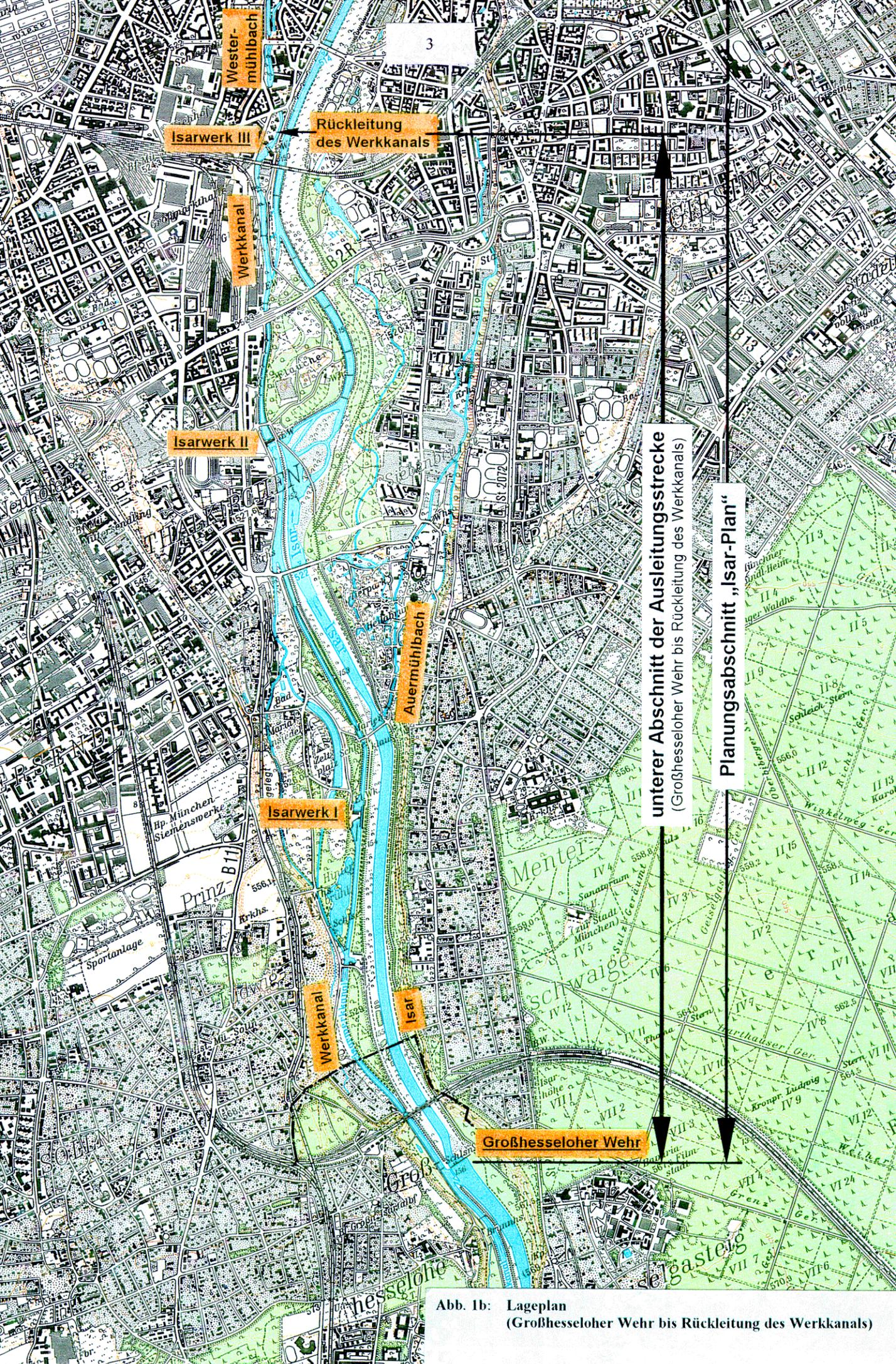
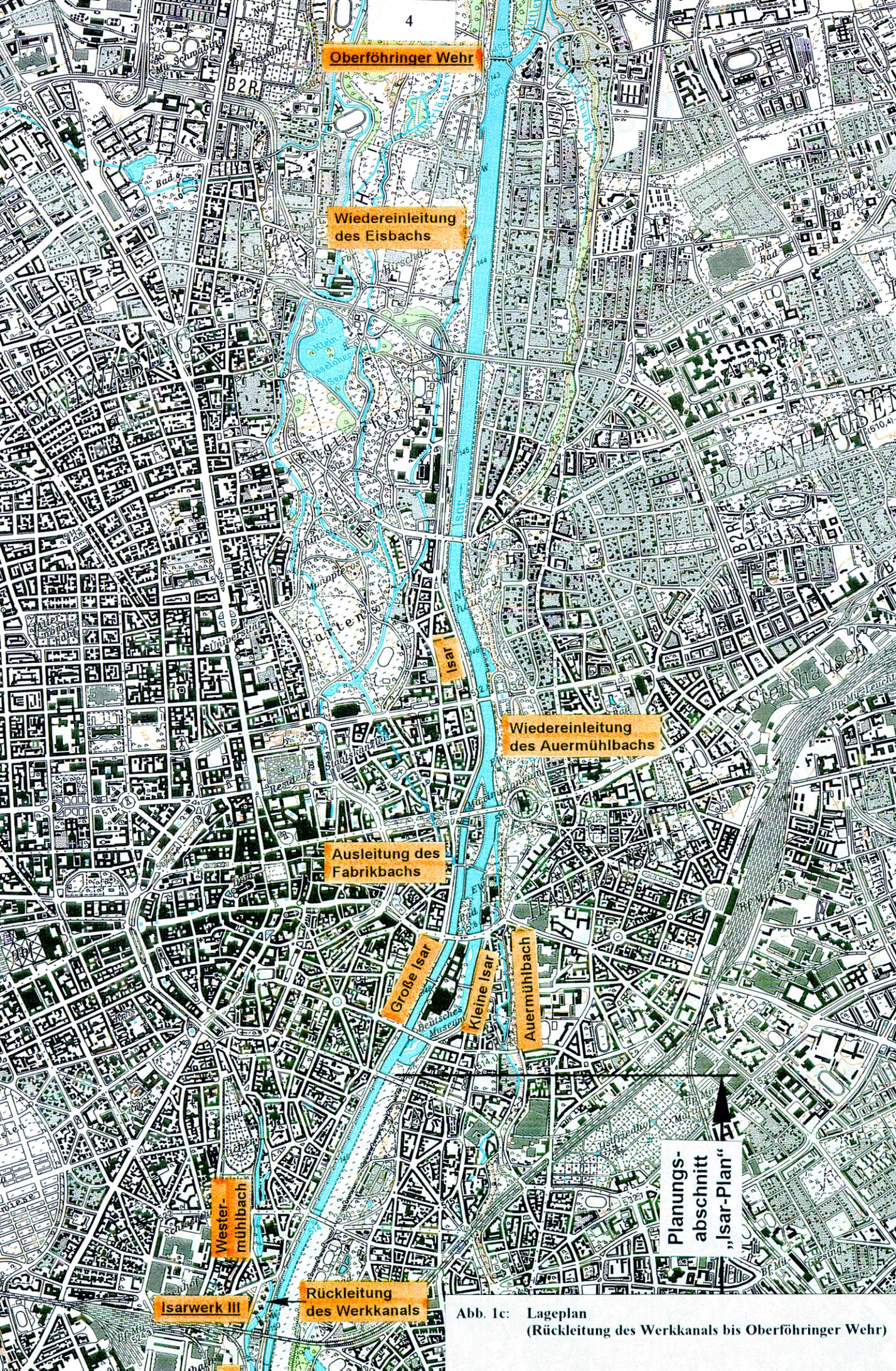


Abb. 1b: Lageplan
(Großhesseloher Wehr bis Rückleitung des Werkkanals)



Oberförhringer Wehr

Wiedereinleitung
des Eisbachs

Wiedereinleitung
des Auermühlbachs

Ausleitung des
Fabrikbachs

Große Isar

Kleine Isar

Auermühlbach

Wester-
mühlbach

Rückleitung
des Werkkanals

Isarwerk III

Planungs-
abschnitt
„Isar-Plan“

Abb. 1c: Lageplan (Rückleitung des Werkkanals bis Oberförhringer Wehr)

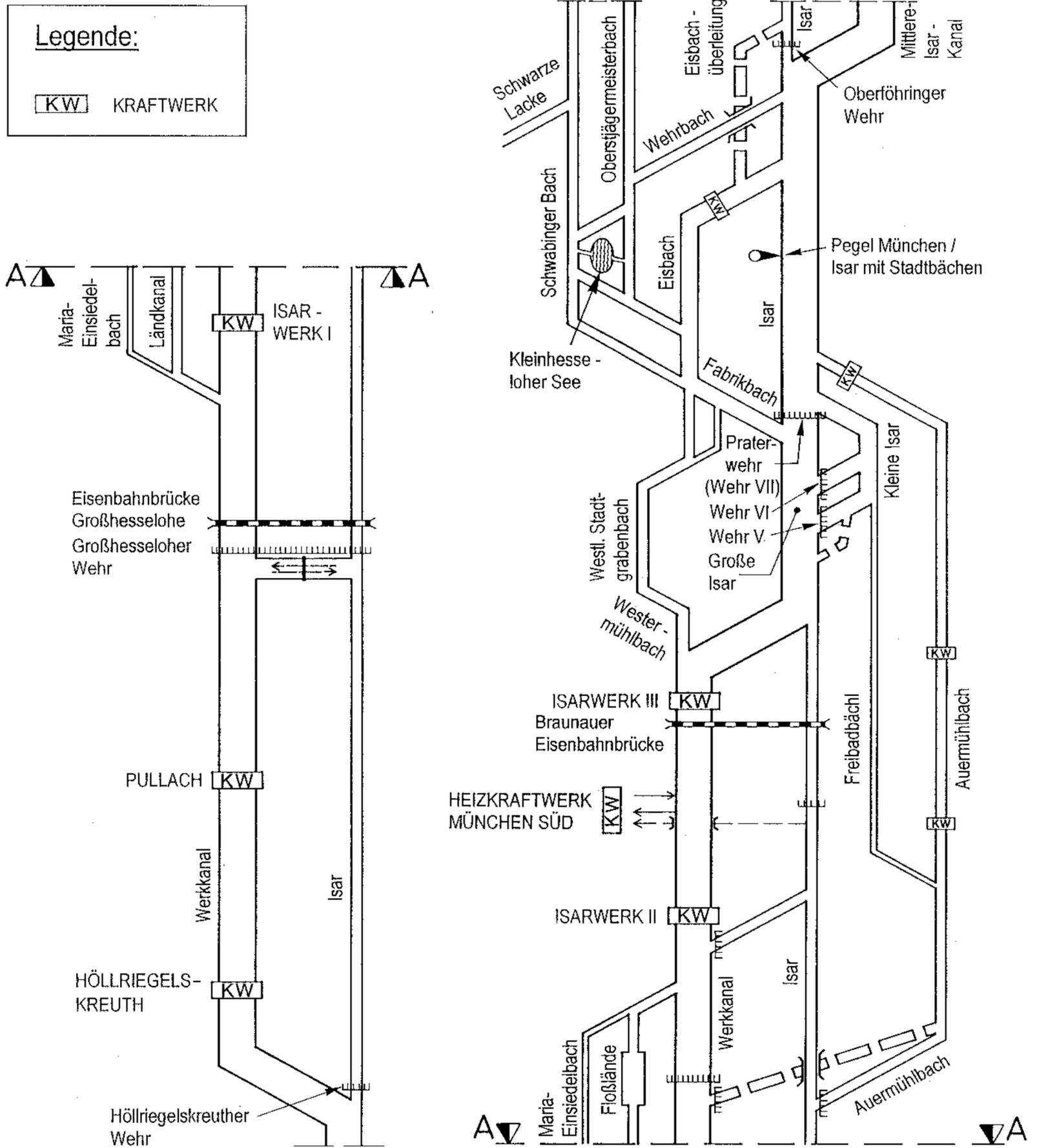


Abb. 2: Systemskizze des Gewässernetzes

1.3 Rechtsverhältnisse

1.3.1 Höllriegelskreuther Wehr

Die Isar-Amperwerke AG besitzt aufgrund der Beschlüsse des Landratsamtes München vom 26.02.1960 und nachträglicher Änderungen "*die Erlaubnis zur Benutzung des Wassers der Isar zum Zwecke der Wasserkraftausnutzung*". Die Erlaubnis erstreckt sich auf den Zeitraum bis zum 31.12.2030. Zur Energieerzeugung in den Kraftwerken Höllriegelskreuth und Pullach dürfen max. 80 m³/s Isarwasser ausgeleitet werden. In der Isar selbst ist ein Mindestabfluss von 5 m³/s während der Monate Mai bis September festgesetzt. Zusätzlich ist in den Beschlüssen ein Vorbehalt aufgenommen, "*Zuschusswasser, das zur Aufbesserung der Wasserführung der Isar oder ihrer Nebenflüsse aus dem Sylvensteinspeicher oder aus anderen Speichern abgegeben wird, für die Erhöhung der Restwasserführung im Mutterbett der Isar zu verwenden*".

Zur Ausfüllung dieses Vorbehalts wurde zwischen der Isar-Amperwerke AG und dem Freistaat Bayern am 05.04./03.05.1990 eine Vereinbarung geschlossen, in der sich die Isar-Amperwerke AG bereit erklärt hat, ab 01.04.1990 im Winterhalbjahr (Okt. - März) 4,0 m³/s und im Sommerhalbjahr (Apr. - Sep.) 5,0 m³/s in das Flussbett der Isar unterhalb des Höllriegelskreuther Wehres abzugeben. Im Gegenzug kann der Freistaat Bayern "*ein Verlangen nach Art. 96 Abs. 1 Satz 3 des BayWG¹ (...) erst nach Ablauf von 15 Jahren ab Wirksamwerden der Vereinbarung stellen. Im übrigen kann der Freistaat Bayern vor Ablauf der Erlaubnisfrist, also vor dem 31.12.2030, einen höheren Restwasserabfluss nur aufgrund einer neuen Vereinbarung verlangen*".

1.3.2 Großhesseloher Wehr

Der Stadt München wurde mit Beschluss des Stadtmagistrats München vom 10.07.1907 und späteren Änderungen die unbefristete widerrufliche Erlaubnis erteilt, von dem am Großhesseloher Wehr zur Verfügung stehenden Abfluss der Isar bis zu 70 m³/s auszuleiten und zur Energieerzeugung in den Isarwerken I und II zu nutzen. Als Bedingung wurde in den Beschluss aufgenommen, dass "*die Unternehmerin (...) auch ohne Anspruch auf Entschädigung verpflichtet (ist), (...) eine von der Staatsbauverwaltung zu bestimmende Wassermenge in der Isar*

¹ Art. 96 Abs. 1 Satz 3 BayWG: Lässt die Ausübung alter Rechte und alter Befugnisse (§ 15 Abs. 1 WHG) für Ausleitungskraftwerke mit mindestens 1000 kW Ausbauleistung wegen nicht ausreichenden Mindestabflusses im Gewässerbett erhebliche überörtliche Störungen der wasserwirtschaftlichen oder ökologischen Gewässerfunktionen besorgen, so kann die Kreisverwaltungsbehörde die Durchführung eines Erlaubnis- oder Bewilligungsverfahrens verlangen.

zu belassen, soweit dies (...) aus hygienischen oder sonstigen im öffentlichen Interesse gelegenen Gründen veranlasst erscheint." Zusätzlich wurde die Stadt verpflichtet, über den unterhalb des Isarwerks I gelegenen Aermühlbachdüker $10 \text{ m}^3/\text{s}$ dem Aermühlbach zuzuführen.

Die weitere Nutzung der Wasserkräfte im Isarwerk III wurde mit Bescheid der Landeshauptstadt München, Amt für Umweltschutz, vom 30.04.1982 geregelt. Der Landeshauptstadt München (Stadtwerke) wird darin für den Zeitraum bis zum 31.12.2011 die widerrufliche Erlaubnis erteilt, im Werkkanal zum Isarwerk III max. $70 \text{ m}^3/\text{s}$ abzuleiten. Am Kraftwerk sind bis zu $5 \text{ m}^3/\text{s}$ dem Westermühlbach zuzuführen. Eine Mindestabflussforderung von $3 \text{ m}^3/\text{s}$ für die Isarstrecke unterhalb des Großhesseloher Wehres wurde mit aufgenommen.

Gemäß Stadtratsbeschluss vom 05.02.1985 wurde der Mindestabfluss der Isar in der Ausleitungsstrecke unterhalb des Großhesseloher Wehres von $3 \text{ m}^3/\text{s}$ auf mindestens $5 \text{ m}^3/\text{s}$ ganzjährig erhöht.

1.3.3 Kleine Isar

Der Stadt München wurde mit wasserpolizeilichem Bescheid vom 23.04.1935 die widerrufliche Erlaubnis erteilt, Wasser der Großen Isar in die Kleine Isar unterhalb der Reichenbachbrücke zu leiten. Die maximal mögliche Wasserzuleitung über den zu diesem Zweck später errichteten Düker beträgt $30 \text{ m}^3/\text{s}$.

Gemäß Änderungsbescheid vom 24.05.1988 zu den Mischwasserentlastungen in die Kleine Isar ist diese ständig mit mindestens $5 \text{ m}^3/\text{s}$ zu beaufschlagen. Vorbehalten bleibt eine Änderung dieses Abflusses, wenn dies die Wasserführung in der Großen Isar erfordert.

1.3.4 Münchner Stadtbäche

Mit dem in Kap. 1.3.2 erwähnten Beschluss vom 10.07.1907 für die Isarwerke I und II wurde die Stadt München verpflichtet, $10 \text{ m}^3/\text{s}$ aus dem Werkkanal über den unterhalb des Isarwerks I gelegenen Düker dem Aermühlbach zuzuführen. Diese Auflage ist auch in einem entsprechenden Übereinkommen zwischen der Stadtgemeinde München und dem Verein der Auer Wassergenossen e. V. vom 15.01.1909 geregelt. Bei Wassermangel (Abfluss der Isar einschließlich Stadtbäche $< 44 \text{ m}^3/\text{s}$) ist der Abfluss im Werkkanal unterhalb des Großhesseloher Wehres im Verhältnis 3,4:1 auf den Werkkanal einschließlich Ländkanal und den Aermühlbach aufzuteilen. Ein Mindestzufluss zum Aermühlbach von $8,3 \text{ m}^3/\text{s}$ darf jedoch nicht unterschritten werden.

Im Rahmen der Neugestaltung und Auflassung verschiedener linksseitiger Stadtbäche wurde der Stadt München mit Planfeststellungsbeschluss der Landeshauptstadt München, Kreisverwaltungsreferat, vom 02.10.1967 die Ableitung von max. 27 m³/s in den Fabrikbach an der Mariannenbrücke sowie von max. 5 m³/s am Isarwerk III in den Westermühlbach genehmigt. Gemäß wasserrechtlichem Bescheid des Umweltschutzreferates der Landeshauptstadt München vom 13.05.1992 zur Umgestaltung des Westlichen Stadtgrabenbaches und zum Ausbau eines neuen Gerinnes im Bereich Hofgarten und Neue Staatskanzlei ist im Westlichen Stadtgrabenbach (Fortsetzung des Westermühlbachs) ein dauernder Zufluss von bis zu 5 m³/s, mindestens jedoch von 3,5 m³/s sicherzustellen.

Gemäß Plangenehmigungsbeschluss der Stadt München vom 14.07.1973 zum Ausbau zwischen Praterwehr und Schwindinsel sind der Großen Isar über das Praterwehr mindestens 5 m³/s zu belassen, soweit der dem Fabrikbach zuzuführende Abfluss nicht beeinträchtigt wird.

1.4 Landesplanerische Vorgaben

Das Landesentwicklungsprogramm Bayern (LEP) [11] gibt in seiner fortgeschriebenen Fassung vom 25. Januar 1994 zur Festlegung von Mindestabflüssen folgende Vorgabe:

"In Ausleitungstrecken soll das verbleibende Restwasser auf der Grundlage ökonomisch-ökologischer Gesamtbetrachtungen so bemessen werden, dass sich naturnahe Fließgewässerlebensgemeinschaften entwickeln können." (B XII, Pkt. 4.8).

Neben der hierin enthaltenen Pflicht zu einer Abwägung der ökologischen Belange mit Nutzungsinteressen sowie mit dem Aspekt der emissionsfreien und erneuerbaren Energiequelle Wasserkraft sind für eine Restwasserfestlegung u. a. noch folgende im LEP enthaltenen überfachlichen und fachlichen Ziele zu beachten:

"Die natürlichen Lebensgrundlagen des Landes und seiner Teilräume sollen gesichert und soweit erforderlich möglichst wieder verbessert werden mit den Zielen

- *die Leistungsfähigkeit des Naturhaushaltes nachhaltig zu gewährleisten, die Nutzungsfähigkeit der Naturgüter, die Pflanzen- und Tierwelt sowie die Vielfalt, Eigenart und Schönheit von Natur und Landschaft zu sichern, gesunde Umweltbedingungen zu erhalten und erforderlichenfalls wieder herzustellen sowie*
- *die auch dadurch mitbestimmte Standortattraktivität des Landes und seiner Teilräume für Bevölkerung und Wirtschaft zu bewahren und weiter zu erhöhen.*

Dazu sollen verstärkt räumliche Verbundsysteme schützenswerter Landschaftsteile geschaffen und großflächige naturnahe und für den ökologischen Ausgleich bedeutsame Gebiete erhalten und gestaltet werden." (A I, Pkt. 6)

"Gewässer und Uferbereiche sollen, soweit sie in ihrer naturraumtypischen Ausprägung noch erhalten sind, als Lebensräume von Pflanzen und Tieren und als landschaftsprägende Bestandteile gesichert und, soweit sie in ihren ökologischen Funktionen nachhaltig gestört sind, möglichst renaturiert werden." (B I, Pkt. 1.3, 3. Abs.)

"Die Nutzungsansprüche an die Landschaft sollen mit der Nutzungsfähigkeit der Naturgüter so abgestimmt werden, dass die Leistungsfähigkeit des Naturhaushaltes nach Umfang, Dauer und Gleichmaß nicht beeinträchtigt wird.

Mehrfachnutzungen sollen, soweit sie nicht zusätzliche Belastungen für Naturhaushalt und Landschaftsbild verursachen, angestrebt werden" (B I, Pkt. 1.6)

"Fließgewässer, die für Naturräume repräsentativ und in großen Teilen noch naturnah erhalten sind, sollen, soweit möglich und vertretbar, auch über diese Bereiche hinaus zu naturnahen Fließgewässersystemen weiterentwickelt werden." (B I, Pkt. 3.5.1, 2. Abs.)

"Naturnahe Fließstrecken sollen in ihren Biotopfunktionen möglichst erhalten und einschließlich ihrer angrenzenden ökologisch wertvollen Auenbereiche zu möglichst naturnahen Landschaftsräumen weiterentwickelt werden." (B I, Pkt. 3.5.2, 1. Abs.)

"Auf die verstärkte Erschließung und Nutzung erneuerbarer Energien, insbesondere auch der Wasserkraft (...) soll hingewirkt werden." (B XI, Pkt. 6).

Landesplanerische Vorgaben beinhaltet auch der Regionalplan München [12], der das Isartal u. a. ausweist als

- landschaftliches Vorbehaltsgebiet (B I, Pkt. 2), in dem den Belangen des Naturschutzes und der Landschaftspflege besonderes Gewicht zukommt,
- regionalen Grünzug (B II, Pkt. 2.1), der gemäß LEP u.a. der Erholungsvorsorge in siedlungsnahen Bereichen dient und in dem Planungen und Maßnahmen, die diese Funktion beeinträchtigen, unterbleiben sollen,
- Erholungsgebiet (B VII, Pkt. 2.1) zur Sicherung der Erholungsnutzung, wobei ökologische Funktionen und die Bestandserhaltung der Natur- und Landschaftsschutzgebiete Vorrang vor der Erholungsnutzung haben.

Aus den vorgenannten Zielaussagen des LEP und des Regionalplanes wird bereits der Zielkonflikt aufgrund der unterschiedlichen, zum Teil konkurrierenden Nutzungen und ökologischen Funktionen deutlich. Daher ist bei der Festlegung eines Mindestabflusses durch sorgfältige Abwägung aller Belange ein ausgewogener Kompromiss zu finden, der zum einen zu einer Annäherung an das im Gewässerpflegeplan [1] bzw. im Rahmen des Isar-Plans entwickelte Leitbild beiträgt, zum andern aber auch die Wasserkraftnutzung gebührend berücksichtigt.

2 Vorgehensweise

Eine Beurteilung der durch die Wasserausleitung hervorgerufenen Verhältnisse erfordert ein vielschichtiges und umfangreiches Untersuchungsprogramm, um die verschiedenen komplexen Zusammenhänge zu berücksichtigen. Seit Anfang der 80er-Jahren hat sich in Bayern der methodische Ansatz bei Restwasseruntersuchungen bewährt, das komplexe System zunächst in überschaubare, einzeln bearbeitbare Teilkomponenten, sogenannte Wirkungsbereiche, zu zerlegen:

- Oberirdischer Abfluss
- Grundwasser
- Geologie / Flussmorphologie
- Chemische und biologische Gewässergüte
- Zoobenthos
- Bakteriologie
- Fischfauna
- Standortbedingungen in der Aue
- Vegetationslose Kiesbänke
- Freizeit und Erholung
- Landschaftsästhetik
- Energienutzung / Ökonomie
- Ressourcenschonung / Emissionsvermeidung
- Sonstige Nutzungen.

Sie werden, wie in Abb. 3 aufgezeigt, nach dem prinzipiell gleichen Ablaufschema - Bestandserhebung (siehe Kap. 3), Wirkungsanalyse und -prognose, fachliche Beurteilung und Empfehlung (siehe Kap. 4) - behandelt. Über eine zusammenfassende Bewertung werden die einzelnen Komponenten anschließend zur Entscheidungsfindung wieder zusammengeführt (siehe Kap. 5).

In die Bewertung der derzeitigen Verhältnisse sind die Untersuchungsergebnisse des allgemeinen gewässerkundlichen Dienstes, ergänzt um zusätzliche verdichtete Detailuntersuchungen, eingegangen. Grundlage für die Ermittlung der Auswirkungen unterschiedlicher Abflüsse (Wirkungsanalyse und -prognose) sind vor allem die Ergebnisse von Abflussversuchen. Im April bzw. Juli 1997 wurden 5 verschiedene Abflüsse in der Ausleitungsstrecke zwischen dem Höllriegelskreuther Wehr und der Rückleitung des Werkkanals eingestellt und begleitende Untersuchungen durchgeführt. Die Isar-

Amperwerke AG und die Stadtwerke München stellten hierfür die erforderlichen zusätzlichen Abgaben über das Höllriegelskreuther bzw. Großhesseloher Wehr unentgeltlich zur Verfügung.

Ziel der Untersuchungen, die durch Modellrechnungen der Universität der Bundeswehr München ergänzt wurden, ist es, die Auswirkungen verschiedener Abflüsse auf abiotische Faktoren (Strömungsverhältnisse, Gewässertiefe, Gewässerbreite etc.) zu ermitteln. Eine Bewertung erfolgt dann in der Zusammenschau mit den jeweiligen, z. B. gewässerökologischen Anforderungen.

Bei den mitunter konkurrierenden Interessen der verschiedenen Wirkungsbereiche kommt dem Abwägungsprozess besondere Bedeutung zu. Hierfür werden als Hilfsmittel Methoden aus dem Bereich der Nutzen-Kosten-Untersuchungen eingesetzt, die letztendlich die Entscheidungsfindung erleichtern können.

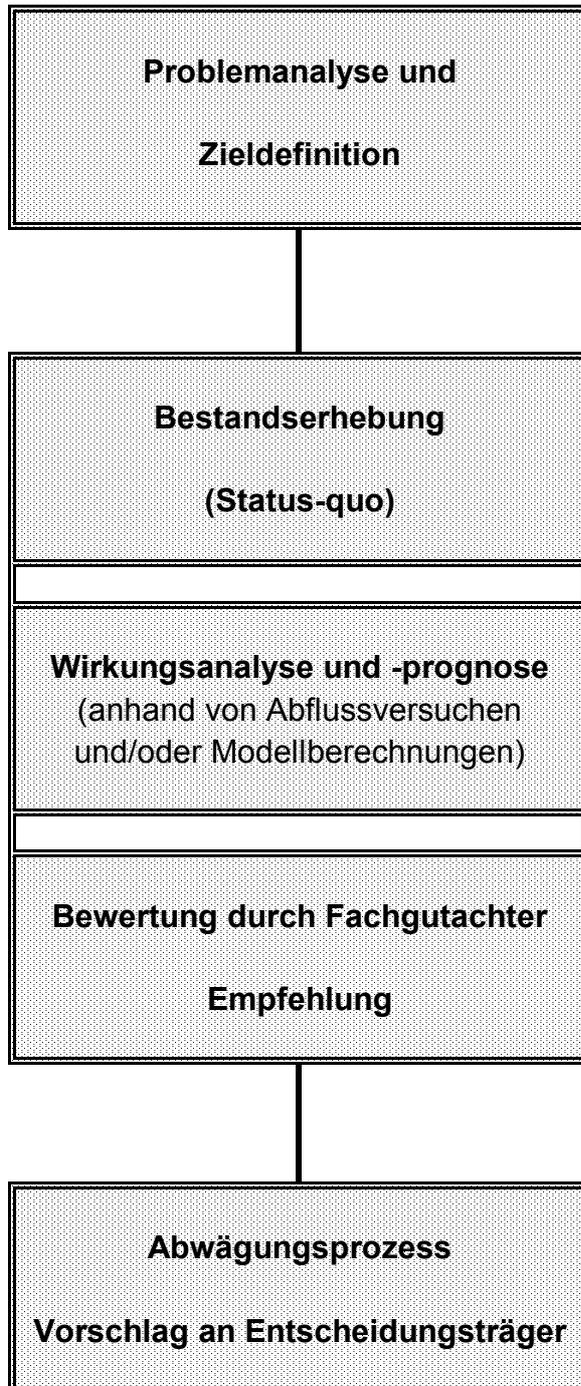
Die Untersuchungen wurden weitgehend von der staatlichen Verwaltung durchgeführt. Einzelne Teilaspekte, z. B. modellgestützte Abflusssimulationen oder Untersuchungen zu Freizeit und Erholung / Landschaftsästhetik, wurden an externe Stellen und Gutachter vergeben. Neben dem Bayerischen Landesamt für Wasserwirtschaft haben noch folgenden Behörden und Dienststellen Fachbeiträge eingebracht:

- Bayerisches Landesamt für Umweltschutz
- Landesuntersuchungsamt für das Gesundheitswesen Südbayern
- Fachberatung für Fischerei des Bezirks Oberbayern
- Wasserwirtschaftsamt München.

Eine Zusammenstellung der einzelnen Fachbeiträge befindet sich in Kap. 7.

Parallel zur Restwasseruntersuchung ist vom Bayerischen Landesamt für Wasserwirtschaft ein Gewässerpflegeplan [1] erstellt worden, in dem für die Isarstrecke, die außerhalb des Planungsbereichs für den Isar-Plan liegt, die Grundlagen für künftige Maßnahmen der Gewässerumgestaltung beschrieben sind.

Vorgehensweise bei Mindestabflussuntersuchungen an größeren Fließgewässern



Landesentwicklungsprogramm, wasserwirtschaftliche und naturschutzfachliche Zielkataloge

Bayer. LEP: "In Ausleitungsstrecken soll das verbleibende Restwasser auf der Grundlage ökonomisch-ökologischer Gesamtbetrachtungen so bemessen werden, daß sich naturnahe Fließgewässerlebensgemeinschaften entwickeln können."

Wirkungsbereiche:

- Oberirdischer Abfluss
- Grundwasser
- Geologie/Flussmorphologie
- Chem./biol. Gewässergüte
- Zoobenthos
- Bakteriologie
- Fischfauna
- Standortbedingungen in der Aue
- Vegetationslose Kiesbänke
- Freizeit und Erholung
- Landschaftsästhetik
- Energienutzung/Ökonomie
- Ressourcenschonung / Emissionsvermeidung
- Sonstige Nutzungen

Methoden aus dem Bereich der Nutzen-Kosten-Untersuchungen (z. B. Nutzwertanalyse, Kostenwirksamkeitsanalyse)

Abb. 3: Methodisches Vorgehen bei Restwasseruntersuchungen

3 Darstellung der bestehenden Verhältnisse

3.1 Hydrologische Verhältnisse

3.1.1 Oberirdischer Abfluss

Das Abflussgeschehen der Isar im Untersuchungsgebiet ist deutlich durch das alpine Einzugsgebiet bestimmt. Hochwasserereignisse treten vor allem im Frühjahr und Sommer, Niedrigwasserperioden im Winterhalbjahr auf. Der Pegel München / Isar mit Stadtbächen (Fkm 145,9) gibt die Abflussverhältnisse der Isar im Untersuchungsbereich wieder. Die Hauptzahlen lauten wie folgt:

Tab. 1: Hauptzahlen der Isar mit Stadtbächen am Pegel München (Jahresreihe 1959/95)

NQ (niedrigster Abfluss)	22,8 m³/s
MNQ (mittlerer jährlicher Niedrigwasserabfluss)	40,2 m³/s
20Q (Abfluss, der im langjährigen Mittel an 20 Tagen pro Jahr unterschritten wird)	44,7 m³/s
MQ (mittlerer Abfluss)	90,3 m³/s
MHQ (mittlerer jährlicher Hochwasserabfluss)	415 m³/s
HQ₁ (Hochwasserabfluss mit einjähriger Wiederkehrwahrscheinlichkeit)	359 m³/s
HQ (höchster Abfluss)	755 m³/s

3.1.1.1 Isarabschnitt zwischen Höllriegelskreuther Wehr und Rückleitung des Werkkanals

Wie bereits in Kapitel 1.3 beschrieben, können am Höllriegelskreuther Wehr bis zu 80 m³/s in den Werkkanal ausgeleitet werden. Als Mindestabfluss werden in der Restisar von April bis September 5,0 m³/s und von Oktober bis März 4,0 m³/s belassen.

Entsprechend der Systemskizze in Abb. 2 besteht am Großhesseloher Wehr aufgrund einer Verbindung zwischen Isar und Werkkanal die Möglichkeit, eine von der oberhalb geltenden Regelung unabhängige Abflusssteuerung und somit geänderte Aufteilung des Wasserdargebots zwischen Ausleitungsstrecke und Werkkanal vorzunehmen. So ist ab dem Großhesseloher Wehr die maximale Ausleitungsmenge in den Werkkanal gemäß Wasserrechtsbescheid auf 70 m³/s beschränkt. Der Mindestabfluss in der unterhalb des Großhesseloher Wehres liegenden Isarstrecke beträgt ganzjährig 5,0 m³/s.

Anhand der Dauerlinie des Pegels München und der daraus abgeleiteten Dauerlinien für die Ausleitungsstrecke (Abb. 4) können folgende Aussagen getroffen werden:

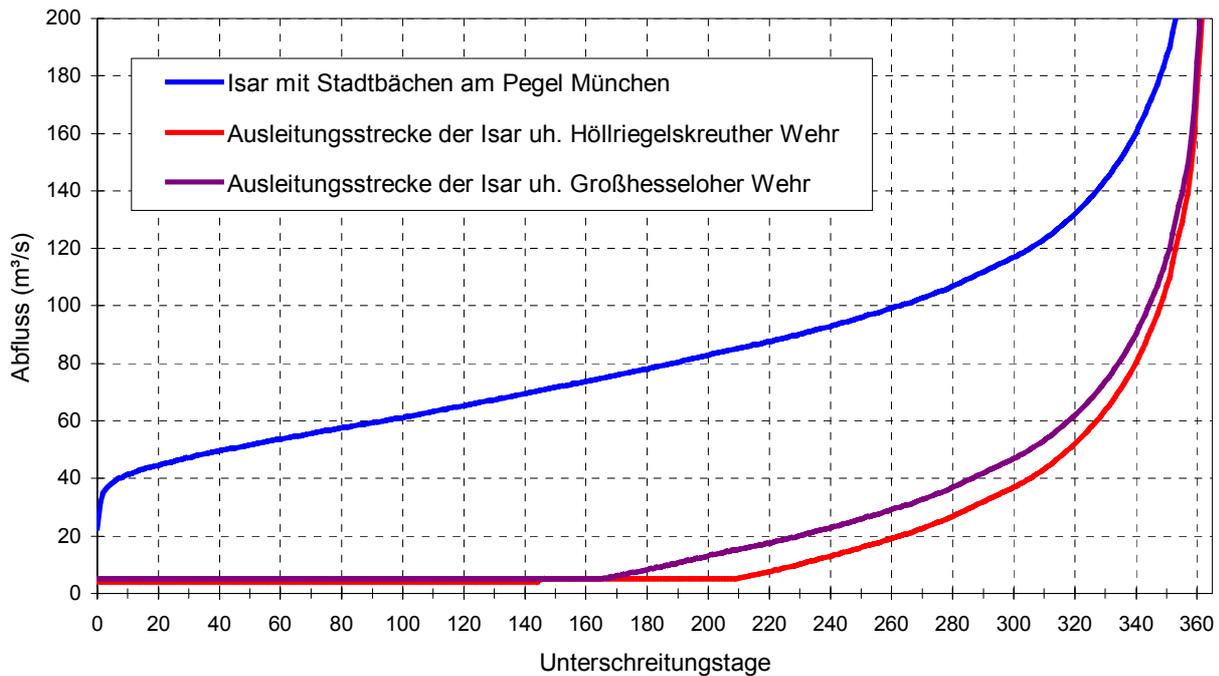


Abb. 4: Dauerlinien Pegel München (Jahresreihe 1959/95) / Restabfluss in der Ausleitungsstrecke

- Ein Abfluss in Höhe der maximal zulässigen Ausleitung (80 m³/s am Höllriegelskreuther Wehr bzw. 70 m³/s am Großhesseloher Wehr) zuzüglich des derzeitigen Mindestabflusses (4,0/5,0 bzw. 5,0 m³/s), insgesamt rd. 85 bzw. 75 m³/s, wird im Mittel an 208 bzw. 165 Tagen im Jahr unterschritten. Der Isar unterhalb des Höllriegelskreuther bzw. Großhesseloher Wehres verbleiben somit lediglich an durchschnittlich 157 bzw. 200 Tagen im Jahr höhere Restabflüsse als der derzeitige Mindestabfluss.
- Die Unterschreitungsdauer des MNQ (40,2 m³/s) der Isar am Pegel München von 8 Tagen im Jahr wird in der Ausleitungsstrecke auf 306 bzw. 287 Tage im Jahr, die Unterschreitungsdauer des MQ (90,3 m³/s) von 231 Tagen im Jahr auf 344 bzw. 340 Tagen im Jahr ausgedehnt. Das 20Q der Dauerlinie des Pegels München (44,7 m³/s) wird in der Isar unterhalb des Höllriegelskreuther bzw. Großhesseloher Wehres an durchschnittlich 312 bzw. 296 Tagen im Jahr unterschritten.

Aus dem Werkkanal unterhalb des Großhesseloher Wehres werden der Ländkanal, der Auermühlbach sowie der Westermühlbach gespeist (siehe Abb. 2). In den Ländkanal werden vom Beginn der Badesaison bis zum Ende des Oktoberfestes rd. 6-7 m³/s eingeleitet. Dem Auermühlbach werden über einen Düker unterhalb des Isarwerks I maximal 10 m³/s, dem Westermühlbach am Isarwerk III maximal 5 m³/s zugeführt. In Niedrigwasserzeiten kann der Zufluss zum Auermühlbach bis auf 8,3 m³/s, zum Westermühlbach bis auf 3,5 m³/s reduziert werden.

3.1.1.2 Isarabschnitt unterhalb der Rückleitung des Werkkanals

Nach Rückleitung des Werkkanals ist der Isarabfluss durch die Ausleitungen in den Auermühlbach und den Westermühlbach nur noch um maximal $15 \text{ m}^3/\text{s}$ (in Niedrigwasserzeiten minimal $11,8 \text{ m}^3/\text{s}$) verringert.

Die Wasserausleitung in die Kleine Isar über den Düker an der Reichenbachbrücke ist abhängig vom Wasserstand der Isar. Minimal fließen der Kleinen Isar rd. $3 \text{ m}^3/\text{s}$ zu, die maximale Zuleitung über den Düker beträgt $30 \text{ m}^3/\text{s}$. Bei höheren Abflüssen wird über die Wehre V und VI in Abhängigkeit von der Wasserführung der Isar zusätzlich Wasser in die Kleine Isar abgegeben.

An der Mariannenbrücke werden der Isar wiederum bis zu $27 \text{ m}^3/\text{s}$ entnommen und über den Fabrikbach dem Bachsystem im Englischen Garten zugeleitet. Die Ausleitung in die Münchner Stadtbäche erhöht sich dadurch auf maximal $42 \text{ m}^3/\text{s}$. In Niedrigwasserzeiten kann der Fall auftreten, dass am Wehr VII (Praterwehr) zur Sicherstellung einer ausreichenden Ableitung in den Fabrikbach kein Wasser in die Große Isar mehr abgegeben wird. Der Isar verbleiben in Niedrigwasserzeiten jedoch zumindest die Abflüsse der Kleinen Isar, die kurz nach dem Zusammenfluss von Großer und Kleiner Isar mit der Wiedereinleitung des Auermühlbachs um rd. 10 bzw. minimal $8,3 \text{ m}^3/\text{s}$ aufgehöhht werden.

Die Abflussverhältnisse in der Isar unterhalb der Wiedereinleitung des Auermühlbachs lassen sich anhand der Dauerlinie des Pegels München ohne den Abflussanteil der Stadtbäche aufzeigen (Abb. 5).

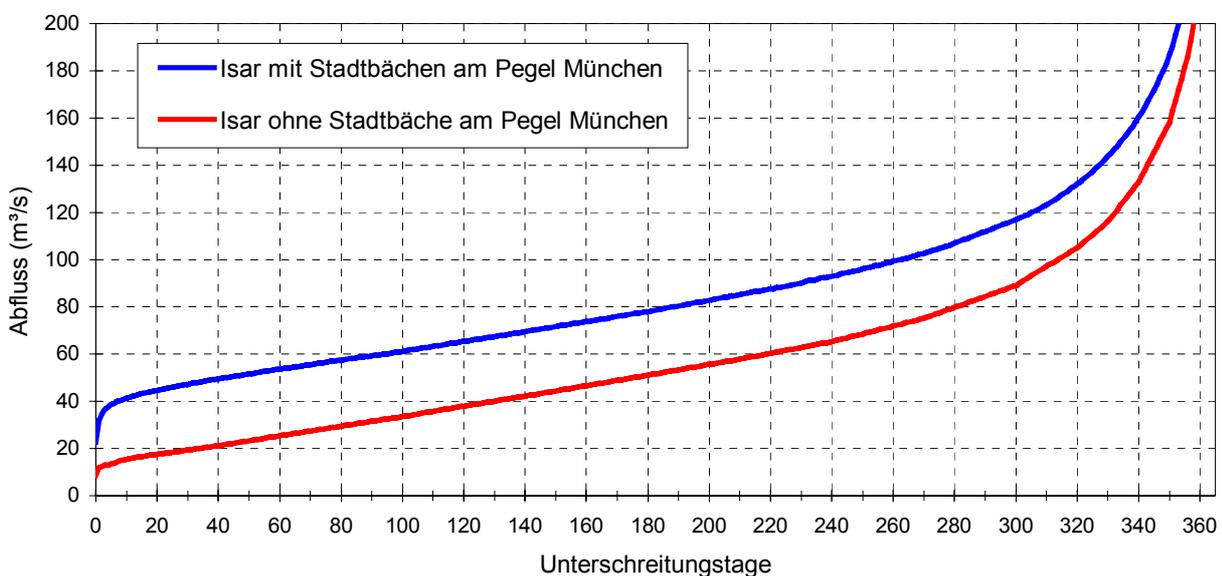


Abb. 5: Dauerlinien Pegel München mit und ohne Stadtbäche (Jahresreihe 1959/95)

Während die Abflusssdynamik der Isar aufgrund der relativ geringen Ausleitung (max. 32 m³/s bzw. im Mittel rd. 27,3 m³/s fließen in den linksseitig gelegenen Stadtbächen des Englischen Gartens ab) insgesamt nur wenig verändert ist, gehen die Restabflüsse in Niedrigwasserzeiten doch spürbar zurück. Der Abfluss, der im Mittel an einem Tag im Jahr unterschritten wird, beträgt jedoch noch rd. 12 m³/s. Der niedrigste Abfluss der Zeitreihe 1959/95 wurde am 12.10.1959 vor der Neugestaltung der Stadtbäche mit rd. 8,6 m³/s gemessen.

