

**Olaf Niepagenkemper
Elisabeth I. Meyer**

**Messungen der Sauerstoffkonzentration
in Flusssedimenten zur Beurteilung
von potentiellen Laichplätzen
von Lachs und Meerforelle**





Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen
– Wanderfischprogramm NRW –



WESTFÄLISCHE
WILHELMS-UNIVERSITÄT
MÜNSTER



Messungen der Sauerstoffkonzentration in Flusssedimenten zur Beurteilung von potentiellen Laichplätzen von Lachs und Meerforelle

Olaf Niepagenkemper
Elisabeth I. Meyer

Heft 2

Herausgeber: Landesfischereiverband Westfalen und Lippe e.V.
Von-Vincke-Str. 4
48143 Münster

Bearbeitung: Olaf Niepagenkemper

Fotos: Olaf Niepagenkemper

Titelgestaltung: Dietmar Hahlweg, Olaf Niepagenkemper

Druck: bitter & loose, Greven

Vertrieb: Landesfischereiverband Westfalen und Lippe e.V.
Von-Vincke-Str. 4
48143 Münster
E-Mail: info@lfv-westfalen.de
Homepage: www.lfv-westfalen.de

Alle Rechte vorbehalten – Printed in Germany

Nachdruck nur mit Genehmigung des Herausgebers

Die vorliegende Arbeit wurde aus Mitteln des Wanderfischprogramms
und der Fischereiabgabe gefördert.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	6
2	Ansprüche des Lachses an das hyporheische Interstitial	7
3	Material und Methode	8
3.1	Die Sauerstoffmessung mit Optoden	8
3.2	Verteilung und Auswahl der Probestellen	9
3.3	Klassifikationssystem zur Beurteilung der Sauerstoffverhältnisse in den Sedimenten der Fließgewässer	11
4	Die Volme	12
4.1	Die Probestellen in der Volme	13
4.2	Ergebnisse der Sauerstoffmessung in der Volme	14
4.2.1	Probestelle 1 an der Brücke südlich von Priorei	14
4.2.2	Probestelle 2 südlich von Priorei unterhalb des Wehres	16
4.2.3	Die Probestelle 3 südlich von Dahl	18
4.2.4	Die Probestelle 4 südlich von Dahl	20
5	Die Ennepe	23
5.1	Die Probestelle in der Ennepe	24
5.2	Ergebnisse der Sauerstoffmessungen in der Ennepe	24
5.2.1	Die Probestelle in der Ennepe am Pegel Hagen Haspe	24
6	Die Dhünn	27
6.1	Die Probestellen in der Dhünn	28
6.2	Ergebnisse der Sauerstoffmessungen in der Dhünn	29
6.2.1	Die Probestelle 1 am Parkplatz oberhalb der Eifgenbacheinmündung	29
6.2.2	Die Probestelle 2 am Dom Altenberg	32
6.2.3	Die Probestelle 3 direkt unterhalb des Aermühlenwehres	34
6.2.4	Die Probestelle 4 ca. 100 m unterhalb des Aermühlenwehres	36
7	Die Untere Bröl	38
7.1	Die Probestellen in der Unteren Bröl	40
7.2	Ergebnisse der Sauerstoffmessungen in der Unteren Bröl	40
7.2.1	Die Probestelle 1 am Sturzbaum	40
7.2.2	Die Probestelle 2 im Bereich der Furkation	42
7.2.3	Die Probestelle 3 bei Ingersau	44
7.2.4	Die Probestelle 4 bei Birkesmühle	46

8	Die Eifelrur	48
8.1	Die Probestellen in der Eifelrur	48
8.2	Die obere Eifelrur in Abschnitt 1 oberhalb des großen Rurstausees	49
8.2.1	Ergebnisse der Sauerstoffmessungen im Bereich der oberen Eifelrur (Abschnitt 1)	50
8.2.1.1	Die Probestelle 1 oberhalb von Hammer	50
8.2.1.2	Die Probestelle 2 unterhalb von Hammer	52
8.2.1.3	Die Probestelle 3 oberhalb von Dedenborn	54
8.3	Die mittlere Eifelrur in Abschnitt 2 zwischen Heimbach und Obermaubach	56
8.3.1	Ergebnisse der Sauerstoffmessungen im Bereich der mittleren Eifelrur (Abschnitt 2)	57
8.3.1.1	Die Probestelle 1 in Abschnitt 2 am Campingplatz oberhalb von Zerkall	57
8.3.1.2	Die Probestelle 2 in Abschnitt 2 am Campingplatz oberhalb von Zerkall	59
8.3.1.3	Die Probestelle 3 in Abschnitt 2 an der Brücke in Zerkall	61
8.4	Die untere Eifelrur in Abschnitt 3 unterhalb von Obermaubach	63
8.4.1	Ergebnisse der Sauerstoffmessungen in der unteren Eifelrur (Abschnitt 3)	63
8.4.1.1	Die Probestelle 1 in Abschnitt 3 an der Schneidhausener Brücke	63
8.4.1.2	Die Probestelle 2 in Abschnitt 3 an der alten Kreisbahnbrücke	66
8.4.1.3	Die Probestelle 3 in Abschnitt 3 im renaturierten Bereich bei Düren	68
9	Die Kall	70
9.1	Die Probestellen in der Kall	70
9.2	Ergebnisse der Sauerstoffuntersuchungen in der Kall	71
9.2.1	Die Probestelle 1 in der Kall oberhalb der Furt Renker	71
9.2.2	Die Probestelle 2 in der Kall an der Furt Renker	74
10	Die Gewässer im Vergleich	76
10.1	Der Vergleich der Gewässer anhand des Bewertungssystems	76
10.2	Der Vergleich der einzelnen Messtiefen	76
10.2.1	Der 10 cm-Horizont im Vergleich	76
10.2.2	Der 20 cm-Horizont im Vergleich	78
10.2.3	Der 30 cm-Horizont im Vergleich	79
11	Zusammenfassung	80
12	Literatur	83
13	Abbildungen	84
14	Tabellen	87



Springendes Lachmännchen am Wehr
in Siegburg/Buisdorf

1. Einleitung

Durch die erfolgreiche Arbeit des Wanderfischprogramms in NRW sind der Lachs (*Salmo salar*) und die Meerforelle (*Salmo trutta trutta*) durch den Rhein in das Siegsystem und in andere Flüsse zurückgekehrt. Mit der Anlage von Fischwanderhilfen in zahlreichen Fließgewässern wurde die Durchgängigkeit häufig so weit erhöht, dass die Großsalmoniden potentielle Laichgebiete wieder erreichen können. Daher stellt sich die Frage, in wie weit sich die kiesigen Substrate für die Rückkehrer als Laichhabitate eignen. Ein wichtiger Aspekt hierbei ist die ausreichende Sauerstoffversorgung der Eier und Larven während der Entwicklungsphase im Sediment, die von etwa November bis April/Mai andauert. In einem vom Institut für Evolution und Ökologie der Tiere (Abteilung Limnologie) der Universität Münster und des Landesfischereiverbandes Westfalen und Lippe e.V. gemeinsam betreuten fischereiwissenschaftlichen Programm sollten dazu folgende Fragestellungen bearbeitet werden:

- Welche der ausgewählten Probestellen in Bröl, Dhünn, Ennepe, Eifelrur, Kall und Volme eignen sich als Laichhabitat für den Atlantischen Lachs (*Salmo salar*)?
- Gibt es bedeutende Unterschiede in der Sauerstoffversorgung zwischen den einzelnen Probestellen/Abschnitten eines Gewässers?
- Ergeben sich qualitative Unterschiede in der Sauerstoffversorgung zwischen den ausgewählten Gewässern?

Die verwendete neue Messtechnik – die Sauerstoffmessung mit Optoden – ermöglicht es, genaue Sauerstoffmessungen im Sediment vorzunehmen. Hierzu wurde eine spezielle, patentierte Beprobungsapparatur neu entwickelt und im Labor erfolgreich getestet. Optoden eignen sich besonders gut für Messungen im Interstitial, da sie keine Anströmung benötigen. Sie arbeiten in einem thermodynamischen Gleichgewicht (KLIMANT ET AL. 1997). Clark-Elektroden hingegen arbeiten im Fließgleichgewicht und benötigen eine Anströmung zur Kompensierung des eigenen Sauerstoffverbrauchs. Mit der Methode der Optodenmessung wird der Sauerstoffgehalt des Interstitialwassers direkt im Sediment gemessen, und nicht wie bisher üblich, über der Wasseroberfläche. Ein weiterer Vorteil der Optoden gegenüber der herkömmlichen Messtechnik mit der Clark-Elektrode ist eine höhere Messgenauigkeit, größere Zuverlässigkeit und die geringe Größe (HOPF & HUNT 1994). Der Durchmesser einer Optode beträgt nur 0,6 mm. Die Messgenauigkeit der Optoden ist bei niedrigen Sauerstoffkonzentrationen besonders hoch (Messgenauigkeit 0,1 %) und eignet sich daher ausgesprochen für die Untersuchung von Sauerstoffverteilungs-Mustern (GLUD ET AL. 1995, KLIMANT ET AL. 1997, HOLST ET AL. 1997). Da die Sauerstoffversorgung in den Flusssedimenten am Ende der Entwicklungszeit der Eier eher in niedrigeren Konzentrationen vorliegt, sind mit dieser Methode sehr genauer Aussagen zur letalen Grenze der Sauerstoffkonzentration von ca. 5 mg/l möglich. Wird diese Grenze unterschritten, sterben die Eier und Larven von Lachs und Meerforelle ab (LACROIX 1985, BAUR & RAPP 1988, SCHMIDT 1996).

In den Flüssen Bröl, Dhünn, Ennepe, Eifelrur, Kall und Volme, die dem Wanderfischprogramm NRW zugeordnet sind, wurden 24 Probestellen mit 110 Sondenkörpern eingerichtet. Jeder Sondenkörper besteht aus drei Sonden, so dass insgesamt 330 einzelne Messwerte während einer Messkampagne erhoben werden können. Für die Exposition der Sondenkörper wird eine 30 cm

tiefe Grube in das Flussbett gegraben, weil 30 cm etwa der maximalen Tiefe einer Laichgrube des Lachses entspricht. Dabei wird das Sediment, wie beim Schlagen der natürlichen Laichgrube, von feinputikulärem Material gereinigt. Die Sondenkörper ermöglichen eine Messung in einer Sedimenttiefe von 10, 20 und 30 cm Tiefe. Von Oktober/November 2000 bis zum Mai 2001 wurden die Sondenkörper beprobt, um einen Verlauf der Sauerstoffversorgung – insbesondere nach Hochwasserereignissen – zu dokumentieren.

2. Ansprüche des Lachses an das hyporheische Interstitial

Das hyporheische Interstitial, der durch das Oberflächenwasser beeinflusste Porenraum im Sediment eines Gewässers, ist von erheblicher Bedeutung für das Ökosystem des Fließgewässers. Es tauscht sich unter natürlichen Bedingungen durch eine Vielzahl von hydraulischen Prozessen mit der fließenden Welle aus (BORCHARDT ET AL. 2001, TRÄBING ET AL. 2001, SAENGER 2001). Das Interstitial als Lebensraum stellt für viele Organismen ein Strömungs-, Temperatur- und Stabilitätsrefugium dar (SCHWOERBEL 1994). Seine Besiedlung durch Fließgewässerorganismen hängt u.a. von der Nachlieferung sauerstoffreichen Wassers aus der fließenden Welle ab, wodurch eine gewisse Sauerstoffkonzentration aufrecht erhalten wird (HYNES 1983). Viele Fischarten sind auf das kiesige Substrat als Reproduktionshabitat unbedingt angewiesen. So legen z. B. Salmoniden, zu denen auch der Lachs und die Meerforelle gehören, ihre Eier in das Sediment, wo sie sich bis zum Schlupf der Larven entwickeln. Erst nachdem die Larven den Dottersack aufgezehrt haben, bewegen sie sich aus dem Interstitial in die fließende Welle. Bis zu diesem Vorgang sind Eier und Larven hinsichtlich ihrer Sauerstoffbedürfnisse sehr anspruchsvoll. Die Konzentration des Sauerstoffs im Sediment sollte während der Entwicklungsphase etwa 5 mg/l nicht unterschreiten, damit Eier bzw. Larven keinen letalen Schaden nehmen (LACROIX 1985, BAUR & RAPP 1988, SCHMIDT 1996).

Im Interstitial zahlreicher Fließgewässer in NRW herrschen trotz Verbesserung der Gewässergüte (vielfach Klasse II) unzureichende Sauerstoffbedingungen (INGENDAHL 1998, 2001). Die Ursachen dafür liegen hauptsächlich im Eintrag von organischen und anorganischen Feinsedimenten durch Hochwasserereignisse oder durch Einleitungen. Diese lagern sich im hyporheischen Interstitial



Abb. 1: Porträt eines Lachsmilchners aus der Sieg

(Kieslückensystem des Gewässersgrundes) ab und führen dann zur Verstopfung (Kolmation) der Poren. Als Folgeerscheinung tritt eine Minderung der Geschwindigkeit der Durchströmung im Interstitial auf. Wichtige Austauschprozesse zwischen der fließenden Welle und der Gewässersohle, wie das Eindringen von sauerstoffreichem Wasser in das Sediment, werden deutlich vermindert (LOTSPEICH & EVEREST 1981, BORCHARDT ET AL. 2001). Liegt der Anteil der Feinsedimente über 15 %

und die Durchströmungsrate unter 1m/h, ist ein erfolgreiches Aufschwimmen der Salmonidenbrut gefährdet (MILLS 1989). Durch Zehrungsprozesse beim Abbau eingeschwemmter, organischer Substanzen wird der Sauerstoffgehalt im Kieslückensystem reduziert, so dass vielfach letale Schäden an Fischeiern und –larven auftreten. Zusätzlich wird das Aufsteigen der Larven in die fließende Welle durch die Kolmation der Gewässersohle verhindert.

Aufgrund der fehlenden morphologischen Dynamik kommt es in den meisten Fließgewässern während der Hochwasserereignisse zu keiner ausreichenden Umlagerung der Sohle mehr. Daher kann der Sauerstoffwert horizontal und auch vertikal stark variieren (MEYER ET AL. 1999). Die Neubildung frischer, sauerstoffdurchfluteter Kiesstrukturen bleibt aus. Dieser Prozess der Neubildung von Kiesbereichen ist aber wichtig für eine erfolgreiche Reproduktion von Lachs und Meerforelle, Untersuchungen in Fließgewässern von Nordrhein-Westfalen (INGENDAHL 1998) im Rahmen des Wanderfischprogramms in NRW zeigen dies. Seit den 80er Jahren werden in diesem Forschungsprogramm Ursachen und Maßnahmen zur erfolgreichen Wiederansiedlung von Lachs und Meerforelle erforscht. Dabei hat man in der Bröl, einem Zufluss der Sieg festgestellt, dass auch bei einer ausgezeichneten Gewässerstrukturgüte und einer Wassergüteklasse II das kiesige Flusssubstrat stark mit organischen und anorganischen Feinmaterialien belastet sein kann. Somit kann trotz häufig verbesserter Wasserqualität im Sediment noch lange die akkumulierte Belastung erhalten bleiben („Gedächtnis“ eines Gewässers). Die Untersuchungen beschränkten sich bei dem vorliegenden Messprogramm auf die Erhebung und Analyse der Sauerstoffdaten.

3. Material und Methode

3.1 Die Sauerstoffmessung mit Optoden

Die Grundlage der faseroptischen Sauerstoffmessung mit Optoden ist die dynamische Lumineszenzlöschung. Wenn ein fluoreszierender Farbstoff durch ein energetisches Licht angeregt wird, kehrt der Farbstoff unter Emission eines energieärmeren Lichtes in seinen Ausgangszustand zurück. Da Sauerstoff als Triplettmolekül die Fluoreszenz bestimmter Farbstoffe sehr effektiv löschen kann, wird die Energie der angeregten Farbstoffmoleküle übernommen. Es kann kein Licht mehr emittieren. Optoden bestehen aus einem Glasfaserkabel, an dessen verjüngter Spitze ein sauerstoffspezifischer Indikator (Ruthenium-II- Komplex) aufgetragen ist. Bei Anregung des Indikatorfarbstoffes erfolgt die Fluoreszenzstrahlung durch das Glasfaserkabel zurück in das auswertende elektronische System. Die Werte werden in Sauerstoffsättigung (%) angegeben. Die Umrechnung in mg/l erfolgt durch die Umrechnung gleichzeitig erhobener Temperaturdaten mit einem separaten System, mit dem ebenfalls in dem Sondenkörper gemessen wird (Squirrel mit Messfühler Pt 100).

Die Messeinrichtung zur Sauerstoffmessung im Interstitial besteht aus einem Messgerät der Firma PRECISION SENSING GmbH und einer neu entwickelten Probenahmeapparatur (Abb. 2). Diese Apparatur setzt sich aus einer Kanüle mit Spritzenmechanismus (mobile Messeinrichtung) und einem Sondenkörper (stationär im Sediment) zusammen. Der Sondenkörper besteht in diesem Fall aus einzelnen Sonden (Röhren) für Messungen in 10, 20 und 30 cm Sedimenttiefe. Die Sondenkörper werden im Sediment positioniert (Abschluss mit der Sedimentoberfläche) und verbleiben dort dauerhaft. Am Tag der Messung werden die Sauerstoffwerte durch Beprobung der stationären Son-

denkörper mit der mobilen Messeinrichtung erhoben. Zum Schutz vor Eintrag von Feinpartikeln ist die obere Öffnung jedes Sondenkörpers mit einer Schutzkappe versehen (in der Abbildung nicht eingezeichnet). Die Sondenspitzen sind mit einer feinen Metallgaze (36 µm Maschenweite) gegen das Eindringen von feinkörnigem Material geschützt.

In der Detailansicht einer Sondenspitze (Abb. 2) ist die Kanüle in die Sonde eingefahren worden. Die Messspitze der Optode befindet sich nur wenige Millimeter (ca. 5 mm) hinter der Kanülenöffnung. Durch einen Dichtring (dunkelgrau dargestellt) wird die Kanüle gegenüber dem Wasser, welches in der Sonde steht, abgedichtet. Dadurch wird verhindert, dass das abgestandene Wasser in der Sonde zur Optodenspitze gelangt und so ein falscher Wert gemessen wird. Zur Messung wird an der Spritze ein Wasservolumen von nur 2 ml angesaugt, damit frisches Interstitialwasser durch die Sondenöffnung an die Messspitze der Optode gelangt. Der Sauerstoffwert kann nun im Display des Gerätes abgelesen werden.

3.2 Verteilung und Auswahl der Probestellen

Als Probegewässer wurden Bröl, Dhünn, Eifelrur, Ennepe, Kall und Volme gewählt. Als Grundlage für die Auswahl der Probestellen wurden Ergebnisse von Kartierungen der Besatzstandorte von 0+ Lachsen (NIEMITZ & MOLLIS 1998, 1999, NIE-

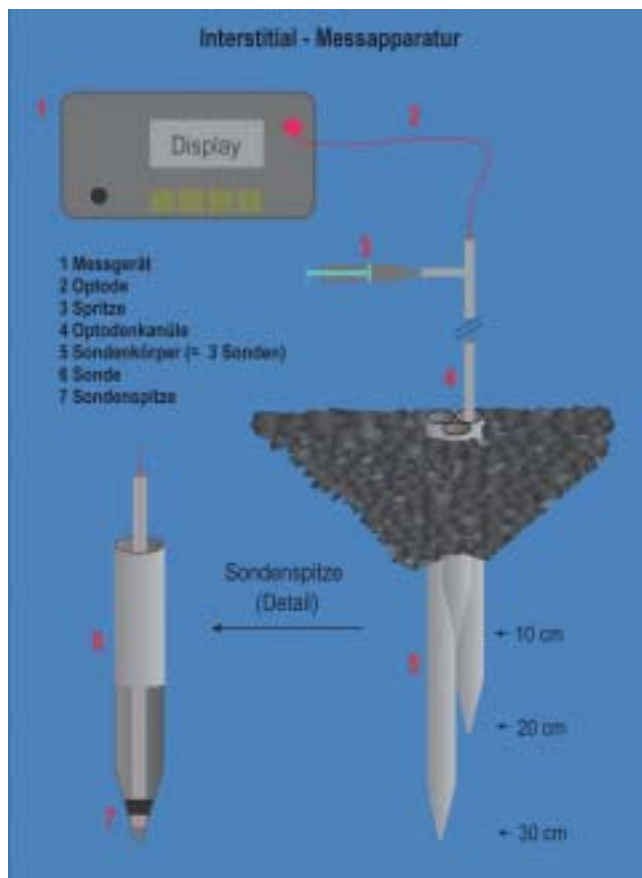


Abb. 2: Die Messeinrichtung zur Sauerstoffmessung mit Optoden

Tab. 1: Verteilung der Sonden

Gewässer	Sondenkörper (SK)	Probestellen (SK pro PS)	Verlust
Bröl	12	4 (1 x 5, 3 x 3)	-
Dhünn	20	4 (5)	5
Eifelrur obere	15	3 (5)	-
Eifelrur mittlere	15	3 (5)	-
Eifelrur untere	15	3 (5)	3
Ennepe	5	1 (5)	-
Kall	8	2 (4)	-
Volme	20	4 (5)	2
Gesamt	110	24	10

MITZ & REHBERG 1999) sowie bekannte Laichareale von Salmoniden in den jeweiligen Gewässern genutzt. In diese Gewässer sind im Herbst 2000 insgesamt 110 Sondenkörper eingegraben worden (Tab. 1), die bis zum Mai 2001 in unregelmäßigen Intervallen vier bzw. fünf Mal mit dem Messgerät beprobt wurden. Nach der Exposition der Sondenkörper erfolgte die erste Messung nach etwa zwei Wochen. Winterliches Hochwasser und Temperaturen am Tag unter dem Gefrierpunkt verhinderten eine geplante monatliche Probenahme. Bis zum Ende der Messsaison gingen insgesamt 10 Sondenkörper durch menschliche Einflüsse (Entfernung durch spielende Kinder o.ä.) verloren. Durch Hochwasserereignisse, verbunden mit Sedimentumlagerungen, kamen keine Sondenkörper abhanden. Einige Sondenkörper mussten an manchen Probeterminen freigegeben werden, da sie



Abb. 3: Flusseinzugsgebiete und Lage der untersuchten Flüsse in Nordrhein Westfalen

nach Hochwasserereignissen mit Sediment überlagert worden waren. Da sie bei der Positionierung genau eingemessen wurden, konnten alle Sondenkörper stets wiedergefunden werden. An den ausgewählten Orten in der Bröl waren in den letzten Jahren immer wieder Laichgruben von Lachsen nachgewiesen worden. In allen Gewässern trat bei mehreren Probestellen das Phänomen auf, dass in der Nähe oder unmittelbar in dem gereinigten Bereich der eingegrabenen Sondenkörper frische Laichgruben entstanden. Die Fische schienen von den hellen Flecken des gereinigten Substrates stimuliert worden zu sein, dort ebenfalls Laichgruben anzulegen.

3.3 Klassifikationssystem zur Beurteilung der Sauerstoffverhältnisse in den Sedimenten der Fließgewässer

Für die Bewertung der Gewässer hinsichtlich ihrer Eignung als Laichhabitate für Großsalmoniden wurde ein System entwickelt, welches anhand von Klassifikationen von Sauerstoffkonzentrationen eine Einschätzung der untersuchten Probestellen erlaubt (Tab. 2). Dabei wurde von einem letalen Grenzwert der Sauerstoffkonzentration für Eier und Larven von 5 mg/l und weniger ausgegangen (LACROIX 1985, BAUR & RAPP 1988, SCHMIDT 1996). Wird dieser Wert am Ende der Entwicklungszeit der Lachseier bzw. -larven, die erst nach dem Aufzehren des Dottersacks aus dem Sediment in die fließende aufschwimmen, unterschritten, muss mit einem Absterben gerechnet werden. Da die Entwicklungszeit des Lachsgeleges temperaturabhängig ist, kann der Zeitpunkt des Aufstiegs der Larven in den Gewässern variieren.

Das Bewertungssystem umfasst fünf Kategorien und reicht von „sehr gut geeignet“ bis „ungeeignet“. Parallel dazu werden Klassen von 1 bis 5 vergeben. So kann jede Probestelle einzeln oder aber auch ein Gewässer als ganzes bewertet werden. Das System in der Tabelle 2 geht von 5 Sondenkörpern mit 15 Sedimentmesstiefen (Sonden) pro Probestelle aus. Die Kategorien und Klassen können auch in Prozentwerten ausgedrückt werden. So können auch Probestellen mit anderen Sondenzahlen (Messtiefen) miteinander verglichen werden.

Tab. 2: Bewertungssystem für die Eignung der Probestellen und Gewässer.

Klasse	Kategorie	Kriterien	Prozent*	Sondenanzahl**
1	sehr gut geeignet	fast alle Messtiefen über 5 mg/l	0-7	0-1
2	gut geeignet	wenige Messtiefen unter 5 mg/l	8-33	2-5
3	geeignet	einige Messtiefen unter 5 mg/l	34-60	6-9
4	bedingt geeignet	viele Messtiefen unter 5 mg/l	61-87	10-13
5	ungeeignet	fast alle Messtiefen unter 5 mg/l	88-100	14-15

* Prozent der Sonden unter 5 mg/l Sauerstoff
 ** Anzahl der Sedimentmesstiefen (Sonden) pro Probestelle unter 5 mg/l O₂ ausgehend von 5 Sondenkörpern mit insgesamt 15 Sonden.

Zur Verdeutlichung soll folgendes Beispiel dienen: An einem Gewässer wurden drei Probestellen ausgewählt. Jede Probestelle wurde mit fünf Sondenkörpern bestückt.

Probestelle 1:	gut geeignet	3 Sonden unter 5 mg/l	Klasse 2
Probestelle 2:	geeignet	6 Sonden unter 5 mg/l	Klasse 3
Probestelle 3:	sehr gut geeignet	1 Sonde unter 5 mg/l	Klasse 1
		Mittelwert der Klassen	= Gesamtklasse 2

Das Gewässer besitzt die Gesamtklasse 2 und ist somit im Bereich der bearbeiteten Probestellen insgesamt als Laichgewässer für Großsalmoniden **gut geeignet**.

4 Die Volme

Die Volme ist eines der wichtigsten Nebengewässer der Ruhr. Ihr Gesamteinzugsgebiet von 427,4 km² ist naturräumlich dem Nordteil des rechtsrheinischen Schiefergebirges und damit dem Sauerland zuzuordnen. Die Volmequelle liegt südlich von Meinerzhagen (TK 4811). Das Quellgebiet hat einen leicht hügeligen Charakter mit ausgedehnten Wald- und Wiesengebieten. Das Einzugsgebiet kann als typisches Mittelgebirgsgelände mit zahlreichen tief eingeschnittenen Tälern angesehen werden. Im Unterlauf der Volme stehen 4 bis 6 Meter mächtige Talschotterschichten mit einer Breite von 150 – 200 Meter an. Nach einer Fließlänge von 49,27 km mündet die Volme in Hagen bei Ruhr-km 86,09 in die Ruhr (TK 4610). Die Bodennutzung außerhalb der Talauen besteht im wesentlichen aus Grünland und Futteranbau bzw. Wald. In den Talauen zieht sich die aufgelöste Bebauung (Wohn- und Industriegebiete) entlang der Gerinne, die sich im Unterlauf verdichtet und sich dann in den Seitentälern teilweise bis zu den Hochflächen ausdehnt.

Das Volmetal ist vom Oberlauf an stark besiedelt, für das Gesamtgebiet ergibt sich für die Siedlungsflächen ein Gesamtanteil von 13,2 Prozent. Dabei liegt die Hauptbesiedlung an den Unterläufen von Volme und Ennepe im Bereich der Stadt Hagen. Kleinere Industriebetriebe entnehmen geringe Wassermengen. Zusätzlich erfolgt eine Nutzung durch Ableitung von Niederschlagswasser

und Abwässer häuslicher, gewerblicher und landwirtschaftlicher Herkunft. Insbesondere die Abwässer aus der metallverarbeitenden Industrie und nicht dem Stand der Technik entsprechende Kläranlagen führten früher zu erheblichen Gewässergüteproblemen in der Volme. Hier sei die starke Phosphatbelastung bis in die 80er Jahre hinein genannt. Laut Gewässergütebericht 2000 (Sonderbericht LUA 2000) hat die Volme in dem untersuchten Bereich oberhalb



Abb. 4: Die Messapparatur im Feldeinsatz.



Abb. 5: Die Probestellen in der Volme im Bereich der Orte Dahl und Priorei.

von Hagen bis Priorei eine Gewässergüte von II (mäßig belastet). Im direkten Einzugsgebiet der Volme liegen zwei kleine Talsperren, die Jubach- und die Glörtalsperre, die auf das Abflussregime keinen nennenswerten Einfluss haben. Das wichtigste und größte Nebengewässer der Volme ist die Ennepe, deren Teileinzugsgebiet etwa ein Viertel des Gesamteinzugsgebietes der Volme umfasst. Nach einer Fließstrecke von 41,43 km mündet die Ennepe in Hagen in die Volme.

4.1 Probestellen in der Volme

In der Volme wurden am 23.10.2000 südlich von Hagen in der Nähe der Orte Dahl und Priorei vier Probestandorte gewählt (Abb. 5), die mit jeweils fünf Sondenkörpern bestückt wurden. Insgesamt erfolgten in der Zeit von November 2000 bis Mai 2001 fünf Messzyklen. Die erste Messung erfolgte am 7.11.2000, die letzte am 14.05.2001. Die Probestellen 3 und 4 lagen unmittelbar hintereinander an zwei aufeinander folgenden Riffelköpfen. Die Abflussdaten (Abb. 6) beziehen sich auf den Pegel in Hagen-Ambrock.

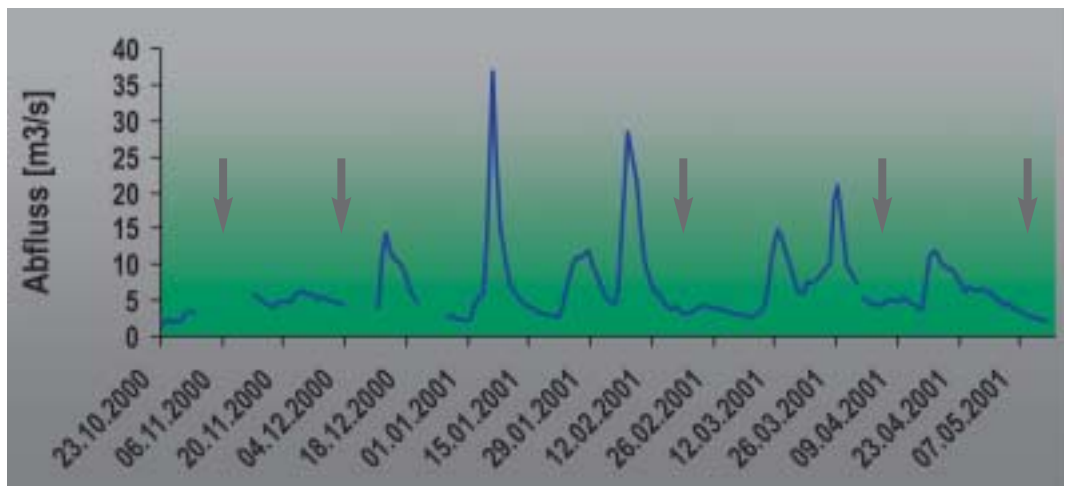


Abb. 6: Abflussdaten (Tagesmittelwerte) der Volme vom Pegel Hagen Ambrock. Die Lücken in der Grafik stammen aus Fehlern in der Computeraufzeichnung. Die Pfeile kennzeichnen das Probedatum der Sauerstoffuntersuchung.