Der größte Teil des ausgeleiteten Wassers wird über den Eisbach (Fkm 143,85) und den Wehrbachs (Fkm 142,95) der Isar im weiteren Verlauf der Untersuchungsstrecke wieder zugeführt. Oberhalb des Oberföhringer Wehres hat die Isar ihren Abfluss bis auf 8 m³/s wieder, die über die Eisbachüberleitung ins Unterwasser der Isar am Oberföhringer Wehr abgegeben werden, und weitere rd. 4 m³/s, die in den Stadtbächen am Oberföhringer Wehr vorbeigeleitet werden.

3.1.2 Grundwasser

Wegen ihrer Eintiefung bildet die Isar fast auf der gesamten Untersuchungsstrecke die Vorflut für das Grundwasser und trennt den westlichen und den östlichen Grundwasserstrom der Münchner Schotterebene nahezu vollständig. Der östliche Talrand ist sehr prägnant ausgebildet, wodurch sich erhebliche Grundwassergefälle ergeben. Zum Teil tritt das Grundwasser dort als Hangquellen aus. Der westliche Talrand ist weniger markant ausgeprägt und biegt ab Thalkirchen weit nach Westen aus. Dies führt zu einem ausgeglicheneren Grundwasserströmungsbild im westlichen Talbereich.

Zur Beschreibung der Grundwasserverhältnisse im engeren Einflussbereich der Isar stehen im Stadtgebiet eine Vielzahl von Grundwassermessstellen zur Verfügung. Zwischen Höllriegelskreuth und Großhesselohle sind dagegen keine Grundwassermessstellen vorhanden, so dass sich die Beschreibung der Grundwassersituation in diesem Abschnitt auf rein qualitative Aussagen beschränken muss.

3.1.2.1 Höllriegelskreuther Wehr bis Großhesselohler Wehr

Die Isar ist in diesem Bereich bereits soweit eingetieft, dass das Grundwassersystem des angrenzenden quartären Talraumes bereichsweise abgekoppelt ist. Wegen der starken Eintiefung bleibt die Vorflutwirkung des Flusses bei Wasserständen, wie sie während der Abflussversuche gemessen wurden, vollständig erhalten. Die Flurabstände nehmen infolge der steilen Uferböschung und der angrenzenden Terrassen von rd. 1,5 m direkt an der Isar mit zunehmender Entfernung vom Fluss sehr rasch auf mehrere Meter zu. Die Gewässer auf einigen östlich der Isar gelegenen Terrassen sind

vermutlich vom darunter liegenden Grundwasserspiegel unabhängig. Sie dürften aufgrund ihrer Nähe zu den steilen Talflanken durch Grundwasserzusicierungen (Hangquellen) gespeist werden.

3.1.2.2 Großhesseloher Wehr bis Rückleitung des Werkkanals

In diesem Abschnitt wurden drei Bereiche (Fkm 155,0, 153,4 und 151,1) für eine nähere Betrachtung ausgewählt:

Bei Fkm 155,0 (etwa 400 m südlich der Großhesseloher Eisenbahnbrücke) bildet die Isar die Vorflut. Die Flurabstände im Talbereich liegen bei rd. 2 m. Das Grundwassergefälle ist bereits im Tal sehr groß, an den Hangkanten kommt es zu einer zusätzlichen Versteilung des Gefälles.

Im Bereich des Marienklausenstegs (Fkm 153,4) zeigt sich zwischen der Isar und dem westlich gelegenen Geländesprung ein verhältnismäßig niedriges Grundwasserniveau mit etwa isarparalleler Fließrichtung. In diesem Abschnitt speist die Isar vermutlich ins Grundwasser ein. Die Flurabstände betragen etwa 2,5 m in Flussnähe und nehmen nach Westen hin auf rd. 5 m zu. Östlich der Isar ist eine eindeutige Zuströmung von Grundwasser zum Fluss gegeben, da die Grundwasserstände ab der nahegelegenen Hangkante auf deutlich höherem Niveau liegen. Nach Norden hin weitet sich das Tal auf. Entlang der stärker nach Nordosten verlaufenden Hangkante treten mehrere Hangquellen auf.

Im Bereich des Flauchers bei Fkm 151,1 ist am Westufer eine starke Vorflutwirkung der Isar erkennbar. Die Grundwasserstände zeigen eine kleinräumig differenzierte Struktur auf, die auf örtlich vorhandene Tertiäraufbrüche zurückzuführen sind. Die Flurabstände betragen im Flaucher rd. 3 bis 4 m. Östlich der Isar ist im südlich gelegenen Abschnitt noch eine leichte Vorflutwirkung der Isar festzustellen. Auf dem folgenden Streckenabschnitt speist die Isar vermutlich ins Grundwasser ein. Die Flurabstände im östlichen Talbereich nehmen von 2 m in Isarnähe auf rd. 3 m zu.

3.1.2.3 Rückleitung des Werkkanals bis Oberföhringer Wehr

Auch in diesem Abschnitt wurden drei Bereiche (Fkm 148,5, 144,6 und 143,3) näher betrachtet:

In Höhe der Reichenbachbrücke (Fkm 148,5) sind die Grundwasserverhältnisse durch einige Drainagen im Stadtgebiet stark gestört. Der Wasserspiegel der Isar liegt dadurch vergleichsweise hoch, so dass im betrachteten Flussabschnitt Isarwasser ins Grundwasser aussickert. Die Flurabstände betragen westlich der Isar knapp 6 m, östlich davon steigen sie von rd. 2 m im Nahbereich mit zunehmender Entfernung auf etwa 3,5 bis 4 m an.

Im Bereich oberhalb der John-F.-Kennedy-Brücke (Fkm 148,6) ist eine eindeutige Vorflutwirkung der Isar zu erkennen. Die im Bereich des Englischen Gartens nach Nordosten gerichtete Grundwasserfließrichtung schwenkt am Isarufer nach Osten, wobei sich gleichzeitig das Gefälle deutlich erhöht. Die mittleren Flurabstände liegen westlich der Isar zwischen 3 und 4 m. Östlich liegt der Grundwasserspiegel mit rd. 5 m Flurabstand noch etwas tiefer.

Im Staubereich des Oberföhringer Wehrs bei Fkm 143,3 lässt sich ein Wechsel der Vorflutverhältnisse erkennen. Im südlichen Abschnitt ist die Grundwasserströmung zur Isar gerichtet, im weiteren Verlauf bis zum Oberföhringer Wehr zeigt sich, bedingt durch die Stauhaltung, eine Aussickerung von Flusswasser ins Grundwasser. Die Flurabstände betragen westlich der Isar zwischen 2,5 und 3,5 m, im östlichen Talbereich bis zur Hangkante zwischen 2 und 3 m. Bereichsweise kommt es zu Grundwasseraustritten an den östlichen Hangflanken.

3.2 Geologische und flussmorphologische Verhältnisse

3.2.1 Geologie

Die Münchner Schotterebene und das Isartal wurden während des Eiszeitalters angelegt. Den Untergrund bilden die tertiären Sedimente der Oberen Süßwassermolasse. Im Bereich der Münchner Schotterebene wird das Tertiär flächendeckend von quartären Ablagerungen überdeckt. Die Isar hat in der Untersuchungsstrecke die quartären Moränen und Schotterterrassen durchschnitten, so dass das Isarbett seit langem im tertiären Flinz liegt.

Im südlichen Untersuchungsbereich zwischen Höllriegelskreuth und Pullach werden seit Jahrzehnten Bruch- und Rutschungsvorgänge an den steilen Talrändern beobachtet. Die aus quartärem Kies und tertiärem Sand, Schluff und Ton bestehenden Rutschkörper reichen z. T. bis ins Isarbett und bilden dort die Flusssohle. Der Flussbettuntergrund ist daher sehr heterogen. Im weiteren Verlauf variiert die Kiesauflage im Flussbett über dem tertiären Untergrund zwischen 0 m (Bereiche am Großhesseloher Wehr und an der Braunauer Eisenbahnbrücke) und über 5 m (Kleine Isar in Höhe Museumsinsel).

3.2.2 Flussmorphologie

Die Isar besaß zu Beginn des 19. Jahrhunderts noch die für eine Umlagerungsstrecke typischen breiten Kiesflächen mit regellos sich verändernden Flussarmen ohne feste Begrenzung. Zum Schutz der flussnahen Bebauung vor Hochwasser begann man etwa Mitte des 19. Jahrhunderts,

die Isar durch wasserbauliche Maßnahmen in ihrem Lauf festzulegen. Um der durch Korrektion und Regulierung des Flusslaufs ausgelösten und unaufhaltsam fortschreitenden Eintiefung der Flusssohle entgegenzutreten, war man schon im vorigen Jahrhundert zum Bau einer Vielzahl von Stützwehren, Sohlabstürzen und Grundswellen gezwungen. Diese die Flusssohle stützenden Querbauten existieren praktisch auf dem gesamten Abschnitt der Untersuchungsstrecke unterhalb des Großhesseloher Wehres. Ein weiteres flussbetteintiefendes Moment in die den Naturgesetzen unterliegenden Gestaltungsvorgänge brachte um die Jahrhundertwende der Ausbau der Wasserkraftnutzung. Im Jahr 1959 wurde schließlich der Sylvensteinspeicher in Betrieb genommen. Aus diesen Maßnahmen resultiert einerseits die starke Reduzierung des natürlichen Geschiebetriebs und andererseits das Ausbleiben großer Hochwasserereignisse mit der Folge, dass die verbleibenden Kiesbänke kaum noch umgelagert werden und sich verfestigen.

3.3 Zustandsbild des Gewässers

Die Umwandlung der ehemals verzweigten Isar mit ihrer ausgeprägten Abfluss-, Geschiebe- und Gewässerbettdynamik in eine gestreckte, eingetiefte und unterhalb des Großhesseloher Wehres durch zahlreiche Querbauwerke gekennzeichnete Ausleitungsstrecke hat vor allem aufgrund der folgenden Faktoren nachteilige Auswirkungen auf die Gewässerökologie:

- geringer Restabfluss
(Verringerung des aquatischen Lebensraumes aufgrund geringerer Wassertiefen und -breiten; Verlangsamung der Strömungsgeschwindigkeiten; erhöhte Sedimentation von Schwebstoffen; Änderung des Sauerstoffregimes und des Temperaturverhaltens; abruptes Anschwellen des Abflusses bei Hochwasserereignissen),
- weitgehender Verlust der natürlichen Abflussdynamik
(extrem verlängerte Niedrigwasserperioden; verringerte Hochwasserdynamik mit der Folge geringerer Umlagerungsprozesse im Gewässerbett; Verkleinerung der Wasserwechselbereiche durch die Nivellierung der Abflüsse),
- mangelnde Strukturvielfalt im begradigten, längsverbauten Flusslauf,
- Unterbrechung des Fließkontinuums durch Querbauwerke,
- Störung des flussmorphologischen Gleichgewichts infolge Geschieberückhalt.

Zur Darstellung der derzeitigen gewässerökologischen Verhältnisse wurden Untersuchungen zur Gewässergüte, zur Bakteriologie und zur Fischfauna durchgeführt, deren Ergebnisse in den nachfolgenden Kapiteln aufgezeigt werden.

3.3.1 Gewässergüte und Zoobenthos

Im Zeitraum von November 1996 bis Februar 1998 wurden vom Wasserwirtschaftsamt München in vier Messkampagnen insgesamt 18 Bestandsaufnahmen der Makrozoobenthofauna im Untersuchungsabschnitt durchgeführt. Neben einer Referenzmessstelle oberhalb des Höllriegelskreuther Wehres am Georgenstein wurden auch vier Messstellen in der Ausleitungsstrecke zwischen dem Höllriegelskreuther Wehr und der Rückleitung des Werkkanals und zwei Messstellen in der Kleinen Isar beprobt.

Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Die oberstromige Referenzmessstelle am Georgenstein bei Fkm 163,2 mit Vollabfluss entspricht näherungsweise den Entwicklungszielwerten mit der gesicherten Güteklasse II („mäßig belastet“) und der Trophiestufe I-II („mesotroph“). Die aquatische Makrofauna ist ganzjährig arten- und individuenreich vertreten und wird von strömungsliebenden (rheophilen) und an Strömung gebundenen (rheobionten) Arten aus der Gruppe der Steinfliegen-, Eintagsfliegen- und Köcherfliegenlarven dominiert. Sie besiedeln vorwiegend grobkiesige Substrate und entsprechen den naturraumtypischen Lebensgemeinschaften.

In der Ausleitungsstrecke zwischen dem Höllriegelskreuther Wehr und der Rückleitung des Werkkanals sowie in der Kleinen Isar bleibt die Gewässergüte auch beim derzeitigen Mindestabfluss unverändert erhalten. Eine generelle Verschiebung zu Potamal-Arten ist nicht festzustellen. In Abschnitten mit verminderten Strömungsgeschwindigkeiten geht jedoch der Anteil strömungsliebender Arten zurück, während echte Stillwasserarten und strömungsindifferente Arten deutlich zunehmen. In der aquatischen Lebensgemeinschaft treten dort überdurchschnittlich hohe Anteile von Arten auf, die unverfestigte Feinsedimente besiedeln.

In der Ausleitungsstrecke wie auch in der Kleinen Isar sind gravierende Rückgänge der Arten- und Individuenhäufigkeiten (sowohl im Gesamtartenspektrum als auch bei den rheophilen Arten) zu erkennen, die als deutlichste gewässerökologische Änderungen zu bewerten sind. Besonders ungünstige Verhältnisse (Rückgang der Artenzahl strömungsliebender Makroorganismen von durch-

schnittlich 17 an der oberstromigen Referenzmessstelle auf 5 in der Ausleitungsstrecke) weist die Messstelle am Marienklausensteg auf, die durch einen gleichförmigen Lebensraum, geringe Substratvielfalt und verringerte Strömungsgeschwindigkeiten gekennzeichnet ist. Bei erhöhter struktureller Wertigkeit der Habitate wie z. B. am Flaucher unterhalb der Thalkirchner Überfälle (Fkm 151,6) können die durch geringe Restabflüsse hervorgerufenen Defizite teilweise ausgeglichen werden.

Für die festgestellten Rückgänge der Artenvielfalt und -häufigkeit an den Messstellen in der Ausleitungsstrecke und der Kleinen Isar sind jedoch neben den veränderten hydraulischen Verhältnissen beim derzeitigen Mindestabfluss noch zusätzliche Störgrößen zu berücksichtigen. So führten im Untersuchungszeitraum 1996-1998 mehrere voneinander unabhängige Hochwasserereignisse in der Größenordnung eines HQ₂ (Hochwasserereignis mit zweijährlicher Wiederkehrwahrscheinlichkeit) sowie zwei Ereignisse Mitte 1995 mit annähernd fünfjähriger Wiederkehrwahrscheinlichkeit infolge der kurzzeitig wesentlich erhöhten Abflussdynamik in der Ausleitungsstrecke und der Kleinen Isar zu einer deutlichen Verarmung des Arteninventars (Katastrophendrift). Vorrangig betroffen waren die Erhebungen im November 1996. Die späteren Untersuchungen 1997 zeigten, dass das Arteninventar auch mehrere Monate nach den Hochwasserereignissen noch nicht wieder normalisiert war. Diese zu beobachtende geringe Flexibilität der Gewässerlebensgemeinschaften gegenüber hydrologischen Extremereignissen ist ein Charakteristikum von Ausleitungsstrecken. Die oberstromige Referenz wurde dagegen durch die Hochwasserereignisse aus gewässerökologischer Sicht nur geringfügig beeinträchtigt.

Trotz eines niedrigen Nährstoffangebots ist in der Ausleitungsstrecke und in der Kleinen Isar eine zeitweilig (saisonal) verstärkte Aufwuchsbildung feststellbar, die von benthischen Kieselalgen und Grünalgen bestimmt ist. Makrophyten und Algenplankton sind jeweils nur von untergeordneter Bedeutung. Räumlich begrenzte Wirkungen der verstärkten Produktion auf die chemische Wasserbeschaffenheit (Tagesamplituden der Sauerstoffgehalte und pH-Werte) sind anzunehmen, jedoch nicht durch Messungen belegt.

Auswertungen der chemischen Beschaffenheitsdaten an Messstellen südlich und nördlich der Stadt München lassen darauf schließen, dass Mischwasserentlastungen im Bereich der Stadt München nur von untergeordneter Bedeutung für die Gewässergüte sind.

3.3.2 Bakteriologie

Die Gesundheitsabteilung des Landratsamtes München und das Gesundheitsreferat der Stadt München haben in der Badesaison von Mai bis September des Jahres 1997 an 7 Messstellen in der Ausleitungsstrecke, an 4 am Werkkanal und an 3 an der Isar zwischen der Rückleitung des Werkkanals und dem Oberföhringer Wehr in regelmäßigen Abständen Proben entnommen, die vom Landesuntersuchungsamt für das Gesundheitswesen Südbayern untersucht wurden. Gemäß der EG-Richtlinie wurde auf fäkalcoliforme (FC) und auf gesamtcoliforme Keime (GC) überprüft. Bakteriologisch einwandfrei sind Proben mit nicht mehr als 100 FC und 500 GC in 100 ml. Bei über 100 bis 2.000 FC und/oder über 500 bis 10.000 GC in 100 ml sind die Leitwerte, darüber hinaus die Grenzwerte überschritten. Die Ergebnisse sind in Abb. 6 dargestellt.

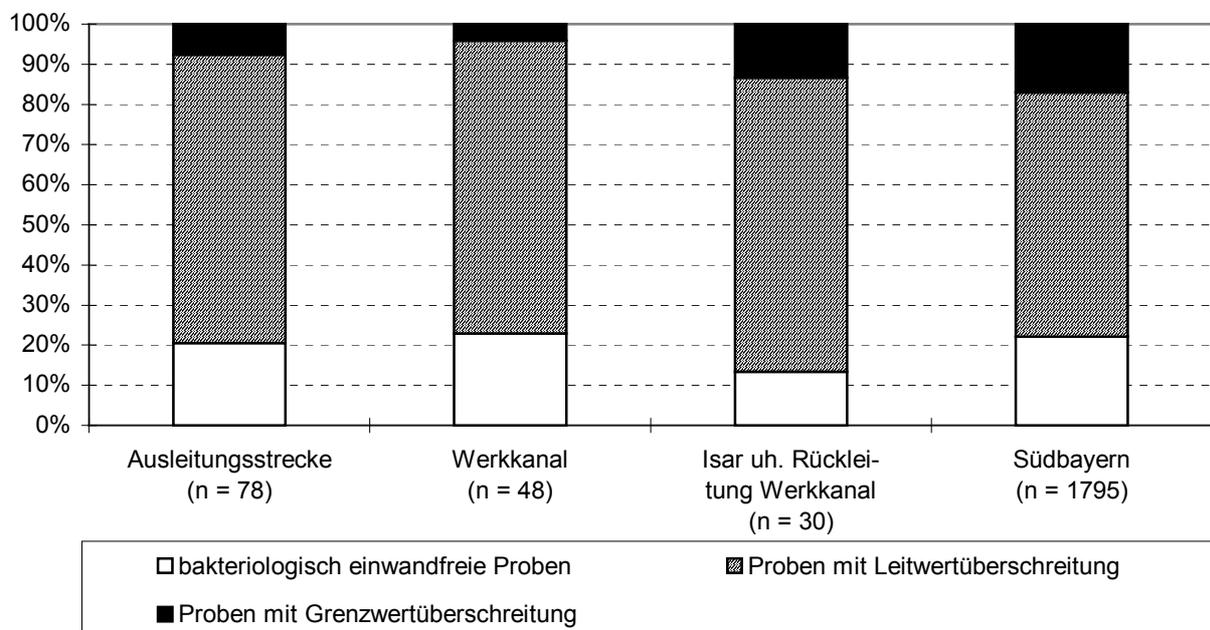


Abb. 6: Bakteriologische Untersuchungsergebnisse von Entnahmestellen an Isar und Werkkanal zwischen Höllriegelskreuthen und Oberföhringer Wehr während der Badesaison 1997

Sowohl in der Isar als auch im Kanal kommen Grenzwertüberschreitungen vor. Bezogen auf die Ergebnisse aller vom Landesuntersuchungsamt untersuchten Proben südbayerischer Fließgewässer erwiesen sich Isar und Werkkanal im Bereich des Landkreises München als geringer und im Stadtbereich München als durchschnittlich belastet.

In der Isar im Stadtgebiet München wurden 1998 zudem in einigen Wasserproben EHEC-Bakterien nachgewiesen. Da aufgrund der geringen Infektionsdosis Badeinfektionen nicht auszuschließen sind, hat das Gesundheitsreferat der Stadt München entsprechende Warnhinweise erlassen.

3.3.3 Fischfauna

Die Zusammensetzung der Fischfauna in Fließgewässern wird natürlicherweise von den Gewässereigenschaften (Fließgeschwindigkeit, Gewässergüte, Temperatur, Substratverhältnisse etc.) und den Habitatansprüchen der Fische beeinflusst. Die Lebensgemeinschaften in diesem der Barbenregion zuzuordnenden Isarabschnitt bestehen in erster Linie aus strömungsliebenden Arten. Die Hauptfische waren vor dessen Ausbau bzw. Ausleitung wohl Barbe, Äsche, Nase, Aitel, Bachforelle, Huchen, Rutte, Koppe, Elritze, Schneider, Bartgrundel und Steinbeißer. Bei einigermaßen intakten Verhältnissen würde die Fischbiomasse im Untersuchungsbereich rd. 150 - 200 kg/ha betragen.

Zur Aufnahme des aktuellen Fischbestands wurden 1997/98 von der Fachberatung für Fischerei mehrere Elektrobefischungen an der Isar in Höhe Grünwald und Marienklause, am Flaucher sowie an der Kleinen Isar durchgeführt. Die typischen Isarfische Nase, Barbe, Aitel und Äsche weisen demnach erheblich gestörte Populationsstrukturen auf. Die Fischbiomasse dürfte derzeit bei nicht mehr als 20 kg/ha liegen.

Zwar lassen sich an einigen Stellen noch Restschwärme adulter Barben und Nasen nachweisen, die noch fortpflanzungsaktiv sind, der Fehlbestand juveniler Fische ist jedoch extrem. Dabei wären, wenn auch nur in geringem Maße, auch bei den derzeitigen Gegebenheiten beispielsweise im Bereich des Flauchers und in der Kleinen Isar geeignete Lebensräume für junge Fische vorhanden. Bei der Äsche ist innerhalb weniger Jahre ein besorgniserregender Verfall des Bestandes zu beobachten. Während z. B. 1990 in der Kleinen Isar unterhalb der Corneliusbrücke noch ein ausgewogener, altersgeschichteter Äschenbestand mit rd. 250 Äschen auf rd. 250 m Befischungslänge nachgewiesen werden konnte, ist der derzeitige Bestand (10 Äschen auf rd. 300 m Befischungslänge) ausgesprochen dünn. Die für diese Fischart typische kritische Bestandsdichte ist damit bereits deutlich unterschritten.

Als Ursache für den starken Rückgang des Fischbestandes wird von der Fachberatung für Fischerei auch der hohe Fraßdruck durch fischfressende Vögel (Gänsesäger und Kormoran) angeführt. Unabhängig von dieser Problematik bestehen an der zu betrachtenden Ausleitungsstrecke deutliche ökomorphologische Defizite, die im wesentlichen auf Verbauungen, fehlende Durchgängigkeit, Geschiebedefizit und zu geringe Restabflüsse zurückzuführen sind.

3.4 Zustandsbild der amphibischen und terrestrischen Lebensräume

Bis etwa Anfang des 19. Jahrhunderts war die Isar im Untersuchungsbereich noch ein voralpiner Wildfluss mit charakteristischen Umlagerungstrecken, stark schwankenden Abflüssen und einer hohen Geschiebeführung. Zahlreiche z. T. massive Eingriffe in der Vergangenheit haben diesen Wildflusscharakter nachhaltig verändert: Durch Einengung, Begradigung und Befestigung des Mittelwasserbettes hat sich die Isar eingetieft. Aus einem vielfältigen, verzweigten Fluss wurde ein überwiegend monotones, kanalartiges Gerinne. Infolge der Eintiefung gingen auch die Grundwasserstände und Überschwemmungen der Aue zurück. Die Dämpfung der Hochwasserspitzen und der Geschieberückhalt insbesondere durch den Sylvensteinspeicher verringerten die charakteristische Auedynamik. Noch vorhandene Kiesbänke werden nicht mehr umgelagert, verfestigen sich und wachsen allmählich zu. Damit gehen wichtige Pionierstandorte mit den darauf spezialisierten Arten zurück.

Insgesamt haben diese Veränderungen zu einer Reduzierung der Struktur- und damit der Artenvielfalt geführt. Relikte der ehemaligen Wildflusslandschaft mit einem verzweigten Fluss und offenen, umlagerungsfähigen Kiesbänken sind nur noch am Flaucher erhalten. In der Biotopkartierung sind u. a. die Hangleitenwälder, kleinflächige Feuchtgebiete wie z. B. ein Hangquellmoor sowie Auwaldreste erfasst. Gemäß ökologischer Zustandserfassung der Flussauen an der Isar zwischen Bad Tölz und der Mündung sind die Auwaldreste im Bereich zwischen Großhesselohe und dem Flaucher überwiegend als „bedingt naturnah“ bewertet. Im Arten- und Biotopschutzprogramm, Landkreis München, wird das Isartal - trotz der erheblichen Struktur- und Artenverluste - als Komplexlebensraum von landesweiter Bedeutung eingestuft. Neben der Lebensraumfunktion wird insbesondere die Vernetzungsfunktion des Isartals hervorgehoben.

Gemäß einer im Rahmen des Isar-Plans bzw. der Restwasseruntersuchung durchgeführten Grundlagenmittlung werden die Vegetations- und Biotoptypen in den Isarauen überwiegend mit mittleren Wertstufen belegt. Neben den Auwaldresten und Feuchtflächen haben anthropogene Sekundärstandorte wie Dämme sowohl aus vegetationskundlich-floristischer wie auch aus zooökologischer Sicht die höchste Wertigkeit. Daneben sind die Hangleitenwälder naturschutzfachlich besonders bedeutsam. Den Kiesbänken im südlichen Abschnitt kommt aus tierökologischer Sicht nur eine geringe Bedeutung zu. Demgegenüber werden z. B. die Kiesbänke und Kiesinseln im Flaucherbereich aus zooökologischer Sicht zwischen mittel- und hochwertig eingestuft.

3.5 Gewässernutzungen

3.5.1 Energieerzeugung

Das am Höllriegelskreuther Wehr ausgeleitete Isarwasser (maximal 80 m³/s) wird zur Energieerzeugung in zwei Wasserkraftanlagen der Isar-Amperwerke AG (KW Höllriegelskreuth, KW Pullach) genutzt. Unter Berücksichtigung der derzeitigen Mindestabflussregelung von 4,0 m³/s (Okt. - März) bzw. 5,0 m³/s (Apr. - Sep.) beträgt der mittlere nutzbare Kraftwerkzufluss im langjährigen Mittel (Datenbasis: Abflüsse am Pegel München für die Jahresreihe 1959/95) rd. 67,4 m³/s. Nach Angaben der Isar-Amperwerke AG wurde im Zeitraum 1981/97 (ohne Ausreißerjahr 1994) eine durchschnittliche Jahresarbeit in den beiden Kraftwerken von insgesamt rd. 51 GWh erzeugt.

Unterhalb des Großhesseloher Wehres, ab dem der maximale Kanaldurchfluss auf 70 m³/s begrenzt ist, schließen sich drei Wasserkraftwerke der Stadtwerke München (Isarwerke I, II und III) an. Bei der derzeitigen Mindestabflussregelung von ganzjährig 5,0 m³/s lässt sich ein mittlerer nutzbarer Kraftwerkzufluss am Isarwerk I von rd. 56,9 m³/s errechnen, wobei mit berücksichtigt wurde, dass das maximale Schluckvermögen der Turbinen nur 64,5 m³/s beträgt und dass zu Beginn der Badesaison und der Floßfahrt (letzte Woche im April) bis zum Ende des Oktoberfestes aus dem Werkkanal oberhalb des Isarwerks I rd. 6-7 m³/s in den Ländkanal ausgeleitet werden. Am Isarwerk II ist der mittlere nutzbare Kraftwerkzufluss aufgrund der Überleitung von rd. 10 m³/s in den Auermühlbach auf rd. 51,3 m³/s verringert. Am Isarwerk III stehen schließlich im Mittel nur noch rd. 47,0 m³/s zur Verfügung, da bis zu 5 m³/s am Isarwerk III vorbei in den Westermühlbach geleitet werden. Nach Angaben der Stadtwerke München wurde im Zeitraum 1986/97 (ohne Ausreißerjahr 1993) in den Isarwerken I bis III eine durchschnittliche Jahresarbeit von insgesamt rd. 43 GWh erzeugt.

Tab. 2: Anlagen zur Wasserkraftnutzung am Werkkanal zwischen Höllriegelskreuther Wehr und Rückleitung bei Fkm 149,9

Anlagenbezeichnung	Betreiber	Lage in Höhe Fluss-km	mittlere Fallhöhe (m)	Ausbauleistung (kW)	Jahresarbeit (GWh)
KW Höllriegelskreuth	Isar-Amperwerke AG	161,6	4,96	3100	rd. 22,0
KW Pullach	Isar-Amperwerke AG	158,8	6,50	4100	rd. 29,0
Isarwerk I	Stadtwerke München	153,8	5,50	2810	rd. 16,0
Isarwerk II	Stadtwerke München	151,8	4,20	2300	rd. 10,0
Isarwerk III	Stadtwerke München	150,0	5,46	3300	rd. 17,0

Zusätzlich werden noch die ausgeleiteten Stadtbäche zur Energieerzeugung in einigen Wasserkraftanlagen (Krämer'sche Kunstmühle, Bäckermühle und Maxwerk am Auermühlbach sowie KW Tivoli am Eisbach) genutzt.

3.5.2 Abwassereinleitungen

Die Isar im Bereich zwischen dem Höllriegelskreuther Wehr und dem Oberföhringer Wehr wird durch einige Mischwassereinleitungen aus dem Kanalnetz der Stadt München beaufschlagt. Auswirkungen auf die Gewässergüte der Isar aufgrund von Mischwasserentlastungen sind jedoch, wie in Kap. 3.3.1 bereits angesprochen, nur von untergeordneter Bedeutung.

3.5.3 Kühlwassereinleitungen

Im Bereich des Werkkanals befinden sich zwei Einleitungsstellen für Kühlwasser. Mit Bescheid des Landratsamtes München vom 23.12.1998 wurde der Firma Peroxid-Chemie GmbH die bis 31.12.2018 laufende beschränkte Erlaubnis erteilt, neben der Entnahme von max. 0,18 m³/s Grundwasser auch bis max. 0,42 m³/s Wasser aus dem Werkkanal unterhalb des Kraftwerks Höllriegelskreuth zu entnehmen und max. 0,56 m³/s um bis zu $\Delta t = 15$ K erwärmtes Kühlwasser in den Werkkanal einzuleiten.

Eine im Verhältnis deutlich umfangreichere Kühlwassereinleitung besteht im Bereich der Stadt München. Die Stadtwerke München besitzen gemäß wasserrechtlichem Bescheid der Landeshauptstadt München vom 24.06.1981 bis zum 30.06.2001 die Erlaubnis, zur Kühlwasserversorgung des Kraftwerks München-Süd (siehe Abb. 2) bis zu 11,7 m³/s Wasser aus dem Werkkanal zu entnehmen und das bei Normalbetrieb um höchstens $\Delta t = 10$ K erwärmte Kühlwasser wieder in den Werkkanal einzuleiten. Die maximal zulässige Wärmeabgabe an den Vorfluter beträgt bei Normalbetrieb folglich 117 Mcal/s. Die Wärmeeinleitung ist dabei so zu beschränken, dass bei Normalbetrieb die rechnerische Aufwärmspanne im Werkkanal nicht mehr als $\Delta t = 5$ K und in der Isar nach der Einmündung des Werkkanals nicht mehr als $\Delta t = 3$ K beträgt. Zusätzlich darf die Wassertemperatur in der Isar $T_{\max} = 25^{\circ}$ C nicht überschreiten. Während der Zeit der Bachauskehr und bei Reparaturen am Werkkanal können zur Notkühlwasserversorgung bis zu 10 m³/s Wasser aus der Isar bei Fkm 150,635 entnommen und erwärmt bei Fkm 150,350 wieder eingeleitet werden.

Beim derzeitigen Mindestabfluss in der Ausleitungsstrecke von $5 \text{ m}^3/\text{s}$ wäre theoretisch in Niedrigwasserzeiten die Einhaltung der rechnerischen maximalen Aufwärmspanne von $\Delta t = 3 \text{ K}$ in der Isar nach der Einmündung des Werkkanals der begrenzende Faktor für die Wärmeabgabe. Unter Berücksichtigung der Mindestbeschickung von $3,5 \text{ m}^3/\text{s}$ aus dem Werkkanal in den Westermühlbach am Isarwerk III lässt sich errechnen, dass bei einem Abfluss im Werkkanal an der Kühlwasserentnahmestelle unter rd. $33,4 \text{ m}^3/\text{s}$ die maximal zulässige Wärmeabgabe von 117 Mcal/s nicht mehr in vollem Umfang möglich ist. Dieser Kanalabfluss, der zuzüglich des Restabflusses von $5 \text{ m}^3/\text{s}$ in der Ausleitungsstrecke und der Beschickung des Auermühlbachs mit $10 \text{ m}^3/\text{s}$ einem Gesamtabfluss von rd. $48,4 \text{ m}^3/\text{s}$ entspricht, wird im langjährigen Mittel an rd. 34 Tagen pro Jahr unterschritten.

Den Aufzeichnungen der Betriebsdaten für die letzten Jahre zufolge lag die tatsächliche Kühlwasserentnahme bzw. Wärmeabgabe des Kraftwerks jedoch in der Regel weit unter den maximal zulässigen Bescheidswerten. Mit der Stilllegung des Betriebs der Müllverbrennungsanlage im Jahr 1998 wird der Erlaubnisumfang voraussichtlich noch in geringerem Maß als bislang ausgeschöpft werden.

3.5.4 Freizeit und Erholung

Das Isartal zählt zu den bedeutendsten Naherholungsgebieten für den Ballungsraum München. Grundlegend für die rekreative Attraktivität der Isar im Bereich der betrachteten Ausleitungsstrecke sind trotz ihres starken Ausbaus die flusslandschaftlichen Qualitäten. Selbst der innerstädtische untere Abschnitt weist einige Bereiche relativ naturnaher Flächen (z. B. am Flaucher) auf, in denen naturgebundene Freizeit- und Erholungsformen möglich sind. Das wird eindrucksvoll durch empirische Erhebungen (Befragungsaktion mit 100 Befragten) bestätigt, wonach auf die vier am stärksten präferierten Erholungstätigkeiten an der Isar (ausruhen/liegen, spazierengehen, radeln, sonnen), die alle „sanfte“ Tätigkeiten darstellen, knapp 50 % aller Nennungen entfallen. Die immense Bedeutung der Untersuchungsstrecke für Freizeit und Erholung der Münchner Bevölkerung stellen auch die auf der Basis von stichprobenartigen Zählungen vorgenommenen Schätzungen der Nutzerstunden von Spaziergängern, Radlern, Kiesbank- und Uferwiesennutzern heraus. So ergeben sich für die Isar ohne die Nutzung am Kanal rd. 1,7 Mio Nutzerstunden pro Jahr. Davon entfallen knapp 82,5 % auf den unteren Abschnitt zwischen südlicher Stadtgrenze und dem Oberföhrringer Wehr. Mit rd. 455.000 Nutzerstunden pro Jahr ist der Flaucher mit Abstand der größte und bedeutendste Erholungsschwerpunkt auf der ganzen Untersuchungsstrecke. Weitere stark frequentierte Bereiche stellen die Kleine Isar (113.000 Nutzerstunden pro Jahr), die Uferwiesen zwi-

schen Reichenbachbrücke und Wittelsbacher Brücke (79.000 Nutzerstunden pro Jahr) sowie die Bereiche um die Großhesseloher Brücke (66.000 Nutzerstunden pro Jahr) und um die Grünwalder Brücke (64.000 Nutzerstunden pro Jahr) dar. Diese Zahlen stellen insbesondere auch die innerstädtische Bedeutung der Isar als Erholungsraum heraus.

Dennoch finden sich eine Reihe von Defiziten. So gibt es im innerstädtischen Bereich größere Abschnitte ohne nutzbare Kiesbänke, in beiden Abschnitten mangelt es an genügend Überquerungsmöglichkeiten, im oberen Abschnitt fehlt auf der Ostseite der Isar ein ufernaher Rad- und Fußweg. In den empirischen Befragungen werden vor allem die mangelnde Entsorgung (Abfall) und gewässerseitige Erschwernisse für Freizeit und Erholung (Querverbauungen, ungenügende Wasserqualität, zu geringer Abfluss) beklagt.

Die Anzahl der Nutzerstunden pro Jahr für den Bereich des Werkkanals ist deutlich geringer und beträgt etwa 1/6 der Werte für die Isar. Am Kanal sind besonders der Kanu- und Bootsport und die Floßfahrten, die zwischen Mai und Anfang September von Wolfratshausen kommend den Werkkanal vom Höllriegelskreuther Wehr bis zur Abzweigung in den Ländkanal (siehe auch Abb. 2) befahren, zu erwähnen.

3.6 Landschaftsästhetik

Für eine differenzierte Erfassung der landschaftsästhetischen Erlebniswirkung wurde die Untersuchungsstrecke in 11 funktional eigenständige Abschnitte (Unterscheidungskriterien z. B. Ufergestalt, Flussverlauf, Flussbett oder Fernwirkung individueller Einzelobjekte) untergliedert. Um die ästhetischen Präferenzwerte dieser Abschnitte über eine Befragungsaktion bestimmen zu können, wurden für jeden Abschnitt zwei Fotos erstellt, die das ästhetisch Wesentliche des jeweiligen Abschnitts wiedergeben. Die 22 charakteristischen Fotos wurden von 40 Befragten in Einzelinterviews nach subjektivem ästhetischen Gefallen 5 vorgegebenen Stufen (von 5 = „gefällt mir am besten“ bis 1 „gefällt mir am wenigsten“) nach einer vorgegebenen Verteilung zugewiesen. Die Befragungen wurden im Sommer 1997 je zur Hälfte im Stadtgebiet und an der oberen Ausleitungsstrecke durchgeführt. Bei Wahrnehmungsstudien dieser Art stabilisieren sich die Ergebnisse (Mittelwerte) - eine sozial relativ homogene Grundpopulation vorausgesetzt - bereits ab etwa 20 Personen. Bei insgesamt 40 befragten Personen kann also mit einigermaßen zuverlässigen Ergebnissen gerechnet werden.

Wie die Auswertung ergibt, wird der obere Abschnitt der Ausleitungsstrecke insgesamt ästhetisch deutlich positiver beurteilt als der untere. Das beruht darauf, dass zwischen dem Höllriegelskreut-her Wehr und dem Großhesseloher Wehr das enge Flusstal der Isar mit seinen steilen, bewaldeten Leitenhängen und uferbegleitenden, langgezogenen Kiesbänken an den Gleitufeln trotz des kanal-artigen Flussausbaus erkennbar naturnäher wirkt, während im nördlichen, innerstädtischen Ab-schnitt der Fluss in seinen seitlichen Bereichen deutlich urban überprägt ist. Dabei sind es gerade die blickbeherrschenden technisch-urbanen Elemente (Kraftwerksschlote, Hochhäuser, randständi-ge Bebauung etc.), die besonders zur ästhetischen Abwertung der innerstädtischen Isarbereiche führen. Gleichwohl wurde dem Foto, das die Verhältnisse unterhalb des Flaucherstegs mit den unregelmäßigen, nur teilweise bewachsenen Kiesbänken und umgebenden Wasserflächen abbildet, der höchste ästhetische Wert zugesprochenen.

4 Abschätzung der Auswirkungen höherer Restabflüsse in den einzelnen Wirkungsbereichen

4.1 Datengrundlagen

4.1.1 Abflussversuche

Um die Auswirkungen verschiedener Restabflüsse auf abiotische Faktoren (Wassertiefe, Strömungsbedingungen, Gewässerbreite etc.) untersuchen zu können, wurden in der Ausleitungsstrecke Abflussversuche durchgeführt. In Abstimmung mit den eingeschalteten Fachgutachtern waren als Testabflüsse ursprünglich rd. 5 (Status-quo), 10, 16, 24 und 40 m³/s vorgesehen, wobei der Abfluss mit rd. 40 m³/s wegen der großen Energieverluste in den Kraftwerken nur dann eingestellt werden sollte, wenn das den maximalen Werkkanalzufluss übersteigende sogenannte Überwasser als Restabfluss in der Ausleitungsstrecke in etwa diese Größenordnung erreicht.

Vom 15. - 18. April 1997 fand der erste Teil der Abflussversuche statt. Die letztendlich am Höllriegelskreuther Wehr bzw. Großhesseloher Wehr abgegebenen Abflüsse weichen mit rd. 6,5, 13, 17 und 27 m³/s von den geplanten Werten etwas ab, da der tatsächlich in der Ausleitungsstrecke vorhandene Abfluss erst im nachhinein anhand der Feldmessungen ermittelt werden konnte.

Die jeweilige Restwasserabgabe am Höllriegelskreuther Wehr wurde von der Isar-Amperwerke AG ab 7⁰⁰ Uhr über den Tag möglichst konstant gehalten. Am Großhesseloher Wehr waren die Schützen zwischen Isar und Werkkanal geschlossen, wodurch der Restabfluss in nahezu gleicher Höhe in die untere Teilstrecke weitergeleitet werden konnte.

Da sich im Frühjahr 1997 keine geeignete Gelegenheit ergab, einen Abfluss von rd. 40 m³/s zu untersuchen, wurde am 11. Juli 1997 als Ersatz ein höherer Abfluss von rd. 100 m³/s in der oberen bzw. rd. 85 m³/s in der unteren Teilstrecke getestet.