4.2 Ergebnisse der Sauerstoffmessungen in der Volme

4.2.1 Probestelle 1 an der Brücke südlich von Priorei

Die Sauerstoffverhältnisse in der Volme im Bereich der Probestelle 1 (Abb. 7) zeigten eine recht einheitliche Tendenz (Abb. 8). Am Beginn der Messungen lagen alle Werte über 5mg/l. Bis auf den Sondenkörper Grau bewegten sich die Messwerte in 0, 10 und 20 cm Sedimenttiefe um die 10 mg/l, also in einem nahezu gesättigten Bereich. Im Dezember erfolgte, z.T. verursacht durch sinkende Wassertemperaturen, ein Anstieg in allen Horizonten. Durch mehrere Hochwasserereignisse und anhaltende Frostperioden konnten die nächsten Messungen erst wieder am 19. Februar erfolgen. Zwei der Hochwasserereignisse lagen mit Spitzenabflüssen von 36,9 m³/s im Januar, bzw. 28,4 m³/s im Februar weit über den beiden mittleren Hochwässern im Dezember, bzw. Ende Januar (siehe Abb. 6).

Diese Ereignisse verursachten bei den Messungen am 19.02.2001 relativ geringe Auswirkungen auf den Sauerstoffgehalt. Allein die Werte in 30 cm zeigten bei den Sondenkörpern Gelb, Grün und Rot einen deutlich erkennbaren Abfall. Dieser Trend überträgt sich deutlich auf alle Messtiefen beim Probetermin im April. Bis zu diesem Datum kamen durch zwei weitere mittlere Hochwässer im März und die zusätzlich steigenden Wassertemperaturen (8,7°C) Zehrungsprozesse in Gang. Allerdings lagen die Werte mit Ausnahme der 20 und 30 cm-Horizonte des Sondenkörpers Rot und die

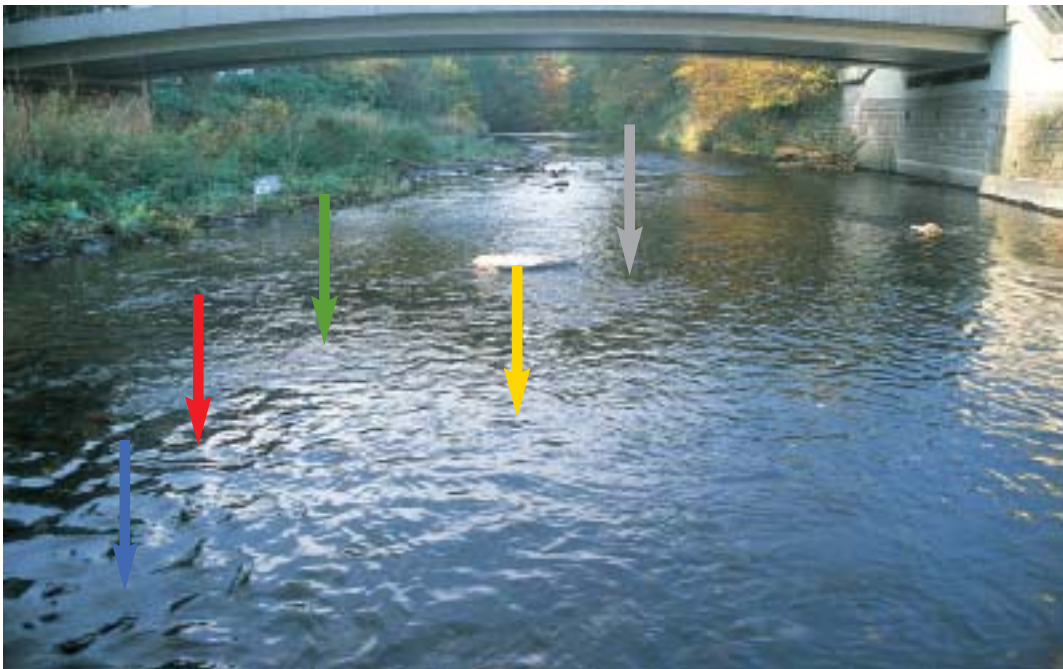


Abb. 7: Die Probestelle 1 mit den Sondenstandorten an der Brücke südlich von Priorei (Blickrichtung stromabwärts).

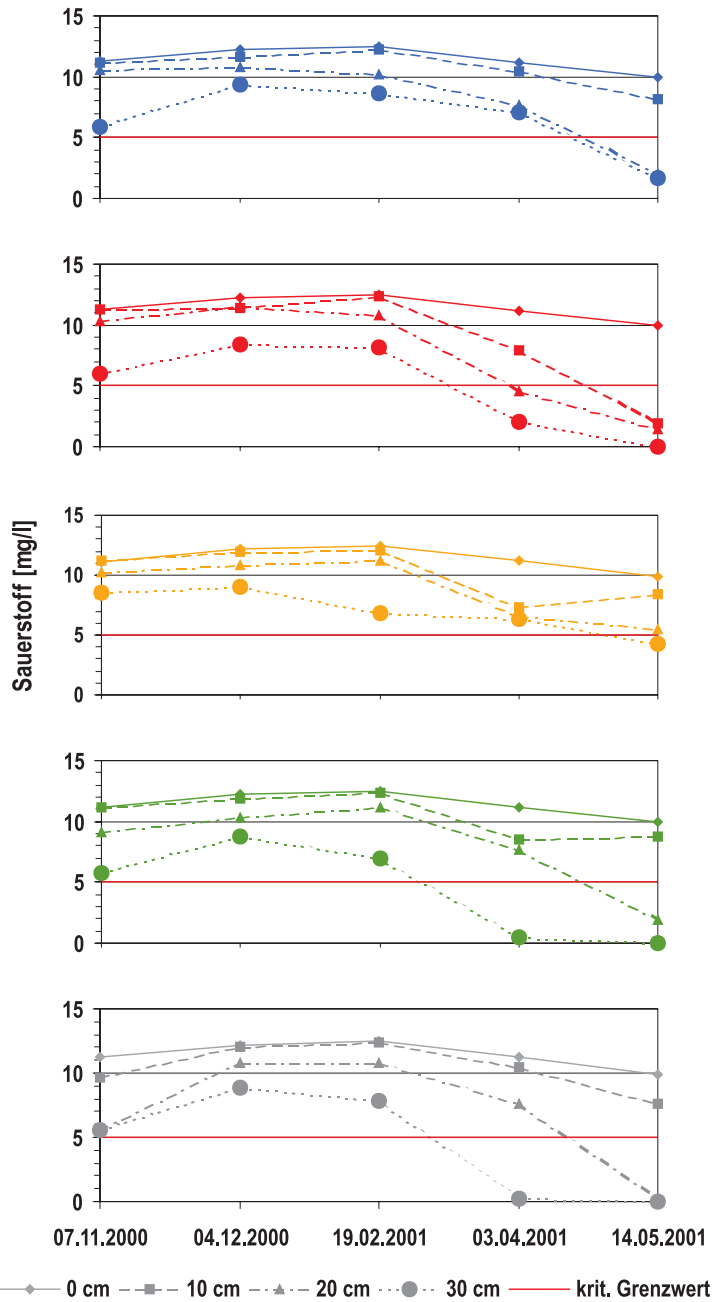


Abb. 8: Die Sauerstoffergebnisse in 0 (fließende Welle), 10, 20 und 30 cm Sedimenttiefe an der Probestelle 1 in der Volme.

30 cm-Horizonte der Sondenkörper Grün und Grau noch deutlich über der kritischen 5 mg/l-Grenze. Am 14.05.2001 kam es in fast allen Horizonten zu einem weiteren Abfall der Sauerstoffkonzentration. In 30 cm Tiefe war bei den Sondenkörpern Grün und Grau kein Sauerstoff mehr vorhanden. Bis auf den Sondenkörper Gelb unterschritten die Sauerstoffwerte auch in 20 cm Tiefe die kritische Grenze von 5 mg/l (Abb. 8).

Fazit: Insgesamt betrachtet war diese Probestelle bis Anfang April für die Reproduktion von Großsalmoniden gut geeignet (Klasse 2), da nur in wenigen Messtiefen eine unzureichende Sauerstoffversorgung festgestellt werden konnte.

4.2.2 Probestelle 2 südlich von Priorei unterhalb des Wehres

Diese Probestelle (Abb. 9) liegt direkt unterhalb einer Ausleitungsstrecke. Der Wasserstand ist häufig sehr niedrig. Das Gewässerbett fällt infolge der geringen Wasserführung in Niedrigwasserphasen teilweise trocken. In der Volme zeigten die Sauerstoffwerte im Bereich der Probestelle 2 (Abb. 10) zum überwiegenden Teil sehr problematische Werte. Schon bei der ersten Messung im Dezember lagen die Werte der Sondenkörper Blau und Grün – bis auf die fließende Welle - in allen Schichten über den gesamten Messzeitraum unter der kritischen Grenze von 5 mg/l. Der Sondenkörper Rot zeigte als einziger Standort bis zur Messung am 02.04.2001 in allen Horizonten einen Sauer-

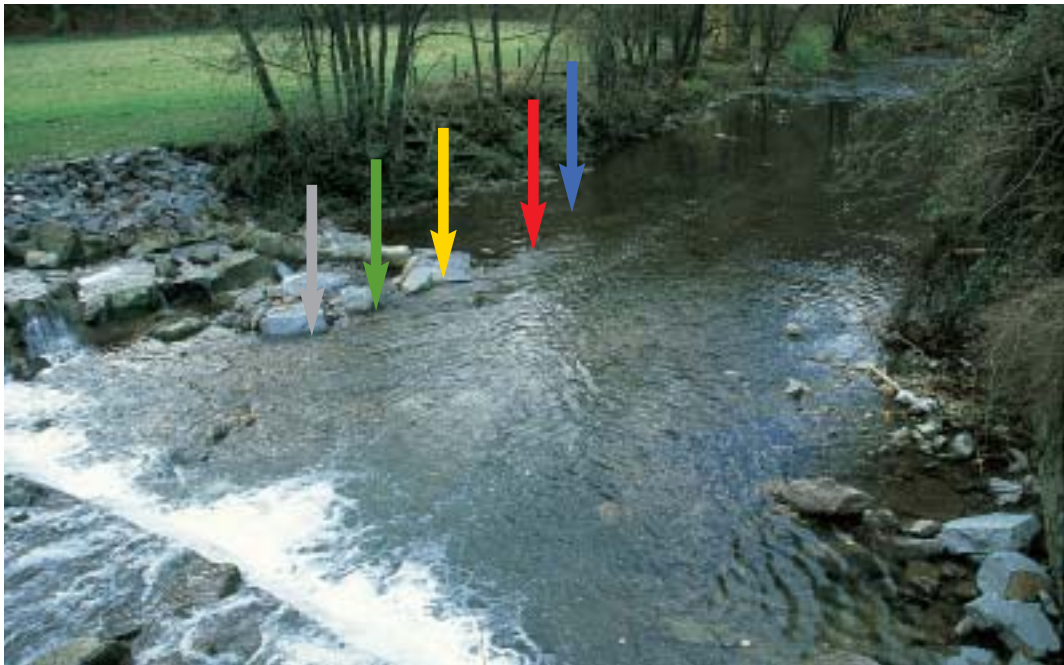


Abb. 9: Die Probestelle 2 mit den Sondenstandorten am Wehr südlich von Priorei.

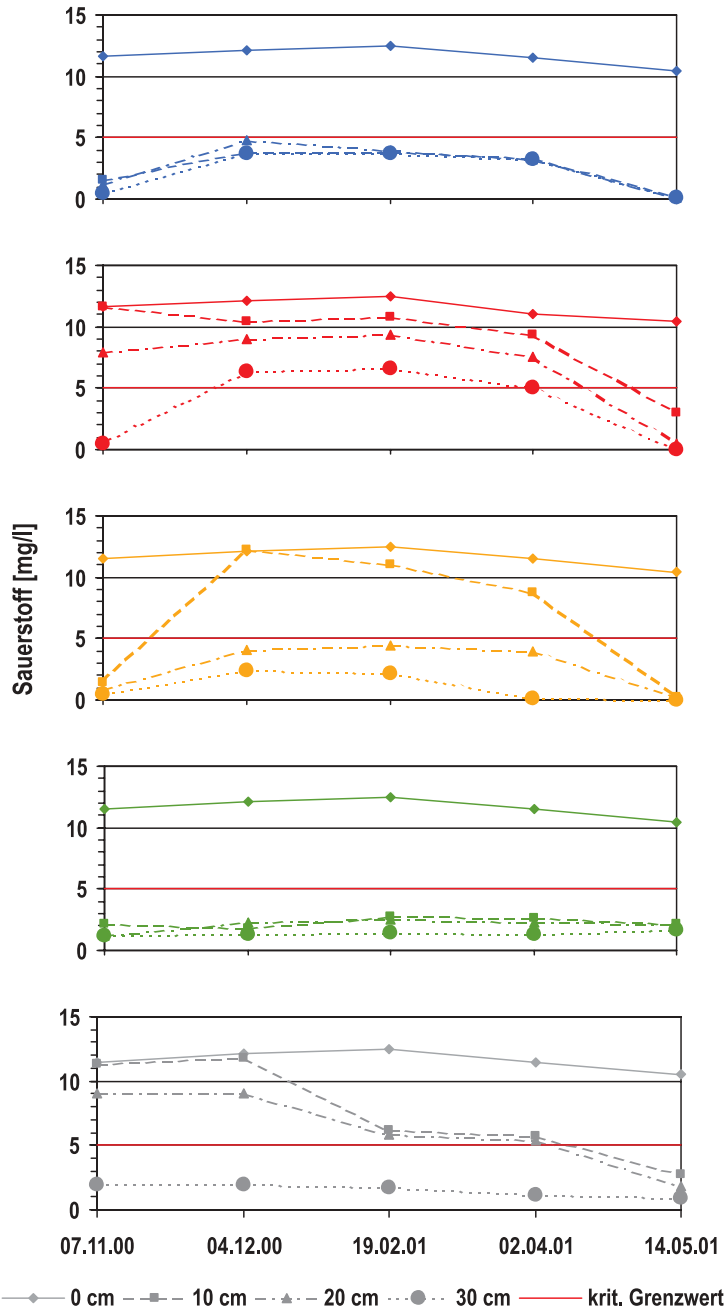


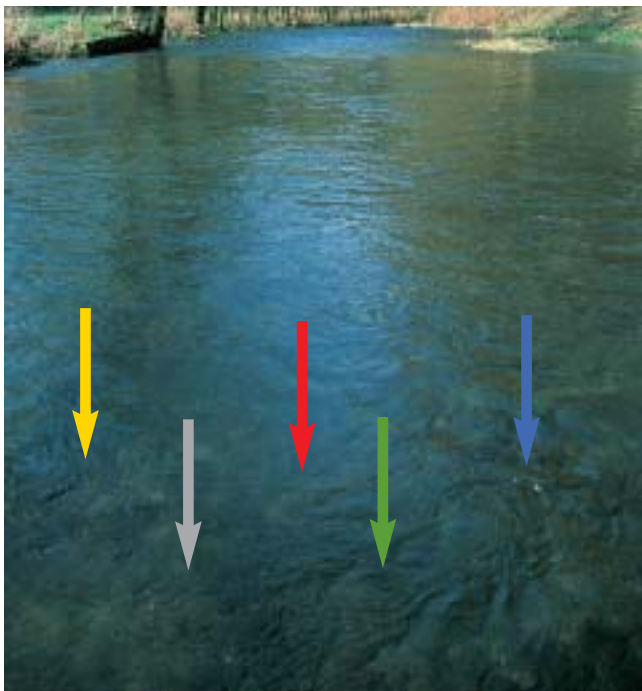
Abb. 10: Die Sauerstoffergebnisse in 0 (fließende Welle), 10, 20 und 30 cm Sedimenttiefe an der Probestelle 2 in der Volme.

stoffwert von ≥ 5 mg/l. Er lag direkt im Ausstrom eines Umgehungsgerinnes mit stark turbulenter Strömung. Die allgemein bedenklichen Sauerstoffwerte der restlichen Sondenkörper dieser Probestelle könnten ihre Ursache in der Lage unterhalb des Wehres haben, da die Strömungsgeschwindigkeit unterhalb des Wehrkörpers sehr gering war und so kein sauerstoffreiches Wasser in das Interstitial gepresst wurde. Dies führt zur Ablagerung von organischen und anorganischen Feinsedimenten, die eine Verstopfung des Kieslückensystems (hyporheisches Interstitial) nach sich ziehen. Im weiteren Verlauf tritt eine verstärkte Sauerstoffzehrung auf.

Auch der Sondenkörper Grau unterhalb des Wasserfalls zeigte in diesem Fall kritische Werte, da die Strömung zu wenig turbulent war, um sauerstoffreiches Wasser in das Interstitial zu pressen.

Fazit: Insgesamt betrachtet ist diese Probestelle für eine erfolgreiche Reproduktion von Großsalmoniden nur **bedingt geeignet** (Klasse 4). Unterhalb des Wehres konnte nur kleinräumig eine ausreichende Sauerstoffversorgung nachgewiesen werden. Durch die Lage unterhalb einer Ausleitungsstrecke, verbunden mit geringen Wasserständen in Niedrigwasserphasen, ist eine erfolgreiche Reproduktion von Großsalmoniden nur bedingt zu erwarten.

4.2.3 Die Probestelle 3 südlich von Dahl



Der Riffelkopf der Probestelle 3 ist relativ schwach ausgeprägt und auf dem Bild bei etwas erhöhten Wasserstand kaum zu erkennen (Abb. 11). Im Bereich der Probestelle 3 zeigten die Sauerstoffwerte bei der ersten Messung bis in die Sedimenttiefe von 30 cm überwiegend eine hohe Sättigung (Abb. 12). Nach einem Monat sanken die Werte im 30 cm Horizont – ausgenommen Sondenkörper Gelb – deutlich ab. Sondenkörper Blau unterschritt sogar weit die Grenze von 5 mg/l. Bei der Messung am 19.02.2001 waren die Standorte der Sondenkörper Blau und Grau durch einen Trecker, der die Volme durchfahren hatte, verloren. An diesem Termin sank bei dem Sondenkörper Grün die Sauerstoffkonzentration in 30 cm Tiefe unter 5 mg/l. Den gleichen Grenzwert unterschritten der 20 cm und 30 cm-Horizont der Son-

Abb. 11: Die Probestelle 3 mit den Sondenstandorten südlich von Dahl (Blickrichtung stromabwärts).

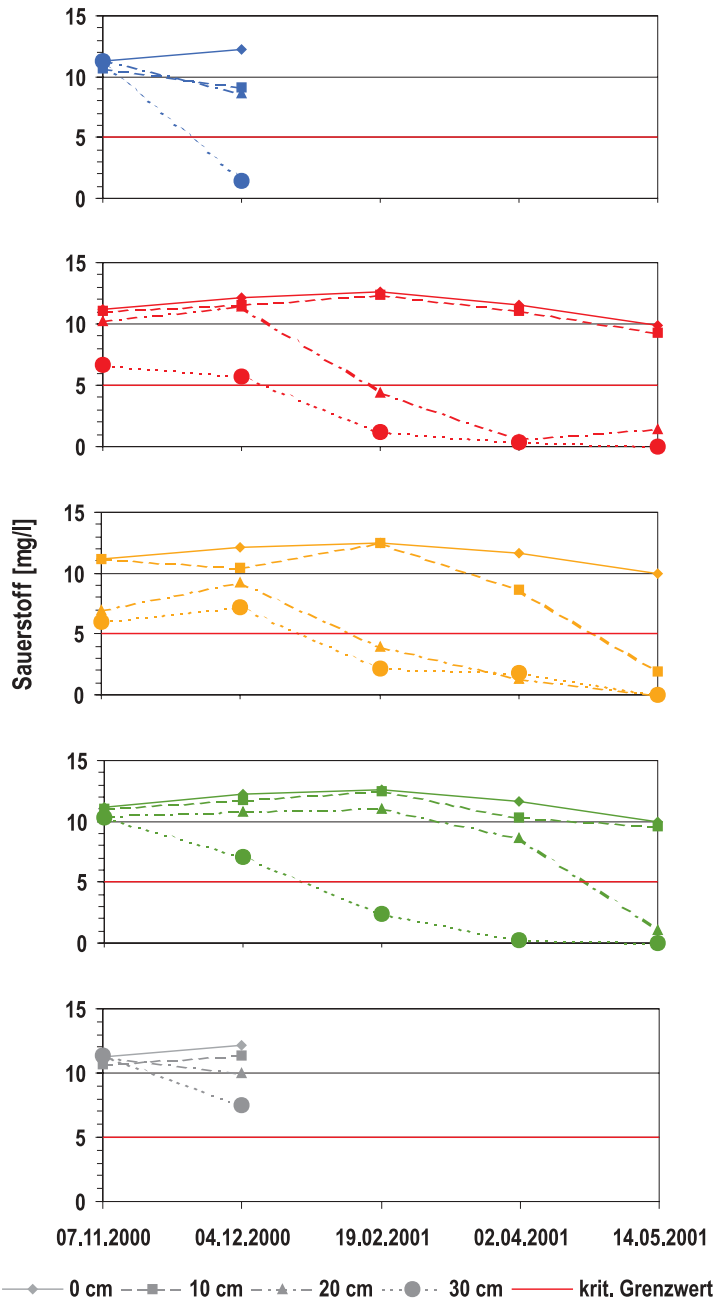


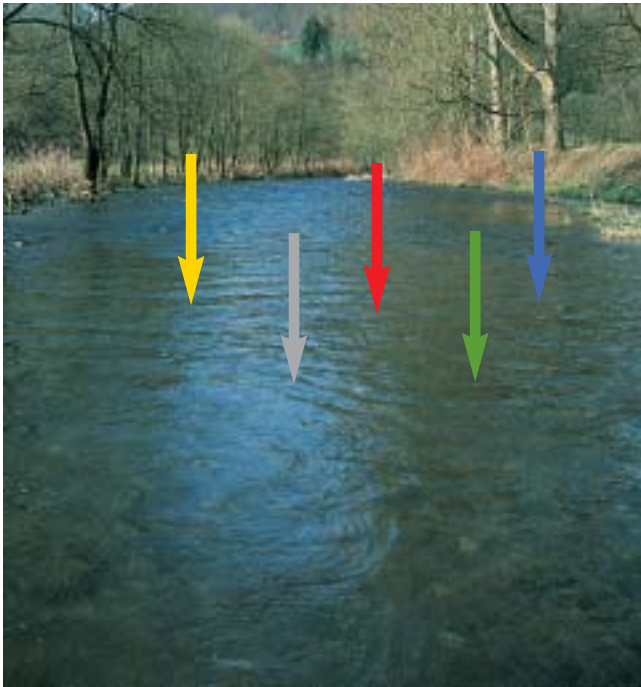
Abb. 12: Die Sauerstoffergebnisse in 0 (fließende Welle), 10, 20 und 30 cm Sedimenttiefe an der Probestelle 3 in der Volme.

denkörper Rot und Gelb. Dieser Trend setzte sich im April fort. Mitte Mai lagen die Werte des Sondenkörpers Gelb auch in 10 cm deutlich unter 5 mg/l. Möglicherweise hatten in diesem Bereich die Hochwasserereignisse (Abb. 6) einen größeren Einfluss auf das Sauerstoffregime im Interstitial als an Probestelle 1. Zusammenfassend bewertet war die Probestelle 3 nur sehr bedingt als Laichhabitat für Großsalmoniden geeignet. Im April war in 20 cm Tiefe nur im Bereich des Sondenkörpers Grün ausreichend Sauerstoff vorhanden. Im Mai dürften die Larven das Sediment verlassen haben, um in die fließende Welle aufzuschwimmen.

Am Messtermin im Dezember wurden oberhalb der Sondenkörper drei große Laichgruben mit einer Gesamtlänge von je 1,4 m entdeckt.

Fazit: Da zwei Sondenkörper ausgefallen sind, fällt eine Bewertung schwer. Die Probestelle 3 scheint als Laichplatz für Großsalmoniden **bedingt geeignet** (Klasse 4), da im April bei den verbliebenen Sondenkörpern zum überwiegenden Teil auch die Werte des 20 cm-Horizontes schlecht mit Sauerstoff versorgt waren.

4.2.4 Die Probestelle 4 südlich von Dahl



Die Ergebnisse der fünf Sondenkörper an der Probestelle 4 (Abb. 13) südlich von Dahl zeigten von allen Probestellen in der Volme die besten Ergebnisse. Die Sauerstoffwerte wichen im gesamten Verlauf der Messungen nur wenig voneinander ab (Abb. 14). Die Werte fielen bis zum Mai durchschnittlich stetig ab. Dieser Aspekt könnte durch die Winterhochwässer (Abb. 6) verursacht worden sein, die durch die erhöhte Schwebstofffracht das Interstitial mit organischen und anorganischen Feinsedimenten verstopfen. Mit den steigenden Wassertemperaturen im Frühjahr und gesteigerter mikrobieller Aktivität setzten sauerstoffzehrende Prozesse ein. Bis zum Apriltermin unterschritt nur der Sondenkörper Gelb deutlich die 5 mg/l-Grenze. Da der Wert im Mai nur knapp unter 5 mg/l lag, wurde der Grenzwert nur relativ kurzfristig

Abb. 13: Die Probestelle 4 mit den Sondenstandorten südlich von Dahl (Blickrichtung stromabwärts).

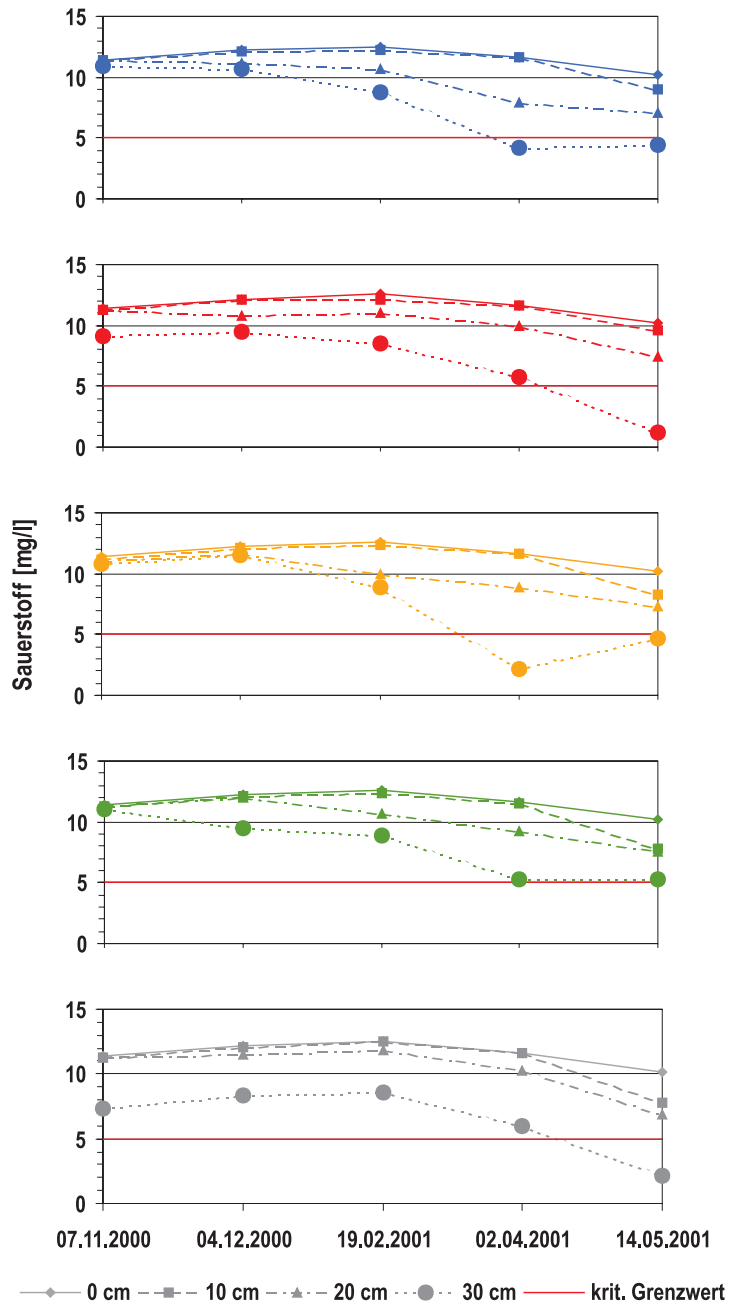


Abb. 14: Die Sauerstoffergebnisse in 0 (fließende Welle), 10, 20 und 30 cm Sedimenttiefe an der Probestelle 4 in der Volme.

deutlich unterschritten. Im Monat Mai lagen die Werte des 30 cm – Horizontes nur bei den Sondenkörpern Rot und Grau deutlich unter 5 mg/l. Die Sauerstoffwerte in den Messtiefen 20 und 30 cm lagen über den gesamten Messzeitraum über 5 mg/l. Im Bereich dieser Probestelle wurden am 04.12.2000 zwei große Laichgruben entdeckt. Die hellen Flecken der Gelege, die durch die Sedimentreinigung beim Schlagen der Laichgruben entstehen, hatten je eine Gesamtlänge von 1,5 m.

Fazit: Der Bereich der Probestelle 4 zeichnet sich durch eine gute Sauerstoffversorgung aus und ist als Laichplatz für Großsalmoniden **gut geeignet** (Klasse 2).

5. Die Ennepe



Abb. 15: Die Probestelle in der Ennepe im Stadtgebiet von Hagen.

Die Ennepe ist das größte und wichtigste Nebengewässer der Volme. Die Quelle der Ennepe liegt südöstlich von Halver. Das Einzugsgebiet unterhalb der Talsperre besitzt einen typischen Mittelgebirgscharakter. Im Unterlauf der Ennepe stehen 4 bis 6 Meter mächtige Talschotter-schichten mit einer Breite von 50 bis 100 Meter an. In diesem Gebiet unterhalb der Ennepetalsperre liegt ein Großteil der Besiedlungsflächen und Industrie. Unterhalb der Talsperre wird die Ennepe auch durch Ableitung von Niederschlagswasser und Abwasser häuslicher, gewerblicher

und landwirtschaftlicher Herkunft verschmutzt. Das Abflussregime der Ennepe wird hauptsächlich durch den Betrieb der Ennepetalsperre beeinflusst.

Die Bodennutzung außerhalb der Talauen besteht im wesentlichen aus Grünland und Futteranbau bzw. Wald. In den Talauen zieht sich die aufgelöste Bebauung (Wohn- und Industriegebiete) entlang der Gerinne, die sich im Unterlauf verdichtet und sich dann in den Seitentälern teilweise bis zu den Hochflächen ausdehnt. Die Ennepe hat im Untersuchungsgebiet der Stadt Hagen nach dem Gewässergütebericht des LUA (Sonderbericht 2000) eine Gewässergüte von II-III (kritisch belastet).

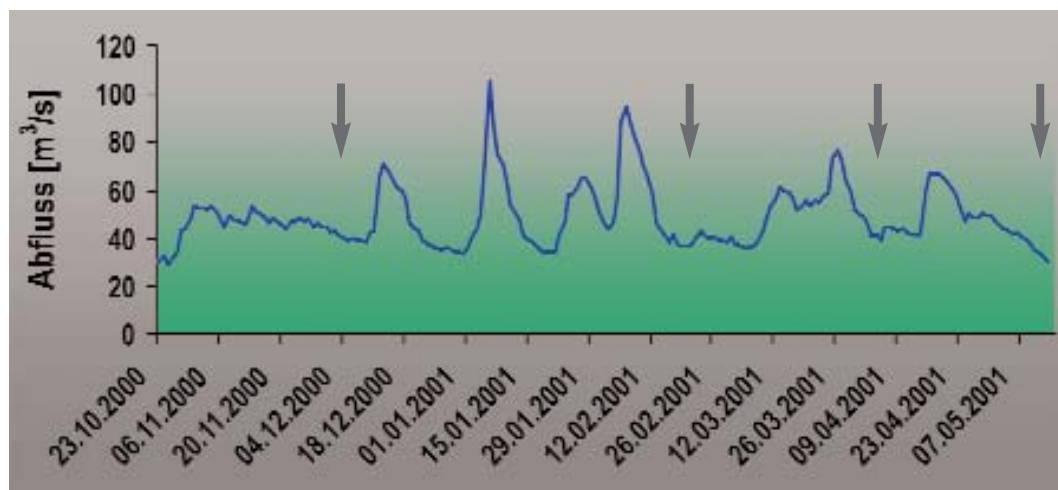


Abb. 16: Abfluss (Tagesmittelwerte) in der Ennepe am Pegel Hagen-Haspe. Die Pfeile kennzeichnen das Probedatum der Sauerstoffuntersuchung.

5.1 Die Probestelle in der Ennepe

In der Ennepe wurde nur eine Probestelle im Bereich der Stadt Hagen gewählt (Abb. 15). An diesem Standort wurden am 14.11.2000 fünf Sondenkörper in das Substrat eingegraben. Die erste Messung wurde am 4.12.2000, die letzte Messung am 14.05.2001 vollzogen. Der Standort gilt als Laichplatz von Bachforellen. Dieses bestätigte sich auch am ersten Messtermin. Im Bereich der Standorte der Sondenkörper 2 3 4 und 5 hatten wahrscheinlich Bachforellen mehrere Laichgruben angelegt. Die Abflussdaten wurden vom Pegel in Hagen-Haspe erhoben (Abb. 16).

5.2 Ergebnisse der Sauerstoffmessungen in der Ennepe

5.2.1 Die Probestelle in der Ennepe am Pegel Hagen Haspe

Die Sondenkörper an der Probestelle in der Ennepe (Abb. 17) wurden am 14.11.2000 eingegraben. Die erste Messung erfolgte am 04.12.2001 (Abb 18). Bis zum Mai wurden insgesamt vier Messtage angesetzt. Durch die Reinigung des

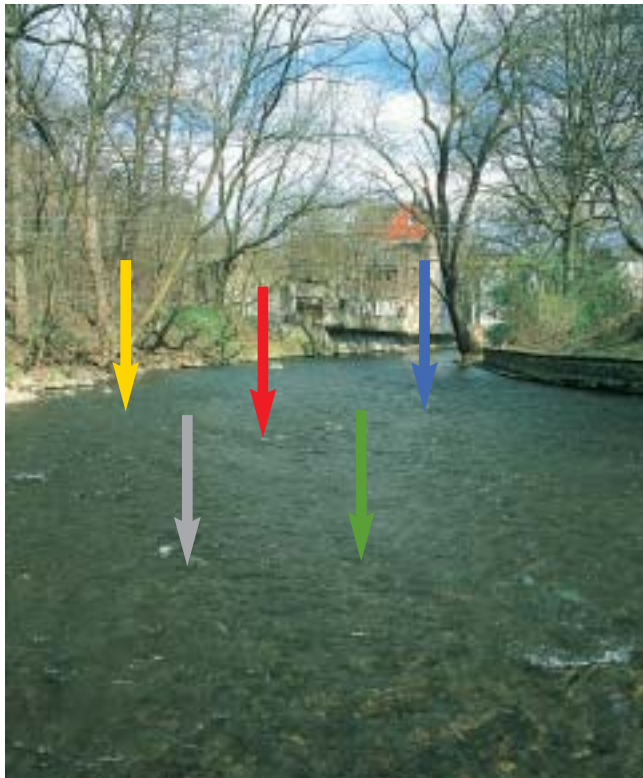


Abb. 17: Die Probestelle in der Ennepe mit den Sondenstandorten (Blickrichtung stromabwärts).

Interstitials waren am ersten Messtermin im Dezember noch alle Horizonte reichlich mit Sauerstoff versorgt. Wegen Hochwasser und Frostperioden konnte die nächste Messung erst am 19.02.2001 durchgeführt werden. Bis zu diesem Termin durchströmten vier Hochwasserereignisse die Ennepe (Abb. 16). Zwei mittlere Abflüsse vollzogen sich Mitte Dezember (Spitzenabfluss 10,8 m³/s) und Ende Januar (Spitzenabfluss 9,8 m³/s) und zwei starke Hochwässer Anfang Januar (Spitzenabfluss 23,2 m³/s) und Anfang Februar (Spitzenabfluss 18,9 m³/s). Anschließend fielen die Messwerte bei fast allen Sondenkörpern in den Tiefen 20 und 30 cm drastisch ab, z.T. deutlich unter 5 mg/l. Der Sondenkörper Grau verzeichnete in den beiden Messtiefen eine vollständige Zehrung des Sauerstoffs. Einzig der Sondenkörper Grün zeigte mit knapp 10 mg/l im 20 cm-Horizont noch eine gute Sauerstoffversorgung.

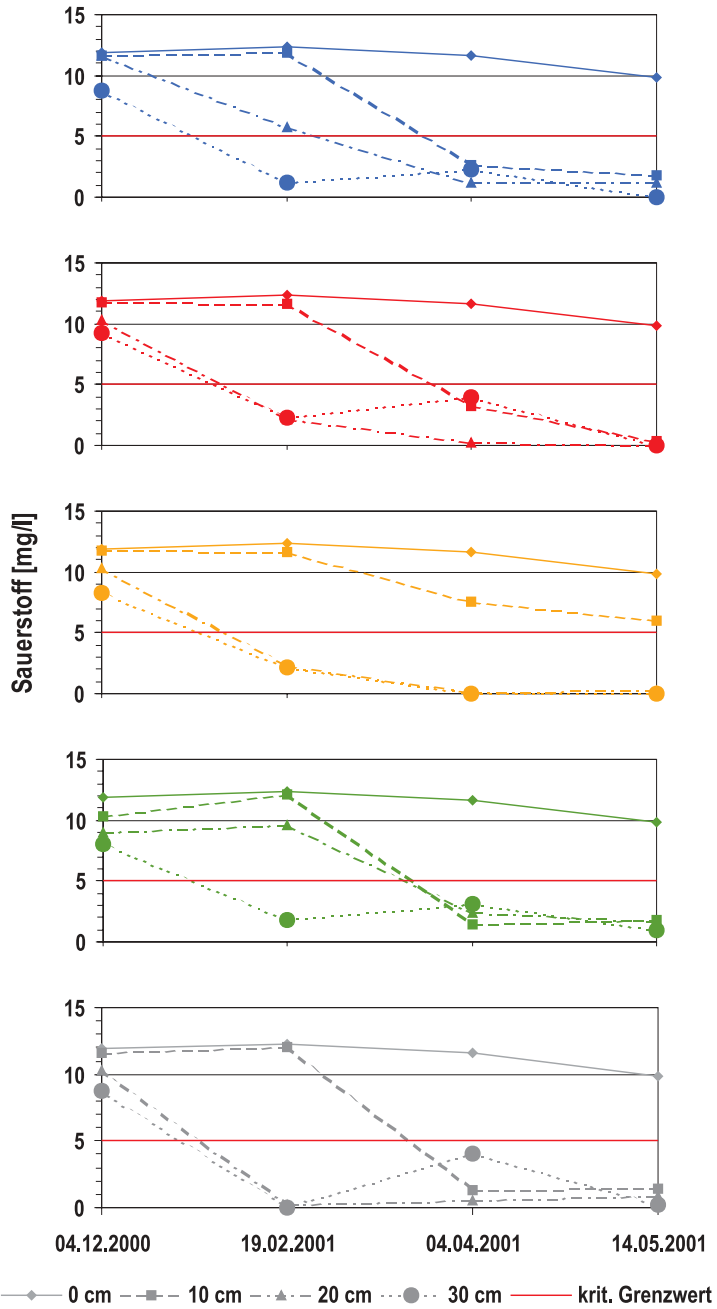


Abb. 18: Die Sauerstoffergebnisse in 0 (fließende Welle), 10, 20 und 30 cm Sedimenttiefe an der Probestelle in der Ennepe.

Anfang April lagen bis auf den 10 cm Wert des Sondenkörpers Gelb alle Sauerstoffwerte unter 5 mg/l. Dieser Trend zeigt sich im Mai noch verschärft. Im Bereich des Sondenkörpers Rot waren alle Horizonte im Sediment sauerstofffrei. Die Ennepe zeigt nach dem Gewässergütebericht (Sonderbericht 2000) des Landesumweltamtes Nordrhein-Westfalen in diesem Abschnitt weiträumig eine Güteklasse II - III (kritisch belastet).

Fazit: Die Probestelle in der Ennepe ist als Laichplatz für die Großsalmoniden Lachs und Meerforelle ungeeignet (Klasse 5). Auch die erfolgreiche Entwicklung der nachgewiesenen Bachforellengelege muss bezweifelt werden, da die Sauerstoffwerte im April im Interstitial fast überall deutlich unter 5 mg/l lagen.

6 Die Dhünn

Das gesamte Dhünn-Einzugsgebiet weist eine Größe von 199,4 km² auf. Der Untersuchungsraum befindet sich oberhalb von Leverkusen in der Mittelgebirgslandschaft des Rheinischen Schiefergebirges. Oberhalb der Stadt verläuft die Große Dhünn durch wenig besiedelten Raum. Bei dieser Strecke handelt es sich um eine alte Ausbaustrecke. Das Gewässerumfeld wird zunächst landwirtschaftlich genutzt. Zwischen Hummelsheim und der Talsperrenmauer der Dhünntalsperre in Osenau ist das Umfeld jedoch überwiegend durch Wald geprägt.

Die Ufer sind zunächst durch Steinschüttung und stellenweise Steinsatz befestigt. Oberhalb von Menrath sind nur noch stellenweise Uferbefestigungen vorhanden. Der Uferbewuchs wird von Erlen, Eschen und Weiden dominiert, die fast überall zumindest in einer Galerie ausgebildet sind. Die Sohle ist nur an einigen Stellen, vor allem im Referenzbereich des Mittellaufes, strukturell vielfältig.

Insgesamt ist festzuhalten, dass die Sohle durch die hydraulischen Veränderungen, die durch die Talsperre hervorgerufen werden, strukturell verarmt ist. Die Auwaldrelikte entlang der Dhünn werden ebenfalls durch die Talsperre beeinflusst.

Im Einzugsgebiet der Dhünn befinden sich zwei Niederschlagsmessstationen, je eine in Leverkusen (44 m NN) und eine bei Osenau (81 m NN). Der Jahresniederschlag, über den Zeitraum 1951 – 1980 gemittelt, beträgt bei der Station in Leverkusen 753 mm/a und in Osenau 941 mm/a. Im Quellbereich kann man von einem mittleren Niederschlag von etwa 1270 mm/a ausgehen.

Der Wasserbau wurde in der Vergangenheit an der Dhünn in mehreren Bereichen tätig. Hier sind insbesondere Sicherungen von Sohle und Ufer, Eindeichungen, Verlegungen und Verkürzungen, der Bau von verschiedenen Regenrückhalte- und Regenüberlaufbecken, sowie die Talsperre zu nennen. Abschläge aus der Kanalisation werden dem Fluss an insgesamt 11 Stellen zugeleitet.

Die sog. ökologische Durchgängigkeit der Dhünn wird u.a. durch Querbauwerke zur Wasserkraftnutzung und die Talsperre unterbrochen (Tab. 3). Hinzu kommen zahlreiche raue Gleiten, durch welche die Sohle gegen Erosion gesichert wird.

Tab. 3: Wanderhindernisse in der Dhünn

Stationierung (km)	Art des Hindernisses
7.03	Absturz, ca. 50 cm, ehemaliges Auermühlenwehr
8.95	Wehr Freudenthal
12.79	Wehr Odenthal
24.3	Talsperrenmauer, Große Dhünn-Talsperre

Quelle: StUA Köln.

1960-1962 wurde die Dhünn-Talsperre mit einem Fassungsvermögen von 7,5 Millionen m³ zur Sicherung der Trinkwasserversorgung der Region gebaut. Die Dhünn-Talsperre wurde bei ihrem Bau so konzipiert, dass sie später als „Vorsperre Große Dhünn“ dienen konnte. Der Trinkwasserbedarf ist stetig gestiegen, dadurch wurde der Bau der Großen Dhünn-Talsperre (1975-1985) mit einem Fassungsvermögen von 81 Millionen m³ notwendig. Die Große Dhünn-Talsperre hat einen

jährlichen Zufluss aus ihrem Einzugsgebiet von 44 Mio. m³. Außerdem wurde ein Stollen von der Kürtener Sülz zur Vorsperre Große Dhünn gebaut, über den jährlich eine mittlere Wassermenge von 12 Mio. m³ beigeleitet wird.

6.1 Die Probestellen in der Dhünn

In der mittleren Dhünn wurden im Herbst 2001 zwischen dem Bereich unterhalb des Auermühlenwehres und dem Dom Altenberg an vier Standorten insgesamt 20 Sondenkörper im Gewässerbett positioniert (Abb. 19, 20). Die Sondenkörper wurden am 03.11.2000 in das Sediment eingegraben. Die erste Messung erfolgte am 10.11.2000, die letzte am 15.05.2001. Insgesamt erfolgten in dieser Zeit fünf Messzyklen. Durch mehrere Hochwasserereignisse (Abb. 21) und anhaltende Frostperioden konnten die nächsten Messungen nach dem 05.12.2000 erst wieder am 20.02.2001 erfolgen.

An vier Standorten wurden jeweils 5 Sondenkörper im Bereich vor einem Riffelkopf positioniert. Dabei wurde folgende Einteilung vorgenommen:

- 5 Sondenkörper im Bereich direkt unterhalb des Auermühlenwehres
- 5 Sondenkörper ca. 150 m unterhalb des Auermühlenwehres
- 5 Sondenkörper am Parkplatz vom Dom Altenberg
- 5 Sondenkörper am Parkplatz oberhalb der Eifgenbachmündung

Am Standort unterhalb des Auermühlenwehres wurden in den letzten Jahren immer wieder Laichgruben von Lachs und Meerforelle nachgewiesen. Der Bereich ist auch einer der wenigen bekannten Laichplätze von Flussneunaugen (*Lampetra fluviatilis*) in NRW. Ein Exemplar konnte während der Untersuchungen beim Graben einer Laichgrube beobachtet werden. Im Zuge der Absenkung des Auermühlenwehres hat sich die Gewässermorphologie einschneidend verändert. Große Mengen kiesigen Substrates, die sich im Laufe der Zeit vor dem Wehr angesammelt hatten, wurden durch Hochwasserereignisse stromabwärts gespült. So ist unterhalb des Wehres eine sehr mobile Sohle entstanden.



Abb. 19: Die Probestellen in der Dhünn im Bereich Altenberg



Abb. 20: Die Probestellen in der Dhünn unterhalb des Auermühlenwehres im Bereich der Stadt Leverkusen.

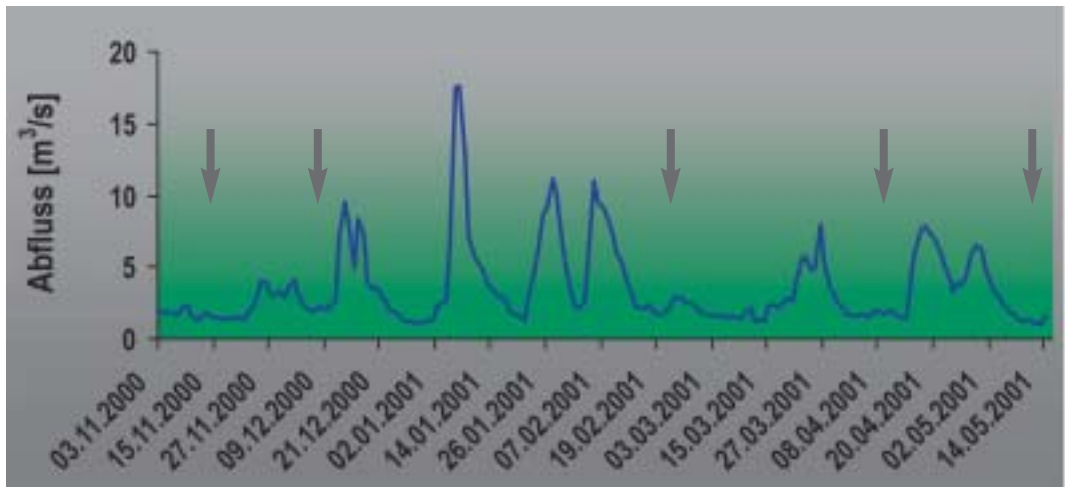


Abb. 21: Abfluss (Tagesmittelwerte) der Dhünn am Pegel Manfort

6.2 Ergebnisse der Sauerstoffuntersuchung in der Dhünn

6.2.1 Die Probestelle 1 am Parkplatz oberhalb der Eifgenbachmündung

Die Probestelle 1 in der Dhünn oberhalb des Eifgenbaches (Abb. 22) verzeichnete am ersten Messtermin am 10.11.2000 in allen Schichten eine sehr gute Sauerstoffversorgung. Dieser Zustand änderte sich auch am 05.12.2000 nicht wesentlich. Am 20.02. fielen die Werte in den 20 und 30 cm –Horizonten z.T. deutlich (Abb. 23). Zwischen diesen Terminen wurde der Abfluss durch drei mittlere und ein starkes Hochwasser (17,6 m³/s) verschärft (Abb. 21). Die Sauerstoffwerte der Son-

denkörper Grün und Grau bewegten sich nur knapp über 5 mg/l. Bei den Sondenkörpern Blau, Rot und Gelb unterschritt der 20 cm-Wert den 30 cm-Horizont. Dieser Aspekt setzte am 09.04.2000 nur noch bei dem Sondenkörper Rot fort und verschärfte sich zudem. Bis zu diesem Termin erholten sich die Werte in einigen Horizonten der Sondenkörper Grün und Grau, so dass sich die Verhältnisse insgesamt so weit verbesserten, dass die Sondenkörper Gelb, Grün und Grau im April einen Sauerstoffgehalt von über 5 mg/l in allen Horizonten verzeichneten. Die Sondenkörper Blau und Rot zeigten in den tieferen Horizonten teilweise Sauerstoffwerte unter 5 mg/l. Im Mai war in nahezu allen Tiefenschichten ein weiterer Rückgang der Sauerstoffkonzentrationen zu beobachten, in den 20 und 30 cm-Schichten auch unter die 5 mg/l-Grenze. Im 30 cm-Horizont des Sondenkörpers Blau war kein Sauerstoff mehr vorhanden.

Im direkten Bereich der Sondenkörper wurden am ersten und zweiten Messtermin viele kleine Laichgruben von Bachforellen gefunden. Teilweise überdeckten die Gruben vom Dezember die

Gelege vom November. Daher ist anzunehmen, dass die frühen Gelege zum überwiegenden Teil zerstört wurden. Es wäre daher interessant zu prüfen, ob es sich bei den späteren Gelegen eventuell um Fische mit genetisch differentem Ursprung handeln könnte.



Abb. 22: Probestelle 1 mit den Sondenstandorten am Parkplatz oberhalb der Eifgenbachmündung (Blickrichtung stromaufwärts).

Fazit: Die Probestelle 1 am Parkplatz oberhalb der Eifgenbachmündung zeigte sich im April als Laichhabitat für Lachs und Meerforelle **gut geeignet** (Klasse 2). Nur in wenigen Messtiefen traten bedenkliche Verhältnisse auf.

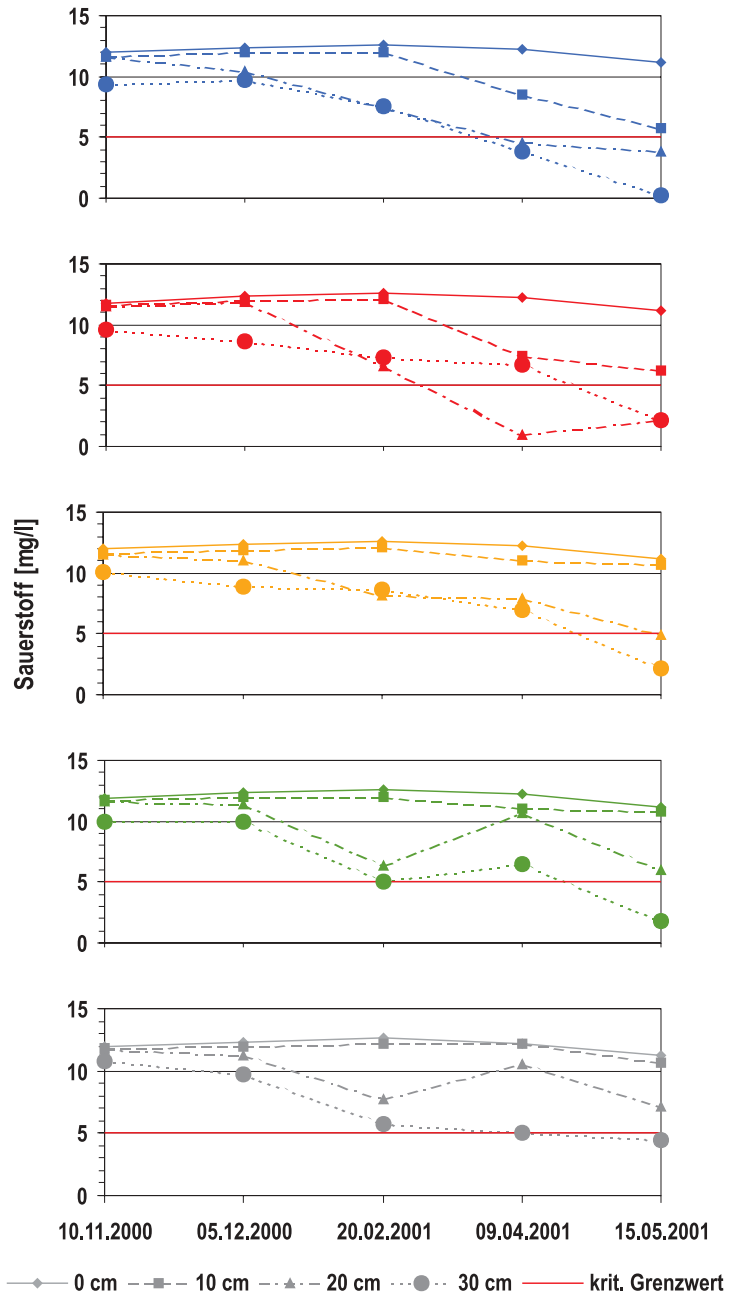


Abb. 23: Die Sauerstoffergebnisse in 0 (fließende Welle), 10, 20 und 30 cm Sedimenttiefe an der Probestelle 1 in der Dhünn.

6.2.2 Die Probestelle 2 am Dom Altenberg

Die Probestelle 2 (Abb. 24) in der Dhünn am Dom Altenberg war - über den gesamten Messzeitraum betrachtet - in allen Schichten schlecht mit Sauerstoff versorgt. Allerdings hatte sich während der Messkampagne sehr viel anorganisches Feinsediment abgelagert. Die Sondenkörper Rot, Grün, und Grau mussten mehrfach freigegeben werden, da sie z.T. mit einer 20 cm mächtigen Sedimentschicht überlagert waren. Am ersten Messtermin im November waren alle Sondenkörper in allen Schichten durch eine ausreichende Sauerstoffversorgung gekennzeichnet. Dieses Verhältnis konnte man auch im Dezember beobachten, obwohl der Sondenkörper Grau, nah am strömungsärmeren Uferbereich gelegen (Abb. 25), erste Anzeichen einer Verschlechterung erkennen ließ. Nach den vier Hochwasserereignissen mit einem Spitzenabfluss von 17,6 m³/s Anfang Januar (Abb. 21) erfolgte in allen Horizonten ein Abfall der Sauerstoffkonzentrationen, z.T. bis unter die Grenze von 5 mg/l. Diese Entwicklung verschärfte sich nach einem weiteren mittleren Hochwasser Anfang April, so dass die Werte aller Sedimenthorizonte (ausgenommen Sondenkörper Blau) unter den kritischen Grenzwert von 5 mg/l Sauerstoff fielen. Am letzten Termin im April zeigten sich einige Horizonte leicht erholt. Insgesamt aber lagen an diesem Datum alle Messschichten unter bzw. auf der 5 mg/l-Marke. Die Messtiefen in 30 cm der Sondenkörper Blau, Rot und Grün waren ohne Sauerstoffversorgung.

Fazit: Die Probestelle 2 am Dom Altenberg war als Laichhabitat für den Lachs schon im April wegen der sehr schlechten Sauerstoffversorgung **ungeeignet** (Klasse 5). Auch die weniger tief im Substrat ablaichenden Bachforellen hatten wenig Aussicht auf eine erfolgreiche Eientwicklung. Die Ablagerung von feinerem Kies und Feinsedimenten führten zu einer unzureichenden Sauerstoffversorgung.

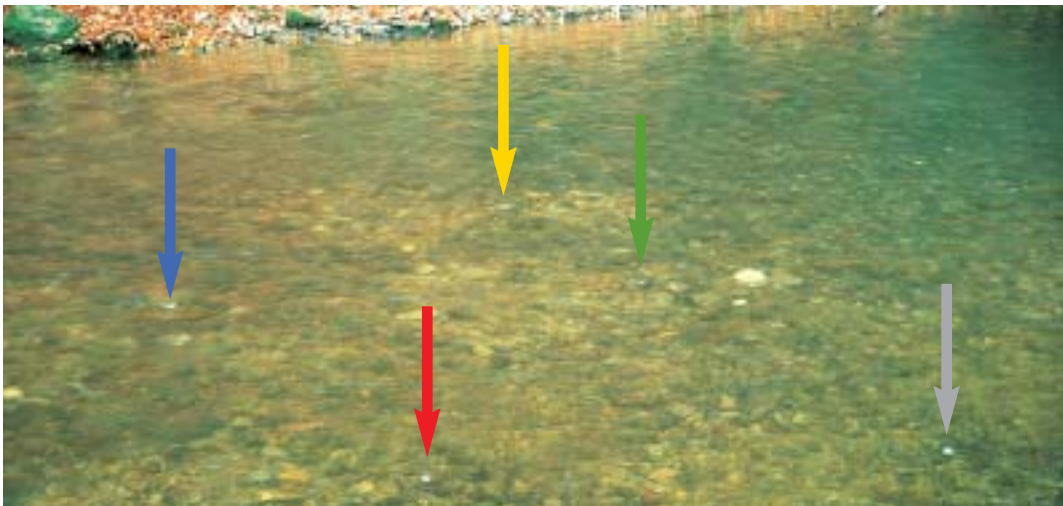


Abb. 24: Probestelle 2 mit den Sondenstandorten am Dom Altenberg. Die Verschlusskappen der Sondenkörper sind als weiße Punkte zu erkennen. Die Strömungsrichtung verläuft von rechts nach links.

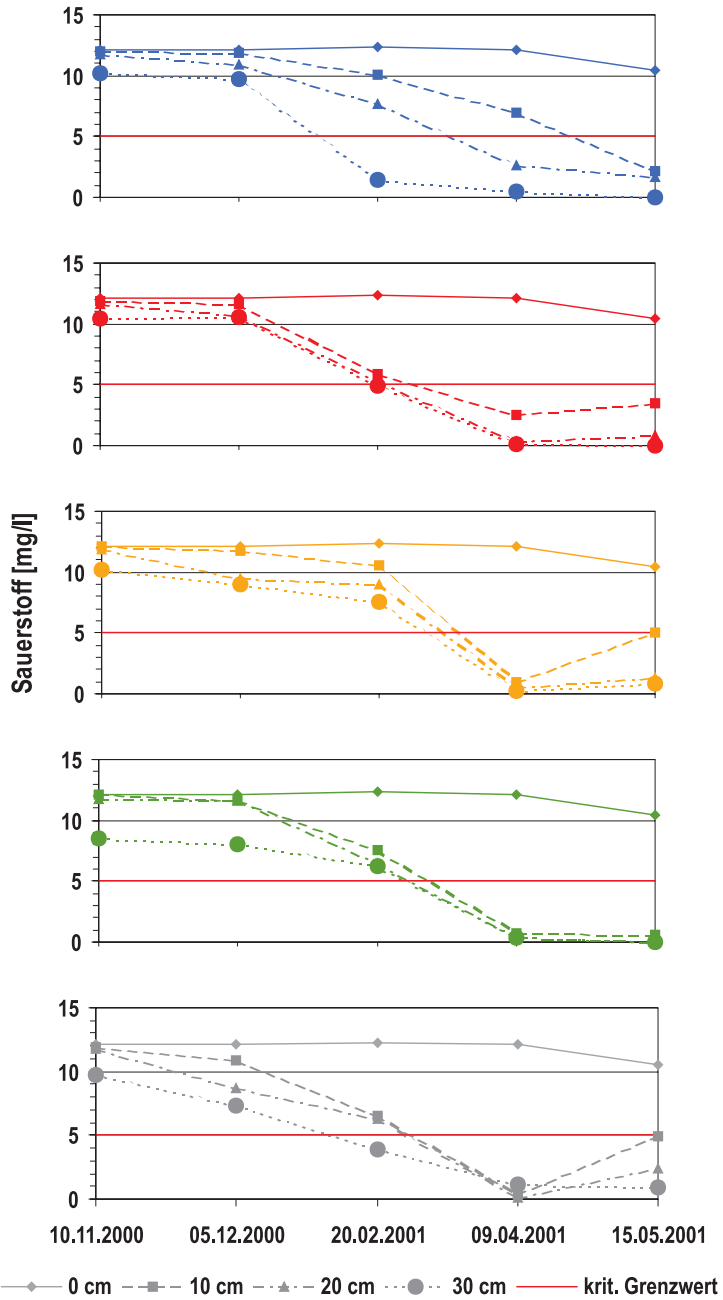


Abb. 25: Die Sauerstoffergebnisse in 0 (fließende Welle), 10, 20 und 30 cm Sedimenttiefe an der Probestelle 2 in der Dhün.