An Untersuchungen wurden durchgeführt:

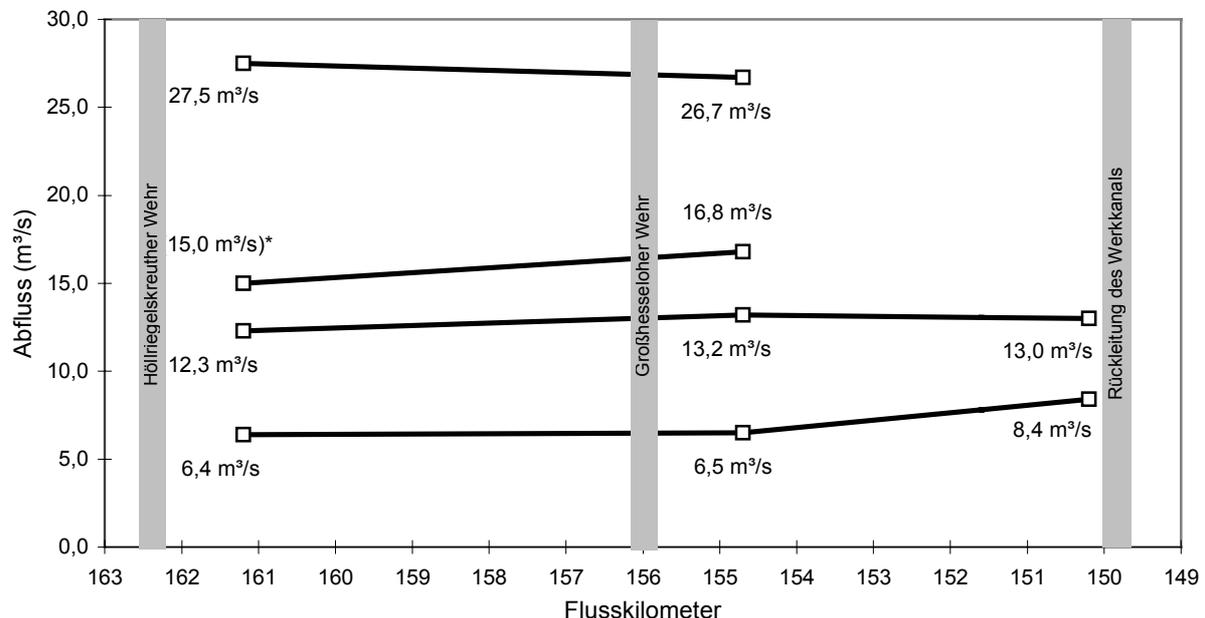
- Abflussmessungen bei Fkm 161,2 (unterhalb Höllriegelskreuther Wehr), Fkm 154,7 (unterhalb Großhesseloher Wehr) sowie Fkm 150,2 (oberhalb der Wiedereinleitung des Werkkanals)
- Fließgeschwindigkeitsmessungen an jeweils vier weiteren Querschnitten in der oberen Teilstrecke zwischen Fkm 161,0 und 160,4 sowie in der unteren Teilstrecke zwischen Fkm 154,5 und 153,8

- Wasserspiegelfixierungen alle 200 m an den Regelprofilen sowie an einigen Sonderprofilen
- Messung der sohn nahen Strömungsverhältnisse mit Hilfe der Halbkugelmethode bei der Abflussvariante mit rd. $13 \text{ m}^3/\text{s}$ im Abschnitt zwischen Fkm 154,7 und 153,8
- Foto- und Videodokumentation.

Für einige gängige Kenngrößen sind nachfolgend die Ergebnisse aufgeführt. Auf speziellere Untersuchungen wird in den entsprechenden Folgekapiteln eingegangen.

- Abflüsse

Die Ergebnisse der Abflussmessungen vom 15. - 18. April 1997 sind in Tab. 7 aufgeführt. Am 11. Juli 1997 waren wegen zu hoher Strömung keine Abflussmessungen möglich. Die Restabflüsse in der Ausleitungsstrecke an diesem Tag wurden daher abgeleitet aus dem Isarabfluss am Pegel München abzüglich des Werkkanalabflusses. Für die obere Teilstrecke ab dem Höllriegelskreuther Wehr ergab sich somit ein Abfluss von rd. $100 \text{ m}^3/\text{s}$, für die untere ab dem Großhesseloher Wehr ein Wert von rd. $85 \text{ m}^3/\text{s}$.



* Der Wert $15 \text{ m}^3/\text{s}$ ist fraglich, da die Ergebnisse der Abflusssimulation (Kap. 4.1.2) erst für rd. $17 \text{ m}^3/\text{s}$ mit den aufgenommenen Wasserspiegellagen gut übereinstimmen. Grobe Abflussermittlungen an den unterhalb liegenden Querschnitten anhand der Fließgeschwindigkeitsmessungen ergeben ebenfalls Werte von rd. $17,5 \text{ m}^3/\text{s}$.

Abb. 7: Ergebnis der Abflussmessungen vom 15. - 18. April 1997

- Wasserspiegellagen

Die Änderung der Wasserspiegellage an den Regelprofilen (alle 200 m) bei Erhöhung des Restabflusses von rd. $6,5 \text{ m}^3/\text{s}$ auf rd. 13, 17 und $27 \text{ m}^3/\text{s}$ zeigt Abb. 8. In der oberen Teilstrecke vom Höllriegelskreuther bis Großhesselohrer Wehr ist eine mittlere Wasserspiegelerhöhung um rd. 14, 19 bzw. 35 cm festzustellen, in der unteren Teilstrecke fällt die Veränderung mit im Mittel rd. 10, 14 bzw. 28 cm etwas geringer aus.

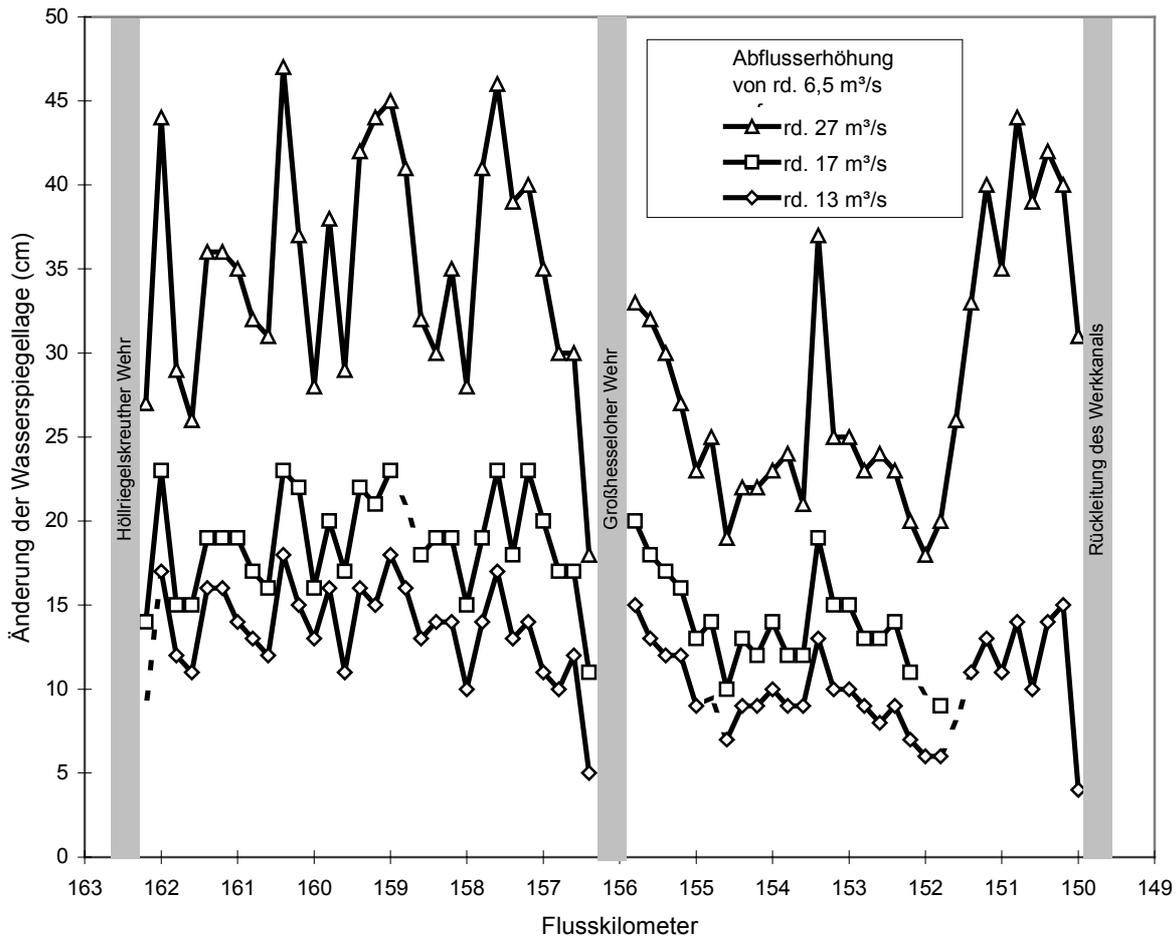
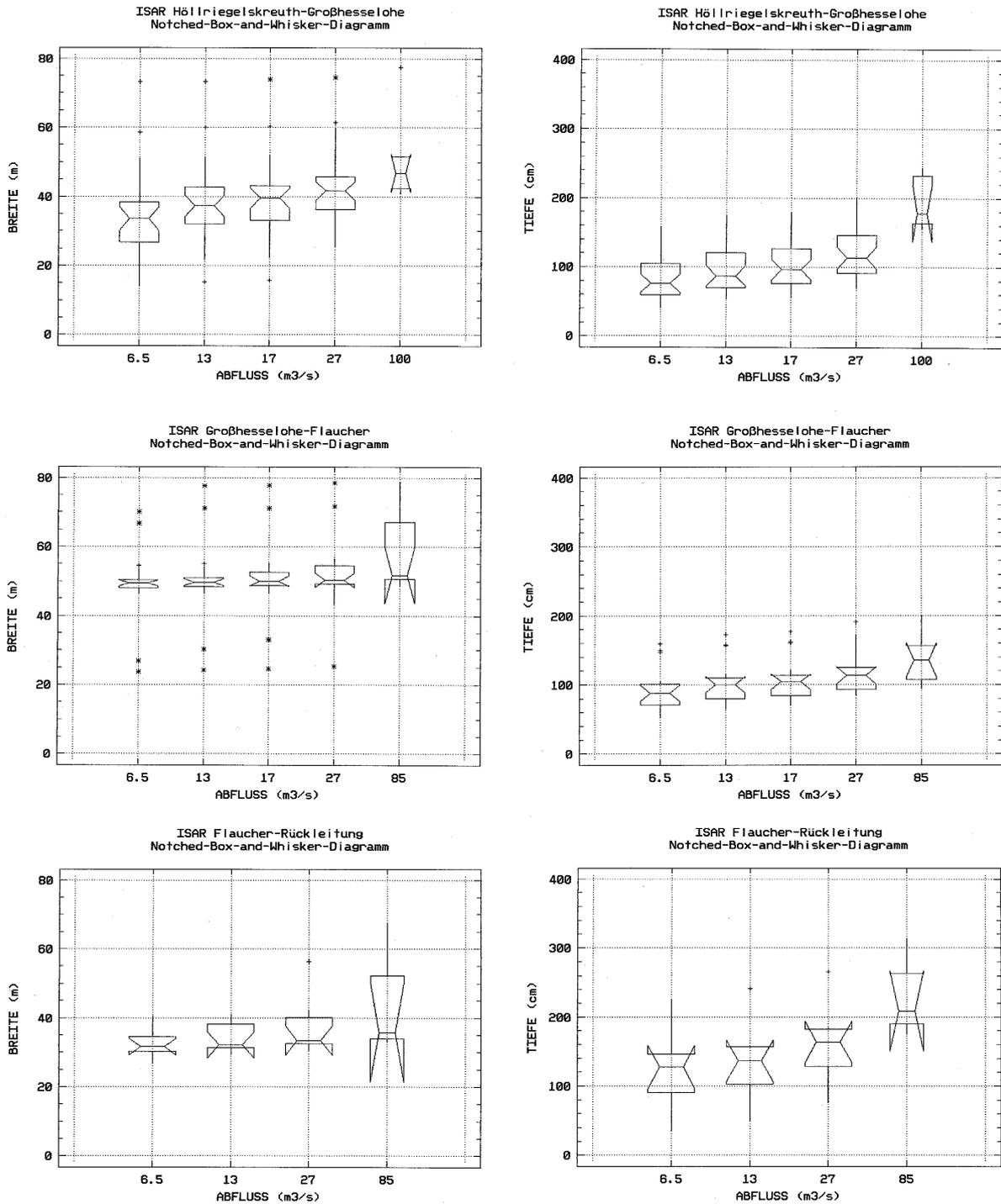


Abb. 8: Veränderung der Wasserspiegellage während der Abflussversuche an den Regelprofilen

- Gewässerbreiten und maximale Wassertiefen

Die Gewässerbreiten und maximalen Tiefen wurden mit Hilfe der Wasserspiegellagen aus den vorhandenen Querschnittsaufnahmen der Regelprofile ermittelt. Die Ergebnisse sind getrennt für die Teilabschnitte Höllriegelskreuther bis Großhesselohrer Wehr, Großhesselohrer Wehr bis Flauchersteg und unterhalb des Flaucherstegs bis Rückleitung des Werkkanals in Abb. 9 zusammengefasst. Deutlich zu erkennen ist dabei die geringe Breitenvarianz im Abschnitt zwischen Großhesselohrer Wehr und Flauchersteg aufgrund der monotonen Gewässerbettstruktur.



Erläuterungen:

Strich in der Mitte des Kastens = Median (Schwerpunkt der Verteilung)

unterer Rand des Kastens = 25-Perzentilwert

oberer Rand des Kastens = 75-Perzentilwert

Ende der senkrechten Striche = Maximal- und Minimalwerte ohne Ausreißerwerte

Sternchen = Ausreißerwerte, die mehr als das 1,5fache der Kastenlänge vom Median entfernt liegen

Einkerbung des Kastens = 95%iges Vertrauensintervall des Medians

Bei einem Nichtüberschneiden der Einkerbungen verschiedener Datensätze sind diese signifikant verschieden.

Bei einer Einfaltung des Kastens ist das 95%ige Vertrauensintervall des Medians größer als das 25%ige bzw. 75%ige Quartil, d.h. die Daten sind statistisch unsicher.

Abb. 9: Gewässerbreiten- und Maximaltiefenvarianz an den Regelprofilen

- Fließgeschwindigkeiten

In die Auswertung sind die Ergebnisse aus den Abflussmessungen bei Fkm 161,2 und 154,7 (über das Messlot gemittelte Fließgeschwindigkeiten) sowie aus den zusätzlichen Fließgeschwindigkeitsmessungen an jeweils 4 weiteren, unterhalb gelegenen Querschnitten eingegangen. Bei letzteren wurden über den Querschnitt verteilt an mindestens 10 Messloten Ein- bzw. Zweipunktmessungen durchgeführt. Die Ergebnisse sind für die betrachteten Abschnitte der oberen (Fkm 161,2 bis 160,4) und unteren Teilstrecke (Fkm 154,7 bis 153,8) in Abb. 10 aufgeführt. Deutlich zu erkennen sind die höheren mittleren Fließgeschwindigkeiten und die größere Varianz in der naturnäheren oberen Teilstrecke.

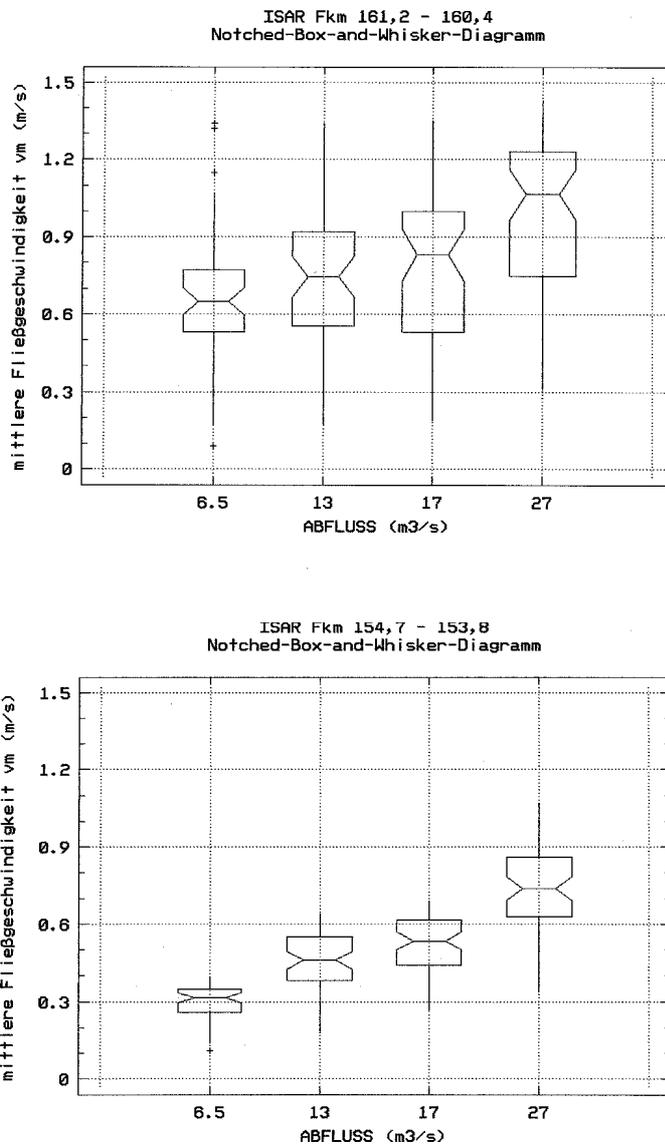


Abb. 10: Mittlere Fließgeschwindigkeiten in charakteristischen Abschnitten der beiden Teilstrecken

4.1.2 Abflusssimulationen

Für die Variantenplanung des Isar-Plans wurde ein digitales Geländemodell der Isarstrecke zwischen südlicher Stadtgrenze im Bereich des Großhesseloher Wehres und der Corneliusbrücke (Ausleitung in die Kleine Isar) erstellt und Hochwasserabflusssimulationen mit dem vom Institut für Wasserwesen an der Universität der Bundeswehr München entwickelten zweidimensionalen Strömungsmodell FLOODSIM durchgeführt.

Um zusätzliche Informationen über die Auswirkungen unterschiedlicher Restabflüsse für den Ist-Zustand wie auch insbesondere für eine mögliche Planungsvariante des Isar-Plans zu erhalten, wurde das vorhandene Modell so ergänzt, dass Abflusssimulationen auch im Niedrig- und Mittelwasserbereich durchgeführt werden konnten. Damit bereits im Planungsstadium zum Thema „Mindestabfluss“ Aussagen über einen möglichen zukünftigen Zustand getroffen werden können, die in die weitere Detailplanung eingehen, wurde für eine Strömungssimulation neben dem Ist-Zustand noch aus 3 im Rahmen des Isar-Plans erarbeiteten Varianten die sogenannte Planungsvariante 1 ausgewählt. Sie sieht in Teilbereichen eine großzügige Aufweitung des Flussbetts sowie eine Abflachung und Umgestaltung der verbauten Ufer vor. Die anderen Varianten orientieren sich dagegen stärker am Bestand. Einen Eindruck über die geplanten Veränderungen bei der Variante 1 geben die Abb. 11 sowie die Lagepläne in Abb. 16 und 17. Zusätzlich wurde das Strömungsmodell noch um die obere Teilstrecke zwischen dem Höllriegelskreuther Wehr und dem Großhesseloher Wehr erweitert.

Die Eichung des Modells erfolgte mit den Daten der Wasserspiegelfixierungen und der Fließgeschwindigkeitsmessungen bei den Abflussversuchen. Die Ergebnisse der Eichungsläufe zeigen sowohl in den Wasserspiegellagen als auch bei den Fließgeschwindigkeitsprofilen eine gute Übereinstimmung mit den gemessenen Werten. Lediglich das verzweigte Gerinne der Isar im Bereich des Flauchers bereitete bei der Modellierung einige Probleme.

Simuliert wurden Abflussereignisse mit 10, 16, 24, 40 und 90 m³/s. Auf eine Abflusssimulation mit 5 m³/s wurde verzichtet, da die Ergebnisse aufgrund der niedrigen Wassertiefen zu ungenau und unsicher gewesen wären.

Als Ergebnis der Simulationsläufe erhält man über die gesamte Ausleitungsstrecke die Wassertiefen, mittlere Fließgeschwindigkeiten und Sohlschubspannungen in Form von Farbdarstellungen auf Lageplänen. Beispielhaft zeigen die Abb. 12 bis 17 einen Auszug mit den mittleren Fließge-

schwindigkeiten für Abflüsse von 10 und 24 m³/s aus der oberen Teilstrecke zwischen dem Höllriegelskreuther Wehr und Fkm 159,0 sowie aus der unteren Teilstrecke zwischen dem Großhesseloher Wehr und Fkm 153,0 (Ist-Zustand und Planungsvariante 1). Zusätzlich liegen die Ergebnisse noch in Form von Histogrammen, welche die flächenhafte Verteilung des jeweiligen Parameters wiedergeben, getrennt für beide Teilstrecken sowie zusätzlich für den Bereich zwischen Großhesseloher Wehr und dem Flauchersteg vor.



Abb. 11: Vergleich zwischen derzeitigem Zustand der Isar (oberes Bild) und Planungsvariante 1 (unteres Bild); Blick von der Großhesseloher Brücke isarabwärts

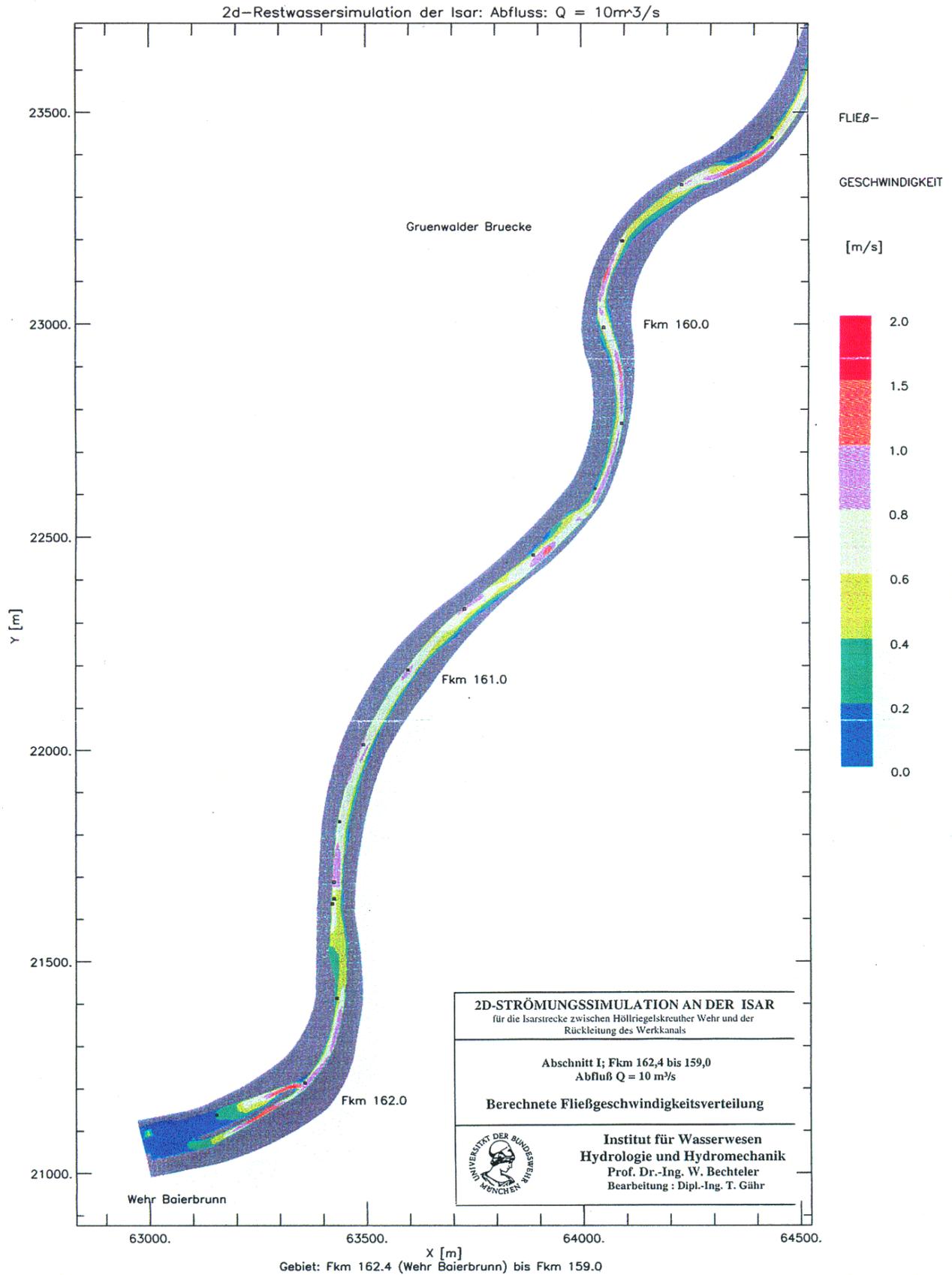


Abb. 12: Mittlere Fließgeschwindigkeiten der Strömungssimulation mit $10\text{ m}^3/\text{s}$ (Höllriegelskreuther Wehr bis Fkm 159,0)

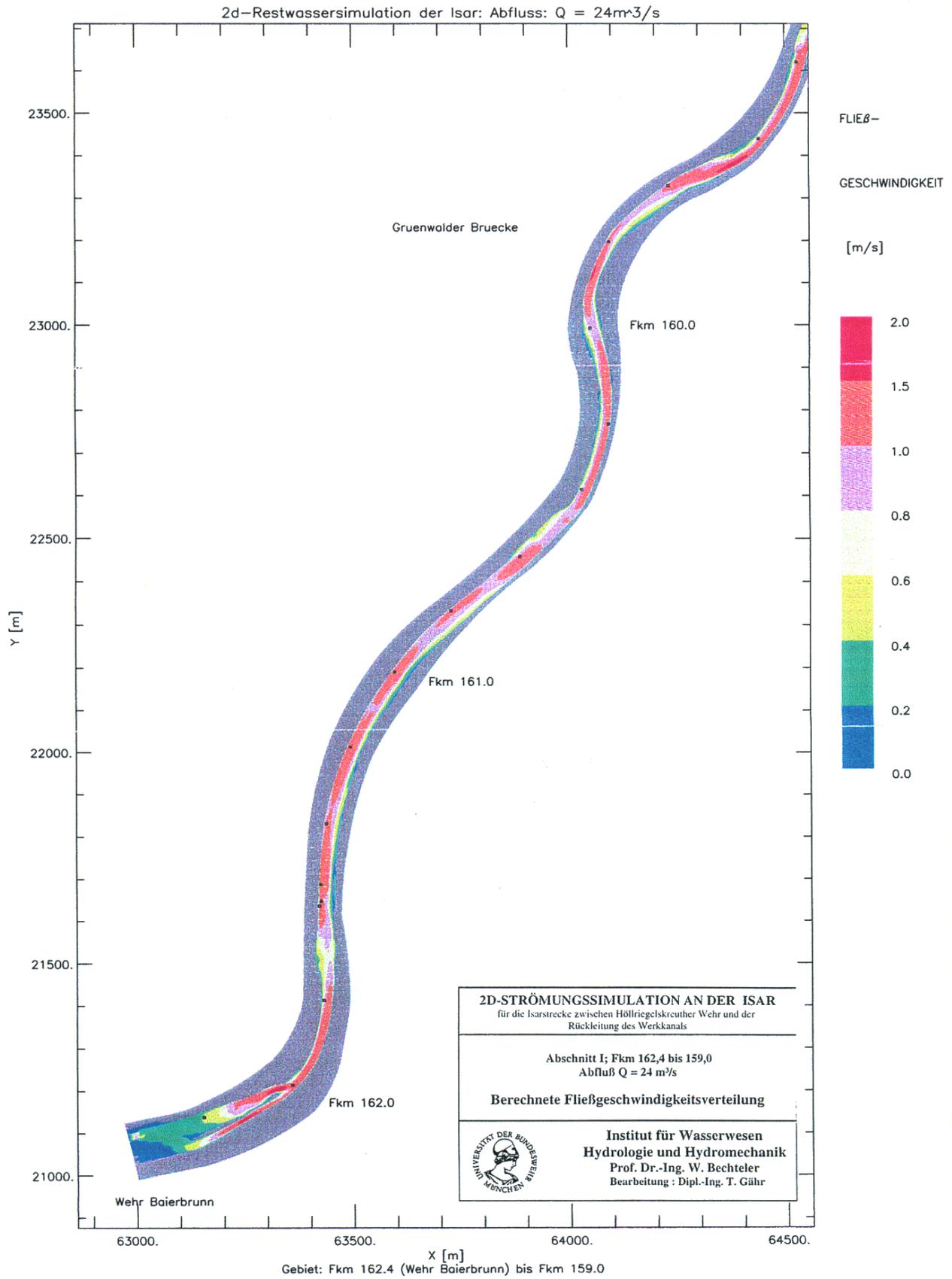


Abb. 13: Mittlere Fließgeschwindigkeiten der Strömungssimulation mit $24 \text{ m}^3/\text{s}$ (Höllriegelskreuther Wehr bis Fkm 159,0)

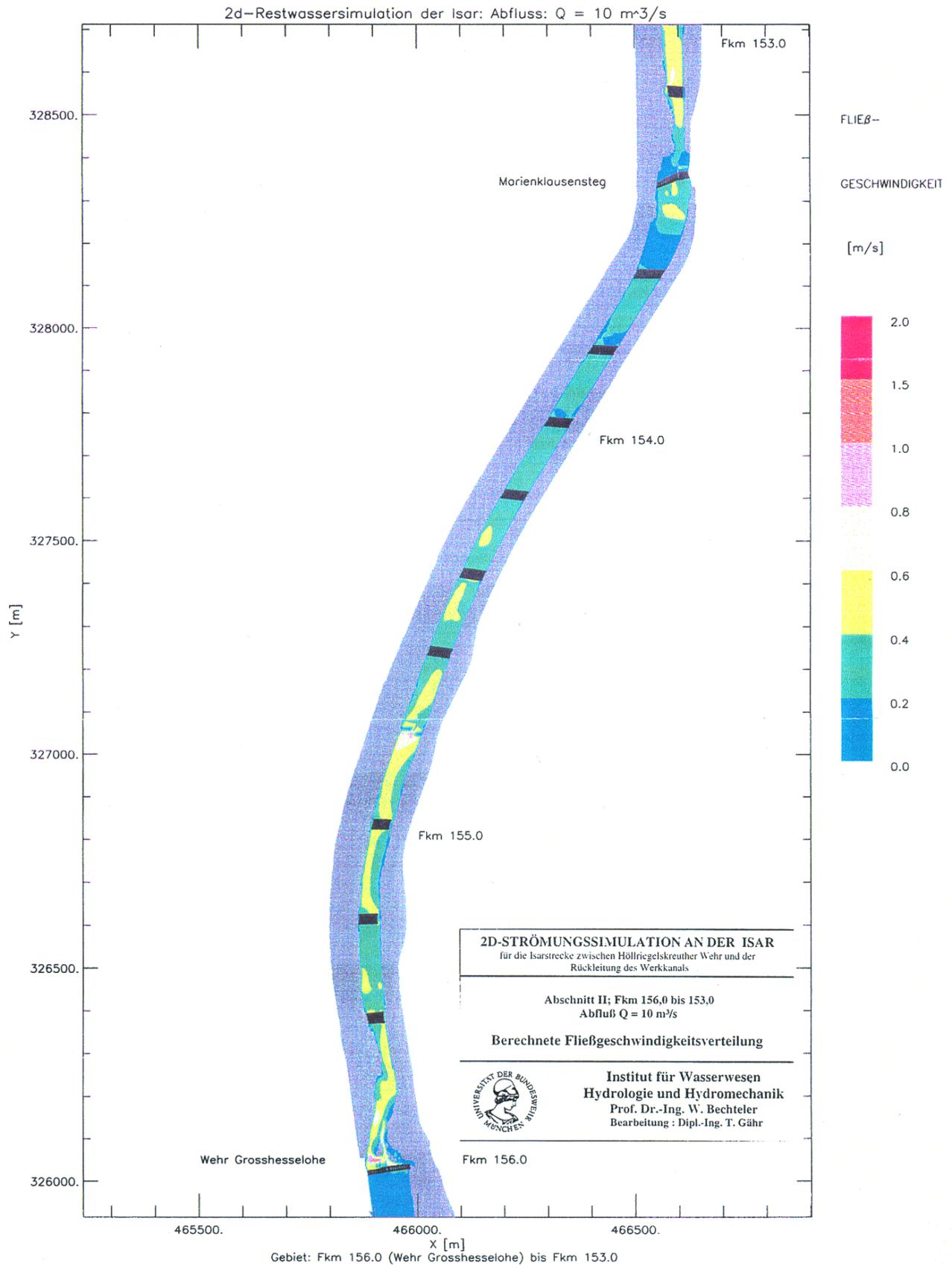


Abb. 14: Mittlere Fließgeschwindigkeiten der Strömungssimulation mit $10 \text{ m}^3/\text{s}$ (Großhesseloher Wehr bis Fkm 153,0 - Ist-Zustand)

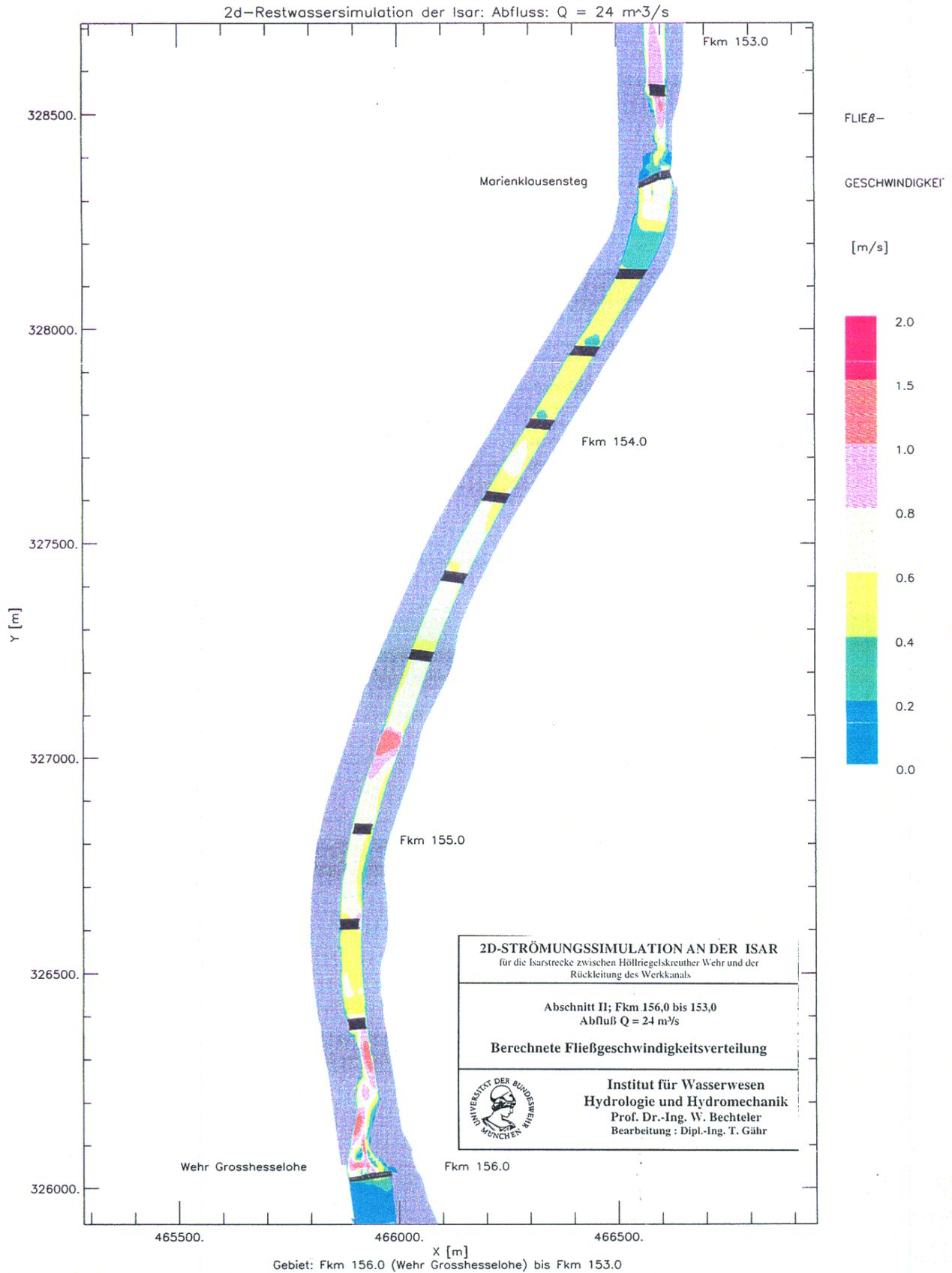


Abb. 15: Mittlere Fließgeschwindigkeiten der Strömungssimulation mit $24 \text{ m}^3/\text{s}$
(Großhesselohler Wehr bis Fkm 153,0 - Ist-Zustand)

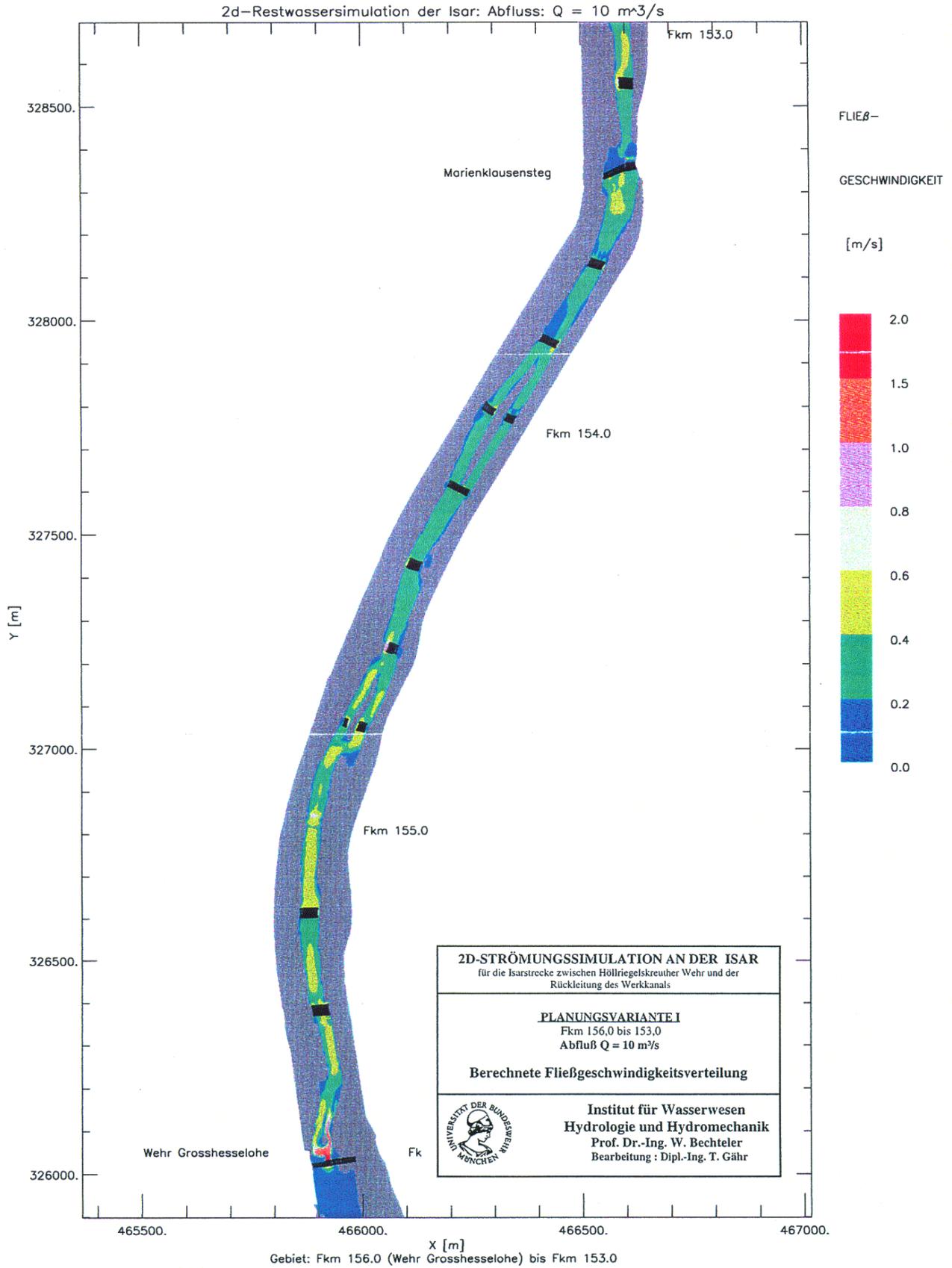


Abb. 16: Mittlere Fließgeschwindigkeiten der Strömungssimulation mit $10 \text{ m}^3/\text{s}$ (Großhesseloher Wehr bis Fkm 153,0 - Planungsvariante 1)

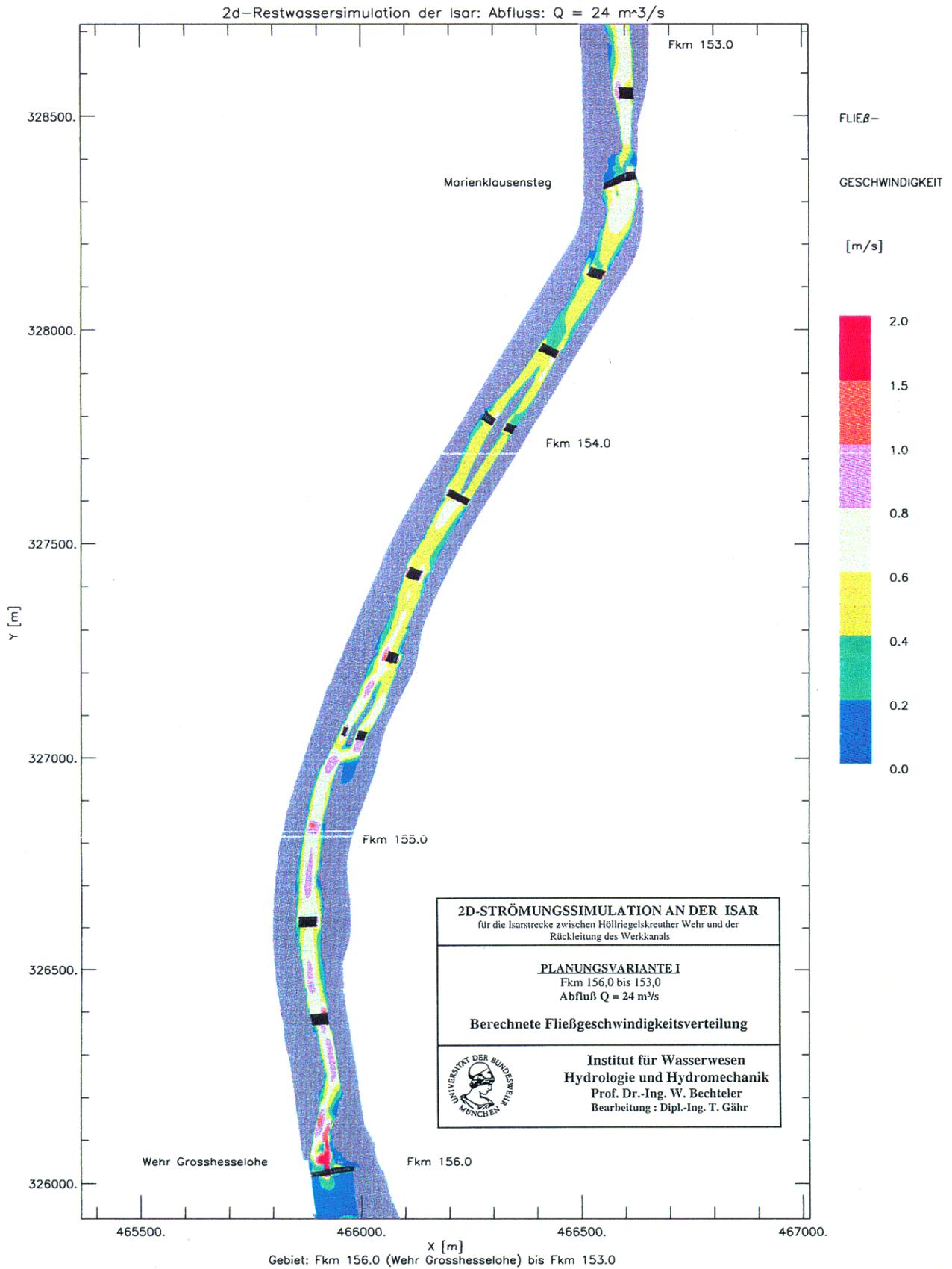


Abb. 17: Mittlere Fließgeschwindigkeiten der Strömungssimulation mit $24 \text{ m}^3/\text{s}$ (Großhesseloher Wehr bis Fkm 153,0 - Planungsvariante 1)

4.2 Auswertung der einzelfachlichen Stellungnahmen

Die Ergebnisse der Abflussversuche und der Abflusssimulationen wurden den Fachgutachtern für die Ausarbeitung ihrer Stellungnahmen zur Verfügung gestellt. Für die Teilaspekte im Bereich „Umwelt und Erholung“, bei denen sich die Verhältnisse durch eine Erhöhung des Mindestabflusses verändern lassen, wurden von den fachlich zuständigen Gutachtern sogenannte Zielwertkurven getrennt für die beiden Teilstrecken erarbeitet. Darin sind verschiedene Mindestabflussvarianten im Abflussbereich zwischen 5 und 40 m³/s mit einer einheitlichen dimensionslosen Zahl (Werteskala von 0 = ungenügend bis 10 = optimal)¹ bewertet. Für den aquatischen Bereich, bei dem auch die Längsdurchgängigkeit eine entscheidende Rolle spielt, wurden bei der unteren Teilstrecke auch die Ergebnisse der Betrachtung nur des eher naturferneren Abschnitts zwischen Großhesseloher Wehr und Flauchersteg (ohne den naturnahen Flaucherbereich) in die Bewertung mit einbezogen.