6.2.3 Die Probestelle 3 direkt unterhalb des Auermühlenwehres

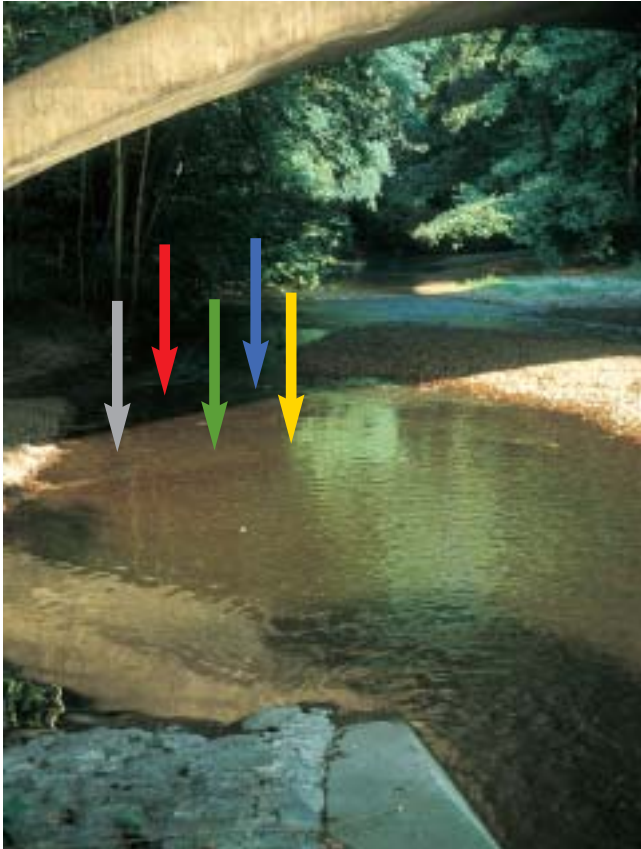


Abb. 26: Probestelle 3 direkt unterhalb des Auermühlenwehres mit den Standorten der Sondenkörper. Die Strömung verläuft in Blickrichtung.

Im Bereich der Probestelle 3 in der Dhünn direkt unterhalb des Auermühlenwehres (Abb. 26) ist durch die Absenkung des Wehres ein neu strukturiertes Flussbett entstanden. Große Mengen Kies, die sich im Laufe der Jahre vor dem Wehr angesammelt haben, sind durch Hochwässer stromab bewegt worden und haben eine mobile Sohle bis einige hundert Meter unterhalb des Wehres gebildet. Dieser Aspekt spiegelte sich in den Sauerstoffwerten wieder (Abb. 27). Die frische Kiessohle zeigte sich bis zum dritten Messtermin im Februar in allen Schichten reichlich mit Sauerstoff versorgt. Im April, längere Zeit nach den winterlichen Hochwässern (Abb. 21), kam es zu einem allgemeinen Abfall der O_2 -Konzentrationen. Die Werte lagen in fast allen Horizonten aber noch über 5 mg/l. Nur der Sondenkörper Grau zeigte einen deutlichen Abfall in der 20 und 30 cm-Schicht. Hier war kein Sauerstoff mehr vorhanden.

Am 09.04.2001 wurden an der Probestelle 3 die Sondenkörper entfernt, da im Bereich unterhalb des Wehres am gleichen Tag während einer Niedrigwasserphase Baggerarbeiten durchgeführt wurden.

Diese Arbeiten schienen Einfluss auf die zweite Probestelle ca. 100 m weiter stromabwärts auszuüben, da dort die Sauerstoffwerte ab April drastisch fielen (Abb. 29).

Fazit: Der Bereich unterhalb des Auermühlenwehres ist bis Anfang April als Laichplatz von Lachs und Meerforelle **gut geeignet** (Klasse 2). Nur im Bereich des Sondenkörpers Grau ließen sich partiell schlechte Bedingungen feststellen. Anfang April fiel der Probestandort durch anstehende Baggerarbeiten aus. Daher kann die Frage nach der Sauerstoffversorgung nur eingeschränkt beantwortet und somit die Qualität der Sauerstoffversorgung im Mai nicht beurteilt werden.

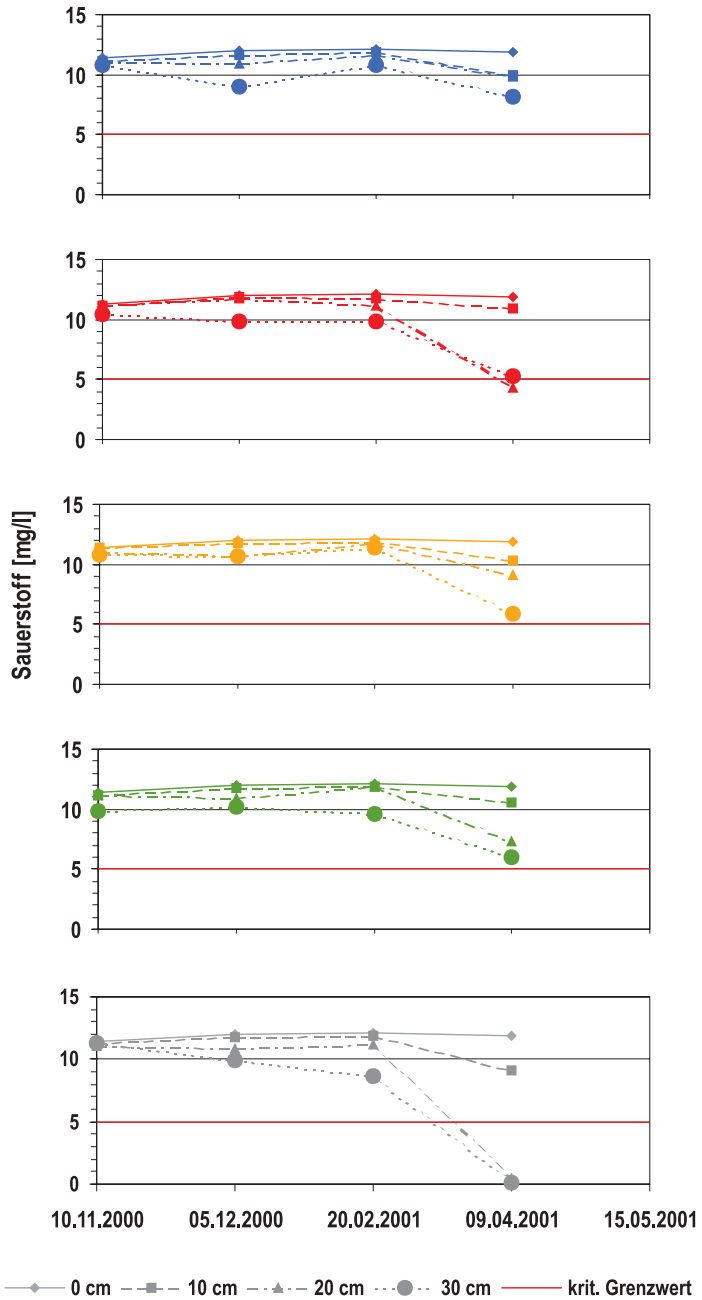


Abb. 27: Die Sauerstoffergebnisse in 0 (fließende Welle), 10, 20 und 30 cm Sedimenttiefe an der Probestelle 3 in der Dhünn.

6.2.4 Die Probestelle 4 ca. 100 m unterhalb des Auermühlenwehres

Die Probestelle 4 in der Dhünn (Abb. 28) ist durch relativ feines Substrat gekennzeichnet. Am ersten Messtermin am 10.11.2000 war das Sediment in allen Schichten gut mit Sauerstoff versorgt. Die Werte lagen alle über 10 mg/l, das bedeutet nahezu eine Sättigung von 100 % (Abb. 29). Dieses Ergebnis änderte sich auch am 05.12.2000, dem zweiten Messtag, nicht. Die Werte waren sogar häufig noch geringfügig erhöht, ein möglicher Einfluss der sinkenden Wassertemperatur in Zusammenhang mit abnehmender mikrobieller Aktivität.

Nach den winterlichen Hochwasserereignissen kam es im Januar zu einem Abfall der Sauerstoffwerte. Dieser war in den 30 cm-Horizonten, in denen die Werte z.T. bis unter 5 mg/l fielen, besonders markant. Anfang April wurden nur in der untersten Schicht bei allen Sondenkörpern weniger als 5 mg/l Sauerstoff gemessen. Trotz des hohen Anteils an Feinsedimenten waren die oberen 20 cm des Interstitials noch ausreichend mit Sauerstoff versorgt.

Am 15.05.2002 trat eine drastische Veränderung bei allen Sondenkörpern in den oberen beiden Sedimenthorizonten ein. Alle Sauerstoffwerte fielen stark ab, überwiegend weit unter 5 mg/l. Hier schienen sich ausgeführte Baggerarbeiten direkt unterhalb des Wehres bei Niedrigwasser im April ausgewirkt zu haben.

Durch die Ausschwemmung von Feinsedimenten bei niedrigen Abflussgeschwindigkeiten haben sich diese feinen Fraktionen kurz unterhalb der Baustelle im Bereich der Probestelle 4 wieder abgelagert. Dort wurde das Interstitial verstopft, was wahrscheinlich eine Reduzierung der Sauerstoffversorgung zur Folge hatte.



Abb. 28: Die Probestelle 4 ca. 100 m unterhalb des Auermühlenwehres mit den Sondenstandorten der Sondenkörper. Die Strömung verläuft in Blickrichtung.

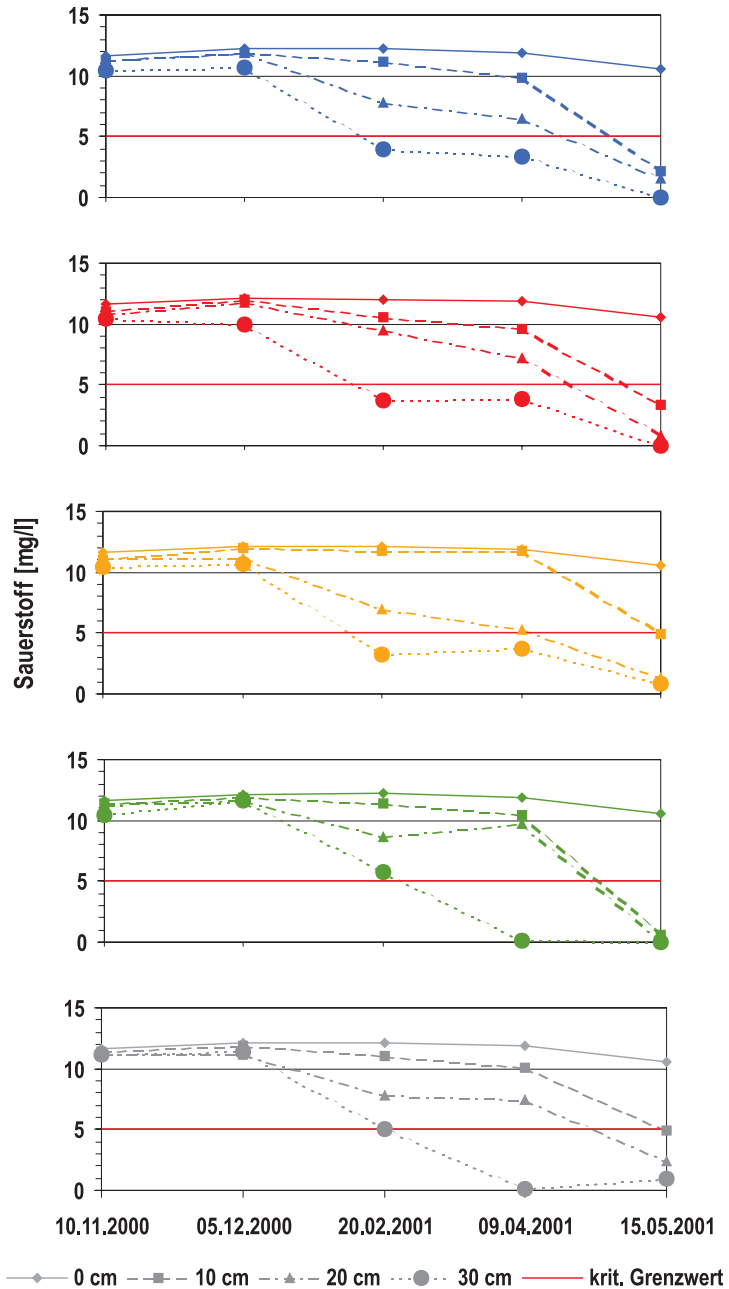


Abb. 29: Die Sauerstoffergebnisse in 0 (fließende Welle), 10, 20 und 30 cm Sedimenttiefe an der Probestelle 4 in der Dhünn.

Fazit: Die Probestelle 4 war bis in den April hinein als Laichstandort für Lachs und Meerforelle **gut geeignet** (Klasse 2). Durch den hohen Anteil an organischen Feinsedimenten traten nur in der 30 cm-Schicht unzureichende Verhältnisse auf. Leider schienen die Baggerarbeiten einen sehr negativen Einfluss auf die Qualität des Laichhabitats ausgeübt zu haben. Auch nachgewiesene Laichgruben der Bachforellen könnten unter diesem Einfluss gelitten haben, da sich die Dhünn aufgrund der Tiefenwasserabgabe der Talsperre durch niedrige Wassertemperaturen auszeichnet. Daher ist die Entwicklungszeit der Gelege länger, und somit könnten sich zur Zeit der Baggerarbeiten im April noch Eier oder Larven im Substrat befunden haben.

7 Die untere Bröl

Die Bröl liegt im Einzugsgebiet der Sieg und hat eine Lauflänge von der Quelle (300 m NN) bis zur Mündung in die Sieg von etwa 40 km. Beprobte wurde die Untere Bröl zwischen Bröleck und der Mündung in die Sieg. Die Niederschlagsmengen liegen im Mittel bei etwa 1100 mm. Das Klima ist von milden Wintern geprägt. Die Zeit der geringsten Abflüsse dauert von Juni bis einschließlich Oktober. Das Einzugsgebiet erstreckt sich über die südliche Region des Süderberglandes und umfasst eine Fläche von etwa 216 km².

Die Bröl durchquert vielfach waldiges Gelände und extensiv genutztes Weideland. Im oberen Verlauf ist sie in Ortslagen häufig verrohrt. Durch den Bau der Landstrasse B 478 wurde das Bett der Bröl mehrfach verlegt und häufig mit Blocksteinschüttungen gesichert.

Im Bereich der Ortschaft Ingersau schlängelt sich die Bröl noch z.T. unverbaut durch die Landschaft. In diesem Bereich ist die Bröl weitgehend von ihrer eigenen Dynamik geprägt. Sie bildet Steilufer, Sand- und Kiesbänke, Kolke und kleine Inseln im Flussbett, auf denen teilweise Hochstaudenfluren entwickelt sind. Die Aue ist zwischen Bröleck und Bröl häufig von steil ansteigenden, bewaldeten Hängen, z.T. durch Felswände, begrenzt und wird überwiegend von naturnahen Feuchtwäldern bewachsen, die aus alten, naturnah strukturierten Hainbuchen-Eichen-Auwäldern, feuch-



Abb. 30 u. 31 Sediment in der Bröl vor (links) und nach (rechts) der Aufreinigung.

ten Erlen-Eschenwäldern und kleineren bachbegleitenden Erlenwäldern gebildet werden. Die Auwaldbestände werden von mehreren permanent wasserführenden Altarmen und verlandeten Rinnen durchzogen. Die in das Gebiet einbezogenen Wälder sind überwiegend mit Hainsimsen-Buchenwäldern bestockt. Weiter nach Süden öffnet sich das Tal wieder zu einem offenen Grünlandtal, das intensiv, auch durch Reiterhöfe, bewirtschaftet wird. Bei Müschmühle mündet der Brölbach in die Sieg. Seit 1996 ist die Bröl weitgehend durchgängig, da am Wehr Büchel ein Umgehungsgerinne erbaut wurde. Laut Gewässsergütebericht von 1996 lag die Gewässergüte der Bröl bei Güteklasse II.

Bröl- und Waldbröl stellen als typische Mittelgebirgsflüsse wertvolle Habitate für Lachs, Groppe, Bach- und Flussneunauge zur Verfügung. Im Grünlandtal des Brölbaches sind binsenreiche Feuchtgrünländer, Nasswiesen, Seggenriede, Mädesüss-Hochstaudenfluren und kleine Röhrichte eingestreut. Laut Gewässerstruktur-



Abb. 32: Die Probestellen in der Bröl im Bereich Winterscheid

güte bietet die Bröl im unteren Verlauf ökologisch hochwertige Formen aus. Im Bereich der Gewässersohle tauchen allerdings starke Qualitätsdefizite auf, da das Sediment in hohem Grade mit organischen und anorganischen Feinsedimenten kolmatiert war. Das zeigte sich beim Eingraben der Messsonden sehr deutlich (Abb. 30 u. 31). Nachdem das Sediment von den Feinanteilen gereinigt war, schien es als Laichsubstrat sehr gut geeignet.

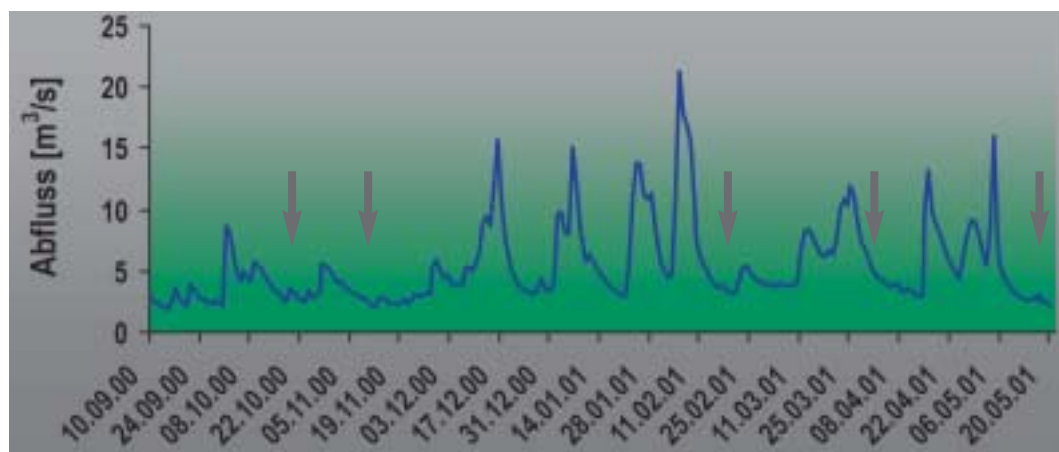


Abb. 33: Abfluss (Tagesmittelwerte) am Pegel Homburger Bröl. Die Pfeile kennzeichnen das Probedatum der Sauerstoffuntersuchung.

7.1 Die Probestellen in der Unteren Bröl

In der Unteren Bröl wurden im Herbst 2001 im Bereich von Winterscheid an vier Standorten insgesamt 14 Sondenkörper in das Gewässerbett eingegraben (Abb. 32), an einer Probestelle (Sturzbaum) 5, an den restlichen Probeorten jeweils 3. Die Probestellen „Sturzbaum“ und „Furkation“ wurden zwischen dem 20.10.2000 und dem 21.05.2001 fünf Mal beprobt. Die Probestellen „Ingersau“ und „Birkesmühle“ wurden später eingerichtet und vom 13.11.2000 bis zum 21.05.2001 vier Mal beprobt. Die Abflussdaten (Abb. 33) wurden am Pegel Homburger Bröl ermittelt.

7.2 Ergebnisse der Sauerstoffuntersuchung in der Unteren Bröl

7.2.1 Die Probestelle 1 am Sturzbaum

Die Probestelle 1 in der Unteren Bröl am Sturzbaum (Abb. 34) war am ersten Messtermin am 20.10.2000 von einer heterogenen Sauerstoffverteilung gekennzeichnet (Abb. 35). Alle Sedimenthorizonte des Sondenkörpers Blau lagen an diesem Termin unter 5 mg/l. In 30 cm war kein Sauerstoff messbar. Sämtliche Horizonte des Sondenkörpers Gelb lagen dagegen im Bereich von 10 mg/l und waren somit reichlich mit Sauerstoff versorgt. Dieser heterogene Verlauf setzte sich auch am zweiten Messtermin am 13.11.2000 fort. Der 30 cm-Wert des Sondenkörpers Blau erholte sich auf etwa 4 mg/l. Parallel dazu sank der Wert des Sondenkörpers Grau in 30 cm auf nahezu sauerstofffreie Verhältnisse ab. Bei den Sondenkörpern Rot und Grün lagen die Werte in 20 und 30 cm schon unter 5 mg/l.

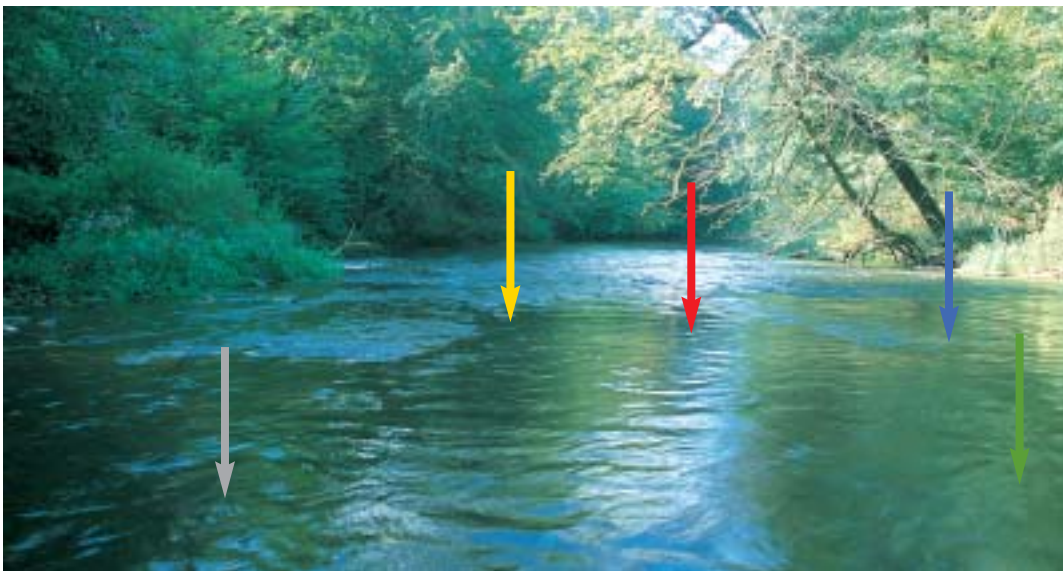


Abb. 34: Die Probestelle 1 (Sturzbaum) mit den Sondenstandorten (Blickrichtung stromab).

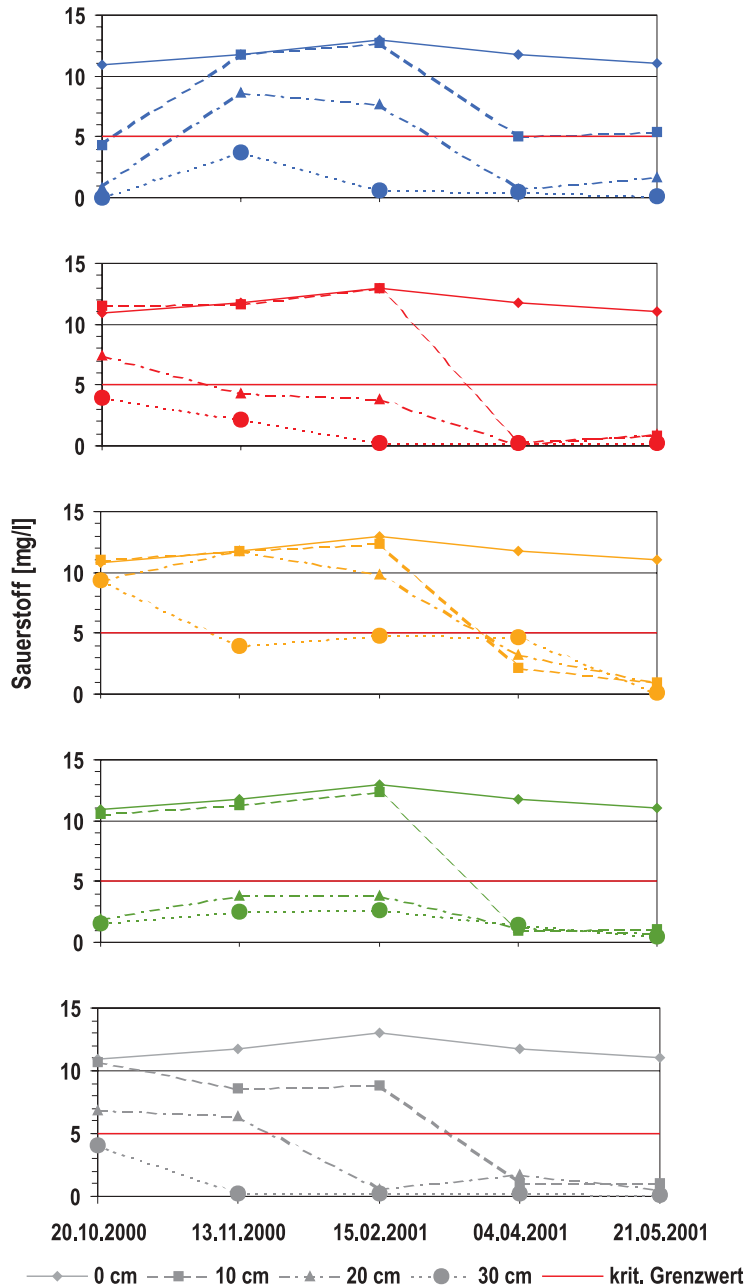


Abb. 35: Die Sauerstoffergebnisse in 0 (fließende Welle), 10, 20 und 30 cm Sedimenttiefe an der Probestelle 1 in der Bröl.

Bis zum nächsten Messtermin am 15.02.2001 ereigneten sich vier Hochwasserperioden (Abb. 33), von denen das Februarereignis mit einem Abfluss von 21,2 m³/s die höchste Spitze aufwies. Kurz nach diesem Ereignis erfolgte die Februarermessung. Die größten Veränderungen gegenüber den Dezemberwerten zeigten die Ergebnisse der Sondenkörper Blau und Grau. Die Sauerstoffversorgung im Interstitial im Bereich des Sondenkörpers Grau lag in 20 und 30 cm bei unter 1 mg/l. Im März ereignete sich ein weiteres, mittleres Hochwasser mit einem Spitzenabfluss von 12 m³/s. Bei dem anschließenden Messtermin am 04.04.2001 reagierten die Werte der Sondenkörper in nahezu allen Horizonten mit einem z.T. drastischen Abfall der Sauerstoffwerte im Interstitial auf unter 5 mg/l. Im Bereich des Sondenkörpers Gelb wurde die vertikale Verteilung umgekehrt. Der Wert in 10 cm lag am niedrigsten. Im Mai waren die Werte des Sondenkörpers Gelb wieder „normal“ verteilt. An diesem Termin lagen die Sauerstoffwerte der Sondenkörper in fast allen Sedimenthorizonten unter 2 mg/l. Nur der 10 cm- Wert des Sondenkörpers Blau lag noch über 5 mg/l.

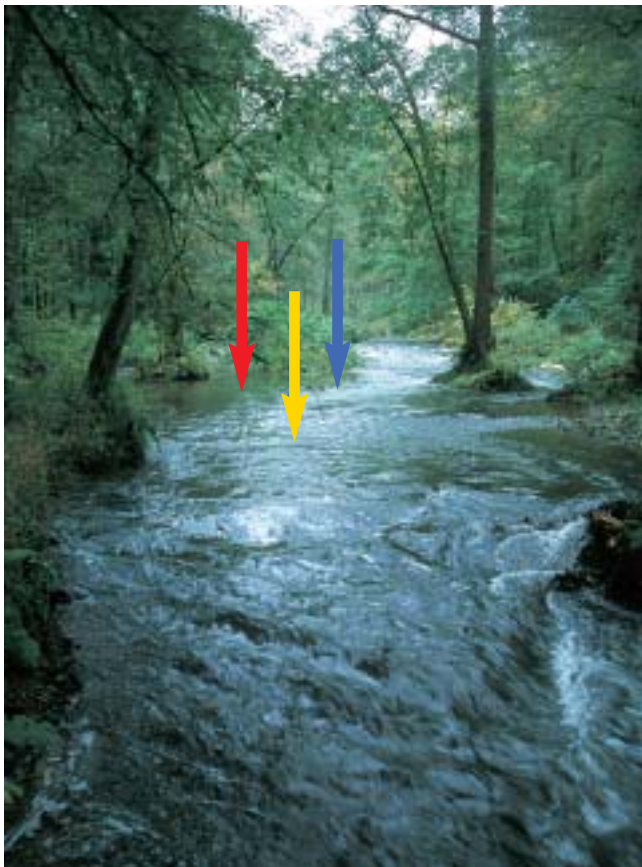


Abb. 36: Die Probestelle 2 (Furkation) mit den Sondenstandorten (Blickrichtung stromabwärts).

Fazit: Die Probestelle 1 in der Bröl ist als Laichhabitat für Großsalmoniden **ungeeignet** (Klasse 5). Anfang April lagen bis auf einen Wert in 10 cm alle Ergebnisse überwiegend deutlich unter 5 mg/l. Auch für andere Kieslaicher, wie die Bachforelle, ist eine erfolgreiche Reproduktion sehr fraglich.

7.2.2 Die Probestelle 2 im Bereich der Furkation

Die Probestelle 2 im Bereich der Furkation (Abb. 36) war durch einen homogenen Verlauf der Sauerstoffwerte während der Messsaison von Oktober bis Mai gekennzeichnet (Abb. 37). Am 20.10.2000 lagen die Werte aller Sondenkörper in allen Messtiefen über 10 mg/l. Nach etwa drei Wochen kam es bei allen Sondenkörpern in 30 cm zu unzureichenden Sauerstoffverhältnissen. Mit 1 mg/l war die Konzentration im Bereich des Sondenkörpers Gelb am geringsten. Auch der Wert in 20 cm fiel gegenüber den restlichen Sondenkörpern ab.

Bis zum nächsten Messtermin am 15.02.2001 traten vier Hochwasserspitzen (Abb. 33), von denen das Februarereignis mit einem Abfluss von 21,2 m³/s den höchsten Wert aufwies. Am 04.04.2001 erfolgte die nächste Messung. Bis auf den 10 cm Horizont des Sondenkörpers Gelb sanken die restlichen Werte im Interstitial deutlich ab. Alle Werte in 20 und 30 cm lagen deutlich unter 5 mg/l. Anfang April verschlechterte sich die Situation weiter. Im Interstitial lag nur noch der 10 cm-Wert des Sondenkörpers Gelb über 5 mg/l. Dieser sank dann Ende Mai ebenfalls unter 5 mg/l.

Fazit: Die Probestelle 2 im Bereich der Furkation ist als Laichhabitat für Großsalmoniden ungeeignet (Klasse 5), da die Sauerstoffwerte schon im Februar in 20 und 30 cm Sauerstoffdefizite aufwiesen. Ab April hatte sich die Situation so weit verschlechtert, dass auch ein Reproduktionserfolg anderer Kieslaicher (z.B. Bachforelle) bezweifelt werden muss.