Die Zielwertkurven wurden unter der Annahme aufgestellt, dass die Wasserkraftnutzung bei den Abflussvarianten über das gesamte betrachtete Abflussspektrum beibehalten wird. Wirtschaftlichkeitsaspekte der Energieerzeugung sind daher bei der Aufstellung der Zielwertkurven für die Bereiche „Umwelt und Erholung“ nicht eingegangen.

In den folgenden Kapiteln werden die wesentlichen Aussagen zu den Auswirkungen höherer Restabflüsse und die daraus evtl. abzuleitende Beurteilung von Mindestabflussvarianten im Abflussspektrum zwischen 5 und 40 m³/s (Zielwertkurven) zusammengefasst.

4.2.1 Oberirdischer Abfluss

Die Veränderung der Isarabflüsse durch einen höheren Mindestabfluss sind aus den vom Pegel München abgeleiteten Dauerlinien (Abb. 18) und mittleren monatlichen Abflüssen für die Ausleitungsstrecke (Abb. 19) am Beispiel der unteren Teilstrecke (Großhesseloher Wehr bis Rückleitung) abzulesen. Mit berücksichtigt ist dabei ein Mindestzufluss in den Kanal von 11,8 m³/s zur Gewährleistung der Mindestzuflüsse in den Aermühlbach (8,3 m³/s) und den Westermühlbach (3,5 m³/s).

Aus Abb. 18 ist gut zu erkennen, dass trotz höherer Mindestabflüsse die verminderte Abflussdynamik in der Ausleitungsstrecke bei einer konstanten Mindestabflussregelung erhalten bleibt. Daher

¹ Wortbelegung der Zielwerte:

10: optimal	9: sehr gut	8: gut	7: noch gut
6: befriedigend	5: noch befriedigend	4: bestenfalls ausreichend	3: eingeschränkt
2: sehr eingeschränkt / mangelhaft		1: sehr mangelhaft	0: ungenügend

wird eine dem natürlichen Wasserdargebot angepasste Regelung empfohlen. Optimal wäre eine zuflussabhängige Steuerung des Mindestabflusses, die jedoch aufwendige Regelungseinrichtungen erfordert. Zumindest sollte eine monatliche Staffelung entsprechend den langjährigen mittleren monatlichen Abflüssen angestrebt werden.

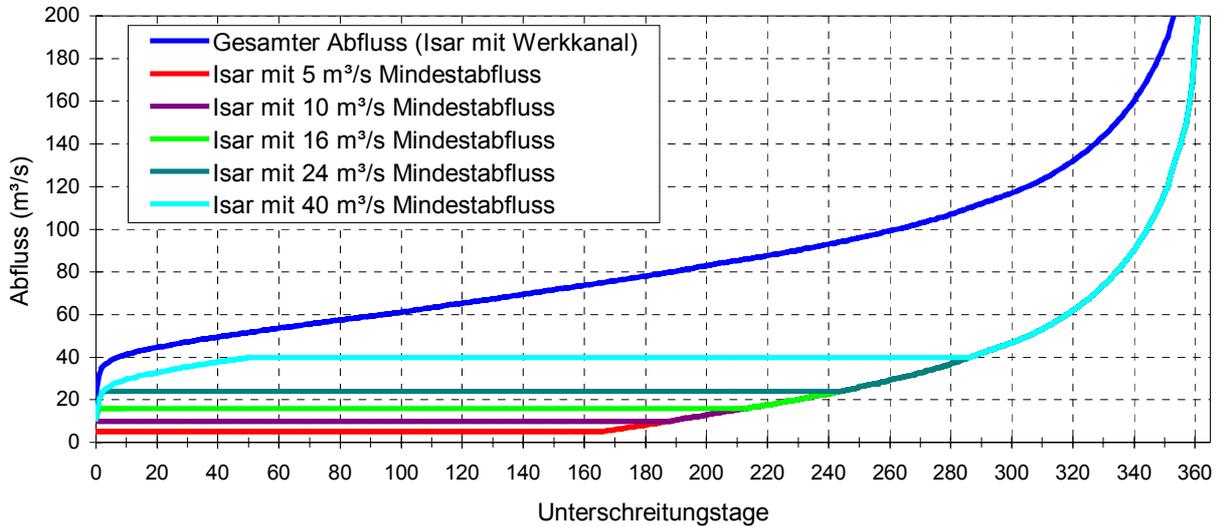


Abb. 18: Dauerlinien Pegel München (Jahresreihe 1959/95) / Ausleitungsstrecke (Großhesseloher Wehr bis Rückleitung des Werkkanals) mit unterschiedlichen Mindestabflüssen

An den mittleren monatlichen Abflüssen (Abb. 19) ist abzulesen, dass sich in den abflussreicheren Sommermonaten eine Erhöhung des Mindestabflusses an vergleichsweise wenigen Tagen auswirkt. Die Erhöhung der mittleren Abflüsse fällt daher gegenüber den Wintermonaten bei gleicher Mindestabflusserhöhung deutlich geringer aus.

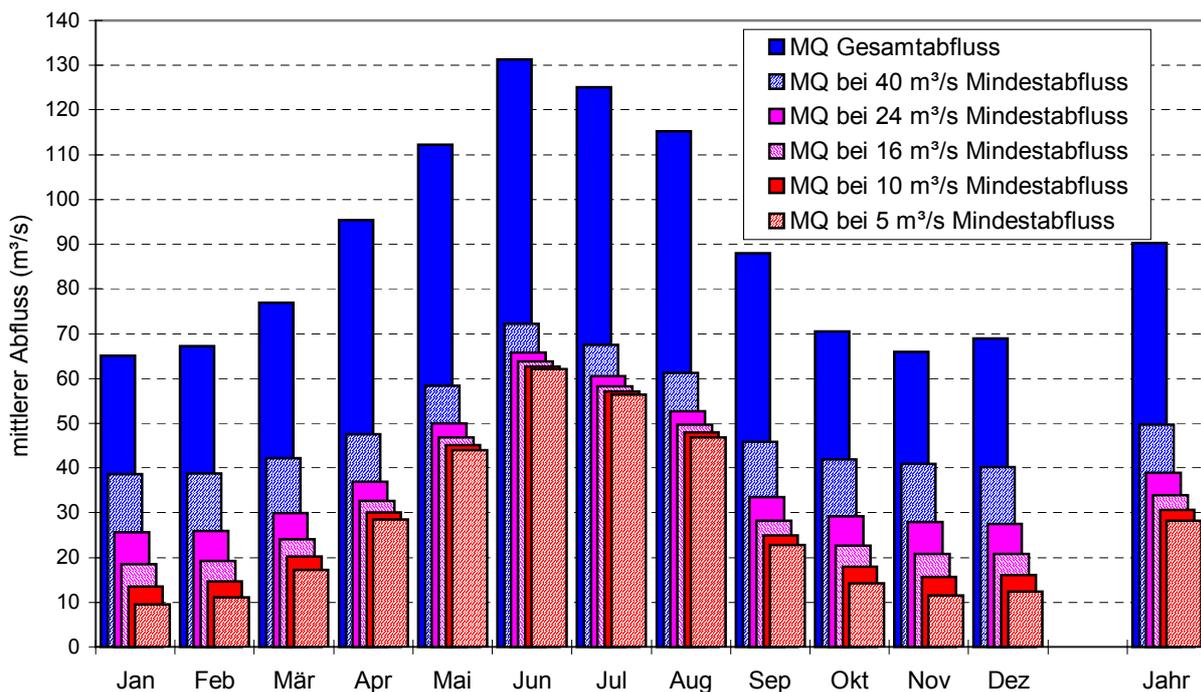


Abb. 19: Mittlere Abflüsse im unteren Abschnitt der Ausleitungsstrecke (Großhesseloher Wehr bis Rückleitung des Werkkanals) bei unterschiedlichen Mindestabflüssen (Datenbasis: Jahresreihe 1959/95)

4.2.2 Grundwasser

Höhere Mindestabflüsse in der Ausleitungsstrecke bewirken durch die Wasserspiegelerhöhung im Gewässer auch einen Anstieg des Grundwasserspiegels in Niedrig- und Mittelwasserzeiten. Im Verhältnis zu den vorhandenen Flurabständen sind die während der Abflussversuche ermittelten Änderungen der Wasserspiegellagen in der Isar jedoch so gering, dass keine bzw. keine wesentlichen Änderungen bei den Feuchtebedingungen in der Aue zu erwarten sind. Negative Auswirkungen auf die vorhandenen Siedlungen im Talraum sind nicht zu befürchten. Zu Hochwasserzeiten, in denen ohnehin mehr Wasser in der Ausleitungsstrecke verbleibt, werden die Verhältnisse nicht verändert.

4.2.3 Flussmorphologie

Für flussmorphologische Gestaltungsvorgänge sind sogenannte bettbildende Abflüsse, bei denen ein Geschiebetrieb stattfindet, erforderlich. Derartige Abflüsse liegen jedoch deutlich über dem für den Mindestabfluss näher untersuchten Abflussbereich zwischen 5 und 40 m³/s. Eine Erhöhung des Mindestabflusses in dieser Größenordnung würde somit zwar die in die Ausleitungsstrecke abgegebene Abflusssumme vergrößern, nicht aber die Dauer gewässerbettbildender, d. h. flussmorphologisch wirksamer Abflüsse. Insofern sind aus einer derartigen Mindestabflusserhöhung keine signifikanten Auswirkungen auf den flussmorphologischen Zustand der Ausleitungsstrecke zu erwarten.

4.2.4 Gewässergüte

Aus den Ergebnissen der Gewässergüteuntersuchungen (Kap. 3.3.1) werden als abflussabhängige gewässerökologische Faktoren die folgenden relevanten Parameter herausgefiltert:

- Artenvielfalt (Gesamtartenzahl) und Häufigkeit (Abundanzsumme) der Gewässermakrofauna
- Flexibilität der tierischen Lebensgemeinschaften gegenüber hydrologischen Extremereignissen, insbesondere Wiederbesiedlungsvermögen nach Hochwasser
- Strömungspräferenzspektrum der Lebensgemeinschaft der aquatischen Fauna (Anteil rheophiler Arten, Anteile litoraler und strömungsindifferenter Arten)
- Eutrophierungswirksamkeit (Deckungsgrad mit Aufwuchskieselalgen und Grünalgen).

Die vier Faktoren gehen mit gleicher Gewichtung in die Bewertung ein. Drei der Faktoren (Artenvielfalt, Flexibilität der Zönose gegenüber Extremereignissen, Trophie) sind neben der Höhe des Mindestabflusses wesentlich durch die Abflussdynamik bestimmt.

Als indikative hydrologische Größen werden die Fließgeschwindigkeiten und Wassertiefen betrachtet. Die Fließgeschwindigkeit wirkt sich über die Strömungspräferenz der Makrofauna aus: mit steigenden Abflüssen und Fließgeschwindigkeiten nähert sich die Lebensgemeinschaft der naturraumtypischen Oberstromreferenz (Messstelle am Georgenstein oh. des Höllriegelskreuther Wehres) an, die durch eine Dominanz rheophiler Arten und merkliche Anteile rheobionter Arten gekennzeichnet ist. Eine entsprechende Charakteristik ist auch im Wirkungsbereich „Zoobenthos“ gegeben. Mit zunehmender Wassertiefe werden zugleich die Eutrophierungswirkungen wegen der Lichtabschwächungen an der Gewässersohle gemindert. Die benetzte Gewässerbreite geht nur über die Zunahme des besiedelbaren Lebensraums ein und ist für den Wirkungsbereich „Gewässergüte“ von untergeordneter Bedeutung.

Für den Wirkungsbereich „Gewässergüte“ wurden aus den gewässerökologischen Ergebnissen, den Ergebnissen der Abflussversuche und der Abflusssimulationen die in Abb. 20 dargestellten Zielwertkurven abgeleitet.

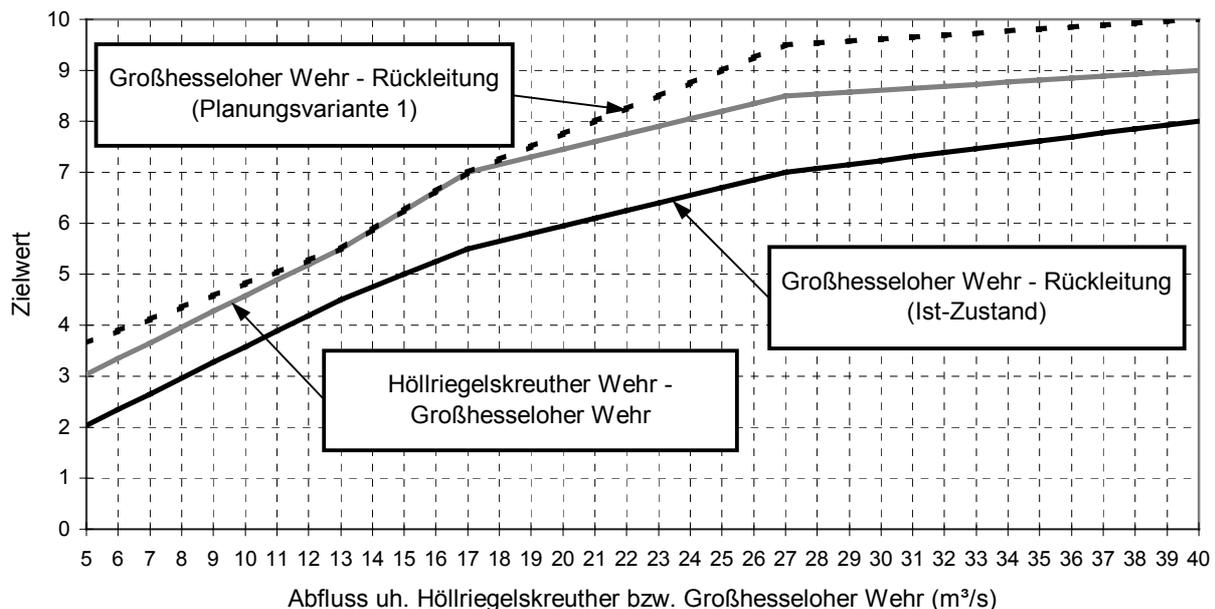


Abb. 20: Zielwertkurven für den Wirkungsbereich „Gewässergüte“

Der derzeitige Mindestabfluss von 5 m³/s wird für den oberen Abschnitt (Höllriegelskreuther Wehr bis Großhesselohrer Wehr) mit den Zielwert 3 („eingeschränkt“), für den unteren Abschnitt (Großhesselohrer Wehr bis Rückleitung des Werkkanals) mit 2 („sehr eingeschränkt“) belegt. Wertmindernd im unteren Abschnitt wirken sich die deutlichere Verschiebung des Strömungspräferenzspektrums mit einem erhöhten Anteil naturraumuntypischer strömungsindifferenter Arten und die stärker verringerte Artenvielfalt aus. Ein als „befriedigend“ zu bewertender Zielerfüllungsgrad 6 wird im oberen Abschnitt bei einem Abfluss von rd. 15 m³/s, im unteren bei einem Abfluss von rd.

20 m³/s erreicht. Die Zielwerte steigen bis zu einem Abfluss von 27 m³/s auf 8,5 („sehr gut“ bis „gut“) bzw. 7 („noch gut“) an. Optimale Zielerfüllungsgrade werden nicht erreicht, da die Lebensraumfunktionen durch die strukturellen Defizite vor allem im unteren Abschnitt zwischen Großhesseloher Wehr und Flaucher beeinflusst sind. Strukturelle Entwicklungsmöglichkeiten werden in Maßnahmen zur Verbesserung der biologischen Längsdurchgängigkeit gesehen, die sich vorteilhaft auf die Wiederbesiedlungsdynamik nach Extremereignissen auswirken. Maßnahmen im Bereich der Ufer- und Gewässerbettgestaltung könnten aus gewässerökologischer Sicht die Vielfalt der besiedelbaren Lebensräume deutlich erhöhen und damit auch wichtige Refugialräume für Gewässerorganismen schaffen, aus denen eine Wiederbesiedlung der Streckenabschnitte nach Hochwasserereignissen erfolgen kann.

Für den Zustand nach Umsetzung der Planungsvariante 1 des Isar-Plans ergibt sich eine deutliche Verbesserung der gewässermorphologischen Wertigkeit mit positiven Effekten auf die Lebensraumfunktionen der aquatischen Biozöosen im gesamten Artenspektrum. Dies zeigt sich in der rd. 1 bis 2 Stufen höheren Zielwertkurve. Beginnend mit einem Zielwert von knapp 4 („bestenfalls ausreichend“) für 5 m³/s steigt die Kurve zunächst nur bis auf 5,5 („befriedigend“ bis „noch befriedigend“) für 13 m³/s an, da im unteren Bereich des Abflussspektrums noch in weiten Teilbereichen gewässerökologisch ungünstige Fließgeschwindigkeiten auftreten. Ein als befriedigend zu wertender Zielerfüllungsgrad wird bei einem Abfluss von rd. 15 m³/s erreicht. Bei einem Abfluss von rd. 27 m³/s ist von einem nahezu optimalen Zielerfüllungsgrad auszugehen.

Wegen der festgestellten Defizite (geringe Flexibilität der Lebensgemeinschaften und verringerte Wiederbesiedlungsdynamik nach Extremereignissen) ist eine Dynamisierung des Restabflusses dringend geboten. Sie wirkt auch der Algenaufwuchsentwicklung (Trophie) entgegen, die einer saisonalen Periodik unterliegt, bei der maximale Entwicklungen im Regelfall im späten Frühjahr auftreten. Die Wasserabgabe an den Wehren sollte daher auf der Grundlage der langjährigen monatlichen Abflussmittelwerte gestaffelt werden.

4.2.5 Zoobenthos

Für das Vorkommen und die Verteilung der am Gewässergrund lebenden Tierarten, dem Zoobenthos, sind die sohnahen Strömungsbedingungen von entscheidender Bedeutung. Die komplexen Eigenschaften der Strömung lassen sich im Rahmen von Abflussversuchen mit der Halbkugelmethode erfassen. Dabei werden Halbkugeln unterschiedlicher Dichte auf einer Bodenplatte der Strömung an der Gewässersohle ausgesetzt und die schwerste an einem Messpunkt von der Strö-

mung gerade noch bewegte Halbkugel registriert. Die Verteilung der so für jeden Abfluss an rd. 100 Messpunkten ermittelten Halbkugelnummern erlaubt Rückschlüsse auf die Veränderungen des Strömungsmusters bei unterschiedlichen Abflüssen.

An der Isar im Untersuchungsgebiet musste jedoch auf die direkten Messungen wegen der sich bei höheren Abflüssen einstellenden großen Wassertiefen und starken Strömungen verzichtet werden. Eine Aussage zur Häufigkeitsverteilung der Halbkugelnummern bei unterschiedlichen Abflüssen wurde daher anhand der errechneten Verteilung der Sohlschubspannungen aus den vom Institut für Wasserwesen an der Universität der Bundeswehr München durchgeführten Abflusssimulationen getroffen.

Zur Verifizierung der über die Abflusssimulationen prognostizierten Sohlschubspannungen wurden während des Abflussversuchs mit rd. $13 \text{ m}^3/\text{s}$ in der Isar nördlich des Großhesselohrer Wehres (Fkm 153,8 - 154,7) Halbkugelmessungen an 5 Querschnitten mit jeweils 10 Messpunkten durchgeführt. Der Vergleich der modellierten Sohlschubspannungen des betrachteten Untersuchungsabschnitts mit den über Eichbeziehungen in Sohlschubspannungen transformierten Ergebnissen der Halbkugelmessungen zeigt eine gute Übereinstimmung sowohl in bezug auf die Bandbreite als auch auf die Lage des Schwerpunkts der Verteilung.

Die Ergebnisse der mittels der Abflusssimulationen prognostizierten Sohlschubspannungen sind in Abb. 21 bis 23 in Form von Histogrammen dargestellt. Die unterschiedlich farbigen Markierungen entsprechen den verschiedenen Strömungsbereichen, die üblicherweise bei Interpretationen der Halbkugelverteilungen zugrunde gelegt werden.

Aus den Histogrammen (Abb. 21 und 22) ist die vielfältigere räumliche Verteilung der Sohlschubspannungen im naturnäheren Abschnitt zwischen dem Höllriegelskreuther Wehr und dem Großhesselohrer Wehr im Vergleich zur anschließenden Strecke, wie sie aus den Lageplänen (Abb. 12 bis 15) deutlich wird, nur schwer erkennbar. Sie drückt sich aber dadurch aus, dass bereits bei einem Abfluss von $10 \text{ m}^3/\text{s}$ sehr hohe Sohlschubspannungen auftreten und bei den höheren Abflüssen von 24 , 40 und $90 \text{ m}^3/\text{s}$ die strömungsberuhigten Abschnitte im Uferbereich noch erhalten bleiben. Bis zu einer Abflusserhöhung von $40 \text{ m}^3/\text{s}$ liegt der Schwerpunkt der Sohlschubspannungen nahezu unverändert im Bereich 5 bis 11 N/m^2 und indiziert damit die für die Isar gewässertypischen sehr stark überströmten Bereiche.

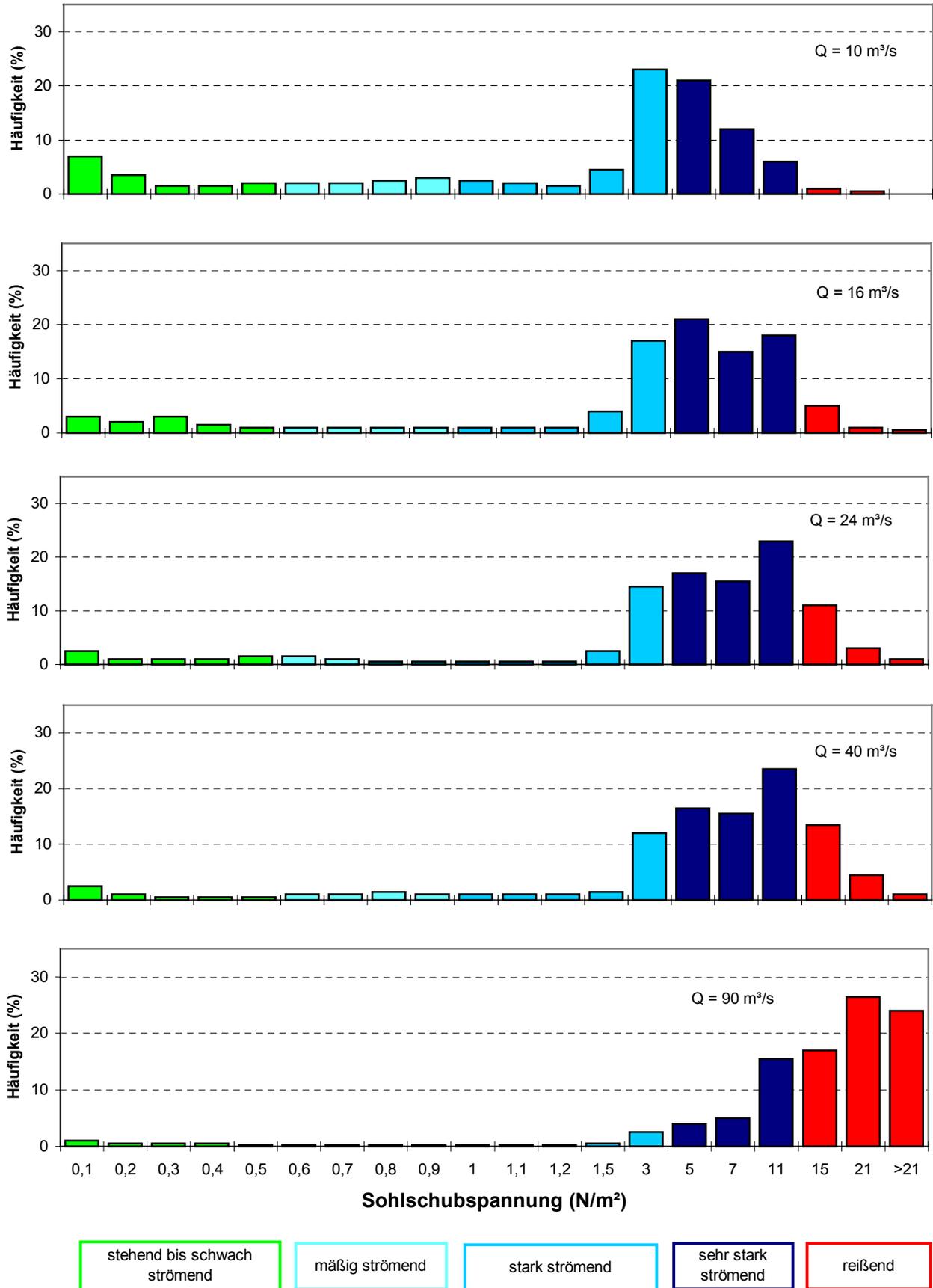


Abb. 21: Verteilung der modellierten Sohl Schubspannungen bei verschiedenen Abflüssen zwischen dem Höllriegelskreuther Wehr und dem Großhesseloher Wehr

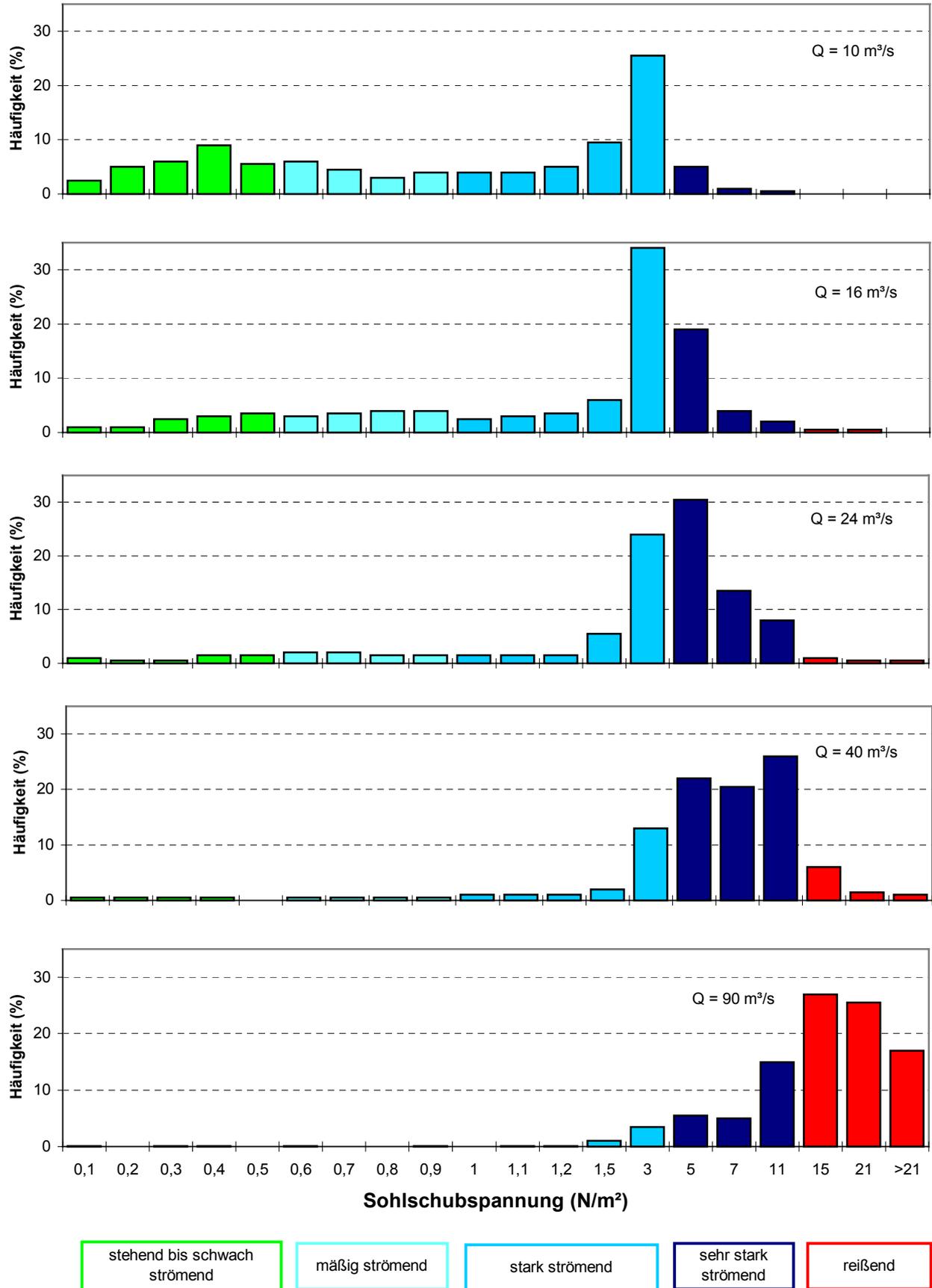


Abb. 22: Verteilung der modellierten Sohl Schubspannungen bei verschiedenen Abflüssen zwischen dem Großhesseloher Wehr und dem Flauchersteg (Ist-Zustand)

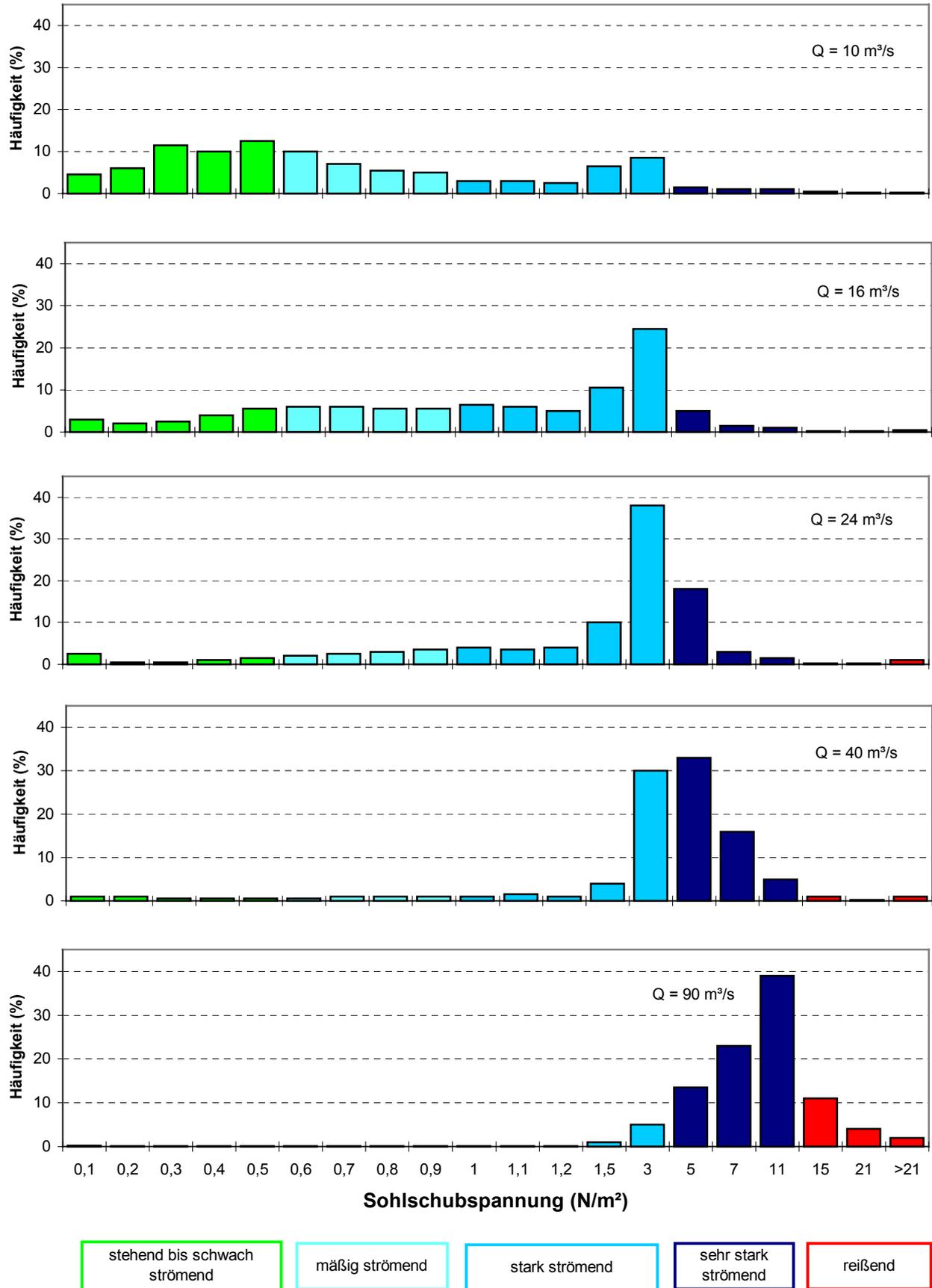


Abb. 23: Verteilung der modellierten Sohlschubspannungen bei verschiedenen Abflüssen zwischen dem Großhesseloher Wehr und dem Flauchersteg (Planungsvariante 1)

Im unteren Abschnitt zwischen dem Großhesselohrer Wehr und der Rückleitung des Werkkanals ist die morphologisch monotone Teilstrecke unterhalb des Großhesselohrer Wehres bis oberhalb des Flauchers für einen Mindestabflussvorschlag maßgebend. Für den Ist-Zustand ist der bei einem Abfluss von $10 \text{ m}^3/\text{s}$ mit rd. 28 % hohe Anteil geringer Sohlschubspannungen bis $0,5 \text{ N/m}^2$ (Abb. 22) für die Isar gewässeruntypisch. Die strömungsberuhigten Abschnitte konzentrieren sich zudem im wesentlichen auf die Aufstaubereiche, wie z. B. vor dem Flauchersteg und dem Marienklausensteg (Abb. 14 und 15). Die hohen Sohlschubspannungen wiederum sind auf den Abschnitt unterhalb des Wehres und auf den Bereich unterhalb der Gefällstufe beim Marienklausensteg begrenzt. Die verbleibenden Abschnitte des Ausleitungsbereichs sind weitgehend durch ein monotones Strömungsmuster im Bereich $1,2$ bis 3 N/m^2 gekennzeichnet. Mit zunehmendem Abfluss verringern sich die Bereiche mit kleinen Sohlschubspannungen zugunsten sehr stark überströmter Abschnitte mit Sohlschubspannungen im Bereich von 5 bis 11 N/m^2 . Die mittleren Sohlschubspannungen ($1,2 - 3 \text{ N/m}^2$), die bei Abflüssen von 10 und $16 \text{ m}^3/\text{s}$ den Ausleitungsbereich dominierend prägen, gehen bei weiterer Abflusserhöhung drastisch zurück. Bei einem Abfluss von $24 \text{ m}^3/\text{s}$ und mehr noch bei $40 \text{ m}^3/\text{s}$ sind die Organismen an der Gewässersohle über den größten Teil der Fläche hohen Sohlschubspannungen ($5 - 11 \text{ N/m}^2$) ausgesetzt. Beim simulierten mittleren Jahresabfluss von $90 \text{ m}^3/\text{s}$ wechseln die sehr stark überströmten Abschnitte in reißende Strömungsbereiche mit Schubspannungen $>15 \text{ N/m}^2$ über. Strömungsberuhigte Abschnitte sind unter diesen Bedingungen im Gewässerbett kaum mehr nachzuweisen.

Durch die vorgesehenen Uferabflachungen und Aufweitungen verlagert sich der Schwerpunkt der Sohlschubspannungen bei den Simulationen zur Planungsvariante 1 im Vergleich zum Ist-Zustand zu geringeren Werten. Vor allem beim niedrigsten Abfluss von $10 \text{ m}^3/\text{s}$ überwiegen die strömungsarmen Bereiche (Sohlschubspannung bis $0,5 \text{ N/m}^2$) mit rd. 45 % (Abb. 23). Diese Dominanz ist für ein Fließgewässer dieser Größenordnung gewässerökologisch ungünstig. Mit zunehmendem Abfluss sinkt dieser Anteil, liegt aber bei der Planungsvariante 1 immer noch höher als beim Ist-Zustand. Trotz des proportional höheren Flächenanteils geringerer Sohlschubspannungen ist jedoch die lagemäßige Verteilung bei der Planungsvariante 1 für den Wirkungsbereich Makrozoobenthos qualitativ höherwertiger als die des Ist-Zustandes (Abb. 14 bis 17). Die Vielfalt der Strömungsmuster, die für eine artenreiche Besiedlung der Fließgewässerorganismen notwendig ist, erhöht sich vor allem auch im Fließgewässerquerschnitt deutlich.

Mit Hilfe charakteristischer Strömungspräferenzkurven für verschiedene am Gewässergrund lebende Tierarten lassen sich aus den Halbkugelverteilungen für typische Vertreter der limnophilen (schwache bzw. fehlende Strömung bevorzugenden), rheophilen (strömungsliebenden) und rheobi-

onten (ausschließlich starke Strömung bevorzugenden) Arten Prognosen der abflussabhängigen Populationsänderungen berechnen (Abb. 24 bis 26).