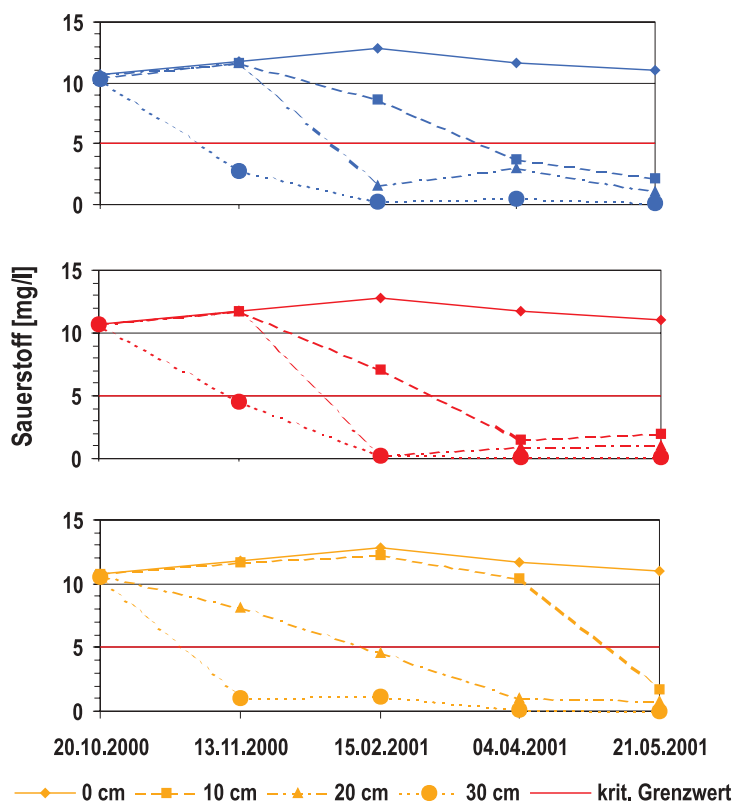


Abb. 37: Die Sauerstoffergebnisse in 0 (fließende Welle), 10, 20 und 30 cm Sedimenttiefe an der Probestelle 2 in der Bröl.

7.2.3 Die Probestelle 3 bei Ingersau

Die Probestelle 3 (Abb. 38) wurde erst Anfang November eingerichtet, daher erfolgten nur 4 Messungen bis Mai 2001. Es wurden drei Sondenkörper eingegraben. Am ersten Messtermin im November lagen die Sauerstoffwerte der Sondenkörper Rot und Gelb in allen Horizonten über 10 mg/l (Abb. 39). Die Sauerstoffversorgung des Sondenkörpers Blau lag dagegen schon zu Beginn der Messungen in 30 cm Tiefe deutlich unter 5 mg/l. Daran änderte sich bis zum Ende der Messkampagne im Mai 2001 nichts.

Bis zum nächsten Messtermin am 15.02.2001 ereigneten sich vier Hochwasserperioden (Abb. 33), von denen das Februarereignis mit 21,2 m³/s den höchsten Abfluss aufwies. Kurz nach diesem Ereignis erfolgte die Februarmessung. Die größte Veränderung zeigte der Wert der Sonde Blau in 20 cm Tiefe. Er sank deutlich unter 5mg/l ab. Alle übrigen Ergebnisse lagen deutlich über diesem Grenzwert. Die gute Sauerstoffversorgung in den 10 cm-Horizonten aller Sondenkörper konnte

sich noch verbessern. Im März ereignete sich ein weiteres, mittleres Hochwasser mit einem Spitzenabfluss von 12 m³/s. Bei dem anschließenden Messtermin am 04.04.2001 reagierten die Werte der Sondenkörper in nahezu allen Horizonten mit einem z.T. bedeutenden Abfall der Sauerstoffwerte im Interstitial. Einzig der 20 cm Wert des Sondenkörpers Blau stieg auf deutlich über 5 mg/l an. Im Bereich des Sondenkörpers Rot sank der Wert in 10 cm unter den Sauerstoffgehalt in 20 cm. Bis zum letzten Termin am 21.05.2001 sanken alle Messwerte im Interstitial auf Werte unter 2 mg/l ab.

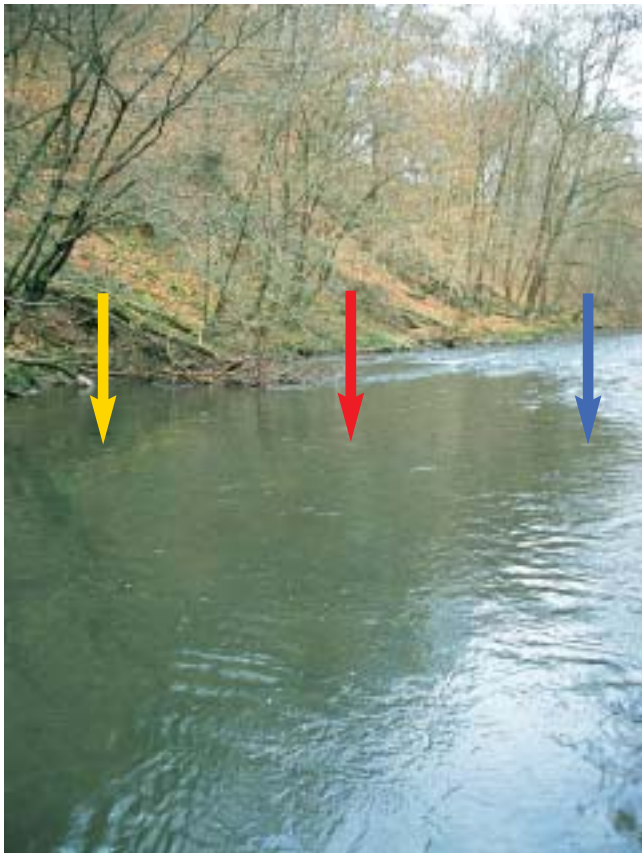


Abb. 38: Die Probestelle 3 (Ingersau) mit den Sondenstandorten (Blickrichtung stromabwärts).

Fazit: Der Bereich der Probestelle 3 ist als Laichplatz für Großsalmoniden **bedingt geeignet** (Klasse 4), da ab April nur der Bereich des Sondenkörpers Gelb in 10 und 20 cm Tiefe an allen Messtagen mit ausreichend Sauerstoff versorgt war. Da ein Wert in 20 cm (Blau) schon im Februar Defizite aufzeigte, sich aber im April erholte, ist ein solcher Verlauf aufgrund der langen Messintervalle auch im Bereich der anderen Sondenkörper nicht auszuschließen.

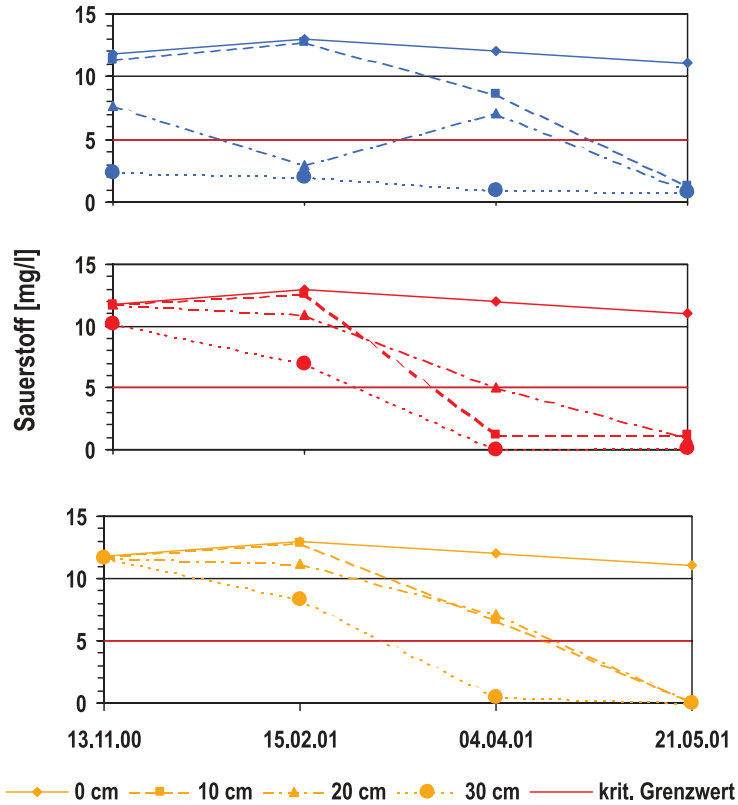


Abb. 39: Die Sauerstoffergebnisse in 0 (fließende Welle), 10, 20 und 30 cm Sedimenttiefe an der Probestelle 3 in der Bröl.

7.2.4 Die Probestelle 4 bei Birkesmühle

Wie die Probestelle 3 wurde auch die Probestelle 4 erst Anfang November eingerichtet, und es erfolgten daher nur vier Messungen bis zum Mai. Es wurden drei Sondenkörper eingegraben (Abb. 40). Bevor die erste Messung durchgeführt wurde, konnte schon die Vermutung aufgestellt werden, dass im Bereich der Sondenkörper Blau und Rot unzureichende Ergebnisse erzielt werden würden. Beim Eingraben der Sondenkörper trat ab einer Sedimenttiefe von etwa 10 cm kompaktes tonig-schluffiges Substrat auf.

Am ersten Messtermin im November lagen nur die Sauerstoffwerte des Sondenkörpers Gelb in allen Horizonten über 10 mg/l. Bei den Sondenkörpern Blau und Rot war in 30 cm nahezu kein Sauerstoff mehr vorhanden (Abb. 41).

Nach den vier Hochwasserperioden zwischen Dezember und Februar (Abb. 33), von denen das Februarereignis mit 21,2 m³/s den höchsten Abfluss aufwies, erfolgte die nächste Messung am

15.02.2001. Die größten Veränderungen traten bei den Sondenkörpern Blau und Rot in 20 cm Tiefe auf. Auch in diesem Horizont war nun kein Sauerstoff mehr messbar. Alle Horizonte des Sondenkörpers Gelb waren weiterhin ausreichend mit Sauerstoff versorgt. Anfang April sanken auch die 10 cm Werte der Sondenkörper Blau und Rot unter 1 mg/l ab. An diesem Messtag sank der Wert des Sondenkörpers Gelb in 30 cm erstmalig unter 5 mg/l ab. Am letzten Termin im Mai verschlechterten sich auch die Verhältnisse im Bereich des Sondenkörpers Gelb so drastisch, dass alle Messwerte im Sediment deutlich unter 5 mg/l lagen.

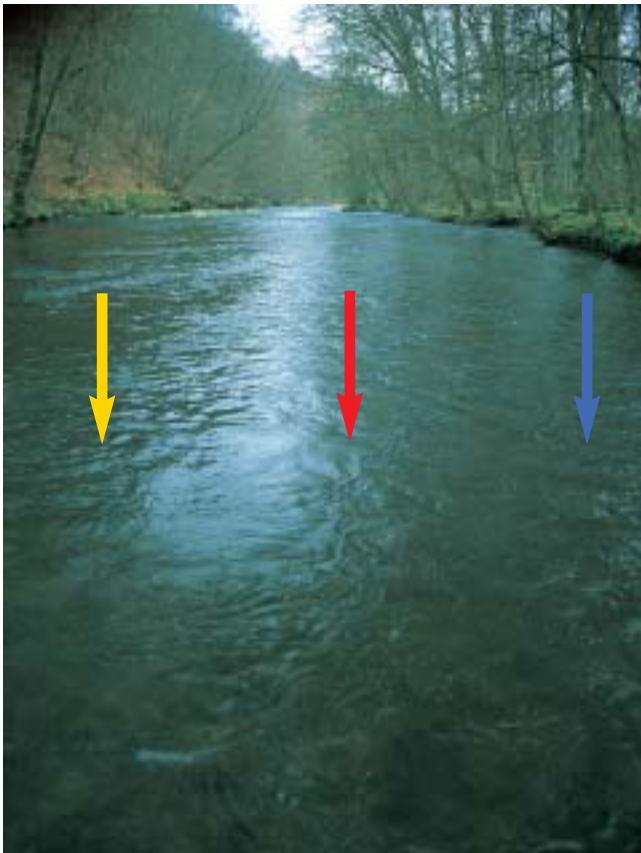


Abb. 40: Die Probestelle 4 (Birkesmühle) mit den Sondenstandorten (Blickrichtung stromabwärts).

Fazit: Die Probestelle 4 ist aufgrund der in geringer Tiefe anstehenden tonig-schluffigen Substrate in weiten Bereichen als Laichplatz für Großsalmoniden **bedingt geeignet** (Klasse 4). Das Areal um den Sondenkörper Gelb war bis in den April bis in eine Tiefe von 20 ausreichend mit Sauerstoff versorgt, während Ende Mai die Sauerstoffversorgung generell unzureichend war.

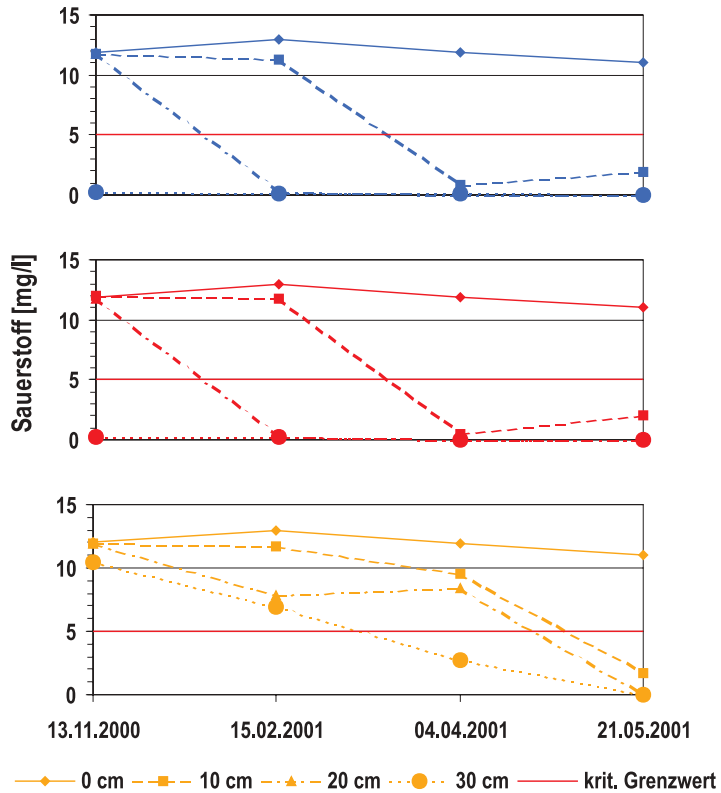


Abb. 41: Die Sauerstoffergebnisse in 0 (fließende Welle), 10, 20 und 30 cm Sedimenttiefe an der Probestelle 4 in der Bröl.

8 Die Eifelrur

Die Rur liegt im Einzugsgebiet der Maas. Sie entspringt in Belgien in etwa 680 m NN am Osthang des HohenVenns und mündet nach einer Lauflänge von etwa 161 km und einem Höhenunterschied von 550 m im niederländischen Roermond in die Maas. Die Gesamtlänge ihres Einzugsgebietes umfasst rund 2400 km². Im Einzugsgebiet der Rur lassen sich geologisch und morphologisch zwei Großräume unterscheiden. Der Oberlauf von der Quelle bis Kreuzau im Süden ist Teil des Rheinischen Schiefergebirges und wird durch zahlreiche Mittelgebirgsbäche (z.B. Kall und Urft) gespeist. Der Oberlauf der Rur wird durch drei größere Talsperren unterbrochen. Ihm schließen sich im Norden der Mittellauf von Kreuzau bis Körrenzing und der Unterlauf von Körrenzing bis Roermond an. Sie sind Teile des Niederrheinischen Tieflandes mit tertiären und quartären Sanden, Kiesen und Schluffen. Der Flachlandteil ist arm an Zuflüssen, erhebliche Abflüsse weisen dort nur Wurm und Inde auf.

Der Oberlauf der Rur ist noch weitgehend naturnah gestaltet. Hohes Gefälle, starke turbulente Strömungen und Geröllbänke, Stromschnellen, Kolke und Felsblöcke sowie Fellsprallhänge geben der Eifelrur den Charakter eines kleinen Gebirgsflusses.

Im Flachland allerdings sind nahezu 90 % des Rurverlaufes ausgebaut. Vorherrschend sind Wehrkörper und andere künstliche Sohlriegel, Bettverkürzungen und –verlegungen sowie Ufersicherungen durch eine Vielzahl von Wasserbauelementen. Ein im Jahr 1995 fertiggestelltes Gewässerauenkonzept „Rur“ (Gewässerauenprogramm MURL NRW, 1993) soll diesem Umstand Rechnung tragen und eine ökologische Umgestaltung der Ruraue vorantreiben. Die Wehranlagen sind nur zum geringen Teil mit funktionsfähigen Wanderhilfen für Fische ausgerüstet. Die lineare Durchgängigkeit und die damit verbundene Vernetzung verschiedener Habitattypen ist somit begrenzt.

Die Rur weist im Oberlauf bis zum Stausee Obermaubach eine Gewässergüte von I-II und im weiteren Verlauf bis zur Landesgrenze eine Güte von II, stellenweise II-III auf. Neben kommunalen Abwässern gelangen im Mittellauf der Rur vor allem Abwässer der Dürener Papier-, Metall- und chemischen Betriebe in das Gewässer.

8.1 Die Probestellen in der Eifelrur

In der Eifelrur wurden zwischen Hammer und Düren 45 Sondenkörper in das Gewässerbett eingegraben. In jedem Abschnitt wurden 3 Standorte mit jeweils 5 Sondenkörper im Bereich vor einem Riffelkopf positioniert. Dabei wurde folgende Einteilung vorgenommen:

Abschnitt 1: 15 Sondenkörper im Bereich oberhalb des großen Rurstausees (Abb. 42).

Abschnitt 2: 15 Sondenkörper zwischen Heimbach und Obermaubach unterhalb des großen Rurstausees (Abb. 50).

Abschnitt 3: 15 Sondenkörper unterhalb Obermaubach (Abb. 58).

Die Sondenkörper wurden am 24.10.2000 eingegraben. Die erste Messung erfolgte am 24.10.2000, die letzte von fünf Messzyklen am 22.05.2001. Die Standorte der Sondenkörper wurden z.T. nach der Kartierung der Besatzstandorte von 0+ Lachsen in der Rur (NIEMITZ & MOLLS, 1998) ausge-

sucht. Die Abflussdaten für die obere, mittlere und untere Rur wurden von folgenden Pegeln erhoben:

- Obere Rur: Pegel Dedenborn (Abb. 43)
- Mittlere Rur: Pegel Zerkall (Abb. 51)
- Untere Rur: Pegel Obermaubach (Abb. 59)

8.2 Die obere Eifelrur in Abschnitt 1 oberhalb des großen Rurstausees



Abb. 42: Lage der Probestellen im oberen Abschnitt (Abschnitt 1) der Eifelrur oberhalb des großen Rurstausees.

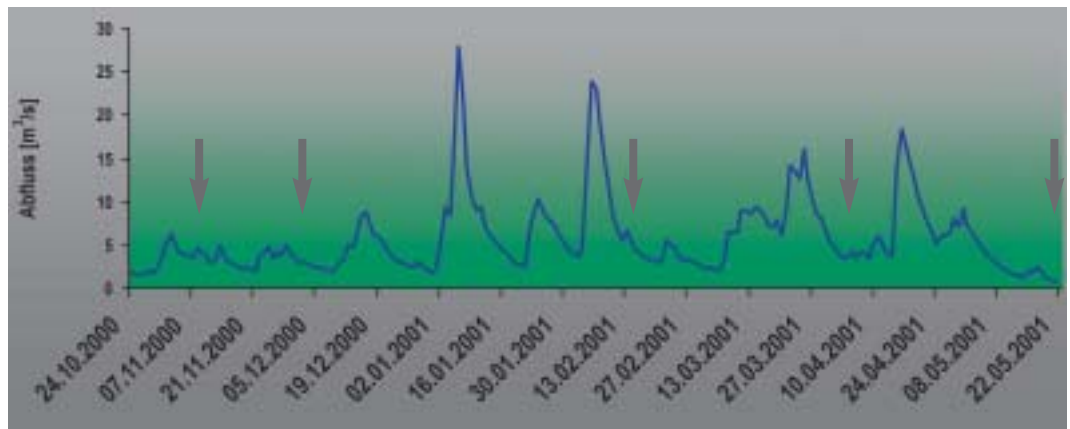


Abb. 43: Abfluss (Tagesmittelwerte) im oberen Abschnitt (Abschnitt 1) der Eifelrur am Pegel Dedenborn. Die Pfeile kennzeichnen das Probedatum der Sauerstoffuntersuchung.

8.2.1 Ergebnisse der Sauerstoffmessungen im Bereich der oberen Eifelrur (Abschnitt 1)

8.2.1.1 Die Probestelle 1 oberhalb von Hammer

Die Probestelle 1 in der oberen Rur (Abb. 44) ist durch eine heterogene Morphologie gekennzeichnet. Sie wird von einer Auskolkung (Sondenkörper Grün u. Grau) und einer längs zur Fließrichtung verlaufenden Kiesbank geprägt. Die Ergebnisse zeigten eine unterschiedliche Sauerstoffverteilung (Abb. 45). Die Sondenkörper Blau, Rot und Gelb zeichneten sich über den gesamten Messzeitraum durch einen Sauerstoffgehalt von über 5 mg/l in allen Tiefenschichten aus. Diese drei Sondenkörper wurden in die frisch aufgeworfene, recht mobile Kiesbank positioniert. An einigen Messtagen mussten die genau eingemessenen Sondenkörper freigegeben werden, da sie von einer bis zu 15 cm mächtigen Sedimentschicht überlagert worden waren.

Die Sondenkörper Grün und Grau verzeichneten an den beiden ersten Messterminen Anfang und Ende November einen ähnlichen Verlauf wie die Sondenkörper der Kiesbank. Im gesamten Zeitraum war neben der fließenden Welle nur die 10 cm-Schicht ausreichend mit Sauerstoff versorgt. Im Februar 2001, nachdem zwei starke Hochwasserereignisse mit Spitzenabflüssen von 27,9 m³/s (Anfang Januar) und 24 m³/s (Anfang Februar) die Rur passierten (Abb. 43), sanken die Sauerstoffwerte in den 20 und 30 cm-Horizonten erheblich ab, im Bereich des Sondenkörpers Grün sogar unter 5 mg/l. Diesen Wert unterschritten die beiden unteren Messbereiche des Sondenkörpers Grau am folgenden Termin im April, nachdem zwei weitere mittlere Hochwasserereignisse Mitte März und Mitte April aufgetreten waren. Die Verhältnisse änderten sich am letzten Termin im Mai nicht.

Fazit: Die Probestelle 1 in Abschnitt 1 der oberen Rur ist im Bereich der Kiesbank insgesamt als Laichplatz für Lachs und Meerforelle **gut geeignet** (Klasse 2). Nur im Bereich einer Auskolkung waren die Sauerstoffverhältnisse ab Mitte Februar in den unteren beiden Messhorizonten unzureichend.

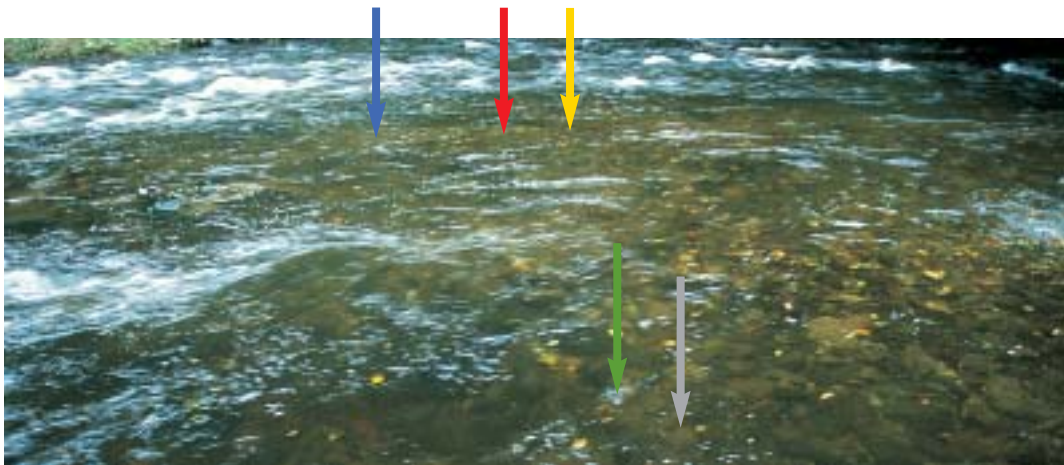


Abb. 44: Probestelle 1 mit den Sondenstandorten an der oberen Eifelrur westlich von Hammer (Fließrichtung von links nach rechts).

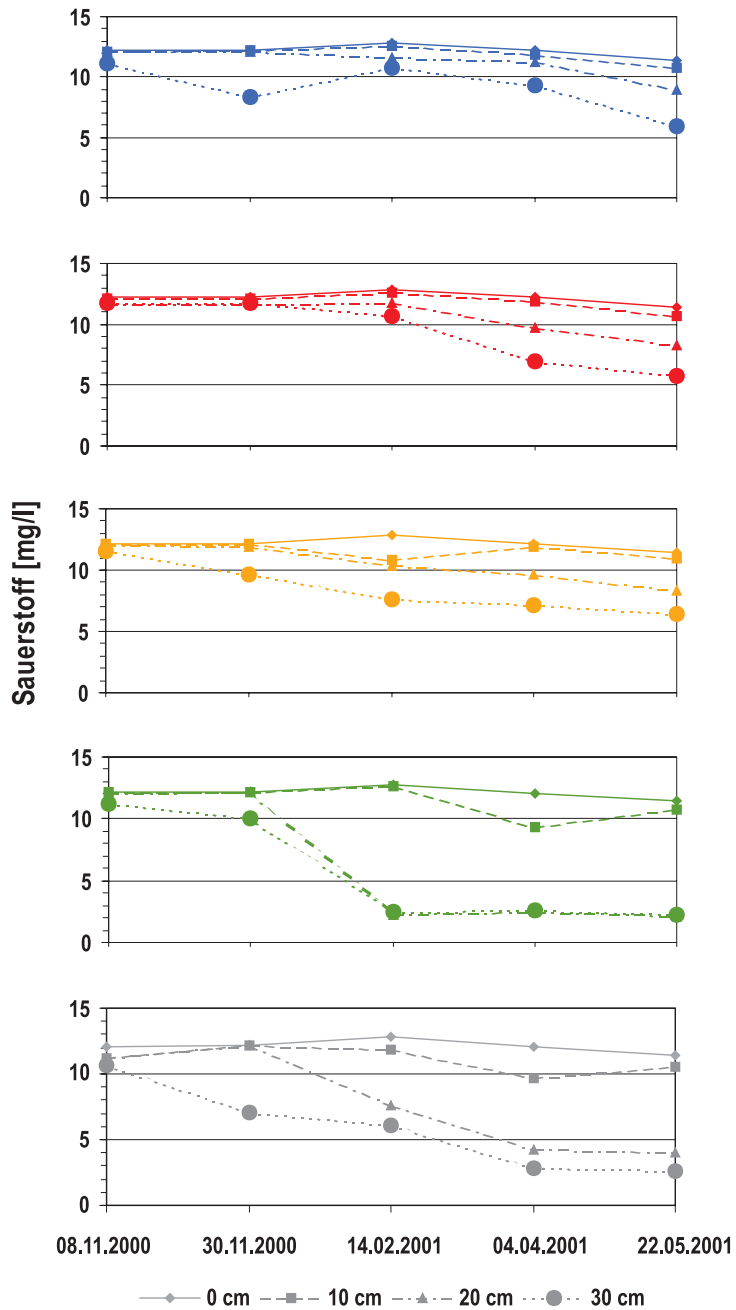


Abb. 45: Die Sauerstoffergebnisse in 0 (fließende Welle), 10, 20 und 30 cm Sedimenttiefe an der Probestelle 1 in Abschnitt 1 in der Rur.

8.2.1.2 Die Probestelle 2 unterhalb von Hammer

Die Probestelle 2 in Abschnitt 1 (Abb. 46) war bis zum Messtermin am 04.04.2001 in allen Schichten ausreichend mit Sauerstoff versorgt. Alle Werte, auch die der 30 cm-Horizonte, lagen überwiegend deutlich über der kritischen Grenze von 5 mg/l. Erst gegen Ende Mai sanken an einigen Messpunkten die Werte in 30 cm Tiefe, beim Sondenkörper Blau auch der 20 cm-Wert, unter 5 mg/l ab.

Am Anfang der Messungen im November lagen die Werte aller Sondenstandorte im Bereich von 10 mg/l (Abb. 47). Dieses Ergebnis änderte sich auch am zweiten Messtag Ende November nicht. Nachdem zwei starke Hochwasserereignisse mit Spitzenabflüssen von 27,9 m³/s (Anfang Januar) und 24 m³/s (Anfang Februar) die Rur durchströmten (Abb. 43), sanken die Sauerstoffwerte im Februar in fast allen 20 und 30 cm-Horizonten ab. Die Grenze von 5 mg/l wurde dabei aber nicht unterschritten.

Im Bereich der Probestelle konnten am Messtermin am 30.11.2000 einige kleinere Laichgruben von Bachforellen festgestellt werden.

Fazit: Die Probestelle 2 in Abschnitt 1 ist als Laichplatz von Lachs und Meerforelle bis Anfang April bis in 30 cm Tiefe **sehr gut geeignet** (Klasse 1). Erst gegen Ende Mai kam es in einigen 20 und 30 cm-Horizonten zu einer unzureichenden Sauerstoffversorgung.

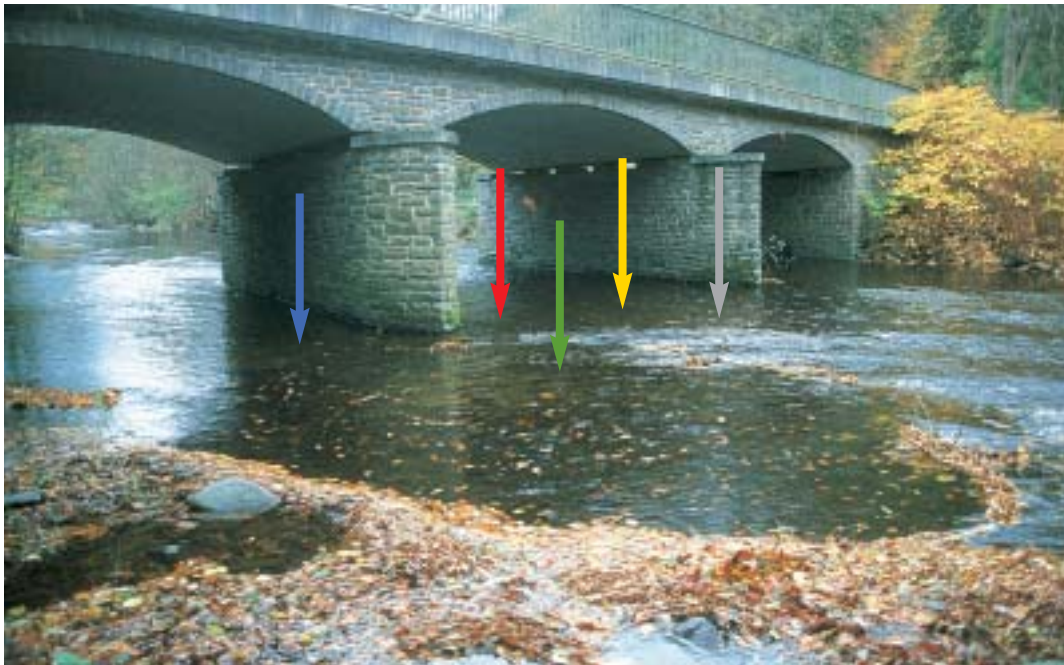


Abb. 46: Die Probestelle 2 mit den Sondenstandorten an der 1. Brücke unterhalb von Hammer (Fließrichtung von links nach rechts).

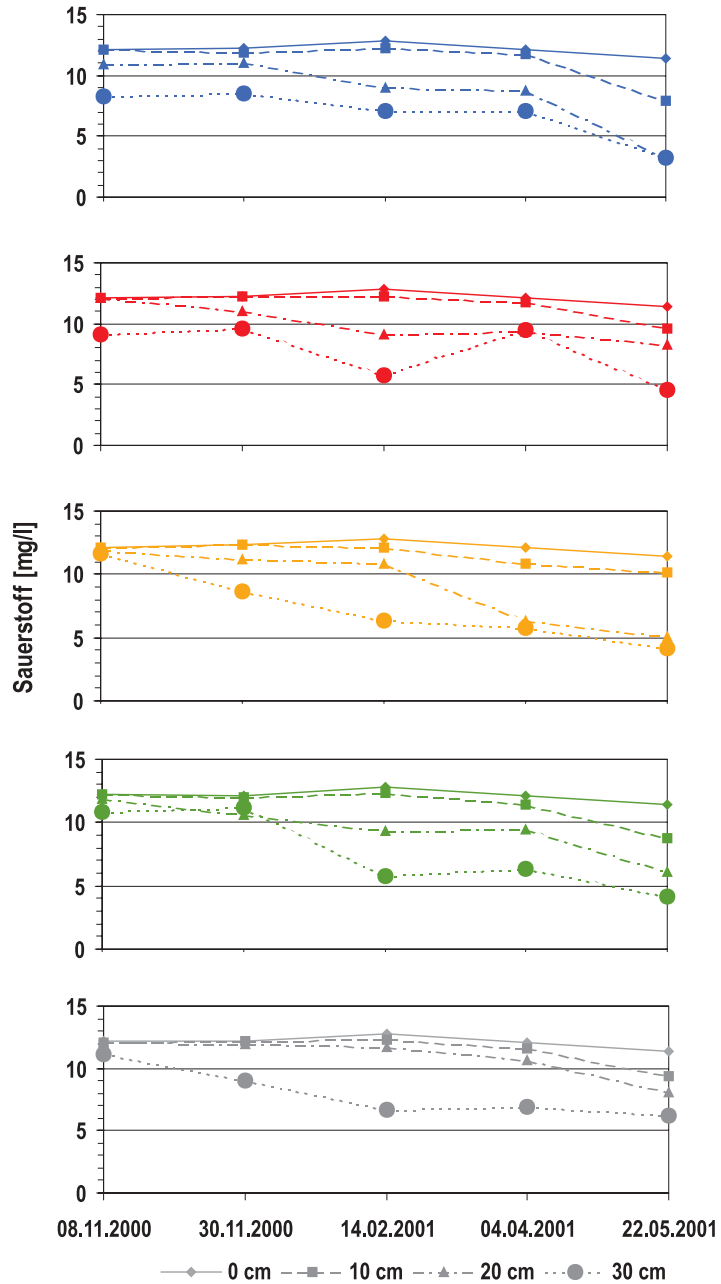


Abb. 47: Die Sauerstoffergebnisse in 0 (fließende Welle), 10, 20 und 30 cm Sedimenttiefe an der Probestelle 2 in Abschnitt 1 in der Rur.

8.2.1.3 Die Probestelle 3 oberhalb von Dedendorn

Die Probestelle 3 im Abschnitt 1 liegt im Bereich eines ausgeprägten Riffelkopfes (Abb. 48). Dieser Standort zeigte die besten Messergebnisse aller Standorte in der gesamten Eifelrur. Die Werte lagen über den gesamten Messzeitraum verteilt in allen Horizonten sehr deutlich über 5 mg/l (Abb. 49).

Am Anfang der Messungen im November lagen die Werte aller Sondenkörper in sämtlichen Messtiefen mit über 10 mg/l im nahezu sauerstoffgesättigten Bereich. Die Verhältnisse blieben auch am zweiten Termin im Dezember nahezu unverändert. Nur der 30 cm-Wert des Sondenkörpers Blau sank leicht unter 10 mg/l.

Auch nachdem zwei starke Hochwasserereignisse mit Spitzenabflüssen von 27,9 m³/s (Anfang Januar) und 24 m³/s (Anfang Februar) die Rur durchströmten (Abb. 43), sanken die Sauerstoffwerte im Februar nicht wesentlich ab. Diese Tendenz setzte sich bis zum vierten Messtermin Anfang April fort. Erst im Mai näherten sich die Werte aller 30 cm-Horizonte der 5 mg/l-Marke.

Im Bereich der Probestelle 3 wurden im Bereich des Riffelkopfes beim Messtermin am 08.11.2000 viele Laichgruben festgestellt, die wahrscheinlich von Bachforellen angelegt worden waren.

Fazit: Die Probestelle 3 in Abschnitt 1 der Eifelrur ist als Laichhabitat für Lachs und Meerforelle bis in den April hinein **sehr gut geeignet** (Klasse 1). Erst gegen Ende Mai traten in 30 cm leicht bedenkliche Verhältnisse auf. Die oberen beiden Sedimenthorizonte (20 und 30 cm) waren aber auch noch im Mai sehr gut mit Sauerstoff versorgt.

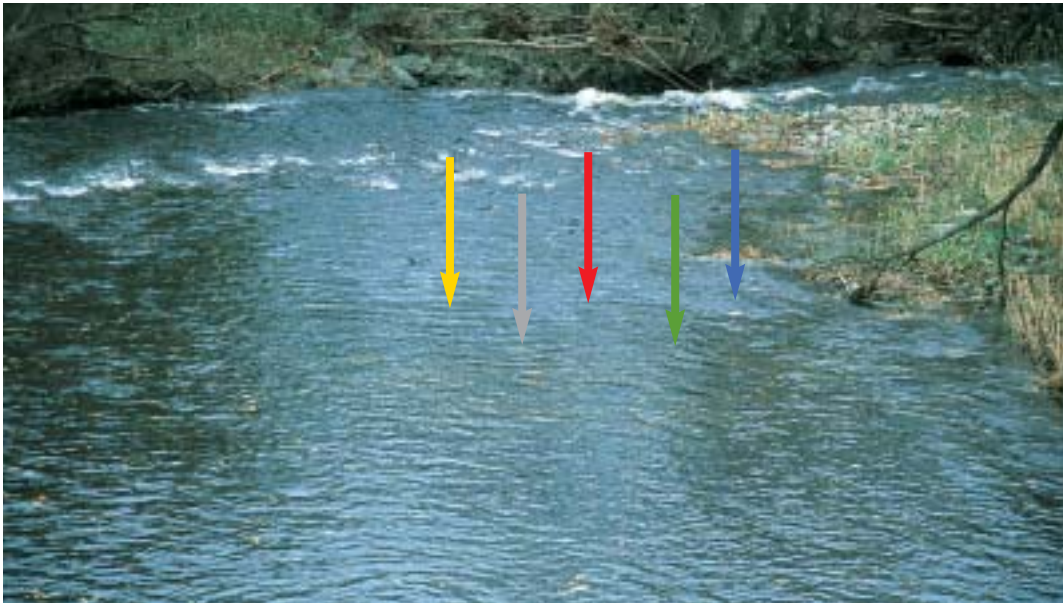


Abb. 48: Die Probestelle 3 mit den Sondenstandorten oberhalb von Dedenborn (Blickrichtung stromabwärts).

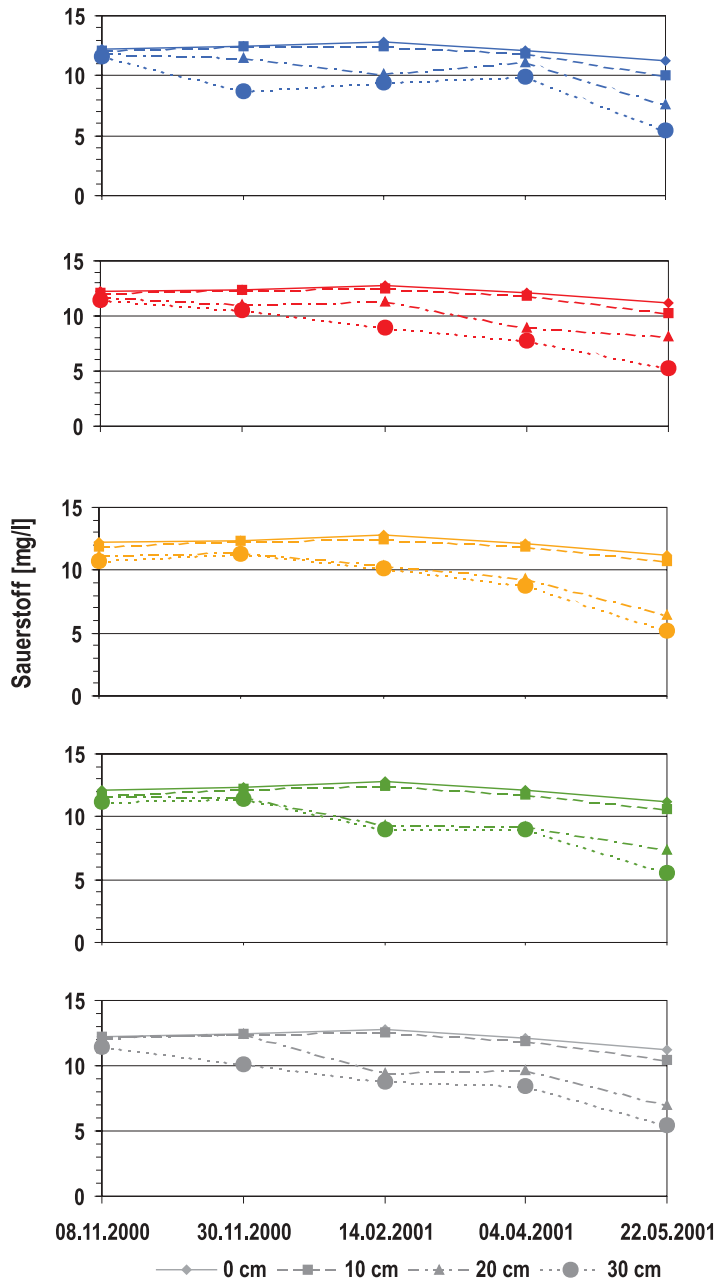


Abb. 49: Die Sauerstoffergebnisse in 0 (fließende Welle), 10, 20 und 30 cm Sedimenttiefe an der Probestelle 3 in Abschnitt 1 in der Rur.

8.3 Die mittlere Eifelrur in Abschnitt 2 zwischen Heimbach und Obermaubach



Abb. 50: Lage der Probestellen im mittleren Abschnitt (Abschnitt 2) der Eifelrur zwischen Heimbach und Obermaubach.

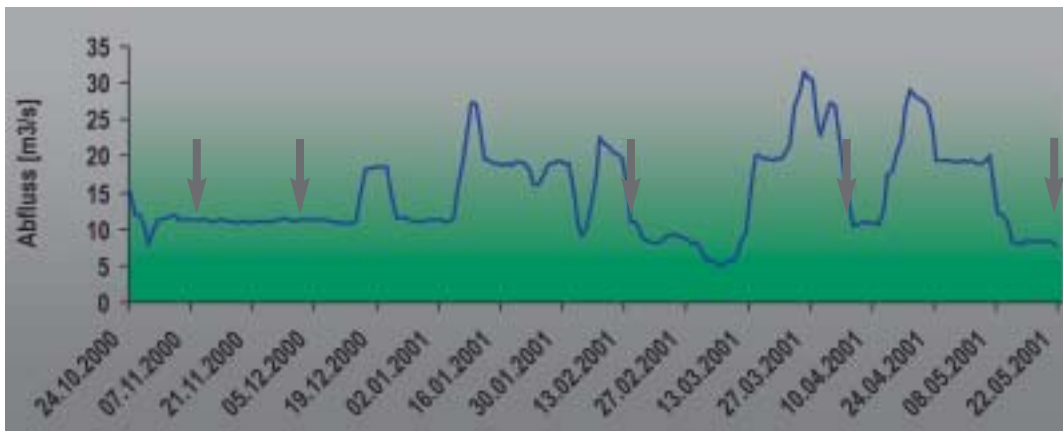


Abb. 51: Abfluss (Tagesmittelwerte) im mittleren Abschnitt der Eifelrur am Pegel Zerkall Die Pfeile kennzeichnen das Probedatum der Sauerstoffuntersuchung.

8.3.1 Ergebnisse der Sauerstoffmessungen im Bereich der mittleren Eifelrur (Abschnitt 2)

8.3.1.1 Die Probestelle 1 in Abschnitt 2 am Campingplatz oberhalb von Zerkall

Alle Sondenkörper im Bereich der Probestelle 1 in Abschnitt 2 (Abb. 52) zeigten einen ähnlichen Verlauf in der Verteilung des Sauerstoffs (Abb. 53). Zu Beginn der Messungen im November lagen

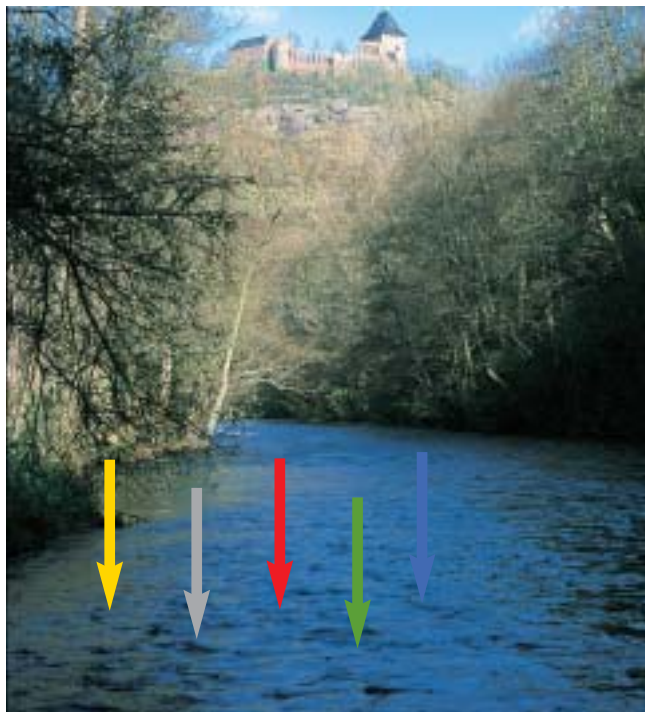


Abb. 52: Die Probestelle 1 mit den Sondenstandorten in Abschnitt 2 am Campingplatz oberhalb von Zerkall (Blickrichtung stromabwärts).

die Werte der drei oberen Horizonte in einem nahezu gesättigten Bereich oberhalb von 10 mg/l, während die O_2 -Werte der 30 cm-Schichten aller Sondenkörper unter 5 mg/l lagen. Dieses Verhältnis änderte sich mit einer Ausnahme auch Anfang Dezember nicht. Dort stieg der 30 cm-Wert des Sondenkörpers Blau auf über 5 mg/l an. Diesen Grenzwert erreichten bzw. überschritten die Sondenkörper Rot, Gelb und Grün am nächsten Messtermin im Februar. Bis dahin erfolgten drei Hochwasserereignisse, die durch das Abflussmanagement des großen Rurstausees lang anhaltend und zeitlich verzögert auftraten (Abb. 51). Mitte Februar zeigten die Ergebnisse der O_2 -Konzentrationen im Bereich der Sondenkörper Blau, Rot, Gelb und Grün einen ähnlichen Verlauf. Die Konzentrationen in 10 und 30 cm Tiefe stiegen an, während die Werte in 20 cm

unterschritten den des 30 cm-Horizontes. Diese Tendenz änderte sich auch am Apriltermin nicht. Bis zu diesem Tag erreichte der Abfluss ein weiteres Maximum im März (Spitzenabfluss 31,5 m³/s). Bis auf den 10 cm-Horizont des Sondenkörpers Blau fielen alle anderen Sedimenthorizonte unter bzw. bis knapp über den Wert von 5 mg/l ab. Ende April erreichte der Abfluss erneut einen hohen Wert mit einem Spitzenabfluss von 29,1 m³/s. Bis auf die 20 cm-Schicht des Sondenkörpers Rot konnte sich die Sauerstoffkonzentration in keiner anderen Schicht über den Grenzwert von 5 mg/l erholen.

Fazit: Die Probestelle 1 in Abschnitt 2 ist als Laichhabitat von Lachs und Meerforelle **bedingt geeignet** (Klasse 4), da die Sauerstoffwerte schon im April in fast allen Tiefenschichten knapp über oder deutlich unter 5 mg/l lagen. Die Verhältnisse änderten sich im Mai nicht wesentlich.

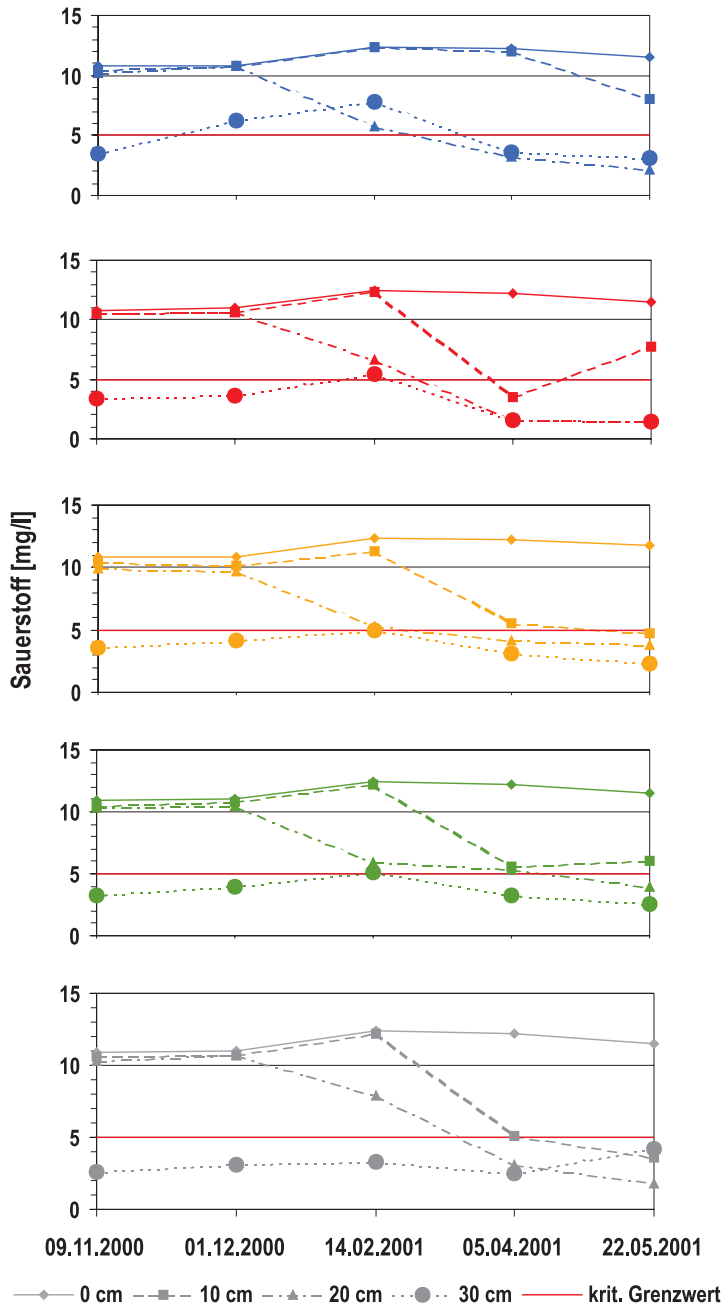


Abb. 53: Die Sauerstoffergebnisse in 0 (fließende Welle), 10, 20 und 30 cm Sedimenttiefe an der Probestelle 1 in Abschnitt 2 in der Rur.

8.3.1.2 Die Probestelle 2 in Abschnitt 2 am Campingplatz oberhalb von Zerkall

Die Probestelle 2 in Abschnitt 2 (Abb. 54) liegt nur ca. 150 m unterhalb der Probestelle 1 und zeigte eine bessere Sauerstoffversorgung, wobei alle Sondenkörper einen ähnlichen Verlauf der Sauerstoffwerte zeigten (Abb. 55). Am ersten Messtermin im November lagen die Werte der Horizonte in 10 und 20 cm über 10 mg/l und waren somit fast zu 100 % mit Sauerstoff gesättigt. Die Konzentrationen in allen 30 cm-Schichten lagen – bei dem Sondenkörper Grau nur knapp – über 5 mg/l. In dieser Tiefe stiegen die Werte Anfang Dezember in fast allen Sondenstandorten z.T. deutlich an. Nur im Bereich des Sondenkörpers Gelb gab es einen leichten Abfall. Bis zum Messtermin im Februar traten drei Hochwasserereignisse auf (Abb. 51), wovon das Hochwasser Anfang Januar mit einem Spitzenabfluss von 27,2 m³/s die höchsten Wassermengen aufwies. Die Werte in 20 und 30 cm Tiefe sanken weiter ab oder stagnierten. Am 05.04.2001 lagen die Werte der Sondenkörper Rot, Gelb und Grau in 30 cm Tiefe unter 5 mg/l. Alle restlichen Horizonte bewegten sich über dieser Marke. Diese Tendenz der Sauerstoffkonzentrationen wiederholte sich auch am letzten Messtermin Ende Mai.

Im Bereich dieser Probestelle konnten im November einige Laichgruben von Bachforellen festgestellt werden. Drei Gelege befanden sich unmittelbar in dem gereinigten Substrat um die Messsonden.

Fazit: Die Probestelle 2 in Abschnitt 2 war im April als Laichhabitat für Großsalmoniden **sehr gut geeignet** (Klasse 1). Auch im Mai herrschten in vielen Messtiefen noch günstige Bedingungen.

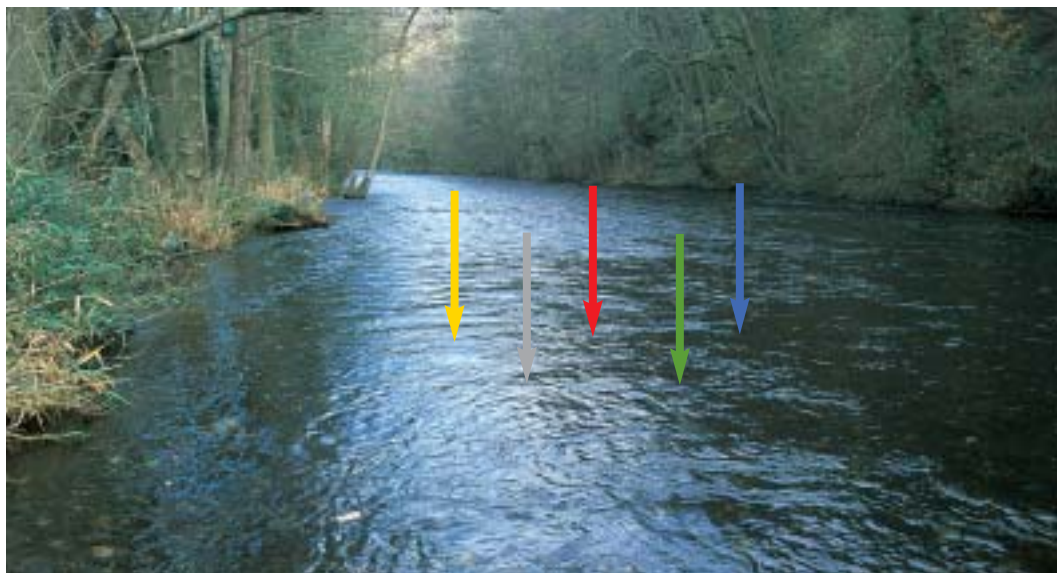


Abb. 54: Die Probestelle 2 mit den Sondenstandorten in Abschnitt 2 am Campingplatz oberhalb von Zerkall (Blickrichtung stromabwärts).

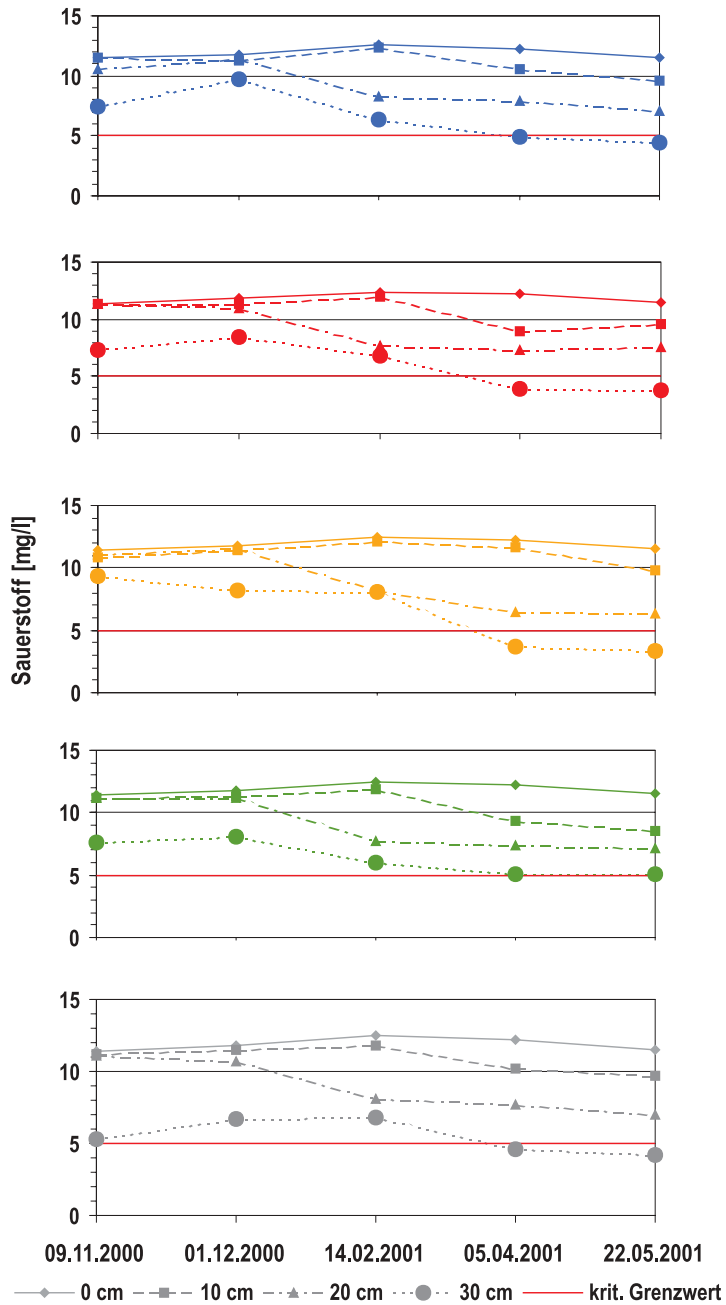


Abb. 55: Die Sauerstoffergebnisse in 0 (fließende Welle), 10, 20 und 30 cm Sedimenttiefe an der Probestelle 2 in Abschnitt 2 in der Rur.

8.3.1.3 Die Probestelle 3 in Abschnitt 2 an der Brücke in Zerkall

Die Probestelle wird von einer mobilen Kiesbank geprägt, die sich im stark durchströmten Bereich einer Innenkurve gebildet hat (Abb. 56). Durch die Sedimentmobilität wurden einige Sondenkörper überdeckt, so dass sie an einzelnen Probetag freigegeben werden mussten. Am Anfang der Messungen im November lagen die oberen Schichten mit Sauerstoffwerten von über 10 mg/l in einem nahezu gesättigten Bereich. Der 30 cm-Horizont des Sondenkörpers Grau bewegte sich an der 5 mg/l-Grenze, zeigte sich aber dann mit abnehmenden Wassertemperaturen im Dezember erholt (Abb. 57).

Bis zum Messtermin im Februar traten drei Hochwasserereignisse auf (Abb. 51). Den höchsten Abfluss wies dabei das Hochwasser Anfang Januar mit einer Spitze von 27,2 m³/s auf.

Anschließend sanken die Sauerstoffkonzentrationen bei allen Sondenkörpern in 20 cm Tiefe. In 30 cm nahmen sie ebenfalls ab, bzw. stagnierten. Bis zum Messtermin am 05.04.2001 durchströmte das stärkste Hochwasser der Saison die Rur. Am 26.03.2001 registrierte der Pegel in Zerkall einen Spitzenabfluss von 30,6 m³/s (Abb. 51), wodurch es zu einer starken Sedimentumlagerung im Bereich der Kiesbank kam. Nahezu alle Werte, vor allem die in den tiefer gelegenen Horizonten,

erholten sich bedeutend. Ein weiteres, lang anhaltendes Hochwasser trat durch die Abflussregelung des oberen Rurstausees vom 13.04. bis zum 06.05.2001 mit einem Spitzenabfluss von 29,1 m³/s auf. Am letzten Messtermin im Mai 2001 sanken alle Sauerstoffwerte stark ab, der überwiegende Teil der 20 und 30 cm-Messtiefen sogar unter 5mg/l.

An dieser Probestelle konnten mehrere Bachforellen beim Schlagen der Laichgruben beobachtet werden.

Fazit: Die Probestelle 3 war bis in den April für Lachs und Meerforelle als Laichhabitat **gut geeignet** (Klasse 2), da die Sauerstoffkonzentrationen nur in wenigen Horizonten unter 5 mg/l lagen.

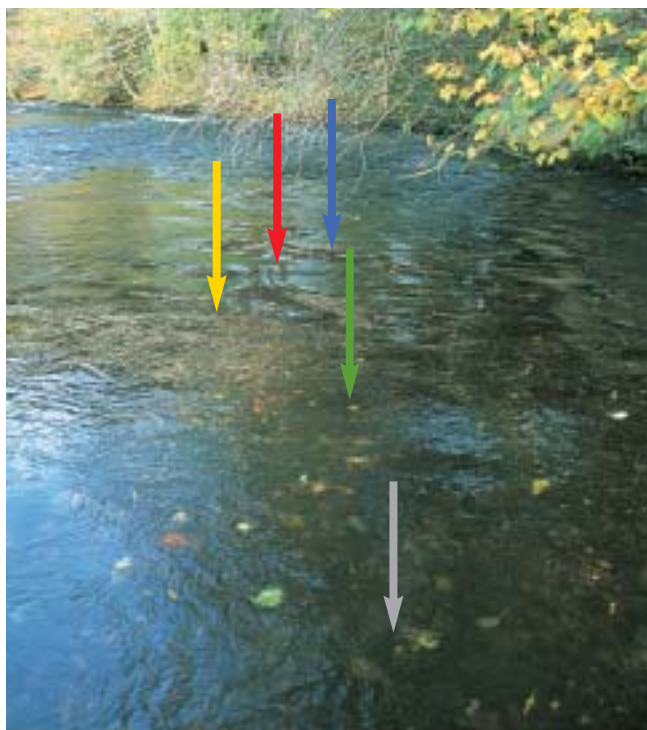


Abb. 56: Die Probestelle 3 in Abschnitt 2 mit den Sondenstandorten an der Brücke in Zerkall (Blickrichtung stromabwärts).