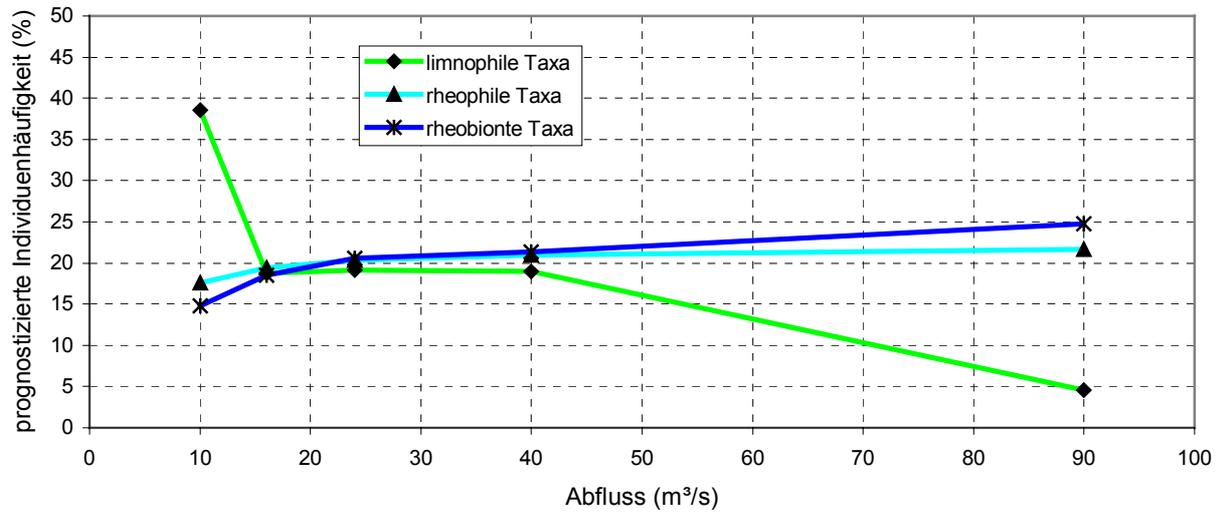


Abb. 24: Populationsprognose für die Isar zwischen Höllriegelskreuther Wehr und Großhesselohr Wehr

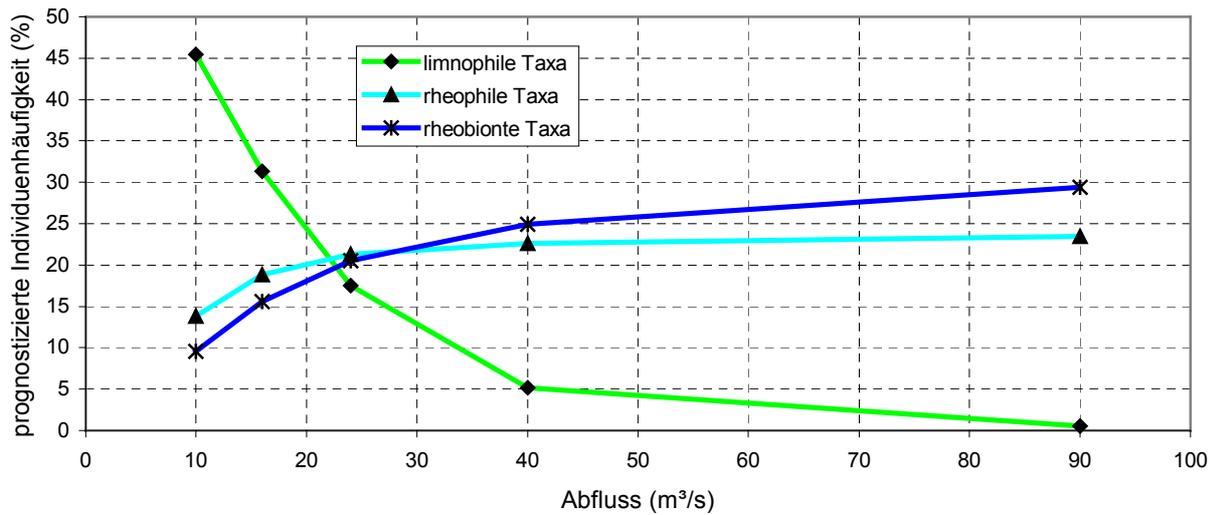


Abb. 25: Populationsprognose für die Isar zwischen Großhesselohr Wehr und Flauchersteg (Ist-Zustand)

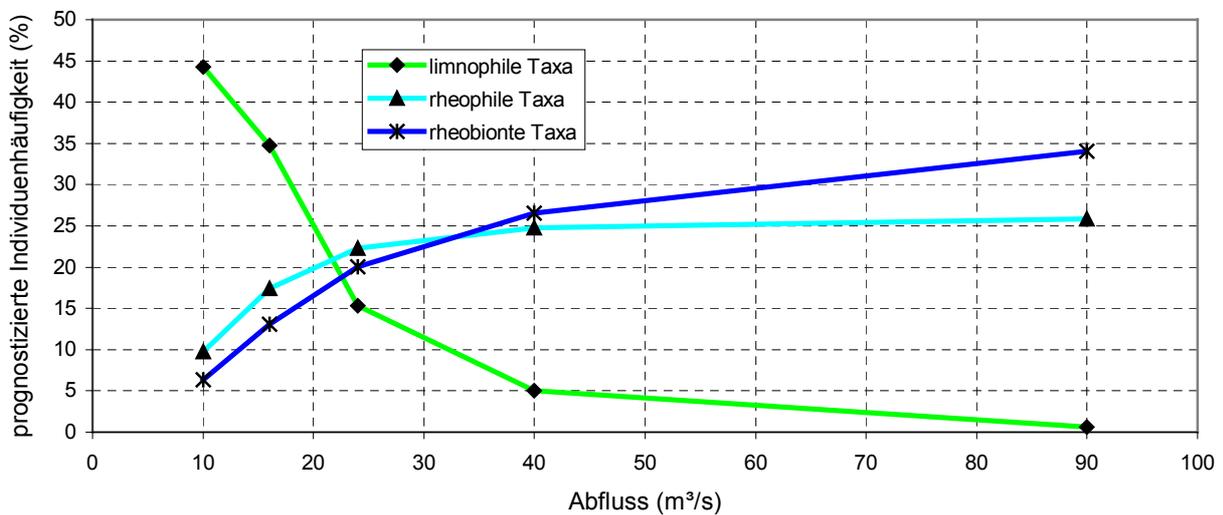


Abb. 26: Populationsprognose für die Isar zwischen Großhesselohr Wehr und Flauchersteg (Variante 1)

Im Abschnitt zwischen dem Höllriegelskreuther Wehr und dem Großhesselohrer Wehr werden für einen Abfluss von 16 m³/s Individuenhäufigkeiten der rheophilen und rheobionten Arten von jeweils knapp 20 % prognostiziert (Abb. 24). Die Populationszunahme bei weiterer Abflusserhöhung ist geringfügig. Die Prognose für limnophile Arten liegt aufgrund der flächenmäßig geringeren Anteile an gestauten Bereichen bei einem Abfluss von 10 m³/s bei rd. 38 % Individuenhäufigkeit. Durch Abflusserhöhung auf 16 m³/s sinkt dieser Anteil um die Hälfte, bleibt dann aber bis rd. 40 m³/s konstant auf 19 %. Diese Konstanz ist letztlich Ausdruck der größeren Naturnähe dieser Ausleitungsstrecke, die auch bei zunehmendem Abfluss strömungsberuhigte Abschnitte im Uferbereich aufweisen kann.

Für den Abschnitt zwischen dem Großhesselohrer Wehr und dem Flauchersteg im derzeitigen Zustand finden die größten Veränderungen bei einer Steigerung des Mindestabflusses von 10 auf 16 m³/s bzw. von 16 auf 24 m³/s statt (Abb. 25 und 26). Die für die Isar typischen rheophilen und rheobionten Arten erfahren einen deutlichen Zuwachs von rd. 14 % bzw. 10 % auf rd. 21 % bzw. 20 %. Von einer weiteren Abflusserhöhung bis 40 m³/s profitieren insbesondere die rheobionten Arten (30 %), während für die rheophilen Arten (23,4 %) der Zuwachs nur noch gering ist. Starke Rückgänge treten mit höheren Abflüssen bei den limnophilen Arten auf, die mit 45 % (10 m³/s) bzw. 31 % (16 m³/s) für die Isar untypisch hohe Individuendichten aufweisen.

Der Einfluss der vorgesehenen Umgestaltung des Gewässerbetts (Planungsvariante 1) auf die prognostizierte Populationsänderung ist vergleichsweise gering. Im unteren Abflussbereich (10 und 16 m³/s) wirkt sich der höhere Anteil strömungsarmer Abschnitte insbesondere für rheophile und rheobionte Arten nachteilig aus. Erst bei höheren Abflüssen liegen die vorhergesagten Individuenhäufigkeiten für strömungsliebende Organismen günstiger als in der Populationsprognose für den Ist-Zustand.

Die Zielwertkurven für den Wirkungsbereich „Zoobenthos“ (Abb. 27) werden wie folgt festgelegt:

Der Abschnitt zwischen dem Höllriegelskreuther Wehr und dem Großhesselohrer Wehr zeichnet sich durch ein heterogenes Strömungsmosaik aus, das durch den größeren Strukturreichtum (Kiesbänke, Flussbiegungen mit Strömungswechsel, z. T. unbefestigte Uferabschnitte, Sohlrampen) vorgegeben ist. Da bereits bei einem Abfluss von 10 m³/s an rund 40 % der benetzten Gewässersohle die für die Größe des Gewässers typischen hohen Sohlschubspannungen (5 - 11 N/m²) erzielt werden, wird ihm ein Zielwert von 5,5 („befriedigend“ bis „noch befriedigend“)

zugeordnet. Bei einer Abflusserhöhung auf 16 m³/s tragen die erstmals in nennenswerter Größenordnung auftretenden reißenden Strömungen zu einem vielfältigen Strömungsmuster bei, die insbesondere für rheophile und rheobionte Gewässertypen den Lebensraum vergrößern. Die Verhältnisse werden mit einem Zielwert von 7,5 („gut“ bis „noch gut“) bewertet. Bei einer weiteren Abflusserhöhung nimmt die Strömungsdiversität nicht weiter zu, auch die prognostizierten Individuenhäufigkeiten der Strömungstypen zeigen eine nur geringe abflussabhängige Veränderung der Populationen. Der Zielwert von 7,5 bleibt daher zwischen 16 m³/s und 40 m³/s konstant. Für die Abflüsse unter 10 m³/s wird die Zielwertkurve linear verlängert.

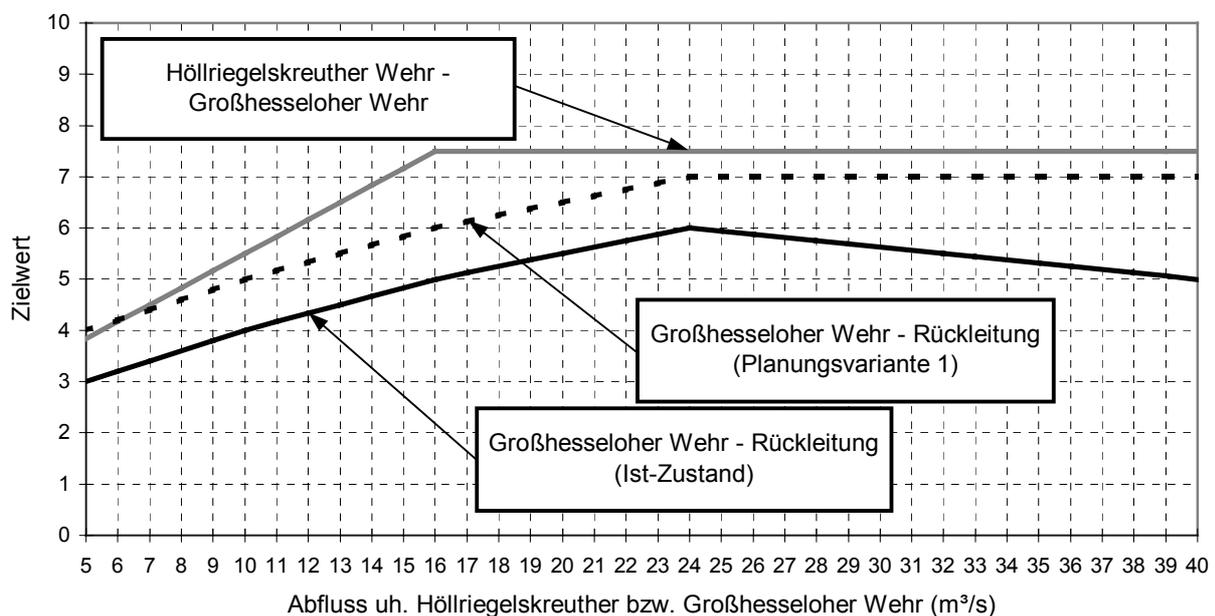


Abb. 27: Zielwertkurven für den Wirkungsbereich „Zoobenthos“

Der Abschnitt zwischen dem Großhesselohrer Wehr und der Rückleitung des Werkkanals weist infolge des hohen Ausbaugrades über große Strecken ausgesprochen gleichförmige Strömungsverhältnisse mit geringer Diversität auf. Bereiche unterschiedlicher Strömungen liegen weit voneinander entfernt. Die großflächig monotonen Strömungsverhältnisse schränken die Habitatvielfalt und damit die Vielfalt an Lebensformen beim Makrozoobenthos sehr stark ein. Die gewässertypische Gewässerbiozönose setzt sich jedoch aus Fließgewässerorganismen zusammen, die unterschiedliche sohlnahe Strömungsbedingungen benötigen. Auch sind zahlreiche Fließgewässerarten bekannt, die während ihrer Entwicklung Lebensräume mit unterschiedlicher Strömung aufsuchen. Voraussetzung hierfür ist ein heterogenes Strömungsmosaik an der Gewässersohle.

Die Verhältnisse bei einem Abfluss bis 10 m³/s sind sowohl durch die monotonen Strömungsbedingungen als auch durch fließgewässeruntypische lange Aufstaubereiche mit nur sehr geringen

Sohlschubspannungen geprägt. Dies drückt sich auch in der hohen Prognose für die limnophilen Arten aus, während fließgewässertypische Arten stark zurückgedrängt sind. Die Aufstaubereiche entsprechen einem abrupten Übergang vom Rhithral ins Potamal und schränken damit die Durchgängigkeit für zahlreiche rheophile Fließgewässerarten stark ein. Sie sind nicht vergleichbar mit den für die Gewässerökologie wichtigen strömungsberuhigten Bereichen, die als Ruhe- und Nahrungsplätze fungieren und die beim gleichförmigen Strömungsmosaik im Gewässerquerschnitt der regulierten Ausleitungsstrecke weitgehend fehlen. Ein Abfluss von $10 \text{ m}^3/\text{s}$ wird daher mit dem Zielwert 4 („bestenfalls ausreichend“), der derzeitige Abfluss von $5 \text{ m}^3/\text{s}$ mit 3 („eingeschränkt“) belegt. Mit der Abflusserhöhung auf 16 bzw. $24 \text{ m}^3/\text{s}$ nehmen die für die Größe des Gewässers charakteristischen Bereiche mit sehr starker Strömung an der Gewässersohle zu, wovon insbesondere die rheophilen und rheobionten Arten profitieren, so dass bei einem Abfluss von $24 \text{ m}^3/\text{s}$ der Zielwert 6 („befriedigend“) erreicht wird. Insgesamt bieten die hydraulischen Verhältnisse bei diesem Abfluss für alle Strömungstypen ausgewogene Verhältnisse, ein höherer Zielwert kann aber wegen der mangelnden Strukturvielfalt nicht vergeben werden. Eine weitere Abflusserhöhung auf $40 \text{ m}^3/\text{s}$ wirkt sich in der Populationszunahme strömungstypischer Makrozoobenthosbewohner nur noch geringfügig aus. Abschnitte mit geringeren Strömungskräften an der Sohle nehmen jedoch sehr stark ab. Dadurch werden Arten zurückgedrängt, die strömungsberuhigte Abschnitte aufsuchen, was in der Festlegung des niedrigeren Zielwertes 5 („noch befriedigend“) zum Ausdruck kommt.

Die strukturverbessernden Maßnahmen der Planungsvariante 1 haben zur Folge, dass Breiten- und Tiefenvarianz zunehmen, mehr besiedelbare Habitate benetzt werden und die weitgehend monotonen Strömungsmuster im Fließgewässerquerschnitt einem heterogenen Strömungsmosaik weichen. Dies drückt sich in einem generell höheren Zielerfüllungsgrad aus. Der Kurvenverlauf beginnt mit dem Zielwert 4 („bestenfalls ausreichend“) für einen Abfluss von $5 \text{ m}^3/\text{s}$ und erreicht den Zielwert 7 („noch gut“) bei einem Abfluss von $24 \text{ m}^3/\text{s}$. Da bei höheren Abflüssen strömungsberuhigte Abschnitte noch in ausreichendem Maß erhalten bleiben, sinkt der Zielwert nicht wie beim Ist-Zustand ab, sondern bleibt konstant bei 7 („noch gut“).

Aus ökologischer Sicht sollte eine dynamische Abflussregelung erwogen werden, die sich am natürlichen Abflussregime orientiert. Zusätzlich sollten Maßnahmen vorgesehen werden, die eine Verbesserung bzw. Wiederherstellung der Durchgängigkeit des Fließgewässersystems ermöglichen. Derzeit stellen die Wehranlagen Barrieren dar, welche die Wanderungs- und Wiederbesiedlungsaktivitäten von aquatischen Organismen praktisch vollständig unterbinden.

4.2.6 Bakteriologie

Unterschiedliche Mindestabflüsse dürften sich nach Aussagen des Landesuntersuchungsamtes für das Gesundheitswesen Südbayern auf die Badewasserqualität der Isar nicht bzw. nicht entscheidend auswirken. Eine Verbesserung der Verhältnisse könnte evtl. durch Maßnahmen an potentiellen Belastungsquellen wie Kläranlagenabläufe oder Mischwasserentlastungen erzielt werden.

4.2.7 Fischfauna

Hinsichtlich des Restabflusses in der Ausleitungsstrecke lassen sich unter Berücksichtigung der jeweiligen Habitatansprüche der einzelnen Fischarten nachfolgende Ziele formulieren:

- Sicherstellung ausreichender Strömungsgeschwindigkeiten an potentiellen Laichplätzen der standorttypischen Flussfischarten (0,8 - 1,5 m/s),
- Gewährleistung einer ausreichenden Zahl von Brutstandorten (beruhigte Gleituferbereiche) und Habitaten für Jungfische (Seitengerinne und Kehrwasser), demnach hohe Strömungsdiversität und Tiefenvarianz,
- Schaffung tieferer Gumpen und Rinnen (ca. 2 - 3 m) als Aufenthaltsraum für adulte Huchen und Winterungen für Cypriniden.

Die im Rahmen der Abflussversuche und der Abflusssimulationen ermittelten fischökologisch relevanten Parameter (Strömungsgeschwindigkeit, Strömungsdiversität, Wassertiefe, Tiefenvarianz, benetzte Wasserfläche) sind wie folgt zu werten:

- Strömungsgeschwindigkeit und Strömungsdiversität

Die an Laichplätzen notwendigen Strömungsgeschwindigkeiten (0,8 - 1,5 m/s) sind nach den Darstellungen der Abflusssimulationen im oberen Abschnitt (Höllriegelskreuther Wehr bis Großhesselohrer Wehr) bereits bei einem Abfluss von rd. 16 m³/s in relevantem Maß vorhanden. Weitere Verbesserungen sind bei 24 m³/s zu erkennen, darüber hinaus sind keine nennenswerten Steigerungen mehr gegeben. Im unteren Abschnitt (Großhesselohrer Wehr bis Rückleitung des Werkkanals) werden die erforderlichen Fließgeschwindigkeiten sowohl beim Ist-Zustand als auch bei der Planungsvariante 1 erst bei höheren Abflüssen (zwischen rd. 17 und 24 m³/s) in relevantem Maß erreicht.

Die besseren strukturellen Gegebenheiten im oberen Abschnitt zeigen sich auch in einer günstigeren Strömungsdiversität, die mit steigenden Abflüssen zunimmt. Der untere Abschnitt weist in der Gewässerstrecke mit Ausnahme des Flauchers extrem ungünstige Gewässerbettstrukturen auf, wodurch höhere Abflüsse als $24 \text{ m}^3/\text{s}$ aufgrund des Rückgangs strömungsberuhigter Zonen sich durchaus kontraproduktiv auswirken können. Dagegen lässt sich im renaturierten Gewässerbett der Planungsvariante 1 ein deutlich heterogeneres Strömungsbild erkennen.

- Wassertiefe und Tiefenvarianz

Im oberen Abschnitt zeigt sich mit steigenden Abflüssen bis rd. $24 \text{ m}^3/\text{s}$ eine deutliche Zunahme der Bereiche mit Wassertiefen von 1 - 2 m, die adulte Huchen und größere Cypriniden als Aufenthaltsraum benötigen. Gleichzeitig ist eine Erhöhung der Tiefenvarianz feststellbar.

Im unteren Abschnitt zwischen Großhesseloher Wehr und Flauchersteg ist aufgrund der monotonen Gewässerbettstruktur die Tiefenvarianz deutlich geringer. Mit zunehmendem Abfluss steigen zwar die Bereiche mit größeren Wassertiefen an, gleichzeitig verringern sich jedoch die Flachwasserbereiche merklich. Im Bereich unterhalb des Flauchersteges, wo der Fluss stark verästelt ist und ein noch ein kurzes Stück „Naturisar“ bildet, zeigen sich dagegen bei einer Abflusserhöhung bis $40 \text{ m}^3/\text{s}$ Verbesserungen hinsichtlich der Wassertiefen und der Tiefenvarianzen.

Bei der Planungsvariante 1 stellt sich die Verteilung der Wassertiefen gegenüber dem Ist-Zustand deutlich günstiger dar.

- Benetzte Fläche

Wie der Fotodokumentation zu entnehmen ist, nimmt an den Standorten, an denen Kiesbänke vorhanden sind, die benetzte Fläche mit höherem Abfluss zu. In den massiv ausgebauten Flussabschnitten z. B. oberhalb des Marienklausenstegs bzw. der Thalkirchener Brücke oder im Bereich der Brudermühlbrücke ändert sich der Benetzungsgrad so gut wie gar nicht. Eindrucksvoll hingegen zeigt sich die Hinzugewinnung fischökologisch wertvoller Flächen mit zunehmendem Abfluss unterhalb des Flauchersteges: die vergleichenden Aufnahmen am „Flauchersteg östlich“ dokumentieren augenscheinlich, wie mit zunehmendem Abfluss ein neuer Seitenarm entsteht.

Die Ergebnisse der Abflussversuche und der Abflusssimulationen zeigen auf, dass die Hinzugewinnung an Gewässertiefen, Strömungsgeschwindigkeiten und Strömungsdiversität sowie die Aktivierung fischbiologisch relevanter Strukturen mit höheren Abflüssen deutlich zunimmt. Die daraus abgeleiteten Zielwertkurven sind in Abb. 28 dargestellt.

Dabei werden die derzeitigen Verhältnisse im oberen Abschnitt zwischen Höllriegelskreuther Wehr und Großhesselohrer Wehr mit einem Zielerfüllungsgrad von 3 („eingeschränkt“) belegt. Deutliche Wertigkeitszuwächse lassen sich bis rd. 16 m³/s (Zielwert 6 „befriedigend“) und in abgeschwächter Form bis rd. 24 m³/s erkennen (Zielwert 8 „gut“). Bis 40 m³/s steigt die Zielwertkurve nur noch leicht bis auf den Zielwert 9 („sehr gut“) an.

Mit Ausnahme des ökomorphologisch als sehr wertvoll zu beurteilenden Bereichs am Flaucher weist der untere Abschnitt zwischen Großhesselohrer Wehr und Rückleitung des Werkkanals extrem ungünstige Gewässerbettstrukturen auf. Die Zielwerte für den Ist-Zustand variieren daher zwischen dem Zielerfüllungsgrad 1 („sehr mangelhaft“) für den derzeitigen Abfluss bis 6 („befriedigend“) für rd. 24 m³/s. Da höhere Abflüsse als 24 m³/s sich in dem strukturell monotonen Abschnitt durchaus kontraproduktiv auswirken können, steigt der Zielwert bis 40 m³/s nicht weiter an.

Dem Zustand nach Umsetzung der Planungsvariante 1 des Isar-Plans werden aufgrund der günstigeren Gewässerbettstrukturen höhere Zielerfüllungsgrade zugewiesen. Während die Verhältnisse mit dem derzeitigen Abfluss von 5 m³/s noch mit dem Zielwert 3 („eingeschränkt“) belegt sind, steigen die Werte mit höheren Abflüssen deutlich bis auf 9 („sehr gut“) für rd. 24 m³/s an. Bei nahezu optimalen Gewässerbettstrukturen sowie intakter Vernetzung der aquatischen Lebensräume wäre hier durch eine weitere Abflusssteigerung bis auf 40 m³/s durchaus ein „optimaler“ Zielerfüllungsgrad 10 denkbar.

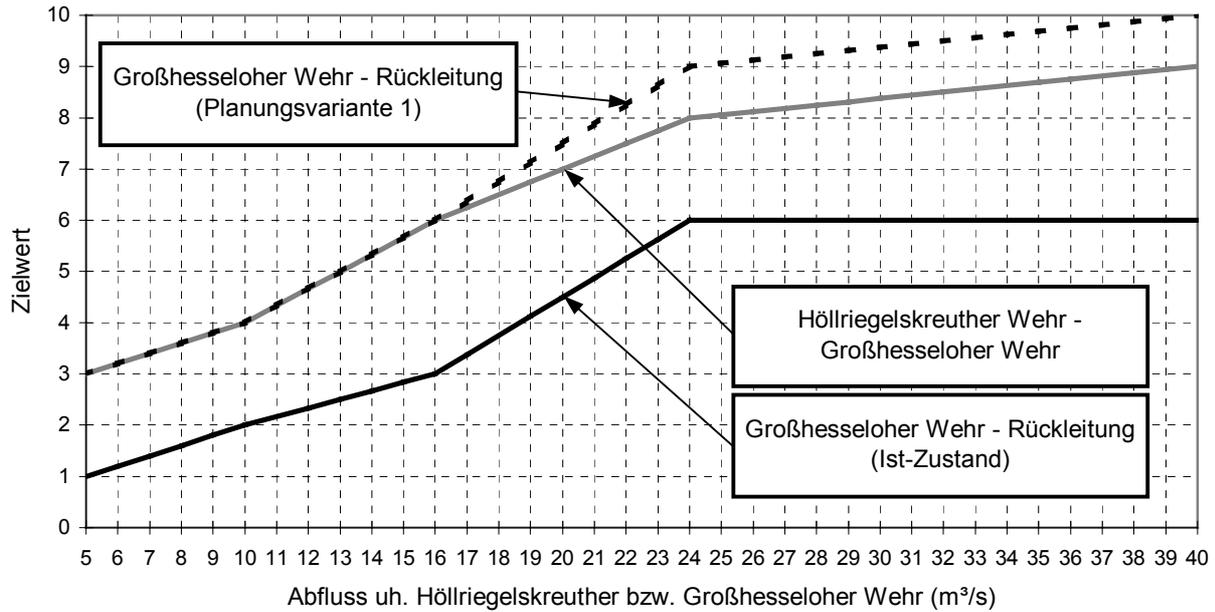


Abb. 28: Zielwertkurven für den Wirkungsbereich „Fischfauna“

Im Hinblick auf eine Dynamisierung (Staffelung) des Mindestabflusses ist anzumerken, dass in der Zeit von März bis Juli, in der sich bei fast allen der hier vorkommenden Flussfischarten das Fortpflanzungsgeschehen abspielt, sowie auch anschließend bis zum Ende der Sommermonate aufgrund der Verfügbarkeit ausreichender Brutstandorte ein vergleichsweise höherer Abfluss erforderlich wäre.

Die fischbiologische Wirksamkeit eines höheren Mindestabflusses könnte durch Renaturierungsmaßnahmen (Entfernung der Längsverbauung, Umbau von Wehren und Abstürzen in fischpassierbare Rampen, Anlage von Umgehungsgerinnen) deutlich verbessert werden. Ferner wäre auch für diese Isarstrecke eine Sicherstellung der Geschiebedrift zu fordern, ebenso die Reaktivierung und Mobilisierung derzeit verfestigter Kiesbänke. Als wichtigen Faktor für eine Verbesserung der fischökologischen Verhältnisse ist zudem der Fraßdruck durch fischfressende Vögel zu diskutieren.

4.2.8 Vegetationslose Kiesbänke

Mit zunehmendem Restabfluss wird ein Teil der vegetationslosen bzw. -armen Kiesbänke und Kiesinseln überflutet. Dies betrifft vor allem die Kiesbänke im südlichen Abschnitt vom Höllriegelskreuther Wehr bis zum Großhesselöher Wehr. Die zooökologisch als mittel- bis hochwertig eingestuft offenen Kiesflächen im Bereich des Flauchers bleiben jedoch auch bei Restabflüssen bis 40 m³/s zu weiten Teilen erhalten. Eine zahlenmäßige grobe Abschätzung auf Basis der Lagepläne der Abflusssimulationen enthält Tab. 3.

Tab. 3: Grobe Abschätzung der Flächen vegetationsloser und -armer Kiesbänke

Abschnitt	Fläche vegetationsloser und -armer Kiesbänke bei Abflüssen von				
	10 m ³ /s	16 m ³ /s	24 m ³ /s	40 m ³ /s	90 m ³ /s
Höllriegelskreuther Wehr bis Großhesseloher Wehr	rd. 57.000 m ² (100 %)	rd. 44.000 m ² (77 %)	rd. 29.000 m ² (51 %)	rd. 20.000 m ² (35 %)	rd. 4.000 m ² (7 %)
Großhesseloher Wehr bis Rückleitung des Werkkanals	rd. 56.000 m ² (100 %)	rd. 54.000 m ² (96 %)	rd. 49.000 m ² (88 %)	rd. 40.000 m ² (71 %)	rd. 29.000 m ² (52 %)

Die derzeitigen Verhältnisse bei einem Mindestabfluss von 5 m³/s werden im oberen Abschnitt mit einem Zielwert von knapp 6 („befriedigend“), im unteren Abschnitt aufgrund der höherwertigeren Kiesflächen mit 7 („noch gut“) belegt. Die Zielwerte für einen Abfluss von 40 m³/s betragen rd. 2,5 („eingeschränkt“ bis „sehr eingeschränkt/mangelhaft“) im oberen sowie rd. 5 („noch befriedigend“) im unteren Abschnitt. Der Verlauf der Zielwertkurven zwischen den Eckpunkten wurde in Anlehnung an die abgeschätzten Flächenverluste (Tab. 3) gewählt, wobei für den Abflussbereich zwischen 5 und 10 m³/s die gleiche Flächenänderung pro m³/s Abflusserhöhung wie beim Abflussbereich 10 bis 16 m³/s angesetzt wurde.

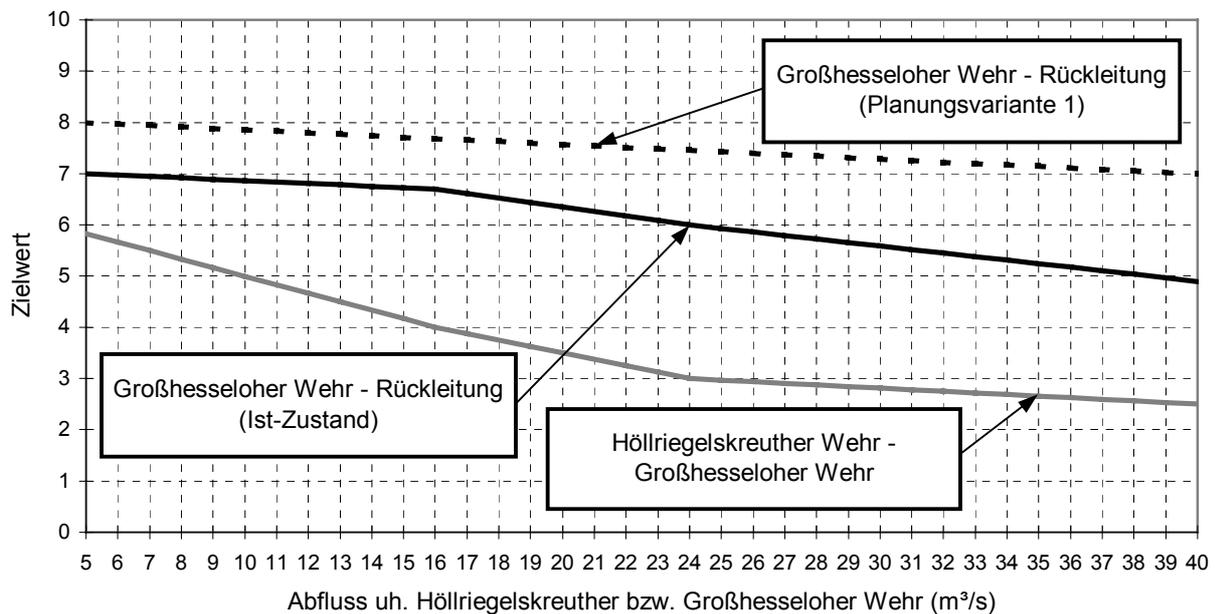


Abb. 29: Zielwertkurven für den Wirkungsbereich „Vegetationslose Kiesbänke“

Die Aufweitung des Mittelwasserbetts und die Schaffung von Kiesbänken und Kiesinseln bzw. deren mögliche Neubildung durch das begrenzte Zulassen von Seitenerosion würde sich grundsätzlich positiv auf die Quantität und Qualität der Kiesbankstrukturen auswirken. Die Zielwertkurve für die Planungsvariante 1 verläuft daher im Vergleich zum Ist-Zustand insgesamt höher und flacher. Die Zielwerte betragen 8 („gut“) für 5 m³/s bzw. 7 („noch gut“) für 40 m³/s, Zwischenwerte werden linear interpoliert.

4.2.9 Standortbedingungen in der Aue

Auf die Standortbedingungen in der Aue hat eine Erhöhung des Mindestabflusses in der untersuchten Größenordnung nur geringfügige Auswirkungen. Die während der Abflussversuche gemessenen Wasserspiegelerhöhungen führen weder zu Ausuferungen noch zu einer nennenswerten Anhebung der Grundwasserspiegellagen, da die Grundwasserflurabstände im allgemeinen zwischen 2 und 5 m liegen. Da im oberen Abschnitt zwischen dem Höllriegelskreuther Wehr und dem Großhesselohrer Wehr die Aue durch die nahen Talhänge und den unmittelbar parallel verlaufenden Werkkanal sehr eingengt ist, werden Wasserspiegelanhebungen tendenziell noch eher in der begleitenden etwas breiteren Aue des unteren Abschnitts unterhalb des Großhesselohrer Wehres wirksam. Vorhandene Feuchtflächen wie Auetümpel oder Röhrichte werden jedoch offensichtlich von Hangquellwasser gespeist und sind grundwasserunabhängig.

Die Zielwertkurven (Abb. 30) für den oberen Abschnitt sowie für den unteren Abschnitt im derzeitigen Zustand beginnen mit einem Zielwert 5 („noch befriedigend“), welcher der ökologischen Bewertung der Auwaldreste gemäß Auwaldkartierung als „bedingt naturnah“ bzw. gemäß der Grundlagenermittlung mit einer mittleren Wertstufe entspricht. Für höhere Mindestabflüsse bis 40 m³/s steigt der Zielwert nur leicht bis auf den Zielerfüllungsgrad 6 („befriedigend“) für den oberen Abschnitt bzw. bis auf 6,5 („noch gut“ bis „befriedigend“) für den unteren Abschnitt an.

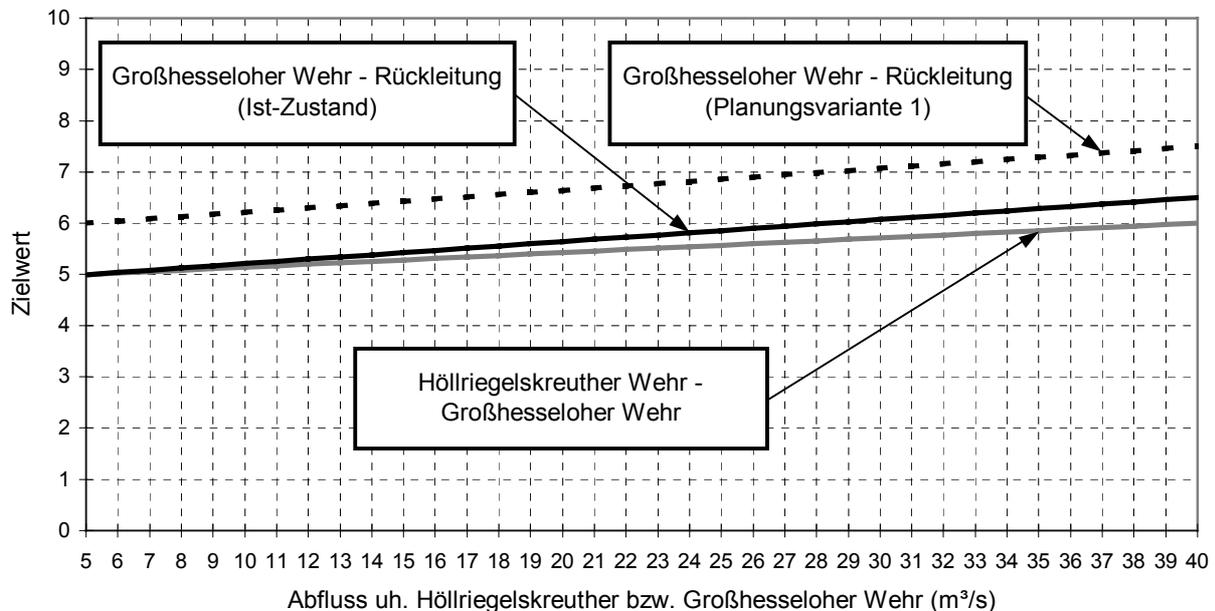


Abb. 30: Zielwertkurven für den Wirkungsbereich „Standortbedingungen in der Aue“

Aufgrund des geplanten Uferrückbaus sind bei der Planungsvariante 1 bei höheren Abflüssen leichter Ausuferungen möglich, was generell zur Verbesserung der Standortbedingungen in der Aue führt. Bereits bei niedrigen Restabflüssen wird die Verzahnung zwischen Fluss und Aue verbessert. Dies schlägt sich in einem um eine Stufe höheren Kurvenverlauf von 6 („befriedigend“) bis 7,5 („gut“ bis „noch gut“) nieder.

4.2.10 Freizeit und Erholung

Zu den rekreativen Wirkungen unterschiedlicher Restabflüsse wurden systematische Untersuchungen mittels Fotos, die im Rahmen der Abflussversuche aufgenommen wurden, durchgeführt. In einer Befragungsaktion wurden 40 Personen gebeten, Fotos von je 2 Standpunkten im oberen und unteren Abschnitt mit unterschiedlichen Restabflüssen (6.5, 13 und 27 m³/s) subjektiv im Hinblick auf die Freizeitnutzung einzuschätzen (Bewertungsskala von 1 „viel zu wenig Wasser“ über 3 „gerade richtig“ bis 5 „viel zu viel Wasser“). Zu einem späteren Zeitpunkt wurde noch eine zusätzliche Befragungsaktion an 20 Personen durchgeführt, um einen Vergleich zwischen dem Abflüssen von 27 m³/s und 85 bzw. 100 m³/s zu erhalten. In Tab. 4 sind die Ergebnisse der Befragung für die Abflüsse 6.5, 13 und 27 m³/s enthalten.

Tab. 4: **Rekreative Präferenzwerte verschiedener Restabflussvarianten**

Restabfluss- variante	Standorte im oberen Abschnitt			Standorte im unteren Abschnitt			insgesamt Mittelwert
	Standort 1	Standort 2	Mittelwert	Standort 3	Standort 4	Mittelwert	
rd. 6,5 m ³ /s	2,45	1,73	2,09	1,68	1,38	1,53	1,81
rd. 13 m ³ /s	3,20	2,38	2,79	2,35	2,10	2,23	2,51
rd. 27 m ³ /s	3,43	3,15	3,29	3,00	2,68	2,84	3,07

Standort 1: Nordende des Werksgelände Höllriegelskreuth, Blickrichtung: isarabwärts

Standort 2: Grünwalder Brücke, Blickrichtung: isaraufwärts

Standort 3: Thalkirchner Brücke, Blickrichtung: isarabwärts

Standort 4: Flauchersteg (Ostseite), Blickrichtung: isarabwärts

Dabei zeigt sich, dass mit Blick auf die gesamte Ausleitungsstrecke die rekreativen Präferenzwerte mit höheren Abflüssen deutlich ansteigen, insbesondere im unteren Abflussspektrum bei einer Erhöhung des Restabflusses von 6,5 auf 13 m³/s. Die Bewertung der Restabflüsse auf den Fotos der Abflussvariante mit rd. 27 m³/s für den oberen Abschnitt tendieren bereits in Richtung „zu viel Wasser“. Bei der Zusatzuntersuchung unter Einbeziehung eines höheren Restabflusses von rd. 85 bzw. 100 m³/s erhält die Variante mit rd. 27 m³/s jedoch noch eine Bewertung unter 3, die eher auf zu wenig Wasser hinweist. Die für die Erholungsnutzung günstigsten Restabflüsse werden daher im oberen Abschnitt auch unter Berücksichtigung der stärkeren Verminderung der Kiesbankflä-

chen bei rd. 30 m³/s, im unteren Abschnitt bei rd. 40 m³/s angesetzt. Hier wirkt sich der Verlust an Kiesbankflächen auch bei einem Abfluss von rd. 40 m³/s nicht so gravierend aus, da die Kiesbänke vor allem im Bereich des Flauchers sehr viel höher sind.

Höhere Mindestabflüsse in der Isar haben jedoch auch geringere Abflüsse und damit niedrigere Fließgeschwindigkeiten im Kanal zur Folge mit entsprechenden Auswirkungen auf die von Mai bis Anfang September betriebene Floßfahrt im Bereich zwischen Höllriegelskreuther Wehr und der Abzweigung in den Ländkanal. Nach Angaben der Floßfahrtbetreiber wird bereits bei Kanalabflüssen unter rd. 60 m³/s die für ein rechtzeitiges Erreichen der Floßlände erforderliche Mindestfließgeschwindigkeit unterschritten. Die Anzahl der Tage mit Kanalabflüssen unter 60 m³/s würde im Bereich zwischen Höllriegelskreuther und Großhesselohrer Wehr von derzeit im Mittel 9 Tagen je Saison (Saisondauer beträgt insgesamt im Mittel 134 Tage) bei Mindestabflüssen von 10, 16 bzw. 24 m³/s auf im Mittel 14, 22 bzw. 34 Tagen je Saison ansteigen. Da im Bereich der oberhalb gelegenen Kanalstrecke des Kraftwerks Mühlthal seit einigen Jahren eine ähnliche Problematik nach Erhöhung des Mindestabflusses besteht und die Floße deshalb mit einem Außenbordmotor ausgerüstet worden sind, erscheint eine zumindest zeitweilige Verwendung dieses zusätzlichen Hilfsmittels an etwas mehr Tagen pro Saison auch in der betrachteten Kanalstrecke zumutbar.

Die Zielwertkurven für den Wirkungsbereich „Freizeit und Erholung“ sind in Abb. 31 aufgetragen. Wie die Nutzerstundenschätzung zeigt (Kap. 3.5.4), ist der rekreative Wert des unteren innerstädtischen Bereichs deutlich höher einzuschätzen als der des oberen, südlich der Stadt gelegenen Abschnitts. Dies kommt in den angesetzten Zielwerten von 4,5 („noch befriedigend“ bis „bestenfalls ausreichend“) und 3 („eingeschränkt“) für einen Abfluss von 6,5 m³/s zum Ausdruck. Mit höheren Abflüssen steigen die Werte auf im unteren Abschnitt auf 6,5 („noch gut“ bis „befriedigend“) für 13 m³/s bzw. 7,5 („gut“ bis „noch gut“) für 27 m³/s an. Der höchste Zielerfüllungsgrad 8 („gut“) wird bei einem Abfluss von 40 m³/s erreicht. Im oberen Abschnitt steigen die Zielwerte bis auf 5 („noch befriedigend“) für 13 m³/s an. Der höchste Zielerfüllungsgrad mit 6 („befriedigend“) wird wegen des stärkeren Verlustes an Kiesbankflächen jedoch bereits bei einem Abfluss von rd. 30 m³/s erreicht. Er bleibt im oberen Abflussspektrum bis 40 m³/s auf diesem Niveau.

Die geplanten Maßnahmen der Planungsvariante 1 verbessern die vielfältigen, naturbezogenen Freizeitmöglichkeiten im und am Wasser deutlich. Dies schlägt sich in höheren Zielwerten, beginnend mit 5,5 („befriedigend“ bis „noch befriedigend“) für einen Restabfluss von 5 m³/s, nieder.

Entsprechend dem Verlauf der Zielwertkurve für den Ist-Zustand wird auch hier von starken rekreativen Zugewinnen bei einer Erhöhung bis auf rd. 13 m³/s, bewertet mit dem Zielwert 7,5 („gut“ bis „noch gut“), und schwächeren Zugewinnen im weiteren Verlauf ausgegangen. Da bei einer Erhöhung des Restabflusses auf rd. 40 m³/s die Fläche der Uferwiesen auch bei Uferabflachung und damit rascherer Benetzung noch bedarfsdeckend vorhanden ist, die Wassertiefe fürs Baden/Schwimmen verbessert wird und die Kiesbankflächen noch in ausreichendem Maß erhalten bleiben, wird ein Mindestabfluss von 40 m³/s als günstigste Variante für den Bereich Freizeit und Erholung angesehen und mit dem Zielwert 9 („sehr gut“) belegt.