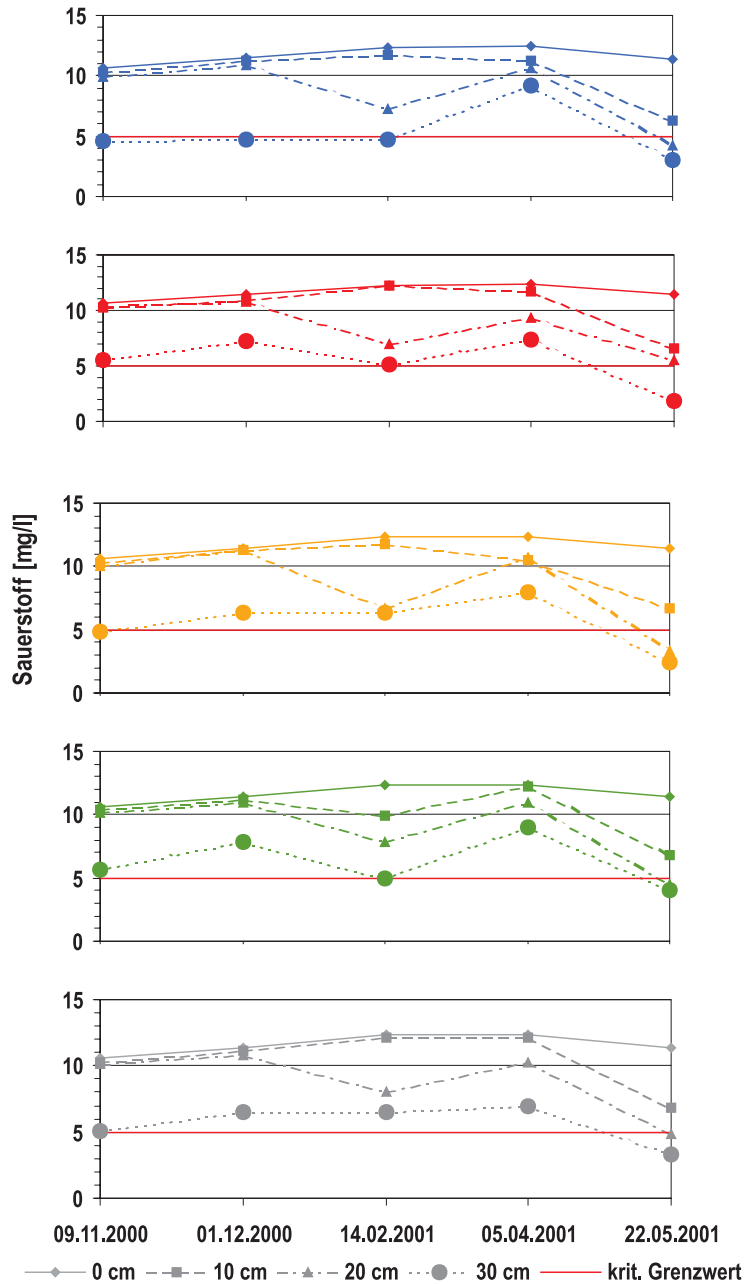


Abb. 57: Die Sauerstoffergebnisse in 0 (fließende Welle), 10, 20 und 30 cm Sedimenttiefe an der Probestelle 3 in Abschnitt 2 in der Rur.

8.4 Die untere Eifelrur in Abschnitt 3 unterhalb von Obermaubach



Abb. 58: Lage der Probestellen im unteren Abschnitt (Abschnitt 3) der Eifelrur unterhalb Obermaubach im Bereich der Stadt Düren.

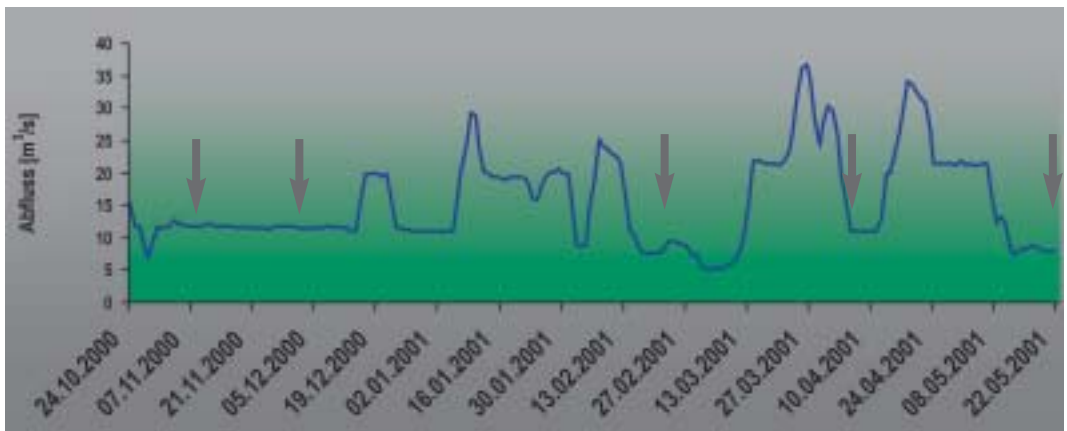


Abb. 59: Abfluss (Tagesmittelwerte) im unteren Abschnitt (Abschnitt 3) der Eifelrur am Pegel Obermaubach. Die Pfeile kennzeichnen das Probedatum der Sauerstoffuntersuchung.

8.4.1 Ergebnisse der Sauerstoffuntersuchungen in der unteren Eifelrur (Abschnitt 3)

8.4.1.1 Die Probestelle 1 in Abschnitt 3 an der Schneidhausener Brücke

Die Probestelle 1 in Abschnitt 3 (Abb. 60) verzeichnete schon am ersten Messtag Anfang November im Bereich der Sondenkörper Blau und Rot eine sehr schlechte Sauerstoffversorgung in 30 cm (Abb. 61). Dieser Horizont des Sondenkörpers Rot war an diesem Termin sogar schon frei von Sau-

erstoff. Am zweiten Termin Anfang Dezember fielen auch die Werte der anderen 30 cm-Horizonte, und zwar weit unter 5 mg/l. Die Werte in 10 und 20 cm und die der fließenden Welle (0 cm) lagen bis zu diesem Termin bei Werten um 10 mg/l.

Im Dezember, Januar und Februar gab es insgesamt drei Hochwasserereignisse (Abb. 59). Das Hochwasser im Januar erstreckte sich vom 07.01. bis zum 31.01.2001 mit einem Spitzenabfluss von 29,2 m³/s. Ende Februar fielen die Sauerstoffwerte im Interstitial weiter ab. Sie sanken auch in 20 cm unter bzw. knapp über 5 mg/l. Eine weitere Verschlechterung trat Anfang April nach einem weiteren Hochwasser mit einem Spitzenabfluss von 34,1 m³/s auf. Bis auf die Werte der Sondenkörper Grün und Grau in 10 cm Tiefe sanken alle restlichen Interstitial-Werte auf unter 10 mg/l. Am letzten Termin Ende Mai sanken auch die letzten Messwerte im Kiesbett unter 5 mg/l. In der fließenden Welle (0 cm) hingegen wurden während des gesamten Zeitraumes deutlich über 10 mg/l gemessen.

Im Bereich dieser Probestelle wurden am ersten Messtermin zahlreiche Laichgruben von Bachforellen gefunden.

Fazit: Die Probestelle 1 in Abschnitt 3 ist als Laichhabitat für Großsalmoniden wie auch wahrscheinlich für Bachforellen **ungeeignet** (Klasse 5), da die Werte Anfang April in fast allen Sedimenthorizonten (Messtiefen) unter 5 mg/l lagen.

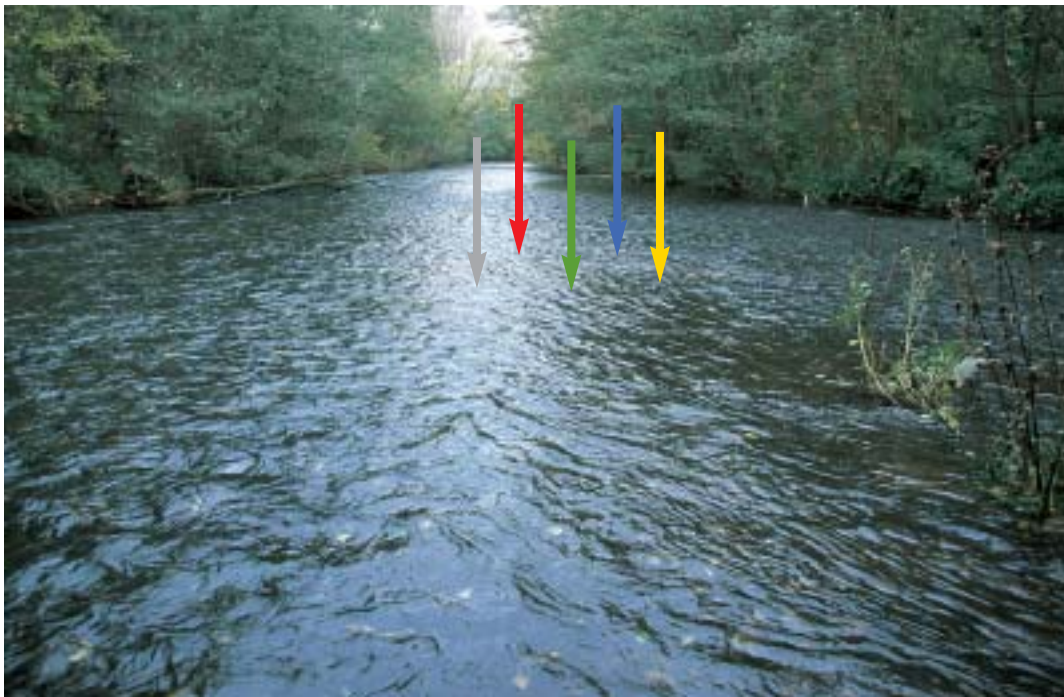


Abb. 60: Probestelle 1 in Abschnitt 3 mit den Sondenstandorten an der Schneidhausener Brücke (Blickrichtung stromabwärts). Das Foto zeigt die Rur bei Niedrigwasser.

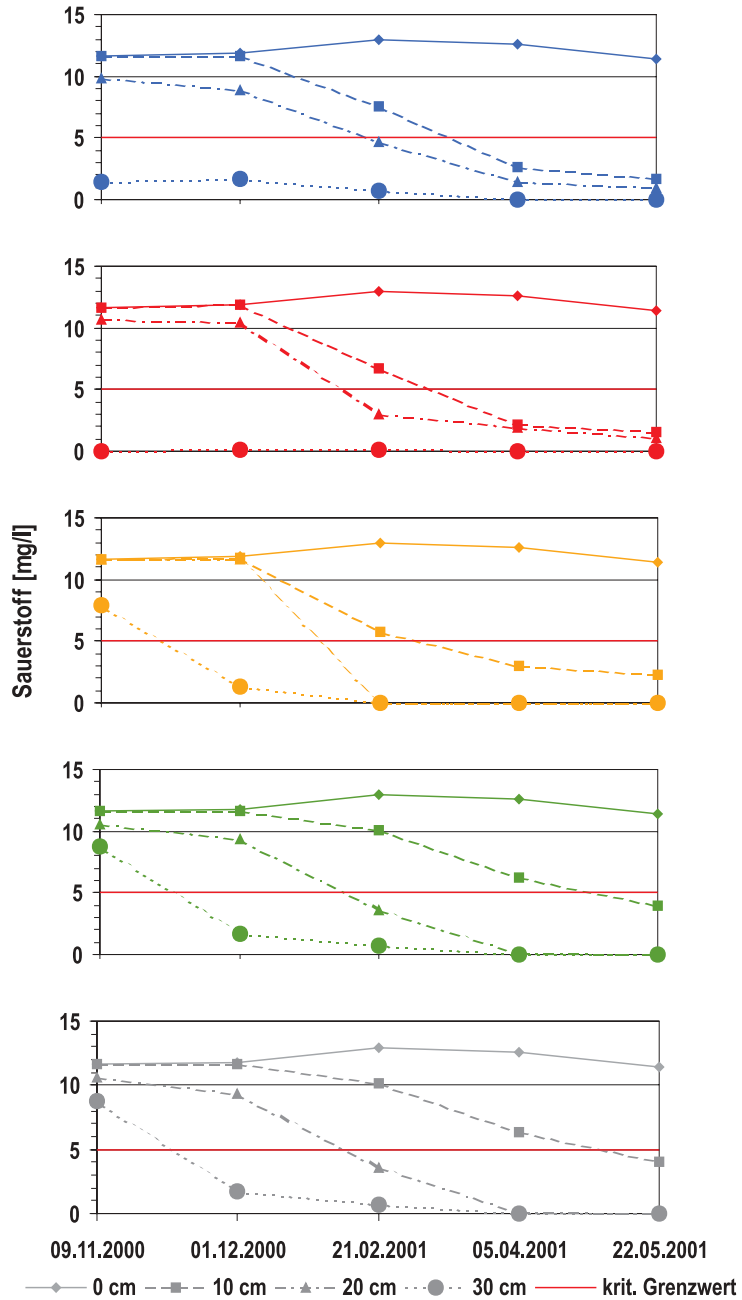


Abb. 61: Die Sauerstoffergebnisse in 0 (fließende Welle), 10, 20 und 30 cm Sedimenttiefe an der Probestelle 1 in Abschnitt 3 in der Rur.

8.4.1.2 Die Probestelle 2 in Abschnitt 3 an der alten Kreisbahnbrücke

Die Probestelle an der alten Kreisbahnbrücke (Abb. 62) liegt direkt unterhalb einer kleinen Sohlschwelle. Am 09.11.2000 bewegten sich nahezu alle Messwerte deutlich über 10 mg/l (Abb. 63). Bis zum zweiten Termin am 01.12.2000 - bei stabilen Abflusswerten von etwa 12 m³/s (Abb. 59) - traten bei den Sondenkörpern Gelb und Grün in 30 cm Tiefe erste Verschlechterungen in der Sauerstoffversorgung auf. Alle Messwerte der übrigen Sondenkörper blieben in allen Horizonten weiterhin über 10 mg/l.

Die drei Hochwasserereignisse im Dezember, Januar und Februar (Abb. 59), führten nur zu unerheblichen Verschlechterungen in der Sauerstoffversorgung. Der erhöhte Abfluss im Januar erstreckte sich vom 07.01. bis zum 31.01.2001 und verzeichnete in den Spitzen einen Abfluss von 29,2 m³/s. Die Sauerstoffkonzentrationen aller 20 und 30 cm-Horizonte sanken bis Ende Februar auf Werte zwischen 7 und 10 mg/l ab. Die Messwerte in 10 cm blieben konstant.

Eine weitere Verschlechterung der Sauerstoffwerte trat Anfang April nach einem weiteren Hochwasser mit einem Spitzenabfluss von 34,1 m³/s auf. Die Werte der Sondenkörper Grau, Grün und Gelb unterschritten in 20 und 30 cm Tiefe den Grenzwert von 5 mg/l. Die Sauerstoffwerte des Sondenkörpers Rot sanken nur in 30 cm unter 5 mg/l.

Nach einem weiteren starken Abflussereignis im April (Spitzenabfluss 33,5 m³/s) sanken im Mai alle Werte noch einmal geringfügig ab. Werte über 5 mg/l verzeichneten an diesem Termin nur noch die Horizonte aller Sondenkörper in der fließenden Welle (0 cm) und in 10 cm. In 20 cm lagen nur noch die Ergebnisse der Sondenkörper Blau und Rot über dem Grenzwert von 5 mg/l.

Fazit: Die Probestelle 2 in Abschnitt 3 unterhalb der Sohlschwelle war als Laichhabitat für Großsalmoniden **geeignet** (Klasse 3), da nur einige Sauerstoffwerte Anfang April unter dem Grenzwert von 5 mg/l lagen.



Abb. 62: Probestelle 2 in Abschnitt 3 mit den Sondenstandorten an der alten Kreisbahnbrücke (Blickrichtung stromabwärts).

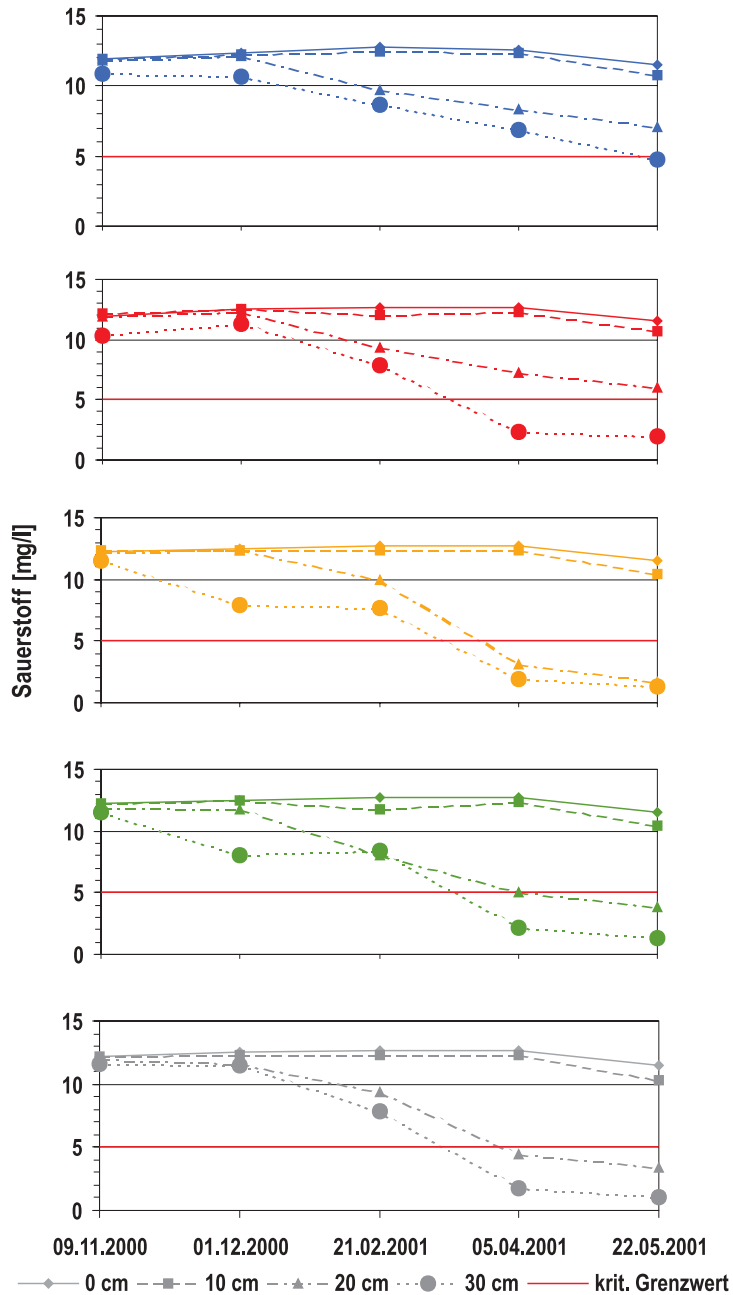


Abb. 63: Die Sauerstoffergebnisse in 0 (fließende Welle), 10, 20 und 30 cm Sedimenttiefe an der Probestelle 2 in Abschnitt 3 in der Rur.

8.4.1.3 Die Probestrecke 3 in Abschnitt 3 im renaturierten Abschnitt der Rur bei Düren

Der Bereich der Probestrecke 3 in Abschnitt 3 ist ein renaturierter Bereich der Eifelzur (Abb. 64), in dem das kiesige Gewässerbett durch die Umgestaltungsmaßnahme großflächig von Feinsedimenten gereinigt wurde. Diese Baumaßnahme erfolgte im Jahr 1999. Leider wurden drei der Sondenkörper (Blau, Rot, Grau) zwischen dem dritten und vierten Messtermin durch spielende Kinder aus dem Sediment gezogen, so dass von dieser Probestelle nur zwei Werte über den gesamten Messzeitraum vorliegen. Bis zum Februar waren sämtliche Horizonte aller Sondenkörper durch eine sehr gute Sauerstoffversorgung gekennzeichnet (Abb. 65). Im Dezember, Januar und Februar traten insgesamt drei Hochwasserereignisse auf (Abb. 59). Der hohe Abfluss im Januar erstreckte sich vom 07.01. bis zum 31.01.2001 mit einem Spitzenwert von 29,2 m³/s. Anschließend verschlechterte sich die Sauerstoffversorgung in 20 und 30 cm deutlich. Der 30 cm-Wert der Sonde Gelb lag knapp unter 5 mg/l. Eine weitere Verschlechterung der Sauerstoffwerte trat im Mai nach einem weiteren Hochwasser mit einem Spitzenabfluss von 34,1 m³/s auf (Abb. 59).

Im Bereich der Probestelle wurden mehrere Laichgruben von Bachforellen nachgewiesen.

Fazit: Die Probestelle 3 im Bereich der renaturierten Strecke in der Eifelzur war bis zum April wahrscheinlich als Laichhabitat für Großsalmoniden **gut geeignet** (Klasse 2). Die Bewertung hat aber nur zwei komplette Messreihen als Grundlage, da drei Sondenkörper entfernt wurden. Der Vergleich zwischen den einzelnen Sondenkörpern bis zum Februar zeigte einen nahezu identischen Verlauf. Betrachtet man zusätzlich die weitere parallele Entwicklung der Sondenkörper Gelb und Grün bis zum Mai, kann man vermuten, dass sich die Werte der fehlenden Sondenkörper ähnlich entwickelt hätten. Insgesamt zeigte diese Probestelle von allen Messstellen im Bereich der unteren Rur die beste Sauerstoffversorgung. Das lag aller Voraussicht nach an dem im Rahmen der Renaturierungsarbeiten eingebrachten, gereinigten Sediment, welches noch keine Kolmationserscheinungen zeigte. Da die Werte bis in 10 cm eine sehr gute Sauerstoffversorgung zeigten, war die Entwicklung der nachgewiesenen Bachforellengelege wahrscheinlich erfolgreich.

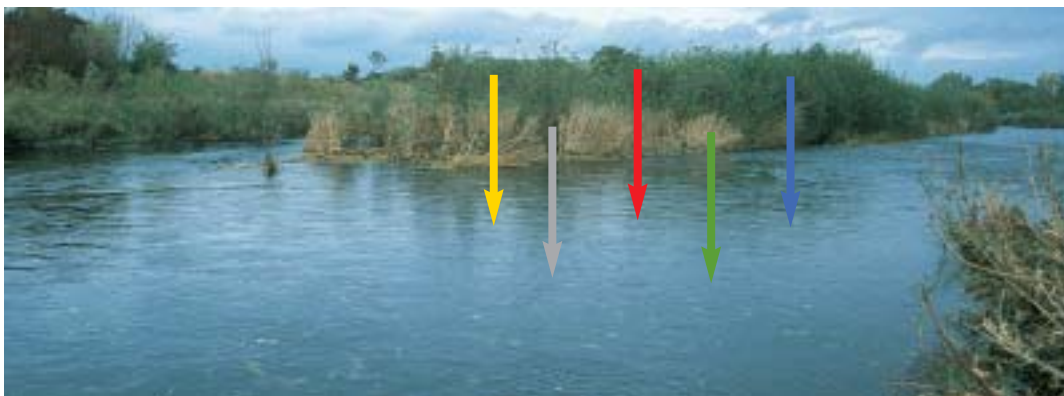


Abb. 64: Probestelle 3 in Abschnitt 3 im renaturierten Bereich der Rur bei Düren mit den Sondenstandorten (Blickrichtung stromabwärts).

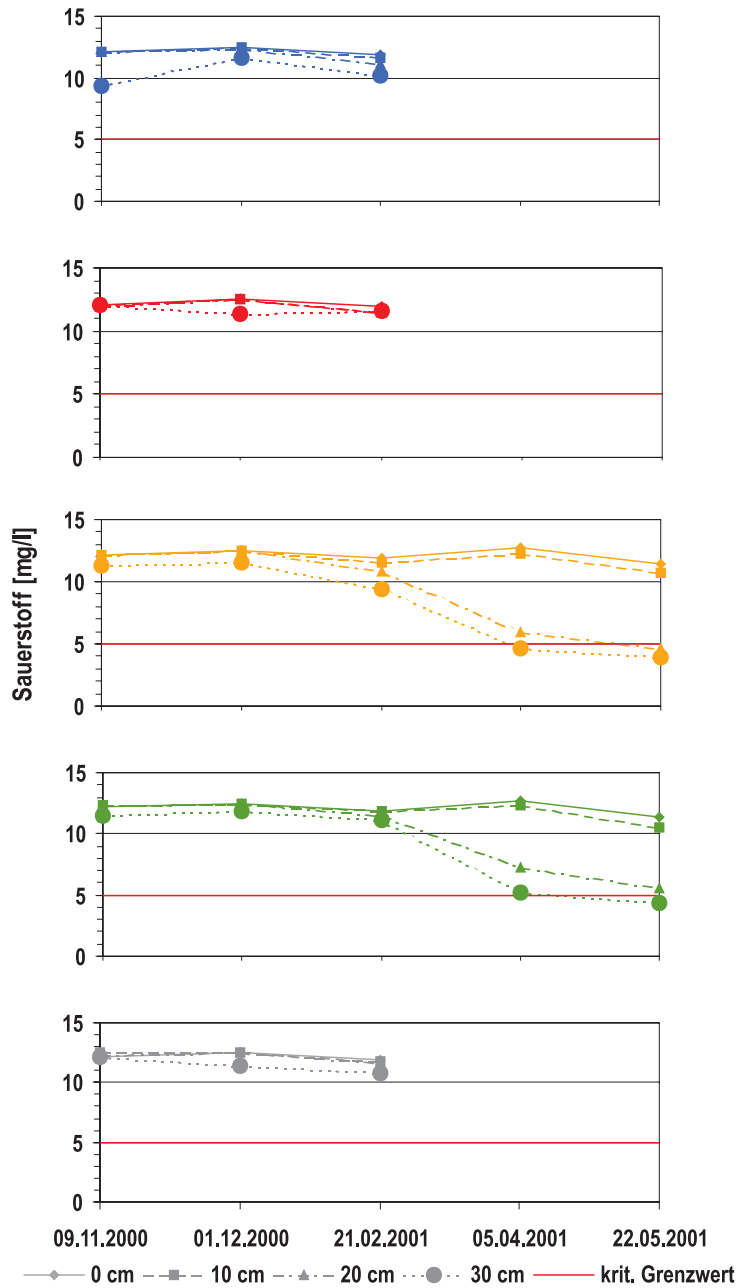


Abb. 65: Die Sauerstoffergebnisse in 0 (fließende Welle), 10, 20 und 30 cm Sedimenttiefe an der Probestelle 3 in Abschnitt 3 in der Rur.

9 Die Kall

Das Untersuchungsgebiet der Kall liegt im mündungsnahen Bereich der Eifelrur. Der obere Abschnitt des Kalltales von der Staatsgrenze bei Entenpfehl bis zur Talsperre ist ca. 8 km lang, der untere bis zur Mündung in die Rur bei Zerkall ca. 15 km. Dominierende Nutzungen sind Grünland und Wald. Der obere Abschnitt des Kalltales ist auf langer Strecke morphologisch flacher ausgebildet und weist einige Moorbildungen sowie zahlreiche Feuchtgrünlandflächen auf. Die hier Kallbach genannte Kall ist naturnah und hat teilweise einen naturnahen Erlenuwald-Saum. Erst in der Nähe der Talsperre hat sich die Kall tiefer in das Gestein eingeschnitten und bildet bis Simonskall ein von Felsen gesäumtes Kerbtal aus. Ab diesem Bereich ist die Talsohle auch über 100 Meter breit. Sie wird hier überwiegend als Grünland genutzt. An den stellenweise felsigen Hängen des Kerbtalles stocken überwiegend Eichenwälder und Fichtenforste. In einigen Bereichen ist auch Buchenwald vorzufinden. Die Kall hat im Bereich der Probestellen die Wassergüte I-II (GEWÄSSERGÜTEKARTE NRW 1995).

9.1 Die Probestellen in der Kall

In der Kall wurden auf dem Gebiet der Papierfabrik Renker an zwei Standorten je 4 Sondenkörper eingegraben (Abb. 66). Die Probestellen lagen ca. 400 m von der Mündung der Kall in die Eifelrur im Bereich einer kleinen Fußgängerbrücke oberhalb der Papierfabrik. Die Abflussdaten (Abb. 67) wurden auf Grundlage der Daten der Eifelrur am Pegel Zerkall berechnet.



Abb. 66: Lage der Probestellen in der Kall auf dem Gebiet der Papierfabrik Renker.

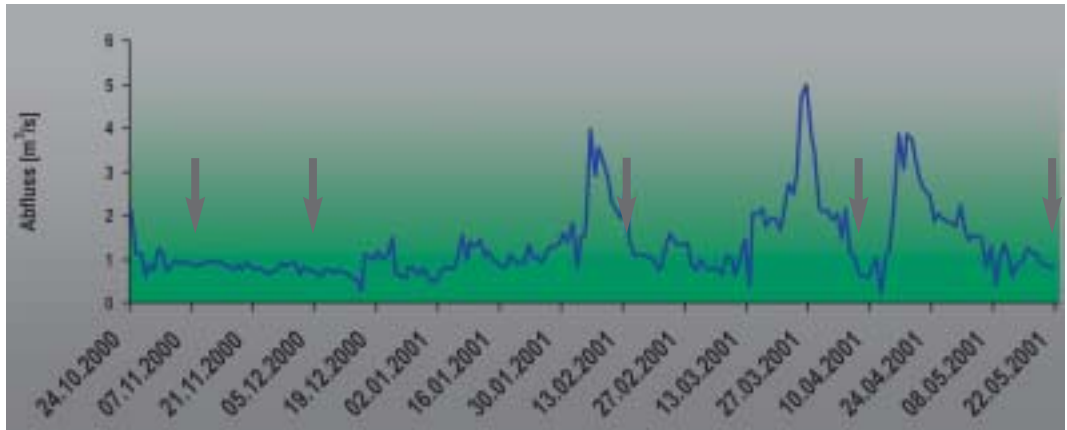


Abb. 67: Abfluss der Kall. Berechnet aus den Abflusswerten (Tagesmittelwerte) der Eifelrur. Die Pfeile kennzeichnen das Probedatum der Sauerstoffuntersuchung.

9.2 Ergebnisse der Sauerstoffuntersuchung in der Kall

9.2.1 Die Probestelle 1 in der Kall oberhalb der Furt Renker

An der Probestelle 1 in der Kall wurden aufgrund der relativ geringen Breite vier Sondenkörper eingegraben (Abb. 68). Zu Beginn der Messungen Anfang November 2000 lagen die Werte aller Sondenkörper in allen Messtiefen in einem reichlich mit Sauerstoff versorgten Bereich zwischen 7 und 12 mg/l. Die Schichtung des Sauerstoffs zeigte vertikal einen sinkenden Verlauf (Abb. 69).