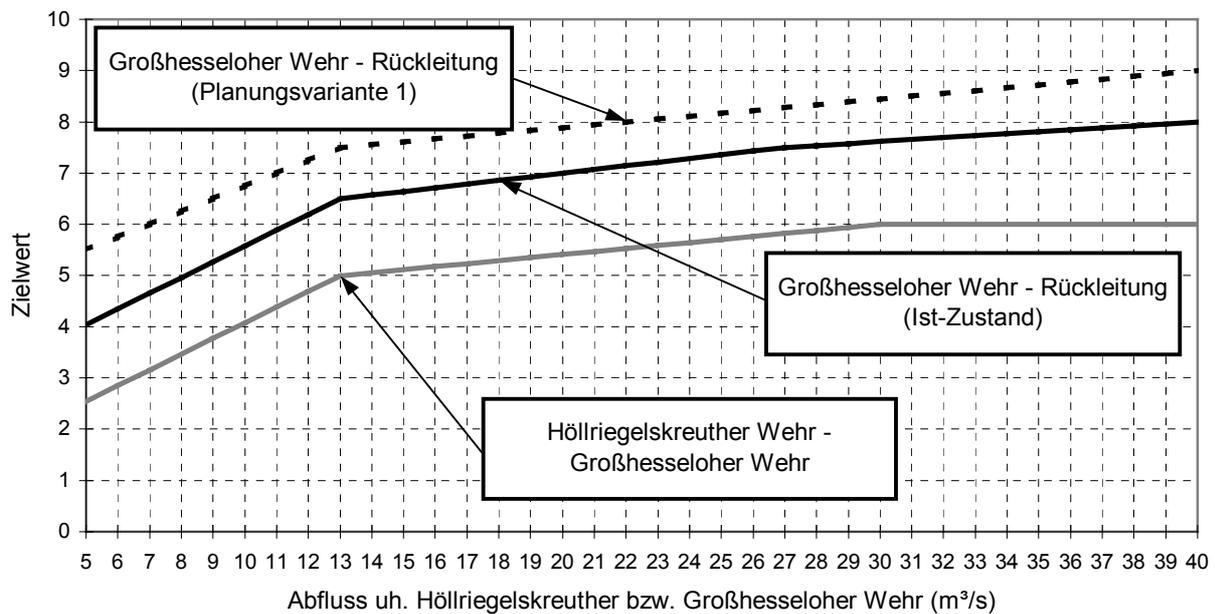


Abb. 31: Zielwertkurven für den Wirkungsbereich „Freizeit und Erholung“

4.2.11 Landschaftsästhetik

Um die ästhetische Wirkung verschiedener Restabflussvarianten in psychologisch-empirischen Untersuchungen erfassen zu können, wurden aus der Fotodokumentation zu den Abflussversuchen 7 Standorte, welche die Ausleitungsstrecke in ihrem vielfältigen Erscheinungsbild repräsentieren, ausgewählt. Als Befragungsinstrument wurde ein Rangordnungsverfahren eingesetzt. Dabei wurden insgesamt 40 Personen gebeten, für jeden Standort die zugehörigen Fotos der Abflussvarianten 6,5, 13, 17 und 27 m³/s in eine Rangfolge des ästhetischen Gefallens zu bringen, wobei dem Foto des größten Gefallens der Stufenwert 4 und dem Foto des geringsten Gefallens der Stufenwert 1 zugeordnet wurde. Durch Zusammenfassung der zugeordneten Rangplätze aller Befragten lässt sich so für jede bildlich repräsentierte Restabflussvariante ein ästhetischer Kennwert ermitteln. Da die Bewertung der Fotos bei 2 der 7 Standorte aufgrund sehr unterschiedlicher Witterungsverhältnisse nur schwer interpretierbar sind, wurden für die Gesamtbeurteilung nur die restlichen 5 Standorte berücksichtigt (Tab.5).

Tab. 5: Ästhetische Präferenzwerte verschiedener Restabflussvarianten

Restabfluss- variante	Standorte im oberen Abschnitt			Standorte im unteren Abschnitt				insgesamt Mittelwert
	Standort 1	Standort 2	Mittelwert	Standort 3	Standort 4	Standort 5	Mittelwert	
rd. 6,5 m ³ /s	2,08	2,46	2,27	2,09	2,15	2,55	2,26	2,27
rd. 13 m ³ /s	2,74	2,44	2,59	2,60	2,33	2,28	2,40	2,48
rd. 17 m ³ /s	2,55	2,58	2,57	2,58	2,78	2,50	2,62	2,60
rd. 27 m ³ /s	2,64	2,53	2,59	2,74	2,75	2,68	2,72	2,67

Standort 1: Nordende des Werksgelände Höllriegelskreuth, Blickrichtung: isarabwärts

Standort 2: Grünwalder Brücke, Blickrichtung: isaraufwärts

Standort 3: Thalkirchner Brücke, Blickrichtung: isarabwärts

Standort 4: Flauchersteg (Ostseite), Blickrichtung: isarabwärts

Standort 5: Flauchersteg (Westseite), Blickrichtung: isaraufwärts

Betrachtet man die gesamte Ausleitungsstrecke, so steigen die ästhetischen Präferenzwerte bei Erhöhung des Restabflusses von 6,5 auf 13, 17 und 27 m³/s stetig an. Eine Zusatzuntersuchung unter Einbeziehung eines höheren Restabflusses von rd. 85 bzw. 100 m³/s ergab, dass bei einer zusätzlichen Abflusserhöhung die ästhetischen Präferenzwerte zwar weiter, jedoch nur noch mit einer geringeren Steigerung zunehmen. Für die Fotos des oberen Abschnitts ist ein deutlicher Anstieg der ästhetischen Werte bei einer Abflusserhöhung von rd. 6,5 m³/s auf rd. 13 m³/s zu erkennen, während sie bei einer weiterer Abflusssteigerung auf etwa gleichem Niveau verharren. Im unteren Abschnitt ist der größte ästhetische Zugewinn bei einer Abflusserhöhung von rd. 13 auf rd. 17 m³/s zu verzeichnen.

Die Zielwertkurven für den Wirkungsbereich „Landschaftsästhetik“ zeigt Abb. 32. Dabei wird die Abflussvariante mit 6,5 m³/s beim oberen Abschnitt mit einem Zielwert 4 („bestenfalls ausreichend“), beim unteren Abschnitt mit 2,5 („eingeschränkt“ bis „sehr eingeschränkt/mangelhaft“) belegt. Diese Bewertung spiegelt den deutlich geringeren ästhetischen Wert des unteren Abschnitts im Bereich der Stadt München wider (Kap. 3.6). Beim oberen Abschnitt steigt der Zielwert aufgrund der deutlichen ästhetischen Zugewinne bis auf den Zielwert 7 („noch gut“) für 13 m³/s und danach nur noch gering auf 8 („gut“) für 27 m³/s an. Beim unteren Abschnitt zeigt sich der größte ästhetische Zugewinn im Anstieg der Zielwerte von 3,5 („bestenfalls ausreichend“ bis „eingeschränkt“) für 13 m³/s auf 6 („befriedigend“) für 17 m³/s. Der höchste Zielwert des unteren Abschnitts mit 7 („noch gut“) wird bei einem Abfluss von rd. 27 m³/s erreicht. Für Abflüsse über 27 m³/s ändern sich die Zielwerte beider Teilstrecken nicht mehr.

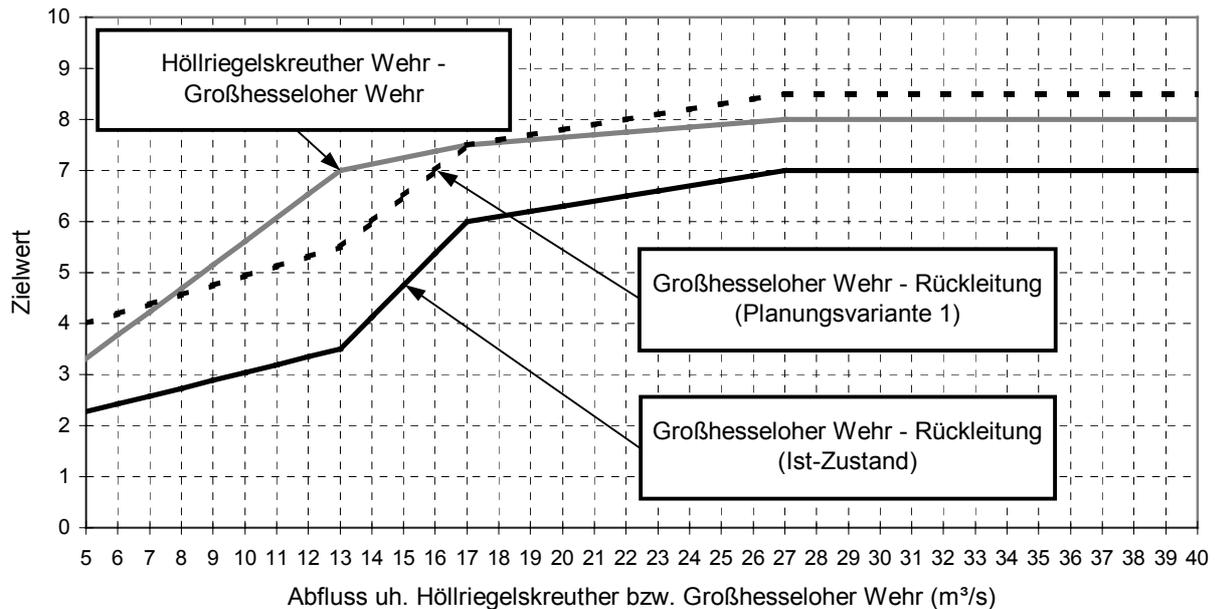


Abb. 32: Zielwertkurven für den Wirkungsbereich „Landschaftsästhetik“

Bei Umsetzung der Planungsvariante 1 gewinnt der Flusslauf aufgrund der Veränderungen vor allem im langen Streckenabschnitt vom Großhesselöher Wehr bis zur Thalkirchner Brücke wie auch in geringem Umfang nördlich der Kiesbänke am Flaucher bis zur Braunauer Eisenbahnbrücke insgesamt an vielfältigen und naturnahen Flusslandschaftsbildern. Die Dynamik des Flusses wird verstärkt wieder sichtbar und erlebbar. Dies führt, wie man aus den Ergebnissen der empirischen Untersuchungen zur ästhetischen Einschätzung der Landschaftsbilder ableiten kann, zu deutlichen ästhetischen Gewinnen.

Andererseits bleiben die immensen ästhetischen Belastungen, wie sie durch die großtechnischen Strukturen (z. B. Heizkraftwerk Süd, Apartmenthochhaus südwestlich des Flauchers, Braunauer Eisenbahnbrücke) hervorgerufen werden, unverändert bestehen. Sie führen zu einer Reduktion der ästhetischen Werte im gesamten Bereich vom Marienklausensteg bis zur Wiedereinleitung des Werkkanals. Dennoch kann die Zielwertkurve für die Planungsvariante 1 insgesamt deutlich höher angesetzt werden als für den Ist-Zustand.

Der Verlauf der Zielwertkurve ist angelehnt an den Verlauf für den Ist-Zustand, beginnt jedoch mit einem Zielwert von 4 („bestenfalls ausreichend“) für einen Abfluss von 5 m³/s auf einem höheren Niveau. Die ästhetischen Zugewinne bei einer Erhöhung von 13 m³/s mit dem Zielwert 6,5 („noch gut“ bis „befriedigend“) auf 17 m³/s mit dem Zielwert 7,5 („gut“ bis „noch gut“) sind etwas geringer als beim Ist-Zustand, da die neu hinzugewonnenen flacheren Kiesbänke für entsprechende ästhetische Gewinne bereits bei niedrigeren Abflüssen sorgen. Nach den Ergebnissen der ästhetischen Wirkungs-

analysen ist davon auszugehen, dass auch bei der Planungsvariante 1 mit einem Mindestabfluss von rd. 27 m³/s der höchste Zielerfüllungsgrad erreicht wird, der hier mit dem Zielwert 8,5 („sehr gut“ bis „gut“) belegt ist.

4.2.12 Energieerzeugung

Durch einen erhöhten Mindestabfluss in der Isar unterhalb des Höllriegelskreuther bzw. Großhesselohrer Wehres verringern sich die zur Wasserkraftnutzung zur Verfügung stehenden erfassbaren Kanaldurchflüsse. Einer Abschätzung, wie stark der mittlere jährliche nutzbare Zufluss zu den Kraftwerken durch einen höheren Mindestabfluss in der Isar geschmälert würde, liegen die Abflüsse am Pegel München / Isar mit Stadtbächen für die Jahresreihe 1959/95 zugrunde. Mit berücksichtigt wurden dabei

- die Ableitung in den Ländkanal von rd. 7 m³/s von Ende April bis Anfang Oktober (betrifft Isarwerk I),
- die Ableitung in den Auermühlbach von rd. 10 m³/s, in Niedrigwasserzeiten mindestens 8,3 m³/s (betrifft Isarwerke II und III),
- die Ableitung in den Westermühlbach von max. 5 m³/s, in Niedrigwasserzeiten mindestens 3,5 m³/s (betrifft Isarwerk III),
- eine Mindestbeschickung des Werkkanals unterhalb des Großhesselohrer Wehres von rd. 11,8 m³/s zur Sicherstellung der Mindestabgaben in den Auermühlbach und den Westermühlbach,
- der Mindestdurchfluss der Turbinen (KW Höllriegelskreuth: 12 m³/s, KW Pullach: 6,5 m³/s, Isarwerk I: 11 m³/s, Isarwerk II: 12 m³/s, Isarwerk III: 15 m³/s) sowie
- das maximale Schluckvermögen der Turbinen im Isarwerk I, das mit rd. 64,5 m³/s unter dem Ausbauzufluss des Werkkanals von 70 m³/s liegt.

In den Abb. 33 und 34 sind für Mindestabflüsse in der Isar zwischen 5 m³/s und 40 m³/s die Ergebnisse dieser Abschätzung aufgetragen. Neben der Verminderung des mittleren nutzbaren Kraftwerkzuflusses ist auch die prozentuale Verringerung der mittleren Jahresarbeit gegenüber dem derzeitigen Zustand aufgetragen.

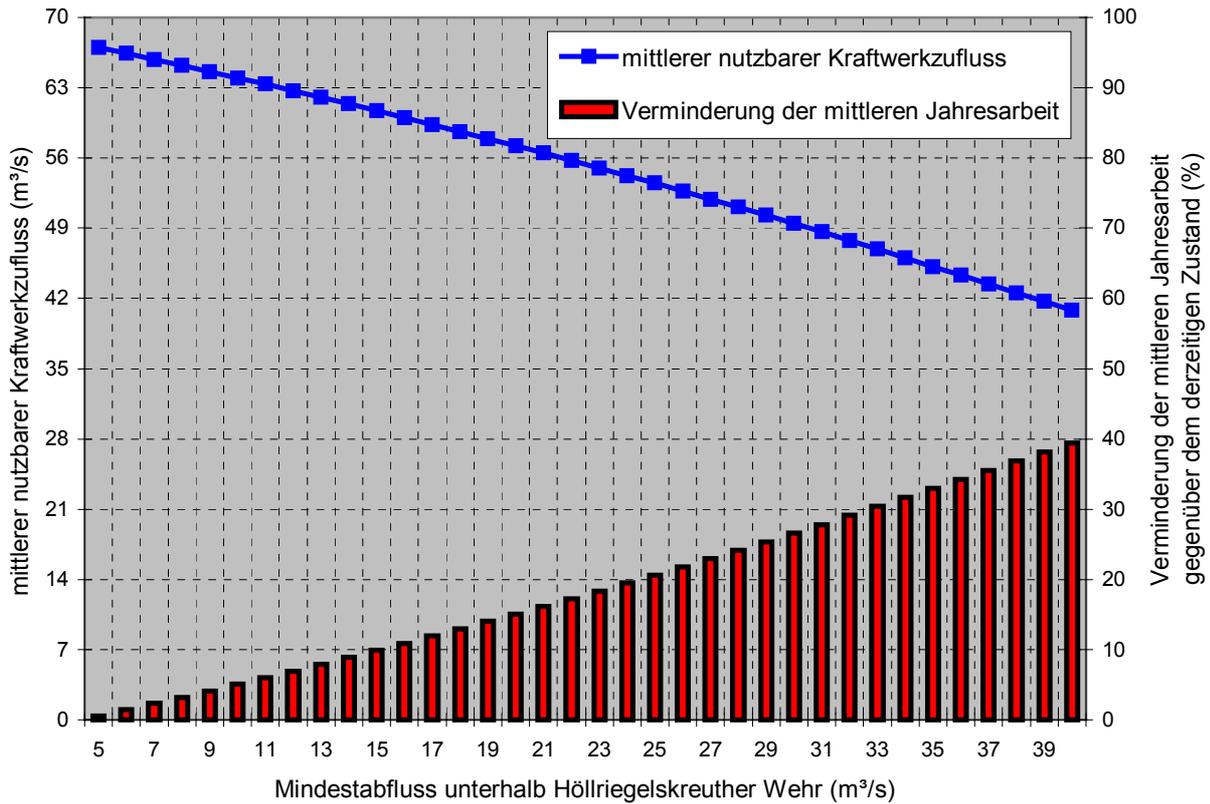


Abb. 33: Verminderung des mittleren nutzbaren Zuflusses und der mittleren Jahresarbeit bei den Kraftwerken der Isar-Amperwerke (Datenbasis: Jahresreihe 1959/95)

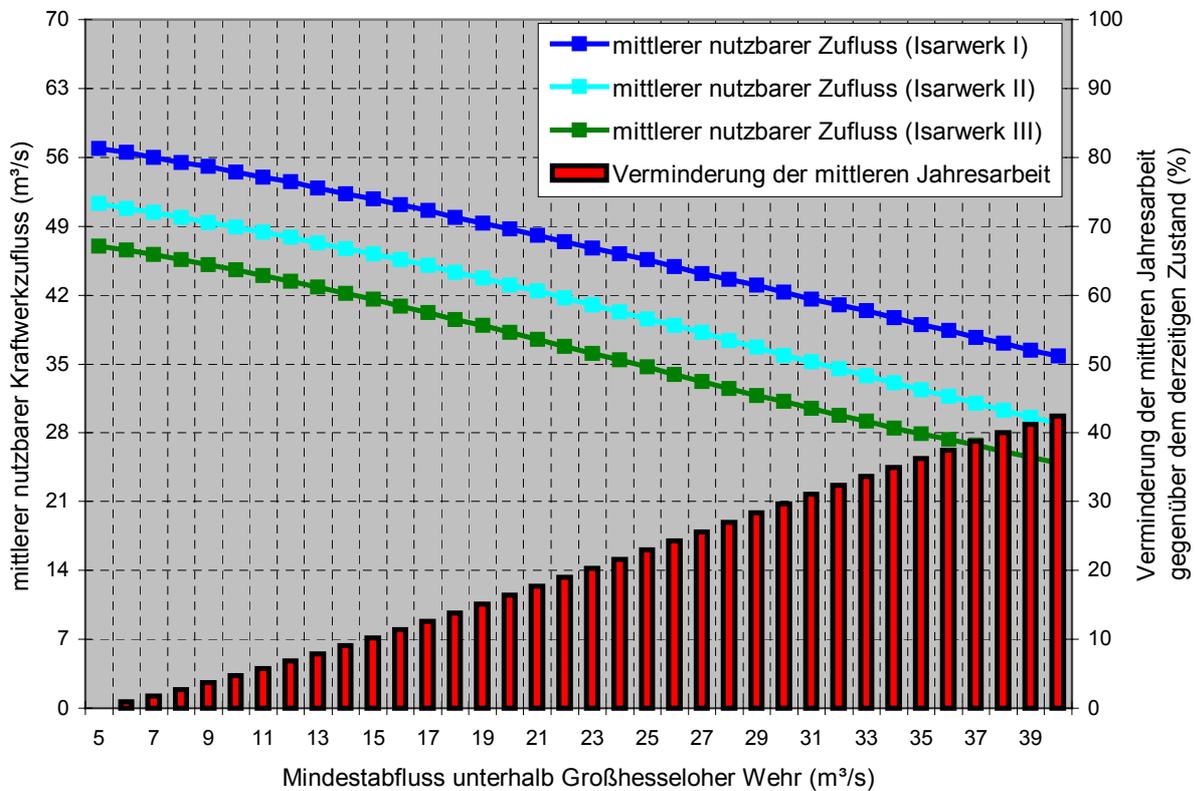


Abb. 34: Verminderung des mittleren nutzbaren Zuflusses und der mittleren Jahresarbeit bei den Kraftwerken der Stadtwerke München (Datenbasis: Jahresreihe 1959/95)

Eine Erhöhung des Mindestabflusses um ganzjährig 1 m³/s bewirkt eine Schmälerung der derzeitigen mittleren Jahresarbeit bei den Kraftwerken der Isar-Amperwerke AG um rd. 0,9 % (im unteren Bereich des untersuchten Abflussspektrums) bis rd. 1,3 % (im oberen Bereich). Bei der langjährigen mittleren Jahresarbeit von rd. 51 GWh entspricht dies rd. 0,45 bis rd. 0,65 GWh.

Bei den Isarwerken I bis III der Stadtwerke München bewirkt eine Erhöhung des Mindestabflusses um ganzjährig 1 m³/s eine Schmälerung der derzeitigen mittleren Jahresarbeit um rd. 0,9 % (im unteren Bereich des untersuchten Abflussspektrums) bis rd. 1,4 % (im Bereich von rd. 30 m³/s) bzw. rd. 1,2 % (im oberen Bereich). Bei der langjährigen mittleren Jahresarbeit von rd. 43 GWh entspricht dies rd. 0,4 bis rd. 0,6 bzw. 0,5 GWh.

Die Auswirkungen einer Erhöhung des Mindestabflusses von derzeit 4,0 m³/s (Okt. - März) und 5,0 m³/s (Apr. - Sep.) unterhalb des Höllriegelskreuther Wehres bzw. ganzjährig 5,0 m³/s unterhalb des Großhesseloher Wehres auf ganzjährig rd. 10, 16, 24 und 40 m³/s zeigt Tab. 6.

Tab. 6: Verringerung der mittleren Jahresarbeit bei verschiedenen Mindestabflüssen in der Isar gegenüber der derzeitigen Regelung (Datenbasis: Jahresreihe 1959/95)

Mindestabfluss in der Isar (m ³ /s)	Verringerung der mittleren Jahresarbeit			
	Isar-Amperwerke AG		Stadtwerke München	
	(%)	(GWh)*	(%)	(GWh)*
10	5,0	2,6	4,7	2,0
16	10,9	5,6	11,5	5,0
24	19,5	9,9	21,8	9,4
40	39,4	20,1	42,5	18,3

* bei Ansatz der langjährigen mittleren Jahresarbeit von rd. 51 GWh (Isar-Amperwerke AG) bzw. rd. 43 GWh (Stadtwerke München)

Aus energiewirtschaftlicher Sicht ist eine Anpassung des Mindestabflusses an den natürlichen Jahrgang (in den Sommermonaten höhere, in den Wintermonaten niedrigere Restabflüsse) zu empfehlen. Hierdurch wird zum einen die höherwertige Energieerzeugung in der Zeit des größten Strombedarfs im Winter weniger stark vermindert. Zum anderen wirkt sich eine Mindestabflusserhöhung in den abflussreichen Sommermonaten in vergleichsweise geringerem Maß auf die Energieerzeugung aus (Abb. 35), da der natürliche Abfluss ohnehin den Ausbauabfluss öfters deutlich übersteigt.

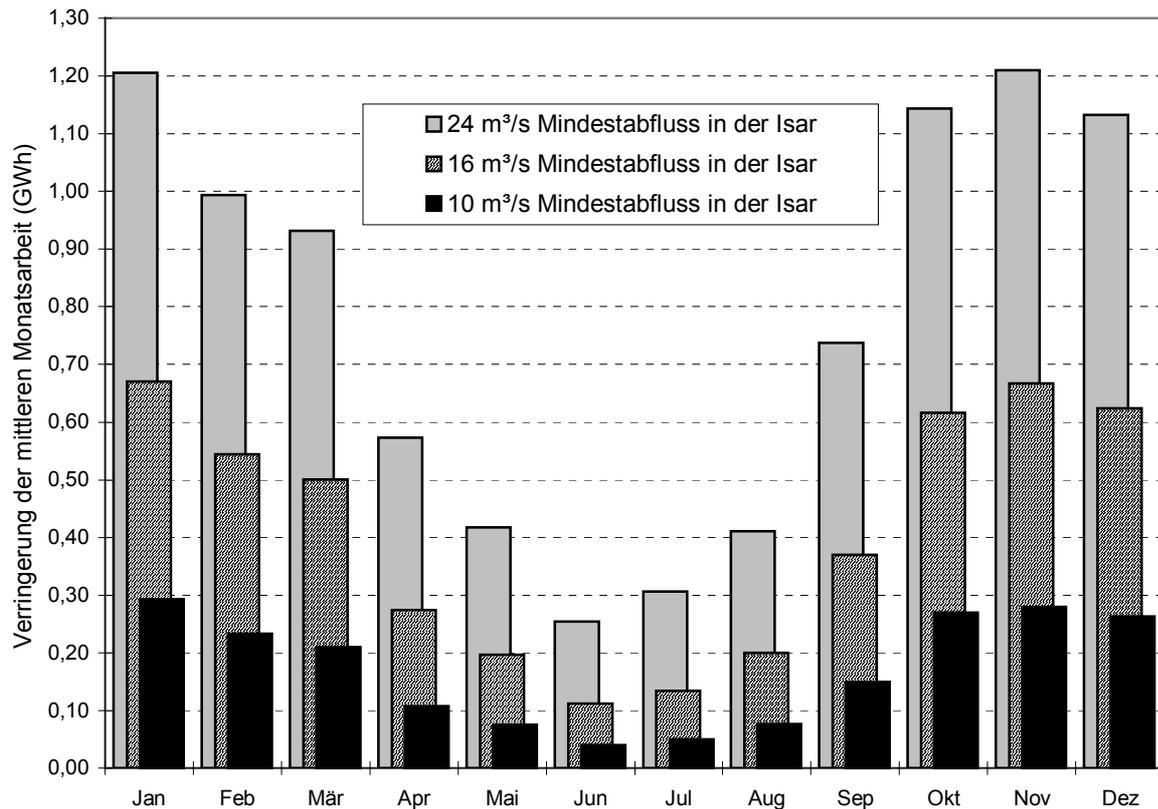


Abb. 35: Verminderung der mittleren Monatsarbeit bei den Kraftwerken der Stadtwerke München bei höheren Mindestabflüssen gegenüber der derzeitigen Regelung (Datenbasis: Jahresreihe 1959/95)

Neben den energiewirtschaftlichen Gesichtspunkten ist auch die regenerative, CO₂-freie Energiequelle Wasserkraft in ihrer Ökobilanz zu würdigen.

Unter der Annahme, dass die Erzeugungsminderung durch konventionelle Stromproduktion (fossile und nukleare Brennstoffe) ersetzt würde, trägt die Nutzung der Wasserkraft zur Schonung der begrenzten und nicht erneuerbaren Energievorräte bei.

Bei vollständiger Substitution der Erzeugungsminderung z. B. durch ein modernes konventionelles Steinkohlekraftwerk wäre zudem mit folgenden Emissionen je erzeugter kWh nach Entstickung, E-Filter und Entschwefelung (Quelle: Umweltschutz in Bayern '94, StMLU) zu rechnen:

- 1 kg CO₂
- 0,35 g SO₂
- 0,55 g NO_x.

Somit würden bei einer derartigen Ersatzbeschaffung von z. B. rd. 10,5 GWh/a (entsprechend der Summe der errechneten Verringerung der Jahresarbeit in den Kraftwerken der Isar-Amperwerke AG und der Stadtwerke München bei einem erhöhten Mindestabfluss von 16 m³/s) jährlich im Mittel rd. 10.500 t CO₂, 3,7 t SO₂ und 5,8 t NO_x zusätzlich entstehen. Diese Werte sind jedoch in Relation zu den Emissionen aller Kraft- und Heizwerke in Bayern von rd. 13.600.000 t CO₂, 7.000 t SO₂ und 12.000 t NO_x (Bezugsjahr: jeweils 1996) zu sehen, die wiederum nur ein Bruchteil der Gesamtemission in Bayern von rd. 89.400.000 t CO₂ (1991), 97.100 t SO₂ (1996) und 335.100 t NO_x (1996) sind.

Durch Mindestabflusserhöhungen sind keine spürbaren Auswirkungen auf das lokale oder gar globale Klima zu befürchten. Die Ausleitungskraftwerke haben insgesamt gerade einmal einen Anteil von 5 % an der öffentlichen Stromerzeugung in Bayern. Die mindestabflussbedingte Minderung der Stromerzeugung liegt damit bayernweit im Promillebereich. Verringern lassen sich die Verluste mit moderner Technik, z. B. neue Turbinen mit wesentlich besseren Wirkungsgraden. Ebenso im Promillebereich läge der so verursachte Anstieg der bayerischen CO₂-Bilanz, selbst wenn die mindestabflussbedingten Stromverluste ausschließlich durch Energie auf fossiler Basis ausgeglichen würden. Die Mindestabflussfrage könnte daher, wie es z. B. auch eine Expertengruppe in einem LAWA-Positionspapier „Mindestabfluss bei Wasserkraftanlagen“ vom 22.01.1997 [13] formuliert hat, guten Gewissens losgelöst von der Klimadiskussion betrachtet werden.

Bei Diskussionen um Mindestabflüsse in wasserkraftbedingten Ausleitungsstrecken wird aber neben den lokalen Umwelt- und Freizeitaspekten und den energiewirtschaftlichen Gesichtspunkten der eher globale Umweltaspekt Ressourcenschonung und Emissionsvermeidung immer wieder vorgebracht. Dieser Teilaspekt wird daher in den weiteren Betrachtungen mit berücksichtigt, auch wenn dies, wie vorstehend dargelegt, nicht zwingend erforderlich wäre.

Da die Ressourcenschonung und Emissionsvermeidung durch die Wasserkraftnutzung zu den Umweltgesichtspunkten zählt, werden für diesen Wirkungsbereich ebenfalls Zielwertkurven erstellt (Abb. 36). Sie berücksichtigen dabei allein den Umweltaspekt der Wasserkraftnutzung, also keine energiewirtschaftlichen Effizienzüberlegungen. Die Verhältnisse ohne Mindestabfluss, also mit maximaler Energieerzeugung in den Kraftwerken, werden mit dem Zielwert 10 („optimal“) bewertet. Eine vollständige Rückleitung, d. h. die Einstellung der Wasserkraftnutzung am Werkkanal, erhält den Zielwert 0 („ungenügend“). Die Zwischenwerte wurden im Verhältnis der sich jeweils ergebenden Verminderung der Energieerzeugung ermittelt.

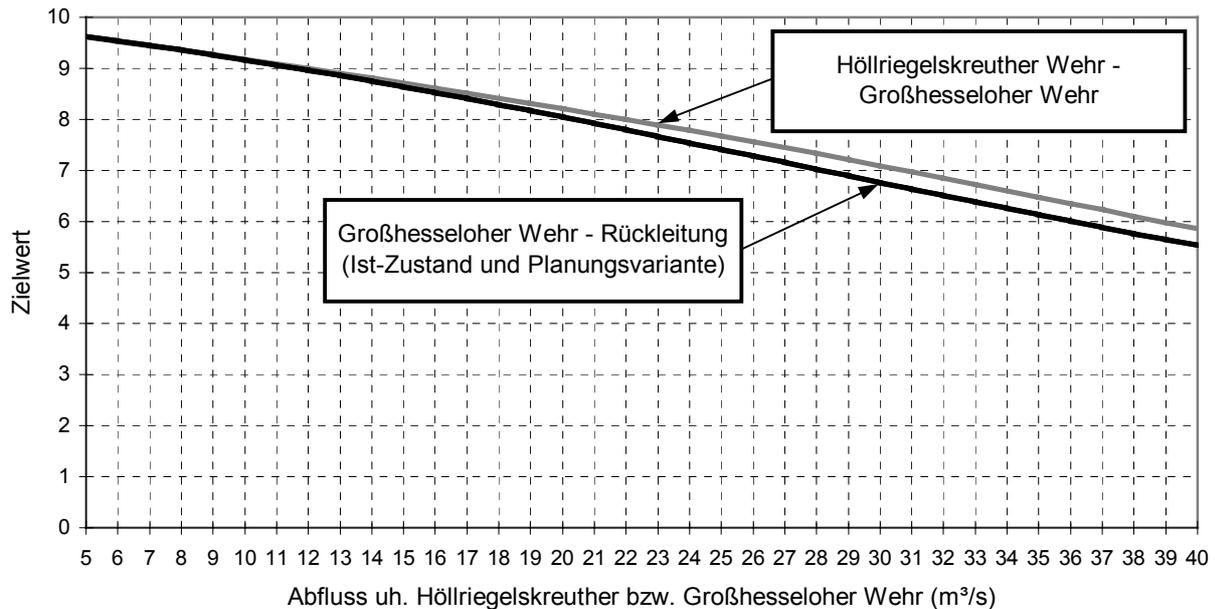


Abb. 36: Zielwertkurven für den Wirkungsbereich „Ressourcenschonung und Emissionsvermeidung“

4.2.13 Kühlwassereinleitung

Bei einer Erhöhung des Mindestabflusses in der Ausleitungsstrecke erniedrigt sich der Kanalabfluss an den Entnahme- bzw. Einleitungsstellen für die Kühlwasserversorgung entsprechend. Eine stärkere Erwärmung des Kanalwassers ist die Folge. Aufgrund der relativ geringen Einleitungen (max. $0,56 \text{ m}^3/\text{s}$) der Firma Peroxid-Chemie GmbH ist die Temperaturänderung im oberen Kanalabschnitt infolge einer Mindestabflusserhöhung nur dann näher zu beleuchten, wenn die daraus resultierenden Kanalzuflüsse am Höllriegelskreuther Wehr in Niedrigwasserzeiten deutlich auf nur wenige m^3/s abfallen würden. Bei einem erhöhten Mindestabfluss von z. B. rd. $13 \text{ m}^3/\text{s}$ im Winter bzw. rd. $34 \text{ m}^3/\text{s}$ in den Sommermonaten Mai bis September hätte der Kanalzufluss, die Jahresreihe 1959/95 zugrundegelegt, selbst in Niedrigwasserzeiten $10 \text{ m}^3/\text{s}$, entsprechend einer max. absoluten Temperaturerhöhung von deutlich unter 1 K nach Durchmischung, nie unterschritten.

Die Auswirkungen auf die Kühlwassereinleitung des Kraftwerks München-Süd sind differenzierter zu betrachten. Bei einer Erhöhung des Mindestabflusses in der Ausleitungsstrecke erniedrigt sich einerseits der Kanalabfluss an der Entnahme- bzw. Einleitungsstelle für die Kühlwasserversorgung entsprechend, andererseits liegen jedoch an der Isar nach Einmündung des Werkkanals dann günstigere „Verdünnungsverhältnisse“ für die rechnerische Aufwärmspanne von max. $\Delta t = 3 \text{ K}$ vor (siehe auch Kap. 3.5.3).

Tab. 7: Erforderliche Abflüsse, um max. Wärmeabgabe des Kraftwerks München-Süd von 117 Mcal/s in Niedrigwasserzeiten abführen zu können, in Abhängigkeit vom Mindestabfluss in der Isar einschließlich zugehöriger mittlerer Anzahl an Unterschreitungstagen pro Jahr (Datenbasis: Jahresreihe 1959/95)

Mindestabfluss in der Ausleitungsstrecke (m ³ /s)	Erforderl. Kanalabfluss, um max. Wärmeabgabe abführen zu können (m ³ /s)	erforderl. Gesamt-abfluss*, um max. Wärmeabgabe abführen zu können (m ³ /s)	Anzahl der Unterschreitungstage pro Jahr im lang-jährigen Mittel (d/a)	Mindestabfluss in der Ausleitungsstrecke (m ³ /s)	erforderl. Kanalabfluss, um max. Wärmeabgabe abführen zu können (m ³ /s)	erforderl. Gesamt-abfluss*, um max. Wärmeabgabe abführen zu können (m ³ /s)	Anzahl der Unterschreitungstage pro Jahr im lang-jährigen Mittel (d/a)
5,0	33,40	48,40	34	23,0	23,40	56,40	74
6,0	32,25	48,25	34	24,0	23,40	57,40	79
7,0	31,10	48,10	33	25,0	23,40	58,40	85
8,0	29,95	47,95	33	26,0	23,40	59,40	90
9,0	28,75	47,75	32	27,0	23,40	60,40	96
10,0	27,55	47,55	31	28,0	23,40	61,40	101
11,0	26,30	47,30	30	29,0	23,40	62,40	105
12,0	25,05	47,05	29	30,0	23,40	63,40	110
13,0	23,75	46,75	28	31,0	23,40	64,40	115
14,0	23,40	47,40	30	32,0	23,40	65,40	120
15,0	23,40	48,40	34	33,0	23,40	66,40	125
16,0	23,40	49,40	39	34,0	23,40	67,40	130
17,0	23,40	50,40	44	35,0	23,40	68,40	134
18,0	23,40	51,40	49	36,0	23,40	69,40	139
19,0	23,40	52,40	53	37,0	23,40	70,40	143
20,0	23,40	53,40	58	38,0	23,40	71,40	148
21,0	23,40	54,40	64	39,0	23,40	72,40	153
22,0	23,40	55,40	69	40,0	23,40	73,40	158

* Der Gesamtabfluss setzt sich zusammen aus Kanalabfluss, Mindestabfluss in der Isar sowie dem Abfluss im Auermühlbach (rd. 10 m³/s)

In Tab. 7 ist der Kanal- bzw. Gesamtabfluss in Abhängigkeit zum Mindestabfluss in der Ausleitungsstrecke abzulesen, bei dessen Unterschreitung die maximal zulässige Wärmeabgabe von 117 Mcal/s nicht mehr in vollem Umfang möglich ist. Bei einer Mindestabflusserhöhung bis rd. 13 m³/s nimmt die mittlere Anzahl der Tage pro Jahr, an denen weniger als 117 Mcal/s abgegeben werden können, aufgrund der günstigeren Verhältnisse an der Isar nach Einmündung des Werkkanals ab. Bei höheren Mindestabflüssen wird in Niedrigwasserzeiten jedoch die rechnerische maximale Aufwärmspanne im Werkkanal von $\Delta t = 5$ K maßgebend, wodurch die Anzahl der Tage mit eingeschränkter maximaler Wärmeabgabe rasch zunimmt.

Aus Abb. 37 ist ersichtlich, in welchem Umfang die maximal mögliche Wärmeabgabe des Kraftwerks München-Süd bei Normalbetrieb im langjährigen Mittel bei verschiedenen Mindestabflussvarianten für die Isar eingeschränkt ist. Dabei ist ein Mindestdurchfluss im Werkkanal im

Bereich der Entnahmestelle von rd. $3,5 \text{ m}^3/\text{s}$ zur Gewährleistung des Mindestzuflusses in den Westermühlbach mit berücksichtigt.

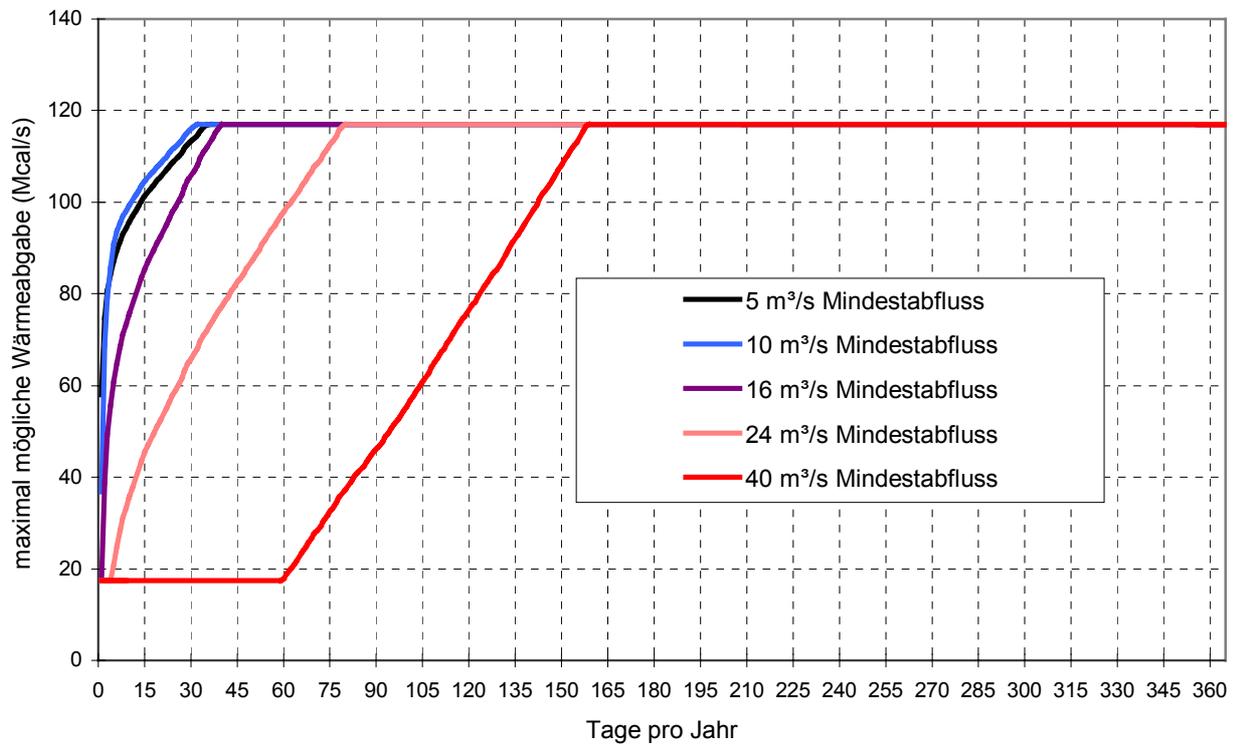


Abb. 37: Maximal mögliche Wärmeabgabe des Kraftwerks München-Süd im langjährigen Mittel (Datenbasis: Jahresreihe 1959/95)

Wie bereits in Kap. 3.5.3 erwähnt, liegt die Kühlwasserentnahme bzw. Wärmeabgabe des Kraftwerks in der Regel jedoch weit unter den maximal zulässigen Bescheidswerten, so dass die Anzahl der Tage, in denen eine tatsächliche Beeinträchtigung des Kraftwerksbetriebes durch höhere Mindestabflüsse in der Isar auftritt, deutlich niedriger liegen sollte.

5 Gesamtabwägung und Entscheidungsfindung

5.1 Zusammenfassung der Ergebnisse der Einzelgutachten / Gesamtbeurteilung

In den vorangegangenen Kapiteln sind sowohl die gewässerökologischen Defizite in der Ausleitungsstrecke zwischen dem Höllriegelskreuther Wehr und der Rückleitung des Werkkanals als auch die Notwendigkeit einer Aufwertung des rekreativen und landschaftsästhetischen Potentials aufgezeigt worden. Ursächlich für die gestörten Verhältnisse ist neben dem besonders im Stadtbereich über weite Strecken wenig naturnahen Gewässerbett vor allem auch der zu geringe Restabfluss.

Die Wirkungsanalyse hat gezeigt, dass die Verhältnisse hinsichtlich Umwelt und Erholung in folgenden Wirkungsbereichen durch eine Erhöhung des Mindestabflusses verändert werden können:

Lebensraum Wasser:

- Gewässergüte
- Zoobenthos
- Fischfauna

Amphibischer und terrestrischer Lebensraum:

- Vegetationslose Kiesbänke
- Standortbedingungen in der Aue

Erholung/Landschaftsästhetik:

- Freizeit und Erholung
- Landschaftsästhetik

Ressourcenschonung/Emissionsvermeidung:

Die für die relevanten Wirkungsbereiche in Abhängigkeit vom Mindestabfluss aufgestellten Zielwertkurven¹ für die beiden Teilstrecken Höllriegelskreuther Wehr bis Großhesselohrer Wehr und Großhesselohrer Wehr bis Rückleitung des Werkkanals (siehe Kap. 4) sind in Abb. 38 bis 40 nochmals zusammengefasst.

¹ Wortbelegung der Zielwerte:

10: optimal	9: sehr gut	8: gut	7: noch gut
6: befriedigend	5: noch befriedigend	4: bestenfalls ausreichend	3: eingeschränkt
2: sehr eingeschränkt / mangelhaft		1: sehr mangelhaft	0: ungenügend

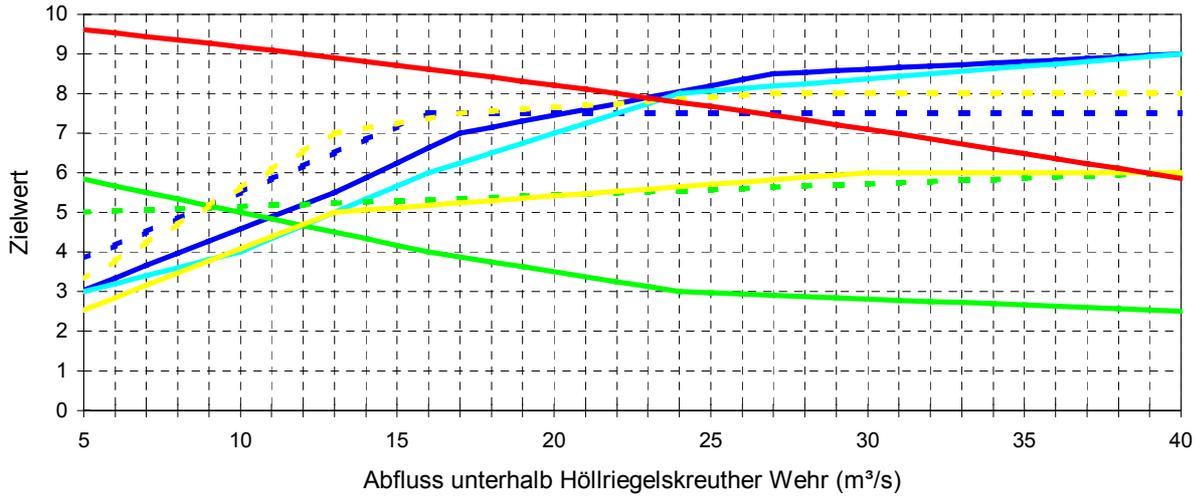


Abb. 38: Zielwertkurven für die Teilstrecke Höllriegelskreuther Wehr bis Großhesselohrer Wehr

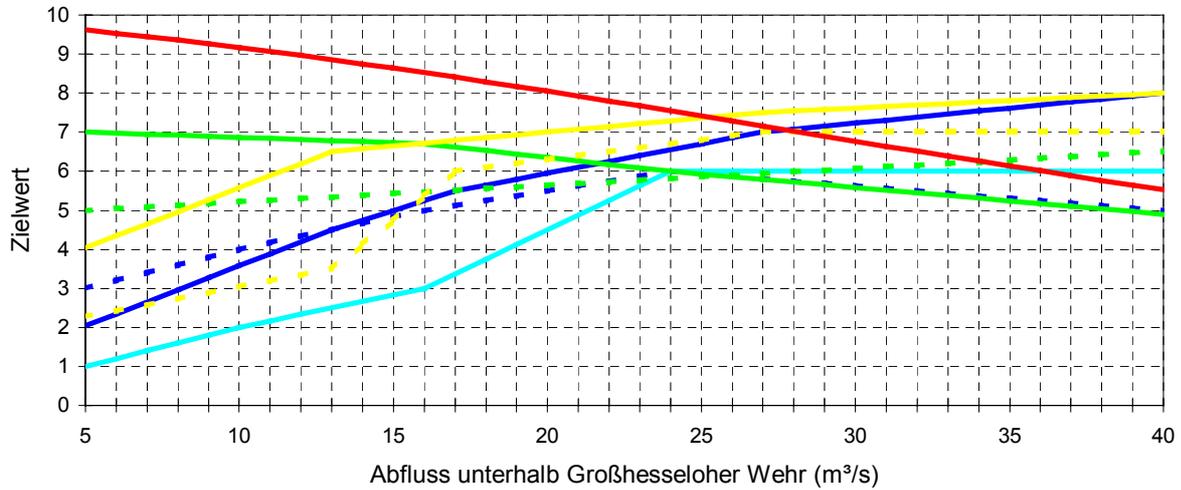


Abb. 39: Zielwertkurven für die Teilstrecke Großhesselohrer Wehr bis Rückleitung des Werkkanals (Ist-Zustand)

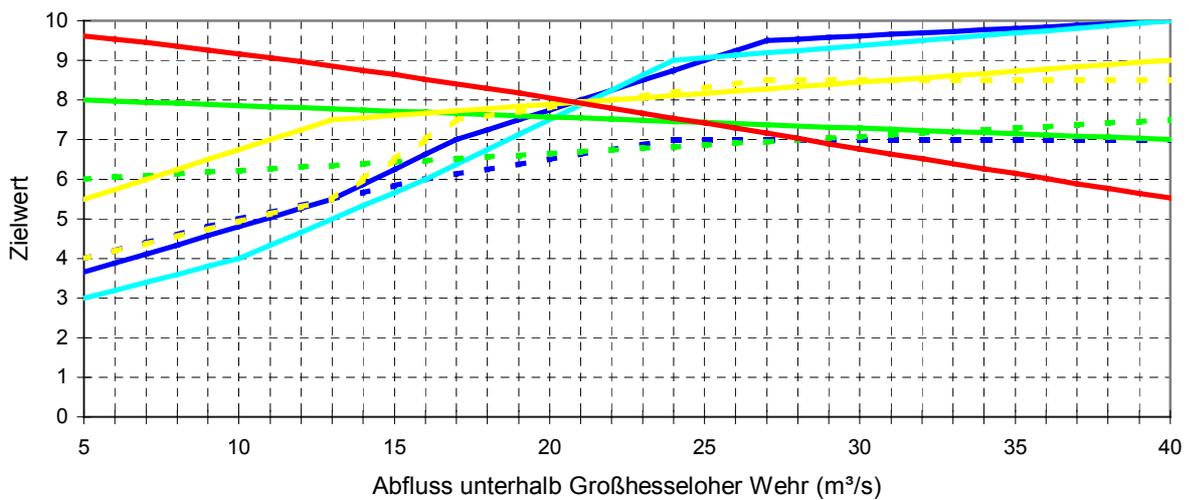
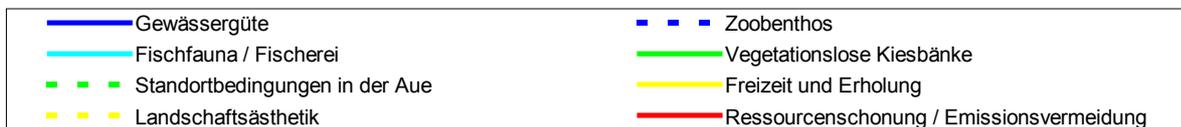


Abb. 40: Zielwertkurven für die Teilstrecke Großhesselohrer Wehr bis Rückleitung des Werkkanals (Variante 1)



In der Zusammenschau der Zielwertkurven kommt deutlich zum Ausdruck, dass die derzeitige Restwassersituation mit 5 m³/s bzw. 4 - 5 m³/s Mindestabfluss in beiden Teilstrecken nicht zufriedenstellend ist (Abb. 38 und 39). Die Verhältnisse im Abschnitt zwischen dem Großhesselohrer Wehr und der Rückleitung des Werkkanals werden dabei in einzelnen Wirkungsbereichen (Fischfauna, Gewässergüte, Landschaftsästhetik) besonders negativ beurteilt.

Mit höheren Mindestabflüssen steigen die Werte an (mit Ausnahme der Wirkungsbereiche „Vegetationslose Kiesbänke“ und „Ressourcenschonung / Emissionsvermeidung“), wobei eine besonders deutliche Steigerung im oberen, etwas naturnäheren Abschnitt zwischen dem Höllriegelskreuther und dem Großhesselohrer Wehr im Abflussbereich bis 17 m³/s zu erkennen ist.

Eine merkliche Verbesserung der Verhältnisse lässt sich durch die geplante naturnahe Umgestaltung des Gewässerbetts im Rahmen des Isar-Plans erzielen, wie die um rd. 1 bis 2 Punkte höher liegenden Zielwertkurven zeigen.

Insgesamt bleibt festzuhalten, dass ein höherer Mindestabfluss unterhalb des Höllriegelskreuther bzw. Großhesselohrer Wehres aus gewässerökologischen und landschaftsästhetischen Gründen zur Aufwertung des Gewässerlebensraumes und des Erholungspotentials der Isar notwendig ist. Eine Neuordnung der derzeitigen Verhältnisse mit dem Ziel, möglichst bald einen höheren, auf der Grundlage einer ökonomisch-ökologischen Gesamtbetrachtung festgelegten Mindestabfluss zu gewährleisten, wird daher nachdrücklich empfohlen.

Wie in der vorausgegangenen Wirkungsanalyse bereits angesprochen, sollten sich Überlegungen zur Verbesserung der Gesamtsituation des Fluss-Aue-Ökosystems nicht nur auf eine Erhöhung des Mindestabflusses beschränken. Zusätzliche begleitende Maßnahmen, insbesondere zur Renaturierung des Gewässerbettes der Isar, sind dringend erforderlich. Hierzu wird auf die derzeit laufende Variantenplanung zum Isar-Plan sowie auf den Gewässerpflegeplan verwiesen, in denen Maßnahmen für eine zukünftige Unterhaltung bzw. Umgestaltung der Isar aufgezeigt werden.

5.2 Erarbeitung eines Mindestabflussvorschlags

5.2.1 Kosten-Nutzwert-Analyse

Für den Abwägungsprozess, bei dem die unterschiedlichen, zum Teil konkurrierenden Interessen zu berücksichtigen sind, wird eine Methode aus dem Bereich der Nutzen-Kosten-Untersuchungen, die sogenannte Kosten-Nutzwert-Analyse, eingesetzt. Derartige Bewertungsmethoden erheben keinen absoluten Objektivitätsanspruch, der aber auch mit keiner anderen Methode zu erreichen ist. Sie sind jedoch wichtiges Hilfsmittel zur Versachlichung des Bewertungsprozesses und machen letztlich die Entscheidungsfindung transparenter, nachvollziehbar und überprüfbar.

Grundlage für die Kosten-Nutzwert-Analyse bilden die für die relevanten Wirkungsbereiche erstellten Zielwertkurven (siehe Kap. 4 und 5.1), in denen über ein Abflussspektrum von 5 bis 40 m³/s verschiedene Mindestabflüsse mit einer einheitlichen dimensionslosen Werteinheit (Werteskala von 10 = optimal bis 0 = ungenügend) bewertet werden. Mit Hilfe einer die Bedeutung der einzelnen Wirkungsbereiche widerspiegelnden Gewichtung lässt sich über das betrachtete Abflussspektrum der Verlauf eines mittleren Nutzwertes „Umwelt und Erholung“ ermitteln, dem die jeweilige resultierende durchschnittliche Verminderung bei der Stromerzeugung („Kosten“) gegenübergestellt wird. Aus diesem Kosten-Nutzwert-Diagramm kann z. B. abgelesen werden, in welchen Abflussbereichen eine Mindestabflusserhöhung besonders effizient ist.

Die der Kosten-Nutzwert-Analyse zugrundegelegten, mit den Fachgutachtern abgestimmten Zielgewichte der einzelnen Teilaspekte sind aus Tab. 8 ersichtlich. Dabei wird für den oberen Abschnitt (Höllriegelskreuther Wehr bis Großhesseloher Wehr) von einer Gleichgewichtung der Blöcke „Lebensraum Wasser“ und „Erholung/Landschaftsästhetik“ ausgegangen (jeweils 35 %). Der Block „Amphibisch-terrestrischer Lebensraum“ erhält aufgrund des relativ schmalen Auebands eine etwas geringere Gewichtung (25 %). Im unteren, städtisch geprägten Abschnitt (Großhesseloher Wehr bis Rückleitung des Werkkanals) hat die Funktion „Erholung/Landschaftsästhetik“ die höchste Priorität. Die entsprechend höhere Gewichtung (45 %) geht zu Lasten der beiden anderen Blöcke (30 bzw. 20 %). Für den Wirkungsbereich „Ressourcenschonung / Emissionsvermeidung“, der sich nicht direkt auf die Verhältnisse an der Isar bezieht, wird ein relativ geringes Zielgewicht von 5 % angesetzt, da selbst bei einem Ersatz der Energieerzeugungsverluste ausschließlich auf fossiler Basis die dadurch verursachten zusätzlichen Emissionen im Vergleich zur Gesamtemission in Bayern marginal wären (siehe Kap. 4.2.12).

Tab. 8: Zielgewichte der Teilaspekte für die Kosten-Nutzwert-Analyse

Wirkungsbereich	Zielgewicht	
	Höllriegelskreuther Wehr bis Großhesselohrer Wehr	Großhesselohrer Wehr bis Rückleitung des Werkkanals
<u>Lebensraum Wasser</u>	35 %	30 %
• Gewässergüte	(5 %)	(5 %)
• Zoobenthos	(15 %)	(10 %)
• Fischfauna	(15 %)	(15 %)
<u>Amphibisch-terrestrischer Lebensraum</u>	25 %	20 %
• Vegetationslose Kiesbänke	(10 %)	(15 %)
• Standortbedingungen in der Aue	(15 %)	(5 %)
<u>Erholung/Landschaftsästhetik</u>	35 %	45 %
• Erholung/Freizeit	(15 %)	(30 %)
• Landschaftsästhetik	(20 %)	(15 %)
Ressourcenschonung / Emissionsvermeidung	5 %	5 %
Summe:	100 %	100 %

Der mittlere Nutzwert "Umwelt und Erholung" kann nun in Abhängigkeit vom Mindestabfluss für das Abflussspektrum von 5 bis 40 m³/s bestimmt werden, indem man für jeden Teilaspekt den Zielwert des jeweiligen Mindestabflusses (Abb. 38 bis 40) mit seinem Zielgewicht multipliziert und die so erhaltenen Teilnutzwerte aufsummiert. In Abb. 41 und 43 sind die auf diese Weise für die jeweilige Teilstrecke ermittelten mittleren Nutzwerte auf der Ordinate, die dazugehörige Verminderung an mittlerer erzeugbarer elektrischer Jahresarbeit auf der Abszisse aufgetragen. Die kleinen Kästchen mit den danebenstehenden Abflussangaben, die sich auf den Abfluss unterhalb des Höllriegelskreuther bzw. Großhesselohrer Wehres beziehen, geben die mittleren Nutzwerte der betrachteten ganzzahligen Mindestabflussvarianten wieder. Aus diesen Diagrammen lässt sich nun ablesen, wieviel Zugewinn an mittlerem Nutzwert und Verminderung an mittlerer Jahresarbeit eine Erhöhung des Mindestabflusses bewirkt bzw. in welchen Abflussbereichen eine Mindestabflusserhöhung besonders wirkungsvoll ist. Zusätzlich sind diesen Abbildungen noch weitere Diagramme angefügt, in denen der Nutzwertzuwachs pro GWh Erzeugungsverminderung über das betrachtete Abflussspektrum aufgetragen ist (Abb. 42 und 44).

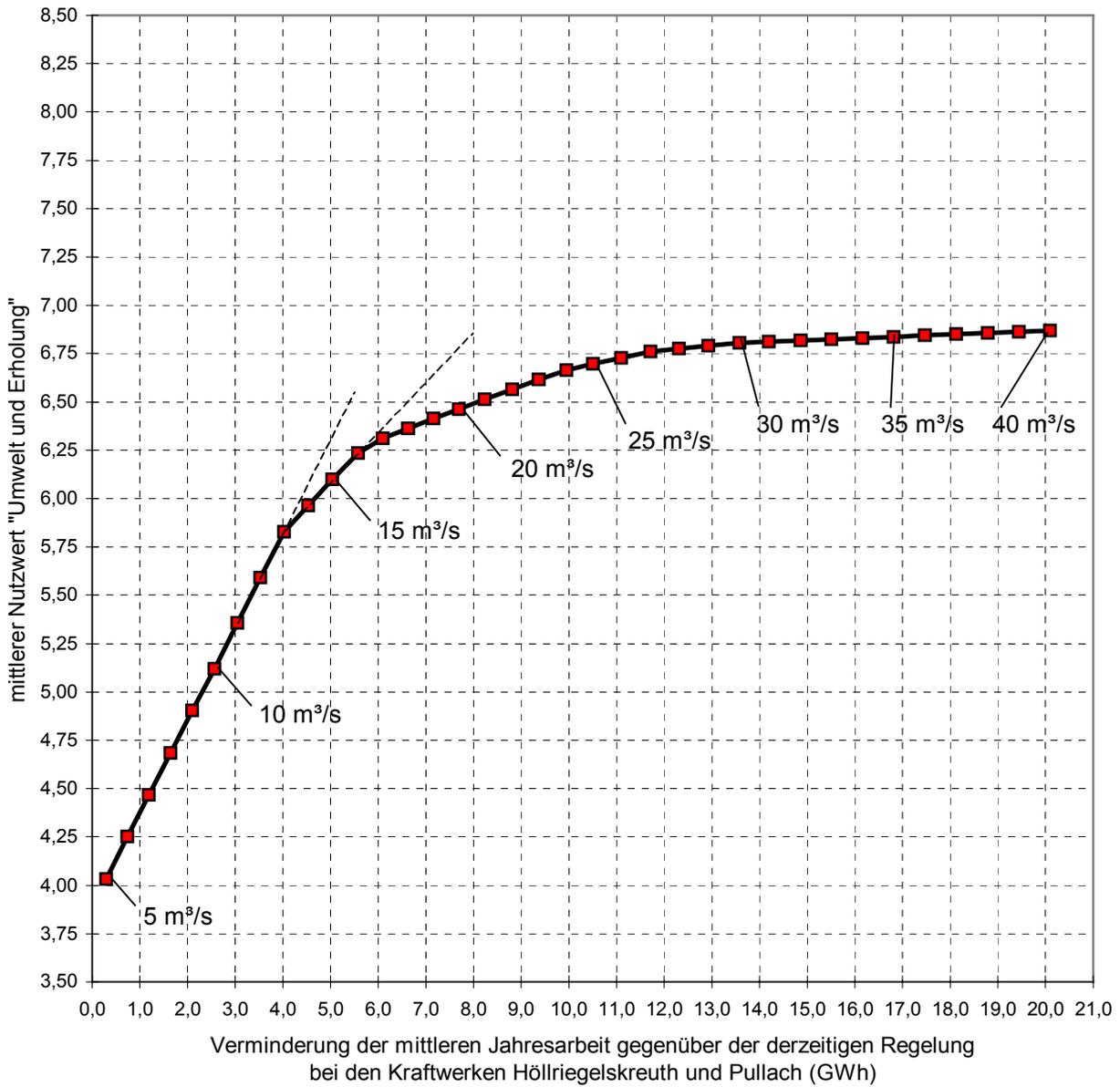


Abb. 41: Nutzwertkurven in Abhängigkeit von der Verminderung der erzeugbaren Jahresarbeit (Höllriegelskreuther Wehr bis Großhesseloher Wehr)

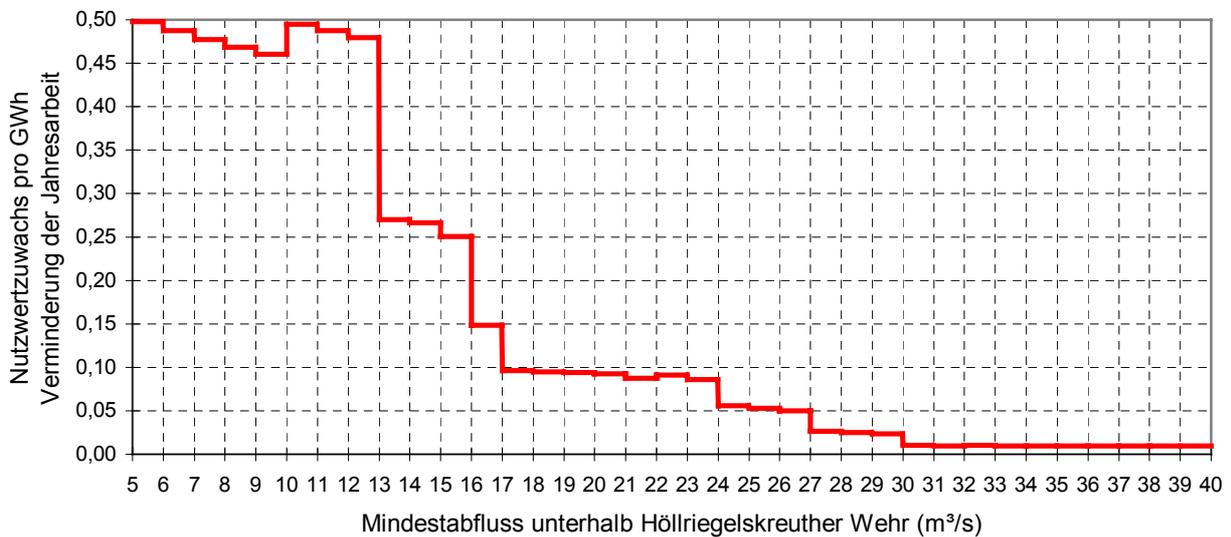


Abb. 42: Nutzwertzuwachs pro GWh Erzeugungverminderung (Höllriegelskreuther Wehr bis Großhesseloher Wehr)

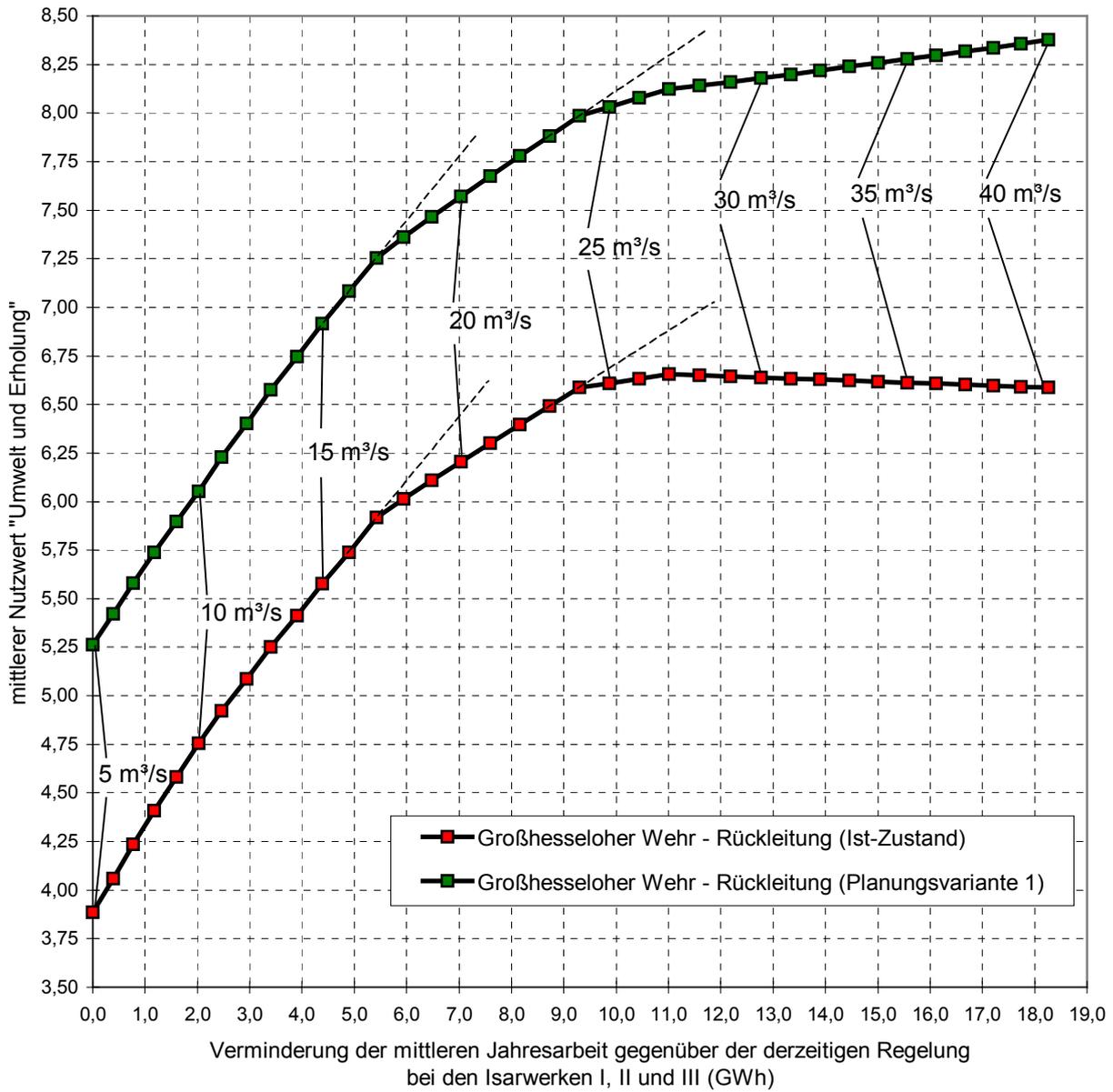


Abb. 43: Nutzwertkurven in Abhängigkeit von der Verminderung der erzeugbaren Jahresarbeit (Großhesseloher Wehr bis Rückleitung des Werkkanals)

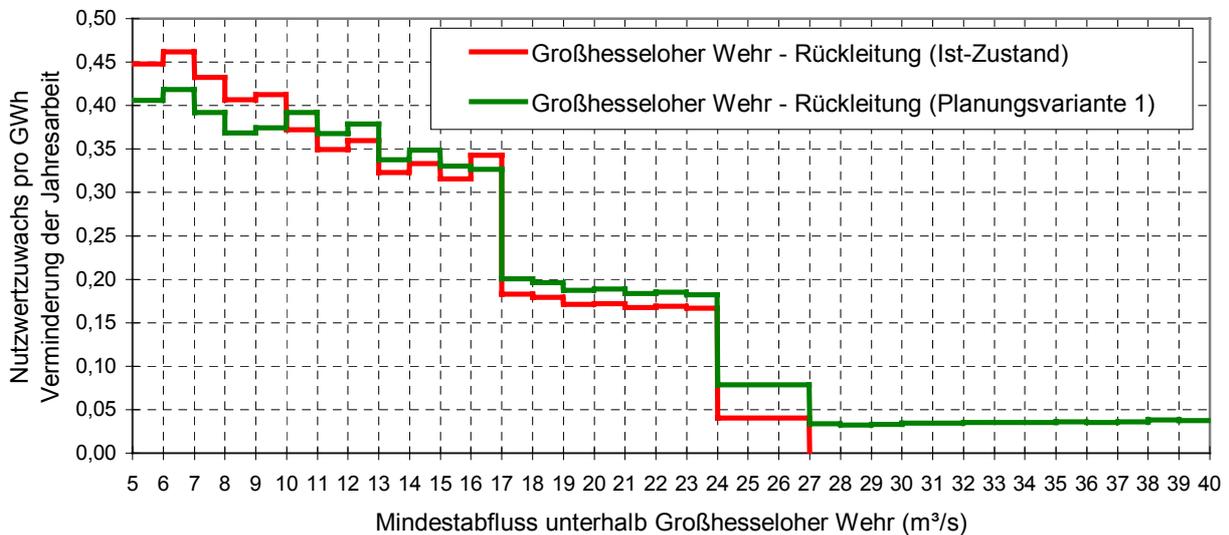


Abb. 44: Nutzwertzuwachs pro GWh Erzeugungverminderung (Großhesseloher Wehr bis Rückleitung des Werkkanals)

Aus den Diagrammen lassen sich folgende Aussagen ableiten:

- Höllriegelskreuther Wehr bis Großhesselohrer Wehr

Ein relativ großer Zuwachs an Nutzwerten pro GWh Erzeugungsverminderung zeigt sich im unteren Spektrum bis zu einem Abfluss von rd. 13 m³/s. Dies lässt sich an der größeren Steigung der Nutzwertkurven bis zum ersten Knick erkennen (Abb. 41) bzw. direkt aus dem starken Abfall des Nutzwertzuwachses pro GWh Erzeugungsverminderung von rd. 0,48 (unter 13 m³/s Mindestabfluss) auf rd. 0,27 (über 13 m³/s Mindestabfluss) ablesen (Abb. 42). Ein weiterer Knick, über dem nurmehr deutlich geringere Nutzwertzuwächse < 0,10 pro GWh Erzeugungsverminderung zu erzielen sind, zeigt sich bei einem Mindestabfluss von rd. 16 - 17 m³/s (Abb. 41 und 42).

- Großhesselohrer Wehr bis Rückleitung des Werkkanals (Ist-Zustand)

Auch für diese Teilstrecke ist aus dem Verlauf der Nutzwertkurve im unteren Abflussbereich ein relativ großer Zuwachs an Nutzwerten pro GWh Erzeugungsverminderung festzustellen, wenn auch nicht so ausgeprägt wie in der oberen Teilstrecke und mit sich leicht abschwächender Tendenz bei zunehmendem Mindestabfluss (Abb. 43 und 44). Eine deutliche Änderung des Nutzwertzuwachses pro GWh Erzeugungsverminderung von rd. 0,34 auf rd. 0,18 ergibt sich bei einem Abfluss von rd. 17 m³/s, erkennbar an dem Knick in der Nutzwertkurve. Ein weiterer merklicher Abfall des Nutzwertzuwachses von rd. 0,17 auf rd. 0,04 tritt bei einem Abfluss von rd. 24 m³/s auf (Abb. 44), ab rd. 27 m³/s gehen die Nutzwerte mit steigendem Mindestabfluss sogar leicht zurück.

- Großhesselohrer Wehr bis Rückleitung des Werkkanals (Planungsvariante 1)

Der Verlauf der Nutzwertkurve gleicht im Prinzip dem der Nutzwertkurve für den Ist-Zustand, allerdings auf einem insgesamt höheren Niveau. Auch hier ist ein deutlicher Abfall des Nutzwertzuwachses pro GWh Erzeugungsverminderung bei Abflüssen von rd. 17 bzw. rd. 24 m³/s zu erkennen.

5.2.2 Sensitivitätsanalyse

Um die Sensitivität der nutzwertanalytischen Untersuchung zu überprüfen, wurden zusätzlich noch Varianten mit einer veränderten Gewichtung der Blöcke „Lebensraum Wasser“, „Amphibisch-terrestrischer Lebensraum“ und „Erholung/Landschaftsästhetik“ sowie des Wirkungsbereichs „Ressourcenschonung/Emissionsvermeidung“ berechnet.

Dabei wurde in einer ersten Untersuchung jeweils die Gewichtung eines Blocks um 10 Prozentpunkte erhöht und die der anderen beiden Blöcke um 5 Prozentpunkte erniedrigt. Die resultierenden Nutzwertkurven sind in Abb. 45 und 46 zusammengestellt. In einer zweiten Untersuchung wurde die Gewichtung des Wirkungsbereichs „Ressourcenschonung/Emissionsvermeidung“ auf 0 gesetzt bzw. auf 10 % verdoppelt, wobei der resultierende Gewichtungszu- bzw. -abschlag gleichmäßig auf die anderen drei Blöcke verteilt wurde (Abb. 47 und 48).

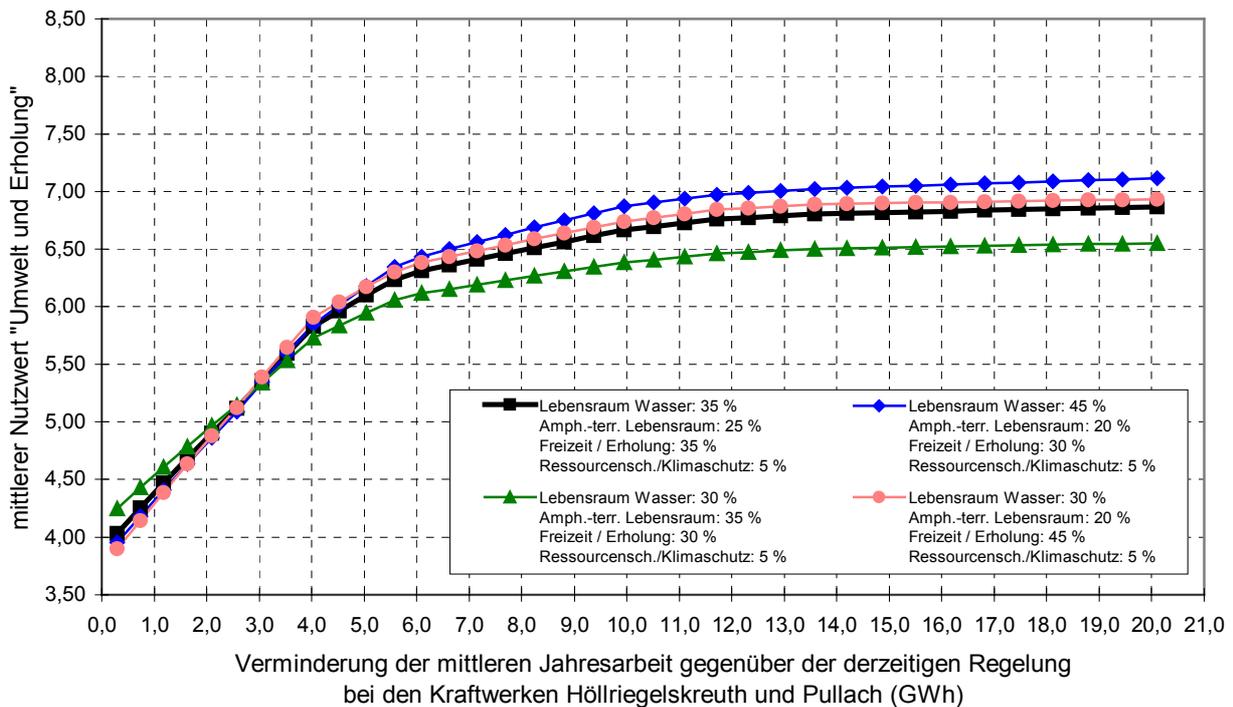


Abb. 45: Nutzwertkurven für verschiedene Gewichtungen der Blöcke (Höllriegelskreuther Wehr bis Großhesseloher Wehr)

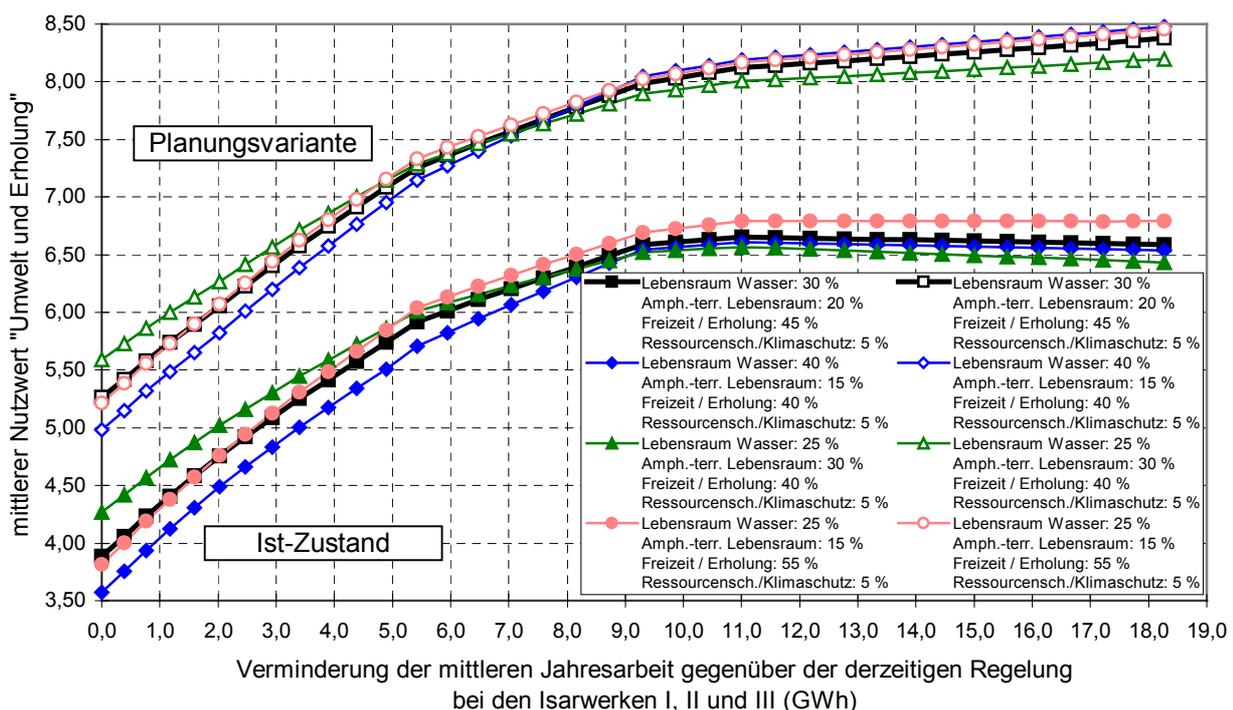


Abb. 46: Nutzwertkurven für verschiedene Gewichtungen der Blöcke (Großhesseloher Wehr bis Rückleitung des Werkkanals)

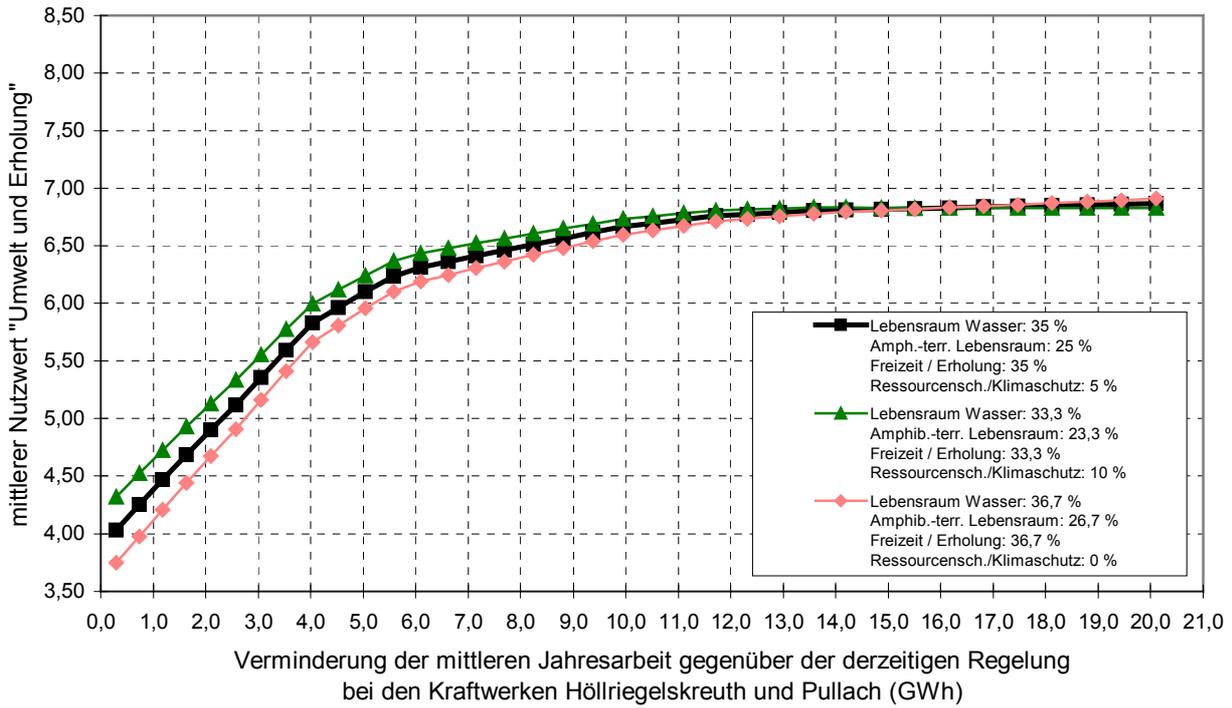


Abb. 47: Nutzwertkurven für verschiedene Gewichtungen des Wirkungsbereichs „Ressourcenschonung / Emissionsvermeidung“ (Höllriegelskreuther Wehr bis Großhesseloher Wehr)

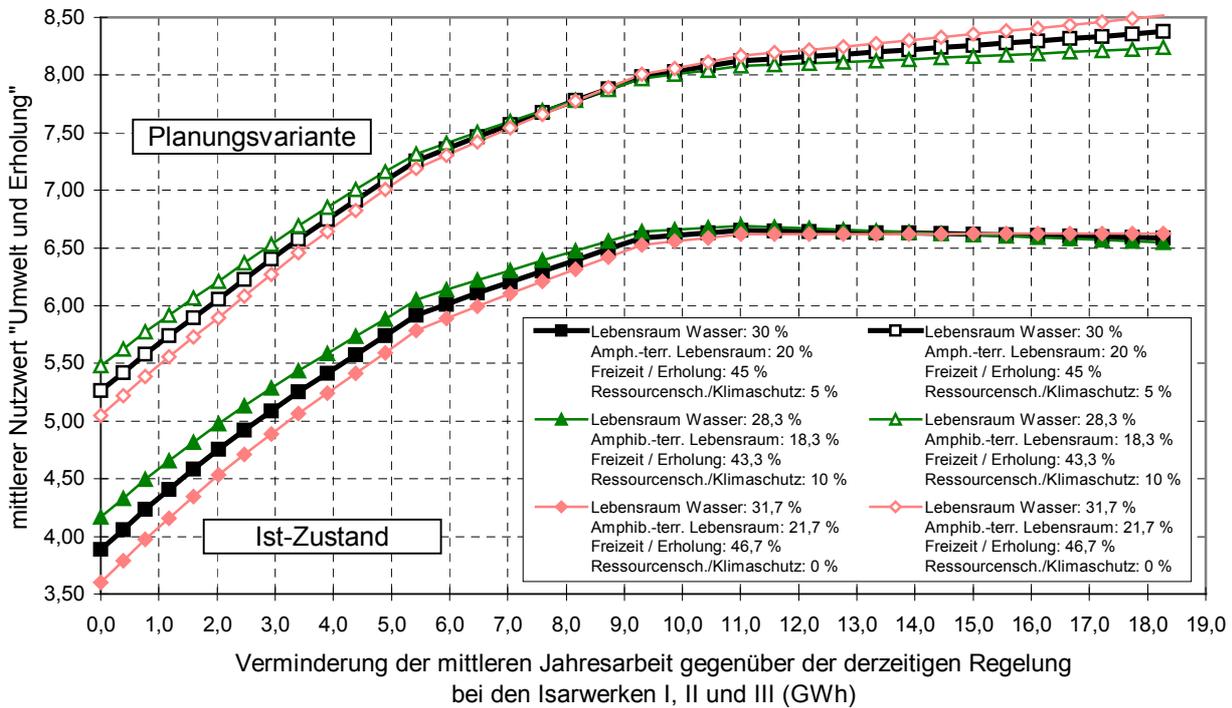


Abb. 48: Nutzwertkurven für verschiedene Gewichtungen des Wirkungsbereichs „Ressourcenschonung / Emissionsvermeidung“ (Großhesseloher Wehr bis Rückleitung des Werkkanals)

Insgesamt ändert sich die Form der Kurven durch die geänderte Gewichtung nur unwesentlich. Die Abflussbereiche mit vergleichsweise hoher bzw. geringer Effektivität einer Mindestabfluss-erhöhung bleiben identisch, lediglich die absoluten Nutzwerte variieren geringfügig.

5.2.3 Mindestabflussvorschlag

Unter Berücksichtigung der fachlichen Äußerungen der eingeschalteten Gutachter, der ermittelten Auswirkungen einer Mindestabflusserhöhung auf die Energieerzeugung und der vorgenannten Ergebnisse der Kosten-Nutzwert-Analyse werden folgende Mindestabflussregelungen vorgeschlagen:

Tab. 9: Mindestabflussvorschlag

Höllriegelskreuther Wehr bis Großhesselohr Wehr	Großhesselohr Wehr bis Rückleitung des Werkkanals	
	Ist-Zustand	Planungsvariante 1 (Isar-Plan)
\varnothing rd. 15 m ³ /s mit monatlicher Staffelung zwischen rd. 13 und rd. 17 m ³ /s	\varnothing rd. 20 m ³ /s mit monatlicher Staffelung zwischen rd. 17 und rd. 24 m ³ /s	\varnothing rd. 17 m ³ /s mit monatlicher Staffelung zwischen rd. 13 und rd. 22 m ³ /s

Zur Förderung einer gewissen Abflusssdynamik im Niedrigwasserbereich sollte der Mindestabfluss durch eine monatliche Staffelung dem natürlichen Jahresgang angepasst werden. In den abflussreicheren Monaten des Sommerhalbjahres würden damit höhere Mindestabflüsse gewährleistet, die z. B. die Trophiesituation sowie das landschaftsästhetische Erscheinungsbild verbessern. Auch aus energiewirtschaftlicher Sicht besitzt eine derartige Regelung Vorteile, da hierdurch die höherwertige Energieerzeugung im abflussärmeren Winterhalbjahr weniger stark vermindert würde. Eine genaue Aufteilung der monatlichen Mindestabflüsse kann den Abb. 49 bis 51 entnommen werden.

Höllriegelskreuther Wehr - Großhesselohr Wehr Mindestabflussvorschlag: 15 m³/s als Mittelwert

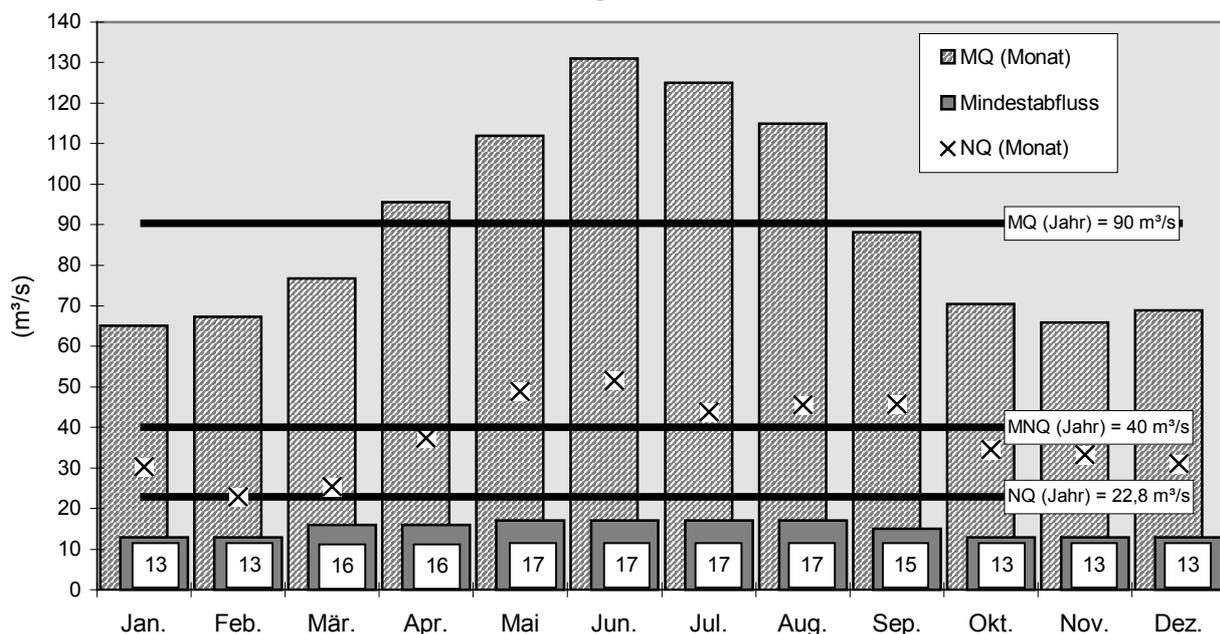


Abb. 49: Mindestabflussvorschlag Höllriegelskreuther Wehr bis Großhesselohr Wehr

Großhesseloher Wehr - Rückleitung (Ist-Zustand) Mindestabflussvorschlag: 20 m³/s als Mittelwert

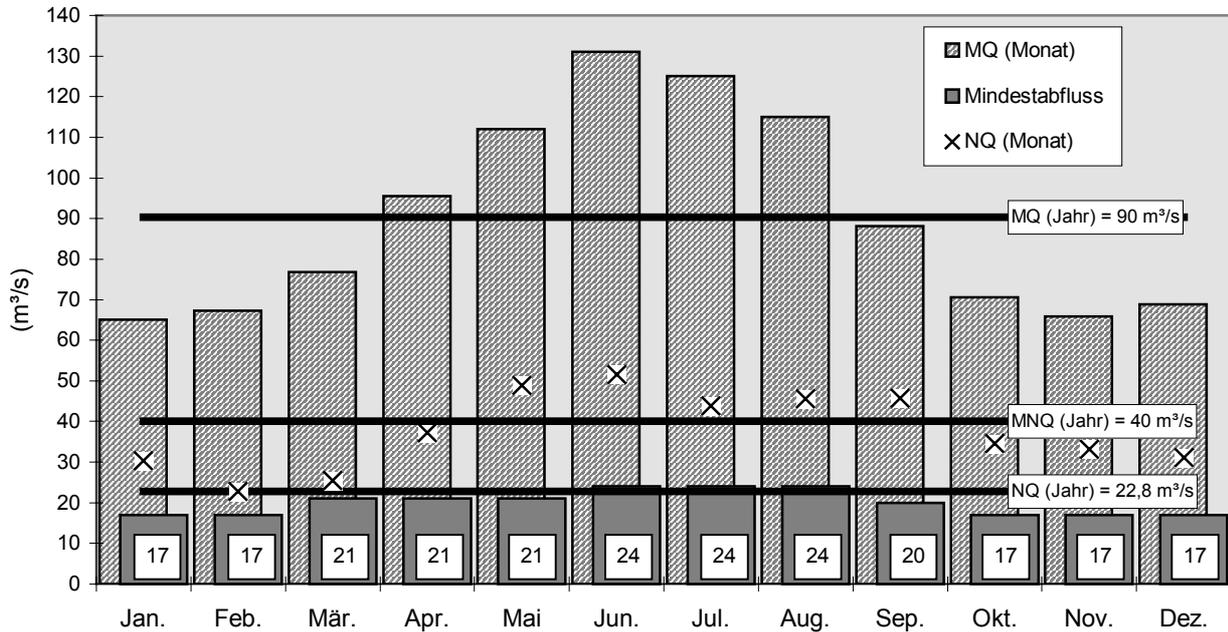


Abb. 50: Mindestabflussvorschlag Großhesseloher Wehr bis Rückleitung des Werkkanals (Ist-Zustand)

Großhesseloher Wehr - Rückleitung (Planungsvariante 1) Mindestabflussvorschlag: 17 m³/s als Mittelwert

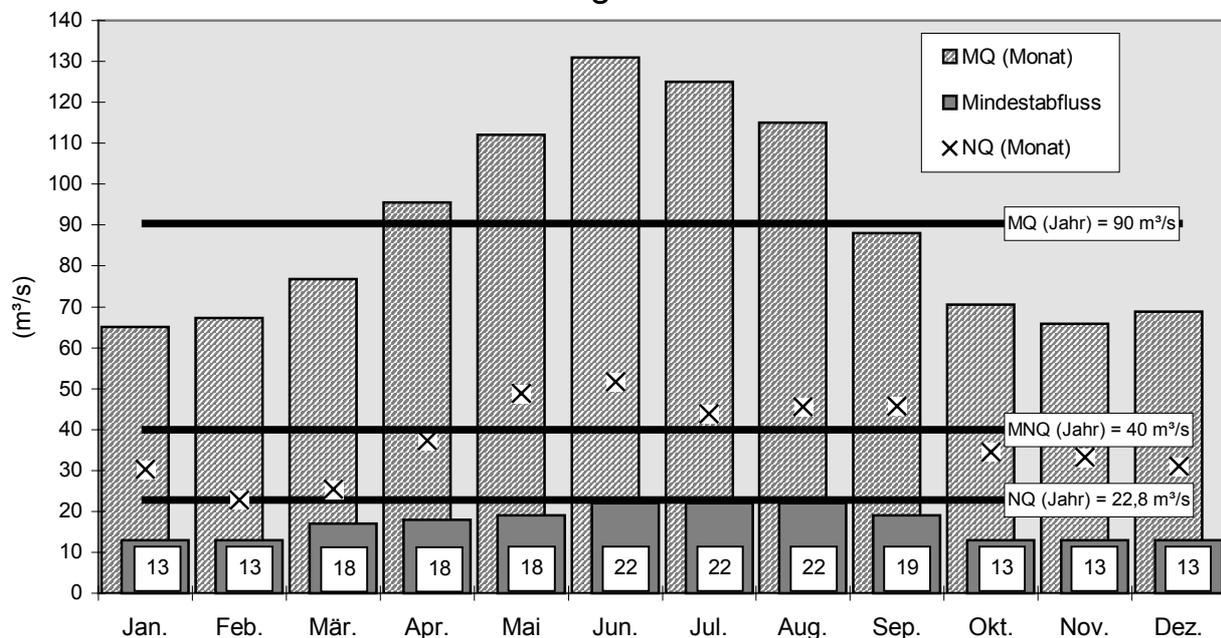


Abb. 51: Mindestabflussvorschlag Großhesseloher Wehr bis Rückleitung des Werkkanals (Planungsvariante 1)

Unter dem Begriff „Mindestabfluss“ ist hier ein Abfluss zu verstehen, der im bescheidsgemäßen Betrieb unter Einhaltung des Stauziels am Wehr in die Ausleitungsstrecke der Isar abzugeben ist und nicht unterschritten werden sollte. Durch Regelungunauigkeiten und Abflussschwankungen,

die Wasserstandsänderungen verursachen, kann die Dotation in die Ausleitungsstrecke geringfügige Schwankungen um diesen Sollwert aufweisen, die jedoch, wenn sie nur kurzfristig auftreten, in der Regel vertretbar sind. Auszuschließen ist jedoch ein bewusster innertäglicher Schwellbetrieb.

Zur Sicherstellung der Mindestabgaben in Auermühl- und Westermühlbach sollte die Mindestbeschickung des Werkkanals unterhalb des Großhesselohrer Wehres rd. $11,8 \text{ m}^3/\text{s}$ betragen. Der Mindestabfluss in der Isar wäre daher in seltenen extremen Niedrigwasserzeiten etwas geringer, beim Vorschlag für die Planungsvariante 1 z. B. für die Jahresreihe 1959/95 nur an 2 Tagen im Februar 1963 um max. $2 \text{ m}^3/\text{s}$ sowie an 8 Tagen im März 1963 um max. $4,4 \text{ m}^3/\text{s}$.

5.2.4 Begründung

Bei der Formulierung der Mindestabflussvorschläge für den derzeitigen Zustand (Abb. 49 und 50) waren folgende Kriterien ausschlaggebend:

- Betrachtung der ökologisch-ökonomischen Effizienz

Einen Sockelwert, der nicht unterschritten werden sollte, stellt in der Teilstrecke Höllriegelskreuther Wehr bis Großhesselohrer Wehr ein Mindestabfluss von rd. $13 \text{ m}^3/\text{s}$, in der Teilstrecke Großhesselohrer Wehr bis Rückleitung des Werkkanals ein Mindestabfluss von rd. $17 \text{ m}^3/\text{s}$ dar. Die bis zu diesem Abfluss erkennbare hohe Effektivität einer Mindestabflusserhöhung, d. h. hohe Zuwächse an Nutzwert "Umwelt und Erholung" pro GWh Erzeugungsverminderung (Abb. 41 bis 44), sollte zweckmäßigerweise voll genutzt werden.

Auf höhere Mindestabflüsse als rd. $17 \text{ m}^3/\text{s}$ in der Teilstrecke Höllriegelskreuther Wehr bis Großhesselohrer Wehr bzw. rd. $24 \text{ m}^3/\text{s}$ in der Teilstrecke Großhesselohrer Wehr bis Rückleitung des Werkkanals sollte verzichtet werden, da über diesen Abflusswerten ein weiterer nennenswerter Nutzwertzugewinn bei der oberen Teilstrecke nur noch durch eine hohe Erzeugungsverminderung erkaufte werden kann bzw. bei der unteren Teilstrecke nicht mehr erzielbar ist.

- Betrachtung der mittleren Nutzwerte „Umwelt und Erholung“

Mit einem durchschnittlichen Mindestabfluss von rd. $15 \text{ m}^3/\text{s}$ (Teilstrecke Höllriegelskreuther Wehr bis Großhesselohrer Wehr) bzw. rd. $20 \text{ m}^3/\text{s}$ (Teilstrecke Großhesselohrer Wehr bis Rückleitung des Werkkanals) werden jeweils mittlere Nutzwerte „Umwelt und Erholung“ erreicht, die etwas mehr als 6 Punkte („befriedigend“) betragen (Abb. 41 und 43).

- Abgleich mit den Anforderungen in den einzelnen Wirkungsbereichen (Zielwertkurven)

Die Zielwerte nahezu aller Wirkungsbereiche liegen für Abflüsse oberhalb der Sockelwerte von rd. 13 m³/s (Teilstrecke Höllriegelskreuther Wehr bis Großhesselohrer Wehr) bzw. rd. 17 m³/s (Teilstrecke Großhesselohrer Wehr bis Rückleitung des Werkkanals) bei mindestens 5 Punkte („noch befriedigend“). Lediglich die Zielwerte für den Wirkungsbereich „Vegetationslose Kiesbänke“ fallen in der oberen Teilstrecke im vorgeschlagenen Abflussspektrum bis auf 3 Punkte („eingeschränkt“) ab. Hier könnten entsprechende strukturfördernde Maßnahmen, wie sie im Gewässerpflegeplan aufgezeigt sind, einen Ausgleich schaffen. In der unteren Teilstrecke erreichen die Zielwerte für den Wirkungsbereich „Fischfauna“ einen Wert von 5 Punkten erst bei Abflüssen von rd. 21 m³/s. Durch entsprechend höhere Mindestabflüsse bereits ab März werden zu den wichtigen Laichzeiten jedoch „noch befriedigende“ Verhältnisse erreicht. In der Zeit von Oktober bis Februar trägt nach Angaben des Fachgutachters ein Mindestabfluss von rd. 17 m³/s den Habitatansprüchen der Fische bereits weitgehend Rechnung.

- Berücksichtigung der Auswirkungen auf die Energieerzeugung

Mit dem Verzicht auf höhere Mindestabflüsse als 17 m³/s (Höllriegelskreuther Wehr bis Großhesselohrer Wehr) bzw. 24 m³/s (Großhesselohrer Wehr bis Rückleitung des Werkkanals) sowie der an den natürlichen Jahresgang angepassten monatlichen Staffelung des Mindestabflusses sind bereits einige ökonomische Gesichtspunkte, welche die Entscheidungsfindung mit beeinflusst haben, angesprochen worden.

Die Auswirkungen der vorgeschlagenen Mindestabflussregelungen auf die Energieerzeugung lassen sich aus Tab. 10 ersehen. Gegenüber den derzeitigen Regelungen, mit denen die potentiell erzeugbare mittlere Jahresarbeit unter Berücksichtigung der langjährigen mittleren Betriebsdauern der Anlagen bereits um rd. 1,8 GWh (Kraftwerke der Isar-Amperwerke AG an der Teilstrecke Höllriegelskreuther Wehr bis Großhesselohrer Wehr) bzw. rd. 1,7 GWh (Kraftwerke der Stadtwerke München an der Teilstrecke Großhesselohrer Wehr bis Rückleitung des Werkkanals) geschmälert ist, entsprächen die vorgeschlagenen, monatlich gestaffelten Mindestabflussregelungen einer zusätzlichen Verminderung um rd. 4,8 GWh bzw. rd. 9,5 % der langjährigen mittleren Jahresarbeit bei den Kraftwerken der Isar-Amperwerke AG und rd. 6,6 GWh bzw. rd. 15,4 % bei den Kraftwerken der Stadtwerke München.

Tab. 10: Energiewirtschaftliche Auswirkungen der vorgeschlagenen Erhöhung der Mindestabflusses am Höllriegelskreuther bzw. Großhesseloher Wehr (Datenbasis: Dauerlinie der Jahresreihe 1959/95)

	Zusätzliche Verminderung der durchschnittlichen Jahresarbeit gegenüber dem derzeitigen Stand bei einer Erhöhung des Mindestabflusses			
	am <u>Höllriegelskreuther Wehr</u>		am <u>Großhesseloher Wehr</u>	
	von 4 bzw. 5 m ³ /s auf		von 5 m ³ /s auf	
	<i>konstant 15 m³/s</i>	ø 15 m³/s (gemäß Abb. 49)	<i>konstant 20 m³/s</i>	ø 20 m³/s (gemäß Abb. 50)
Jahr	<i>5,0 GWh</i>	4,8 GWh	<i>7,1 GWh</i>	6,6 GWh
Winter	<i>3,2 GWh</i>	2,9 GWh	<i>4,6 GWh</i>	3,9 GWh
Sommer	<i>1,8 GWh</i>	1,9 GWh	<i>2,5 GWh</i>	2,7 GWh

Welche Vorteile die vorgeschlagene Dynamisierung des Mindestabflusses aus energiewirtschaftlicher Sicht bringt, ist aus Tab. 10 ebenfalls ersichtlich. Im Vergleich zu einer konstanten Mindestabflussregelung fällt die Verminderung der durchschnittlichen Jahresarbeit geringer aus, vor allem aber wird die höherwertige Energieerzeugung im abflussärmeren Winterhalbjahr (Nov. - Apr.) durch die niedrigeren monatlichen Mindestabflüsse in deutlich geringerem Maße reduziert.

Dem Mindestabflussvorschlag für einen möglichen zukünftigen Zustand der Teilstrecke Großhesseloher Wehr bis Rückleitung des Werkkanals (nach Umsetzung der Planungsvariante 1 des Isar-Plans) liegen folgende Überlegungen zugrunde:

- Betrachtung der ökologisch-ökonomischen Effizienz

Wie beim Ist-Zustand treten im Abflussbereich bis rd. 17 m³/s hohe Zuwächse an Nutzwert "Umwelt und Erholung" pro GWh Erzeugungsverminderung auf, während über 24 m³/s nur noch unwesentliche Zuwächse zu verzeichnen sind.

- Betrachtung der mittleren Nutzwerte „Umwelt und Erholung“

Aufgrund des naturnäheren Gewässerbettes liegen die absoluten Nutzwerte knapp 1,5 Punkte höher als beim derzeitigen Zustand. Mit einem durchschnittlichen Mindestabfluss von rd. 20 m³/s würde ein mittlerer Nutzwert „Umwelt und Erholung“ von rd. 7,5 Punkten („gut“ bis „noch gut“) erreicht.

- Ableich mit den Anforderungen in den einzelnen Wirkungsbereichen (Zielwertkurven)

Die Zielwerte aller Wirkungsbereiche liegen bereits ab einem Mindestabfluss von rd. 13 m³/s bei mindestens 5 Punkten („noch befriedigend“).

- Anreiz zur Umsetzung der Maßnahmen des Isar-Plans

In Anbetracht des gegenüber dem Ist-Zustand deutlich höheren mittleren Nutzwertes „Umwelt und Erholung“ und der in allen Wirkungsbereichen höheren Zielwerte wird, auch als Anreiz zur Umsetzung der Maßnahmen des Isar-Plans, bereits ein Mindestabfluss von durchschnittlich rd. 17 m³/s mit einem Sockelwert von rd. 13 m³/s für vertretbar gehalten. Damit würden immer noch ein mittlerer Nutzwert „Umwelt und Erholung“ über 7 Punkten („noch gut“) und Einzelzielwerte von mindestens 5 Punkten („noch befriedigend“) erreicht.

- Berücksichtigung der Auswirkungen auf die Energieerzeugung

Durch die etwas geringere Anhebung des Mindestabflusses auf durchschnittlich rd. 17 m³/s würde die langjährige mittlere Jahresarbeit bei den Kraftwerken der Stadtwerke München gegenüber den derzeitigen Verhältnissen um rd. 4,8 GWh bzw. rd. 11,2 % verringert. Ein Vergleich mit den Werten des Mindestabflussvorschlags für den Ist-Zustand und konstanten Mindestabflussregelungen zeigt Tab. 11.

Tab. 11: Energiewirtschaftliche Auswirkungen der vorgeschlagenen Erhöhung der Mindestabflusses am Großhesseloher Wehr (Datenbasis: Dauerlinie der Jahresreihe 1959/95)

	Zusätzliche Verminderung der durchschnittlichen Jahresarbeit bei einer Erhöhung des Mindestabflusses am <u>Großhesseloher Wehr</u> von 5 m ³ /s auf			
	(Ist-Zustand)		(Planungsvariante 1 des Isar-Plans)	
	<i>konstant 20 m³/s</i>	ø 20 m³/s (gemäß Abb. 50)	<i>konstant 17 m³/s</i>	ø 17 m³/s (gemäß Abb. 51)
Jahr	<i>7,1 GWh</i>	6,6 GWh	<i>5,5 GWh</i>	4,8 GWh
Winter	<i>4,6 GWh</i>	3,9 GWh	<i>3,6 GWh</i>	2,7 GWh
Sommer	<i>2,5 GWh</i>	2,7 GWh	<i>1,9 GWh</i>	2,1 GWh

Aus Abb. 52 ist ersichtlich, in welchem Umfang die maximal mögliche Wärmeabgabe des Kraftwerks München-Süd bei Normalbetrieb im langjährigen Mittel bei Umsetzung der Mindestabflussvorschläge für die Isar eingeschränkt wäre. Dabei ist wiederum ein Mindest-

durchfluss im Werkkanal im Bereich der Entnahmestelle von rd. 3,5 m³/s zur Gewährleistung des Mindestzuflusses in den Westermühlbach mit berücksichtigt.

Die Anzahl der Tage, an denen die maximale Wärmeinleitung von 117 Mcal/s nicht mehr in vollem Umfang möglich wäre, würde von derzeit durchschnittlich rd. 34 Tage pro Jahr auf rd. 48 Tage pro Jahr (Vorschlag für den Ist-Zustand) bzw. 35 Tage pro Jahr (Vorschlag für die Planungsvariante 1) ansteigen. Angesichts der derzeit im tatsächlichen Betrieb nur geringen Inanspruchnahme der maximal möglichen Aufwärmspanne halten wir die Auswirkungen einer derartigen Mindestabflusserhöhung auf das Heizkraftwerk München-Süd aufgrund der großen gewässerökologischen Vorteile für vertretbar.

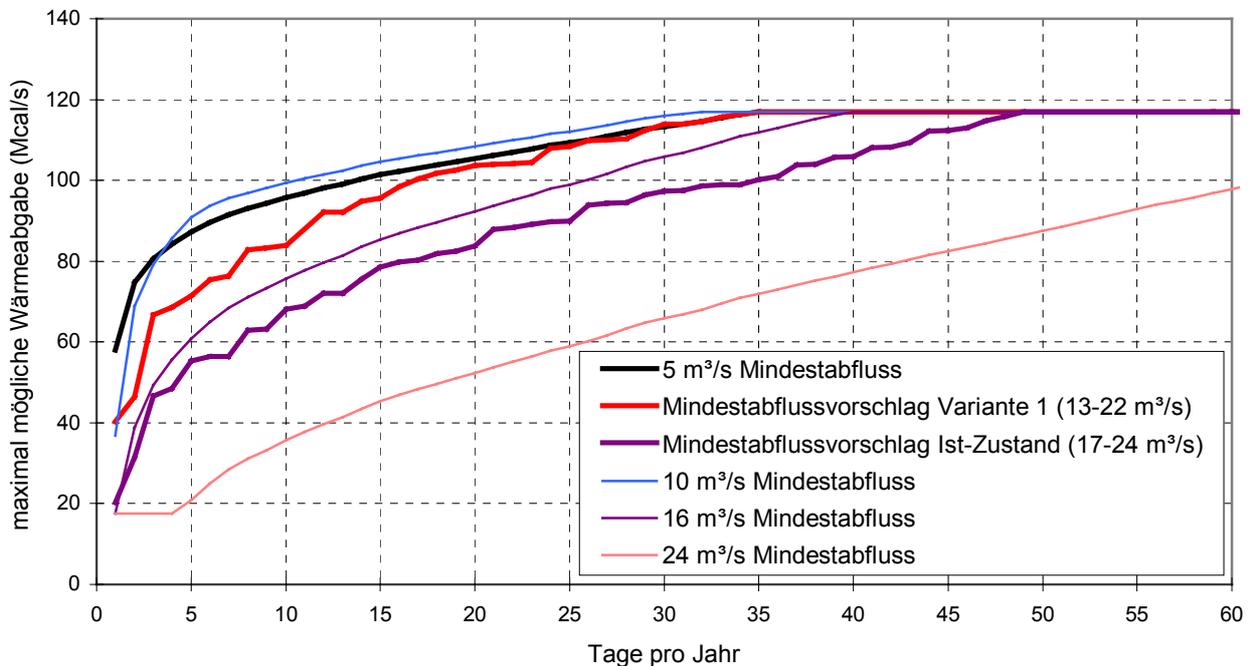


Abb. 52: Maximal mögliche Wärmeabgabe des Kraftwerks München-Süd im langjährigen Mittel, gespreizte Darstellung für die ersten 60 Tage im Jahr (Datenbasis: Jahresreihe 1959/95)

5.3 Modifizierte Dynamisierungsvariante des Mindestabflussvorschlags bei einer stärkeren Berücksichtigung der Belange der Wasserkraftnutzung

Mit den in Kap. 5.2 enthaltenen, unter den eingeschalteten Fachgutachtern abgestimmten und von ihnen mitgetragenen Empfehlungen liegen u. E. ausgewogene Vorschläge für eine Erhöhung des Mindestabflusses vor. Wenn man die Auswirkungen auf die Wasserkraftnutzung als regenerative Energiequelle bei der Entscheidungsfindung stärker berücksichtigen möchte, wäre grundsätzlich, wie im Rahmen der Öffentlichkeitsbeteiligung angeregt wurde, auch eine breitere Dynamisierung, d. h. Spreizung der monatlichen Mindestabflüsse denkbar. Bei einer Beibehaltung des mittleren jährlichen Mindestabflusses könnten die Abflüsse in den Monaten November bis Februar gegebenenfalls soweit

reduziert werden, dass die Zielwerte in den einzelnen Wirkungsbereichen nur noch mindestens 4 („bestenfalls ausreichend“) statt mindestens 5 („noch befriedigend“) betragen. Dies entspricht für die Teilstrecke Höllriegelskreuther Wehr bis Großhesselohrer Wehr sowie für die Teilstrecke Großhesselohrer Wehr bis Rückleitung des Werkkanals (nach Umsetzung der Planungsvariante 1) einem Mindestabfluss von rd. 10 m³/s (Abb. 38 und 40). In den Sommermonaten wirkt sich eine entsprechende Erhöhung der Mindestabflüsse auf die Energieerzeugung geringer aus, da die natürlichen Abflüsse der Isar in der abflussreicheren Jahreszeit den Ausbauabfluss öfters übersteigen und eine Mindestabflusserhöhung nur an vergleichsweise wenigen Tagen wirksam wird (siehe auch Kap. 4.2.12 bzw. Abb. 35). In der folgenden Tabelle 12 sind neben der eigentlichen Empfehlung aus Kap. 5.2 weitere denkbare Dynamisierungsvarianten aufgezeigt.

Tab. 12: Modifizierte Dynamisierungsvarianten des Mindestabflussvorschlags bei einer stärkeren Berücksichtigung der Belange der Wasserkraftnutzung

	Teilstrecke Höllriegelskreuther Wehr bis Großhesselohrer Wehr		Teilstrecke Großhesselohrer Wehr bis Rückleitung des Werkkanals (nach Umsetzung der Planungsvariante 1)	
	Mindestabflussvorschl. (Kap. 5.2)	modifizierter Vorschlag	Mindestabflussvorschl. (Kap. 5.2)	modifizierter Vorschlag
Januar	13 m ³ /s	10 m³/s	13 m ³ /s	10 m³/s
Februar	13 m ³ /s	10 m³/s	13 m ³ /s	10 m³/s
März	16 m ³ /s	17 m³/s	18 m ³ /s	19 m³/s
April	16 m ³ /s	17 m³/s	18 m ³ /s	19 m³/s
Mai	17 m ³ /s	19 m³/s	18 m ³ /s	20 m³/s
Juni	17 m ³ /s	20 m³/s	22 m ³ /s	24 m³/s
Juli	17 m ³ /s	20 m³/s	22 m ³ /s	24 m³/s
August	17 m ³ /s	19 m³/s	22 m ³ /s	24 m³/s
September	15 m ³ /s	15 m³/s	19 m ³ /s	20 m³/s
Oktober	13 m ³ /s	13 m³/s	13 m ³ /s	14 m³/s
November	13 m ³ /s	10 m³/s	13 m ³ /s	10 m³/s
Dezember	13 m ³ /s	10 m³/s	13 m ³ /s	10 m³/s
Jahresmittel	15 m ³ /s	15 m³/s	17 m ³ /s	17 m³/s
	Zusätzliche Verminderung der durchschnittlichen Jahresarbeit gegenüber der derzeitigen Mindestabflussregelung			
Jahr	4,8 GWh	4,5 GWh	4,8 GWh	4,6 GWh
Winter	2,9 GWh	2,3 GWh	2,7 GWh	2,1 GWh
Sommer	1,9 GWh	2,2 GWh	2,1 GWh	2,5 GWh

Von der Fachberatung für Fischerei wird jedoch darauf hingewiesen, dass für den Wirkungsbereich Fischfauna bei einem deutlich niedrigeren Mindestabfluss in den Wintermonaten als die in Kap. 5.2 vorgeschlagenen $13 \text{ m}^3/\text{s}$ aufgrund der dann nicht mehr befriedigenden Verhältnisse immer noch eine instabile Populationsstruktur der Indikatorarten zu erwarten sei. Auch durch eine Erhöhung des Abflusses während der Frühjahr- und Sommermonate könne dies nicht ausgeglichen werden. In den anderen Wirkungsbereichen sind die durch eine stärkere Dynamisierung verursachten geringeren Verbesserungen in den Wintermonaten jedoch durchaus vertretbar.

Für die Teilstrecke Großhesselohrer Wehr bis Rückleitung des Werkkanals (Ist-Zustand) liegen bei dem in Kap. 5.2 genannten Vorschlag die Zielwerte für den Aspekt Fischfauna im Winter bereits auf einem niedrigen Niveau, so dass eine stärkere Dynamisierung nicht befürwortet wird.

5.4 Ausblick

Die Mindestabflussvorschläge von durchschnittlich rd. $15 \text{ m}^3/\text{s}$ unterhalb des Höllriegelskreuther Wehres und rd. $20 \text{ m}^3/\text{s}$ (Ist-Zustand) bzw. $17 \text{ m}^3/\text{s}$ (Planungsvariante 1) unterhalb des Großhesselohrer Wehres stimmen von der Größenordnung her gut mit der 1995 neu festgelegten Mindestabflussregelung von durchschnittlich $15 \text{ m}^3/\text{s}$ an der oberhalb gelegenen Ausleitungsstrecke der Isar im Bereich des Kraftwerks Mühlthal überein.

Eine Umsetzung der vorgeschlagenen Mindestabflussregelungen schon vor Ablauf der jeweiligen wasserrechtlichen Gestattungen sollte angestrebt werden, um zusammen mit den im Isar-Plan und im Gewässerpflegeplan aufgezeigten Maßnahmen möglichst bald das derzeit vielfach beeinträchtigte Fluss-Aue-Ökosystem der Isar im Untersuchungsbereich deutlich aufzuwerten.

Für die Kleine Isar wird zudem ein Mindestabfluss vorgeschlagen, der sich an den oben erarbeiteten Empfehlungen orientiert. Wegen der vergleichsweise höheren Wertigkeit und Strömungsdiversität in der Kleinen Isar wird entsprechend der Regelung für den Abschnitt Höllriegelskreuther Wehr bis Großhesselohrer Wehr ein Mindestabfluss von im Mittel rd. $15 \text{ m}^3/\text{s}$, monatlich gestaffelt zwischen 13 und $17 \text{ m}^3/\text{s}$, vorgeschlagen. Ein ausreichendes Dargebot in der Großen Isar für die Ableitung in den Fabrikbach ist dabei zu gewährleisten, jedoch sollte der derzeitige Mindestabfluss von $5 \text{ m}^3/\text{s}$ in der Kleinen Isar zu keiner Zeit unterschritten werden. Eine stärkere Dynamisierung, wie in Kap. 5.3 als mögliche Variante aufgezeigt, steht hier nicht zur Diskussion, da im Bereich der Großen und Kleinen Isar keine Wasserkraftnutzung stattfindet.

6 Zusammenfassung

Der Freistaat Bayern beabsichtigt, zusammen mit der Landeshauptstadt München an der Isar zwischen südlicher Stadtgrenze und Corneliusbrücke Maßnahmen zur Verbesserung des Hochwasserschutzes und zur naturnahen Umgestaltung durchzuführen. Die Variantenplanung unter der Bezeichnung „Isar-Plan“ wird derzeit gemeinsam vom Wasserwirtschaftsamt München und der Landeshauptstadt München erarbeitet. Gesichtspunkte zum Mindestabfluss in der durch Wasserausleitungen gekennzeichneten Strecke sollen dabei in die Gesamtbetrachtungen mit einbezogen werden.

Das Bayerische Landesamt für Wasserwirtschaft wurde daher vom Bayerischen Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen beauftragt, in enger Abstimmung mit dem Wasserwirtschaftsamt München eine Restwasserstudie für die Isarstrecke zwischen dem Höllriegelskreuther Wehr und dem Oberföhringer Wehr zu erstellen. Damit wird auch die Lücke zwischen den Ausleitungsstrecken der Isar im Bereich Mühlthal sowie unterhalb des Oberföhringer Wehres (Mittlere Isar) geschlossen, für die bereits eine Restwasserstudie als Endfassung vorliegt (Mühlthal) bzw. derzeit erarbeitet wird (Mittlere Isar).

Eine Beurteilung der durch die Wasserausleitung hervorgerufenen Verhältnisse erforderte ein vielschichtiges und umfangreiches Untersuchungsprogramm, um die verschiedenen komplexen Zusammenhänge zu berücksichtigen. Hierzu wurde der methodische Ansatz gewählt, das komplexe System zunächst in überschaubare, einzeln bearbeitbare Teilkomponenten (z. B. Gewässergüte, Fischfauna, Freizeit und Erholung), sogenannte Wirkungsbereiche, zu zerlegen. Sie wurden nach dem prinzipiell gleichen Ablaufschema - Bestandserhebung, Wirkungsanalyse und -prognose, fachliche Beurteilung und Empfehlung - behandelt. Über eine zusammenfassende Bewertung wurden die einzelnen Komponenten anschließend zur Entscheidungsfindung wieder zusammengeführt.

In die Bewertung der derzeitigen Verhältnisse sind die Untersuchungsergebnisse des allgemeinen gewässerkundlichen Dienstes, ergänzt um zusätzliche verdichtete Detailuntersuchungen, eingegangen. Grundlage für die Ermittlung der Auswirkungen unterschiedlicher Abflüsse (Wirkungsanalyse und -prognose) waren vor allem die Ergebnisse von Abflussversuchen. Im April bzw. Juli 1997 wurden 5 verschiedene Abflüsse in der Ausleitungsstrecke zwischen dem Höllriegelskreuther Wehr und der Rückleitung des Werkkanals eingestellt und begleitende Untersuchungen durchgeführt. Die Isar-Amperwerke AG und die Stadtwerke München stellten hierfür die erforderlichen zusätzlichen Abgaben über das Höllriegelskreuther bzw. Großhesseloher Wehr unentgeltlich zur Verfügung.

Ziel der Untersuchungen, die durch Modellrechnungen der Universität der Bundeswehr München ergänzt wurden, war es, die Auswirkungen verschiedener Abflüsse auf abiotische Faktoren (Strömungsverhältnisse, Gewässertiefe, Gewässerbreite etc.) zu ermitteln. Eine Bewertung erfolgte dann in der Zusammenschau mit den jeweiligen, z. B. gewässerökologischen Anforderungen.

Die Bestandserhebungen und die Wirkungsanalysen zeigen anschaulich, dass ein höherer Mindestabfluss unterhalb des Höllriegelskreuther bzw. Großhesseloher Wehres aus gewässerökologischen und landschaftsästhetischen Gründen zur Aufwertung des Gewässerlebensraumes und des Erholungspotentials der Isar notwendig ist. Eine Neuordnung der derzeitigen Verhältnisse mit dem Ziel, möglichst bald einen höheren, auf der Grundlage einer ökonomisch-ökologischen Gesamtbetrachtung festgelegten Mindestabfluss zu gewährleisten, wird daher nachdrücklich empfohlen.

Bei der Ermittlung eines Mindestabflussvorschlages kam dem Abwägungsprozess wegen der mitunter konkurrierenden Interessen der verschiedenen Wirkungsbereiche besondere Bedeutung zu. Daher wurde als Hilfsmittel eine Methode aus dem Bereich der Nutzen-Kosten-Untersuchungen, die sogenannte Kosten-Nutzwert-Analyse, eingesetzt. Unter Berücksichtigung der fachlichen Äußerungen der eingeschalteten Gutachter, der ermittelten Auswirkungen einer Mindestabflusserhöhung auf die Energieerzeugung und der Ergebnisse der Kosten-Nutzwert-Analyse werden folgende Mindestabflussregelungen vorgeschlagen:

Höllriegelskreuther Wehr bis Großhesseloher Wehr	Großhesseloher Wehr bis Rückleitung des Werkkanals	
	Ist-Zustand	Planungsvariante 1 (Isar-Plan)
ø rd. 15 m³/s mit monatlicher Staffelung zwischen rd. 13 und rd. 17 m ³ /s (bzw. zwischen rd. 10 und rd. 20 m ³ /s bei stärkerer Berücksichtigung der Belange der Wasserkraftnutzung)	ø rd. 20 m³/s mit monatlicher Staffelung zwischen rd. 17 und rd. 24 m ³ /s	ø rd. 17 m³/s mit monatlicher Staffelung zwischen rd. 13 und rd. 22 m ³ /s (bzw. zwischen rd. 10 und rd. 24 m ³ /s bei stärkerer Berücksichtigung der Belange der Wasserkraftnutzung)

Zur Förderung einer gewissen Dynamik im Niedrigwasserbereich und auch aus energiewirtschaftlicher Sicht sollte der Mindestabfluss durch eine monatliche Staffelung dem natürlichen Jahresgang mit niedrigeren Abflüssen im Winter- und höheren im Sommerhalbjahr angepasst werden.

Eine Umsetzung der vorgeschlagenen Mindestabflussregelungen schon vor Ablauf der jeweiligen wasserrechtlichen Gestattungen sollte angestrebt werden, um zusammen mit den im Isar-Plan und im Gewässerpflegeplan aufgezeigten Maßnahmen möglichst bald das derzeit vielfach beeinträchtigte Fluss-Aue-Ökosystem der Isar im Untersuchungsbereich deutlich aufzuwerten.

7 Zusammenstellung der verwendeten Unterlagen

Fachbeiträge:

- [1] BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT: Gewässerpflegeplan Isar, Höllriegelskreuth Wehr bis Oberföhringer Wehr (Entwurf); München, 26.02.1999
- [2] BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT: Mindestwasserführung der Isar zwischen dem Wehr Höllriegelskreuth und dem Oberföhringer Wehr, Hydrologische Verhältnisse - Grundwasser; München, 06.02.1998
- [3] BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT: Mindestwasserführung der Isar zwischen dem Wehr Höllriegelskreuth und dem Oberföhringer Wehr, Geologischer Teil; München, Januar 1997
- [4] BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT: Zur Restwasserstudie der Isar im Abschnitt Höllriegelskreuth - Oberföhringer, Beitrag zur Flussmorphologie; München, 18.03.1997
- [5] WASSERWIRTSCHAFTSAMT MÜNCHEN: Restwasserstudie Isar zwischen Höllriegelskreuth und Oberföhringer Wehr: Stellungnahme zum Wirkungsbereich Gewässergüte; München, 25.05.1998
- [6] BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT: Mindestwasserführung der Isar zwischen dem Wehr Höllriegelskreuth und dem Oberföhringer Wehr, Ergebnis der Auswertungen der Halbkugelmessungen und der biologischen Erhebungen; München, 30.04.1998 mit Ergänzung vom 17.06.1998
- [7] LANDESUNTERSUCHUNGSAMT FÜR DAS GESUNDHEITSWESEN SÜDBAYERN: Restwasserstudie Isar zwischen Höllriegelskreuth und Oberföhringer Wehr, Stellungnahme zu den hygienisch-mikrobiologischen Untersuchungen (...); München, 30.01.1998
- [8] BEZIRK OBERBAYERN; FACHBERATUNG FÜR FISCHEREI: Restwasserstudie Isar zwischen Höllriegelskreuth und Oberföhringer Wehr, Fischereifachliche Stellungnahme; München, 12.03.1998 mit Ergänzungen vom 22.05.1998 und 16.06.1998
- [9] BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ: Restwasserstudie Isar zwischen Höllriegelskreuth und Oberföhringer Wehr, Stellungnahme; München, 22.04.1998 mit Ergänzungen vom 14.05.1998 und 15.06.1998
- [10] NOHL, W.: Die Isar - Münchens besonderer Erlebnis- und Erholungsraum; München, April 1998 mit ergänzender Stellungnahme vom 20.05.1998

Sonstige Literatur:

- [11] BAYERISCHE STAATSREGIERUNG: Verordnung über das Landesentwicklungsprogramm Bayern (LEP) vom 25.01.1994
- [12] REGIONALER PLANUNGSVERBAND MÜNCHEN: Regionalplan München vom 01.03.1992
- [13] LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (LAWA): LAW-Positionspapier „Mindestabfluss bei Wasserkraftanlagen“ vom 22.01.1997 (unveröffentlicht)

Eingegangene Hinweise zur Entwurfsfassung:

- [14] ISAR-AMPER-WERKE AG: Stellungnahme vom 15.06.1999
- [15] GEMEINDE PULLACH: Stellungnahme vom 18.06.1999
- [16] ARBEITSKREIS UMWELT DER SPD MÜNCHEN: Stellungnahme vom 16.08.1999
- [17] REGIONALER PLANUNGSVERBAND MÜNCHEN: Stellungnahme vom 21.09.1999
- [18] ISAR-ALLIANZ: Stellungnahme vom 23.09.1999