Diese Verhältnisse änderten sich auch am zweiten Messtermin Ende November nicht. Anfang Februar 2001 kam es zu einem ersten Hochwasserereignis mit einem Spitzenabfluss von 4 m³/s am 05.02. (Abb. 67). Am folgenden Messtermin am 14.02.2001 fielen die Werte aller Sondenkörper in allen Horizonten auf Werte zwischen 6 und 10 mg/l ab und zeigten sich somit weiterhin ausreichend mit Sauerstoff versorgt.

Ein weiteres Hochwasserereignis trat im März mit einem Spitzenabfluss von 5 m³/s auf. Der Probestellenbereich wurde großflächig, v.a. im Bereich des Sondenkörpers Rot, mit sehr feinem Sediment überlagert, so dass die Sondenkörper z.T. am Messtag freigegeben werden mussten.

Am darauf folgenden Messtermin im April sanken die Sauerstoffwerte in den Horizonten aller Sondenkörper weiter ab. Die Werte der Sondenkörper Blau, Gelb und Grau blieben über 5 mg/l. Die Messwerte des Sondenkörpers Rot sanken drastischer ab. In 20 und 30 cm war kein Sauerstoff mehr vorhanden und auch die Werte in 10 cm lagen nur sehr knapp über 5 mg/l. Dieser Sondenstandort wurde durch die hohen Abflussereignisse mit sehr feinem Kies überlagert.

Ende Mai lagen nur die Werte der Sondenkörper Gelb in 10 und 20 cm und der 10 cm-Horizont des Sondenkörpers Grün deutlich über 5 mg/l.

Fazit: Die Probestelle 1 in der Kall ist im Laufe der Messsaison lokal mit Feinsedimenten im Bereich des roten Sondenkörpers überlagert worden. Trotzdem ist die Probestelle insgesamt für die Reproduktion von Großsalmoniden **gut geeignet** (Klasse 2), da im April nur wenige Messtiefen unter 5 mg/l lagen.

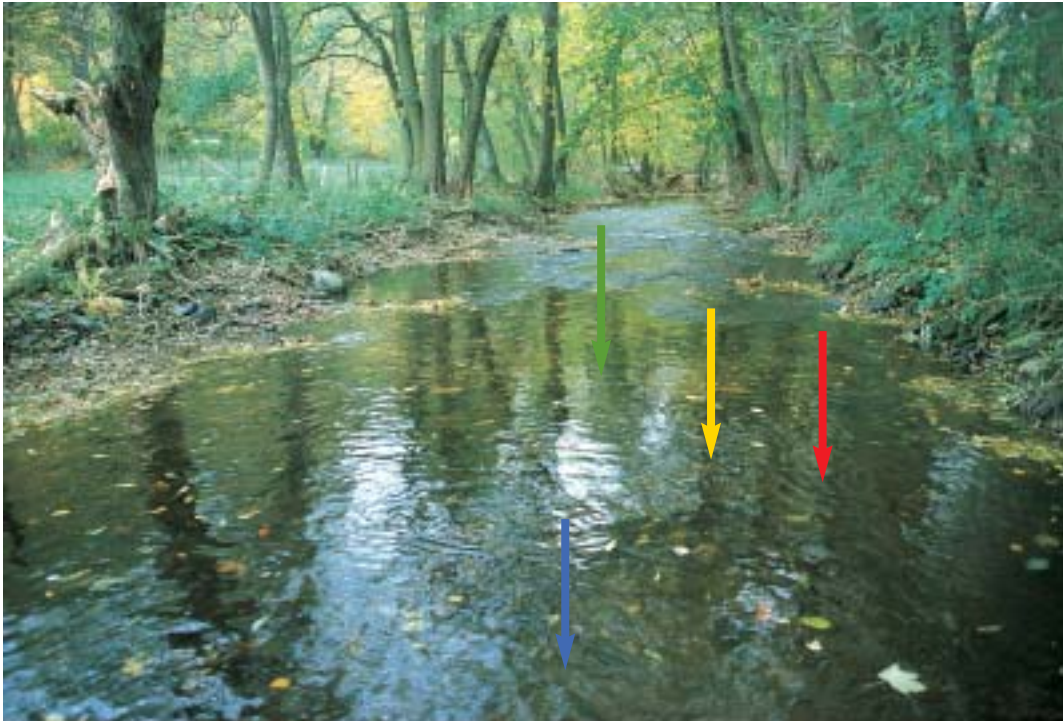


Abb. 68: Probestelle 1 in der Kall oberhalb der Furt Renker mit den Sondenstandorten (Blickrichtung stromabwärts).

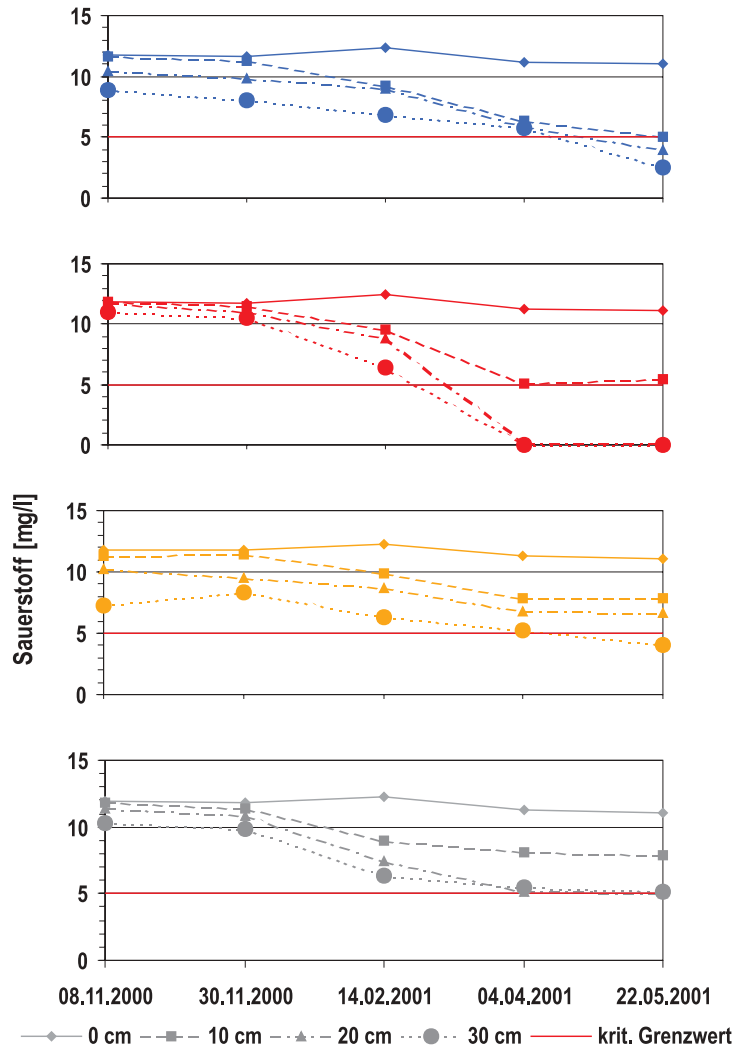


Abb. 69: Die Sauerstoffergebnisse in 0 (fließende Welle), 10, 20 und 30 cm Sedimenttiefe an der Probestelle 1 in der Kall.

9.2.2 Die Probestelle 2 in der Kall an der Furt Renker

Die Probestelle 2 in der Kall (Abb. 70) zeigte sich über den gesamten Messzeitraum in allen Horizonten ausreichend mit Sauerstoff versorgt (Abb. 71). Zu Beginn der Messungen Anfang November lagen die Werte aller Sondenkörper in allen Horizonten über 10 mg/l. Diese Verhältnisse lagen nahezu unverändert am zweiten Messtermin Ende November vor. Bis zu diesem Zeitpunkt gab es kein Hochwasserereignis (Abb. 67).

Anfang Februar 2001 kam es zu einem erhöhten Abfluss mit einem Spitzenwert von 4 m³/s am 05.02. Am folgenden Messtermin am 14.02.2001 fielen die Werte der Sondenkörper Blau, Gelb und Grau in 10 und 20 cm auf Werte zwischen 6 und 8 mg/l ab, und zeigten sich somit weiterhin ausreichend mit Sauerstoff versorgt. Die übrigen Werte blieben weiterhin über 10 mg/l.

Ein weiteres Hochwasser ereignete sich im März mit einem Spitzenabfluss von 5 m³/s. Am Termin im April trat eine Erholung einiger Horizonte auf, so dass die Werte aller Sondenkörper zwischen 7 und 11 mg/l lagen. Im Mai sanken sämtliche Werte leicht ab, das hyporheische Interstitial war immer noch gut mit Sauerstoff versorgt.

Im Bereich dieser Probestelle konnten einige Laichgruben von Bachforellen nachgewiesen werden. Eine Bachforelle wurde Anfang November dabei beobachtet, wie sie im direkten Bereich des Sondenkörpers Gelb über ihrem Laichplatz stand.



Abb. 70: Probestelle 2 in der Kall an der Furt Renker mit den Sondenstandorten (Blickrichtung stromabwärts).

Fazit: Die Probestelle 2 in der Kall an der Furt Renker war bis in den Mai hinein bis in 30 cm Tiefe gut mit Sauerstoff versorgt. Dieses Areal ist als Laichhabitat für alle Salmoniden, insbesondere für Lachs und Meerforelle sehr gut geeignet (Klasse 1), da alle Messtiefen über 5 mg/l lagen.

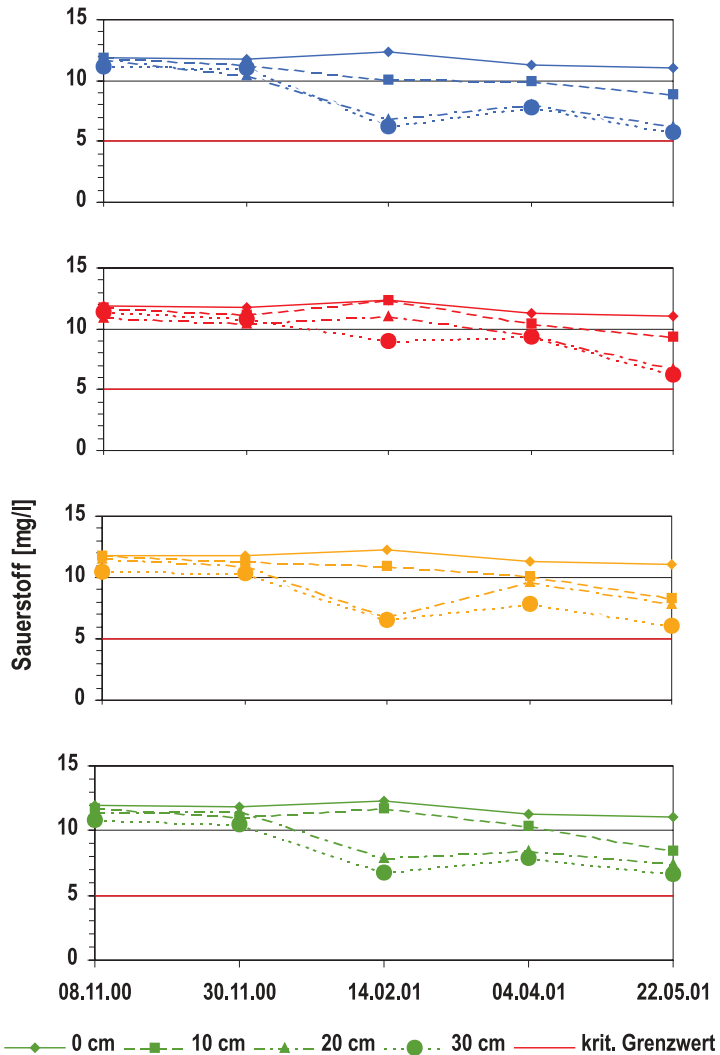


Abb. 71: Die Sauerstoffergebnisse in 0 (fließende Welle), 10, 20 und 30 cm Sedimenttiefe an der Probestelle 2 in der Kall.

10. Die Gewässer im Vergleich

In diesem Kapitel werden die Probestellen an einem Gewässer und die Gewässer untereinander verglichen, um zu erkennen, ob sich deutliche Unterschiede in der Sauerstoffversorgung und somit in der Qualität der kiesigen Substrate ergeben.

10.1 Der Vergleich der Gewässer anhand des Bewertungssystems

Zieht man den Vergleich der Sauerstoffwerte in den Sedimenten zwischen den einzelnen Fließgewässern (Tab. 4), so waren die Sedimente der oberen Eifelur und der Kall am besten für die Reproduktion geeignet. Obwohl die Kall im Teilbereich einer Probestelle von Feinsedimenten überlagert worden war, verzeichnete sie insgesamt gut geeignete Bedingungen. Bei der Eifelur nahmen die Sauerstoffwerte mit zunehmender Entfernung von der Quelle ab. Die Untere Bröl und die Ennepe waren an den bearbeiteten Probestellen für die Reproduktion von Großsalmoniden ungeeignet. Auch bei der Betrachtung der einzelnen Probestellen konnten an den beiden Gewässern keine Kategorien/Klassen festgestellt werden, die eine erfolgreiche Reproduktion vermuten ließen. Die Ennepe wurde allerdings nur an einer Probestelle untersucht.

In den übrigen Gewässern kann von einer erfolgreichen Reproduktion unterschiedlicher Qualität ausgegangen werden. Bei der Dhünn hatte sich im Bereich der Probestelle 5 großflächig Feinsediment abgelagert und so zu einer schlechten Sauerstoffversorgung geführt. Trotzdem ist die Dhünn an den untersuchten Stellen insgesamt als Laichhabitat geeignet. Auch die Volme zeigt sich hinsichtlich ihrer Qualität der Sedimente insgesamt als geeignet für die Reproduktion von Großsalmoniden. Die Tabelle 4 ist das Ergebnis einer ersten Untersuchungssaison. Ob sich die Aussagen bestätigen und einen allgemein gültigen Charakter besitzen, hängt von den Ergebnissen weiterer Untersuchungen ab.

10.2 Vergleich der einzelnen Messtiefen

Die einzelnen Messtiefen der Gewässer (10, 20 und 30 cm) werden miteinander verglichen und grafisch dargestellt, um einen Vergleich der einzelnen Schichten verschiedener Gewässer zu ziehen. Dazu wurde für jeden Fluss an jedem Messtermin das arithmetische Mittel der Messwerte gebildet und eine Punktgrafik zur Darstellung gewählt.

10.2.1 Der 10 cm-Horizont im Vergleich

Die Mittelwerte zeigten Anfang November bei der ersten Messung, kurz nachdem das Substrat durch das Eingraben der Sonden gereinigt wurde, bei allen Flüssen eine ausgezeichnete Sauerstoffversorgung des 10 cm-Horizontes (Abb. 72). Im Laufe der Untersuchung streuten die Werte, und es zeichneten sich von Februar bis Mai drei deutlich voneinander getrennte „Qualitätsgruppen“ ab. Eine ausgezeichnete Sauerstoffversorgung in dem Substrat der oberen Rur konnte noch im Mai mit

Tab. 4: Beurteilung der Laichsubstrate nach Klassen und Kategorien geordnet.

Eifelrur obere	Probestelle	Kategorie	Klasse			
	PS 1	gut geeignet	2			
	PS 2	sehr gut geeignet	1			
	PS 3	sehr gut geeignet	1	Gesamturteil	sehr gut geeignet	1,3
Kall	Probestelle	Kategorie	Klasse			
	PS 1	gut geeignet	2			
	PS 2	sehr gut geeignet	1	Gesamturteil	gut geeignet	1,5
Eifelrur mittlere	Probestelle	Kategorie	Klasse			
	PS 1	bedingt geeignet	4			
	PS 2	sehr gut geeignet	1			
	PS 3	gut geeignet	2	Gesamturteil	gut geeignet	2,3
Dhünn	Probestelle	Kategorie	Klasse			
	PS 1	gut geeignet	2			
	PS 2	ungeeignet	5			
	PS 3	gut geeignet	2			
	PS 4	gut geeignet	2	Gesamturteil	geeignet	2,75
Volme	Probestelle	Kategorie	Klasse			
	PS 1	gut geeignet	2			
	PS 2	bedingt geeignet	4			
	PS 3	bedingt geeignet	4			
	PS 4	gut geeignet	2	Gesamturteil	geeignet	3
Eifelrur untere	Probestelle	Kategorie	Klasse			
	PS 1	ungeeignet	5			
	PS 2	geeignet	3			
	PS 3	gut geeignet	2	Gesamturteil	geeignet	3,3
Bröl untere	Probestelle	Kategorie	Klasse			
	PS 1	ungeeignet	5			
	PS 2	bedingt geeignet	5			
	PS 3	bedingt geeignet	4			
	PS 4	ungeeignet	4	Gesamturteil	ungeeignet	4,5
Ennepe	Probestelle	Kategorie	Klasse			
	PS 1	ungeeignet	5	Gesamturteil	ungeeignet	5

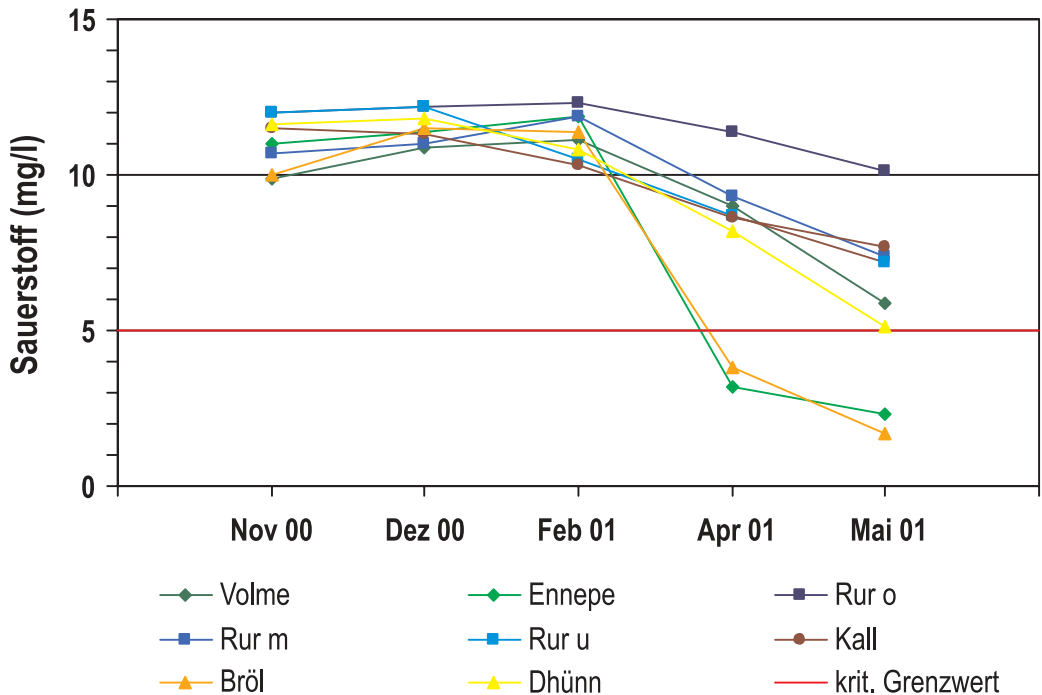


Abb. 72: Arithmetisches Mittel der Sauerstoffkonzentrationen aller Flüsse in 10 cm.

Werten von über 10 mg/l nachgewiesen werden. Die Verteilung der Sauerstoffmittelwerte in der Bröl und der Ennepe zeigten die schlechteste Sauerstoffversorgung, die ab April sehr viel schlechtere Bedingungen aufwiesen als die übrigen Fließgewässer. Die Sauerstoffversorgung in der mittleren und unteren Rur, der Kall, der Dhünn und der Volme war insgesamt gut. Dieser Trend setzt sich bis in den Mai hinein fort. Durch Mobilisierung von Feinsedimenten infolge von Baggerarbeiten im April wurden die Ergebnisse in der Dhünn negativ beeinflusst. Daher lagen die Ergebnisse in der Dhünn im unteren Bereich der mittleren Gruppe, zeigten aber im Durchschnitt immer noch Sauerstoffwerte von über 5 mg/l.

10.2.2 Der 20 cm-Horizont im Vergleich

Im Gegensatz zum 10 cm Horizont wiesen die mittleren Sauerstoffwerte im November in 20 cm Tiefe eine höhere Streuung auf (Abb. 73). Fast alle Durchschnittswerte zeigten zu dieser Zeit mit über 10 mg/l eine ausreichende Sauerstoffversorgung. Die schlechtesten Sauerstoff-Mittelwerte wurden mit unter 8 mg/l in der Unteren Bröl gemessen. Ab Februar lagen die Werte in der Unteren Bröl und in der Ennepe unter 5 mg/l und somit weitaus niedriger als die Sauerstoffwerte der übrigen Gewässer. Dieser Trend setzte sich verstärkt bis in den Mai hinein fort. In diesem Monat lagen die Sauerstoffwerte in der Unteren Bröl und der Ennepe im Durchschnitt bei unter 1 mg/l.

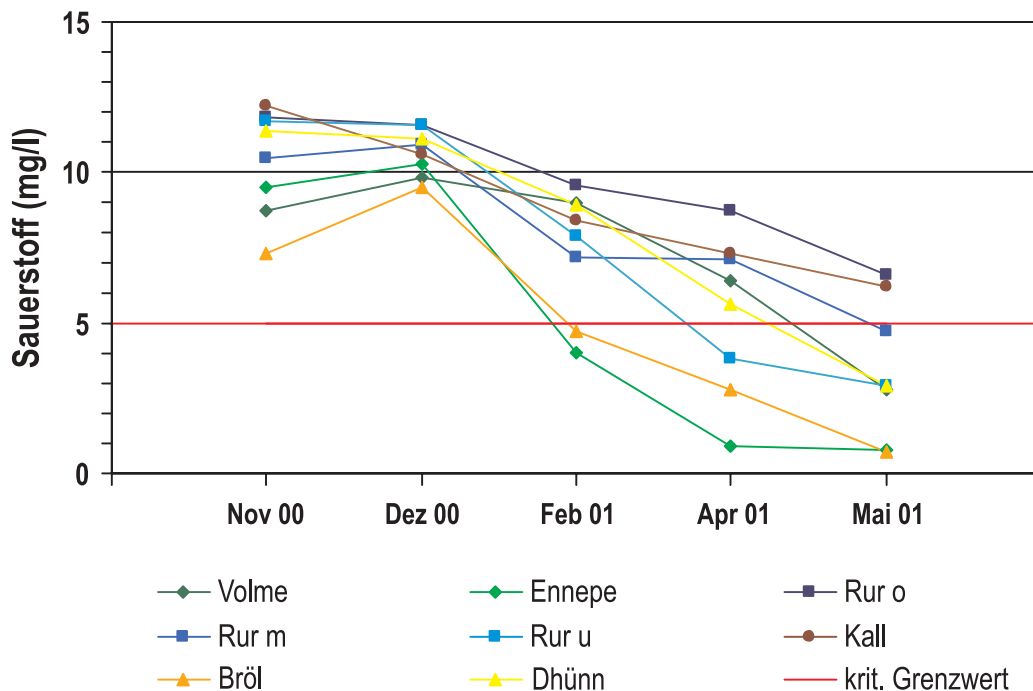


Abb. 73: Arithmetisches Mittel der Sauerstoffkonzentrationen aller Flüsse in 20 cm.

Die Grenze von 5 mg/l unterschritten im April neben Ennepe und Unterer Bröl nur die Mittelwerte der unteren Rur. Alle anderen Ergebnisse lagen deutlich über 5 mg/l. Im Mai lagen nur die Werte in der oberen Rur und in der Kall in 20 cm Tiefe noch über 5 mg/l.

10.2.3 Der 30 cm-Horizont im Vergleich

In 30 cm Tiefe zeigte sich die Streuung der Mittelwerte insgesamt gegenüber dem 20 cm-Horizont weiter erhöht (Abb. 74). Im November lag die Sauerstoffversorgung mit Mittelwerten von über 10 mg/l in der Kall, der oberen Rur und in der Dhünn in einem nahezu gesättigten Bereich. Die Werte in der mittleren Rur, der Volme und der Unteren Bröl lagen zwischen 5 und 6.5 mg/l und somit schon zu Anfang der Messungen im November nah an einer kritischen Sauerstoffversorgung. Im Dezember erholten sich die Sauerstoffwerte in der Volme auf im Durchschnitt knapp über 6 mg/l. Im Februar zeigte sich im 30 cm-Horizont für die Untere Bröl und die Ennepe die gleiche Tendenz wie in den übrigen Horizonten. Die Mittelwerte dieser beiden Gewässer lagen mit um die 2 mg/l deutlich unter den Ergebnissen der übrigen Flüsse. Diese Tendenz setzte sich bis in den Mai hinein fort.

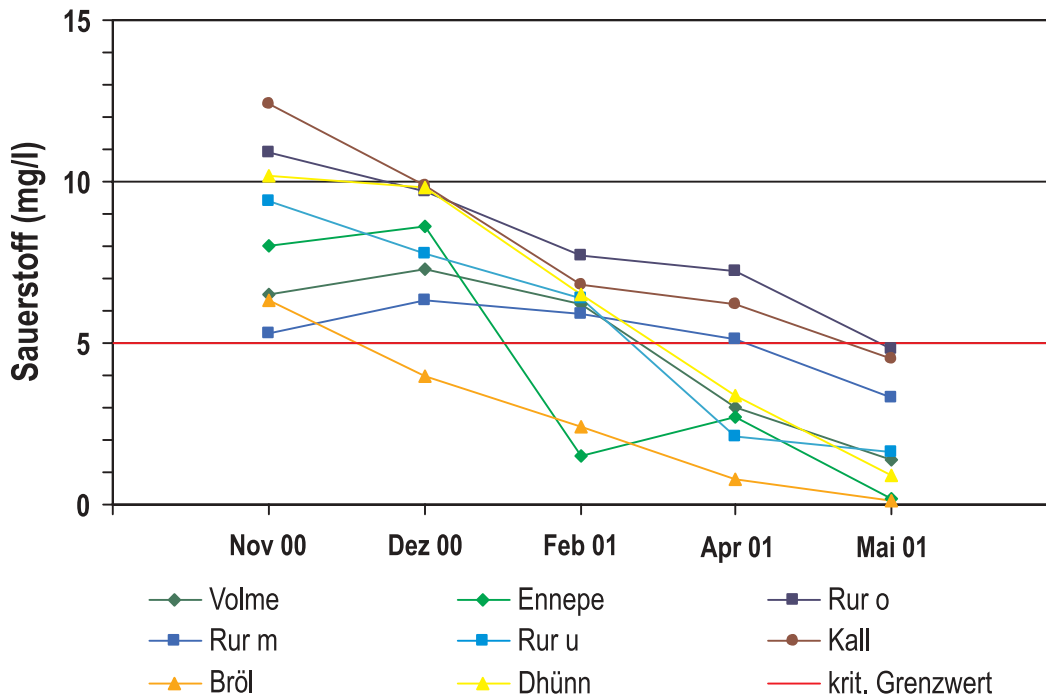


Abb. 74: Arithmetisches Mittel der Sauerstoffkonzentrationen aller Flüsse in 30 cm

Im April unterschritten die Mittelwerte in der Dhünn, der Volme und der unteren Rur ebenfalls den Wert von 5 mg/l. In der oberen Rur und der Kall lagen die Sauerstoffwerte zu diesem Zeitpunkt zwischen 6 und 7,5 mg/l. Am letzten Termin im Mai lagen in 30 cm alle Mittelwerte der Gewässer unter 5 mg/l.

11. Zusammenfassung

In sechs verschiedenen Gewässern in Nordrhein-Westfalen wurde das Interstitial an potentiellen Laichstandorten von Lachs und Meerforelle auf seine Sauerstoffversorgung hin untersucht. Als Probenegewässer wurden Bröl, Dhünn, Eifelrur, Ennepe, Kall und Volme gewählt.

Die Sauerstoffmessungen erfolgte mit Optoden. Die verwendete neue Messtechnik ermöglicht es, genaue Sauerstoffmessungen im Sediment vorzunehmen. Hierzu wurde eine spezielle, patentierte Beprobungsapparatur neu entwickelt und im Labor erfolgreich getestet. Optoden eignen sich besonders gut für Messungen im Interstitial, da sie keine Anströmung benötigen. Sie arbeiten in einem thermodynamischen Gleichgewicht (KLIMANT ET AL. 1997). Clark-Elektroden hingegen arbeiten im Fließgleichgewicht und benötigen eine Anströmung zur Kompensierung des eigenen Sauerstoffverbrauchs. Mit der Methode der Optodenmessung wird der Sauerstoffgehalt des Interstitialwassers direkt im Sediment gemessen, und nicht wie bisher üblich, über der Wasseroberfläche. Ein

weiterer Vorteil der Optoden gegenüber der herkömmlichen Messtechnik mit der Clark-Elektrode ist eine höhere Messgenauigkeit, größere Zuverlässigkeit und die geringe Größe (HOPF & HUNT 1994). Der Durchmesser einer Optode beträgt nur 0,6 mm. Die Messgenauigkeit der Optoden ist bei niedrigen Sauerstoffkonzentrationen besonders hoch (Messgenauigkeit 0,1 %) und eignet sich daher ausgesprochen für die Untersuchung von Sauerstoffverteilungs-Mustern (GLUD ET AL. 1995, KLIMANT ET AL. 1997, HOLST ET AL. 1997). Dieses kann die Clark-Elektrode nicht leisten, da bei den Probenahmeverfahren mit dieser Technik ein gewisses Totvolumen der Wasserprobe verworfen werden muss, bevor das eigentliche Messvolumen mit Schläuchen aus dem Interstitial an die Wasseroberfläche gefördert werden kann. Daraus ergibt sich ein unterschiedliches Auflösungsvermögen beider Methoden. Im Gegensatz zu einer angesaugten Wasserprobe, die sich auf ein undefiniertes Umfeld um die Ansaugöffnung bezieht, ist das Ergebnis einer Optodenmessung auf einen kleinräumigen Bereich begrenzt (FISCHER & BORCHARD 2001).

In die Gewässer wurden insgesamt 110 Sondenkörper eingegraben, so dass der Sauerstoff in 10, 20 und 30 cm Sedimenttiefe gemessen werden konnte. Zusätzlich wurde der Sauerstoffwert der fließenden Welle (0 cm) ermittelt. Als Probestellen wurden Standorte gewählt, die von der Korngrößenzusammensetzung des Sohlsubstrats als Laichplatz augenscheinlich geeignet schienen. Soweit schon bearbeitet, wurden die Probestellen oberhalb von unverbaut turbulenten Bereichen von Jungfischhabitaten nach der Kartierung von NIEMITZ & MOLLS (1998, 1999) und NIEMITZ & REHBERG (1999) gelegt. Die Sondenkörper wurden im Oktober und November in die Gewässer eingegraben und nach einer Ruhezeit von etwa zwei Wochen erstmalig beprobt. Durch das Eingraben der Sondenkörper wurde der Reinigungseffekt simuliert, den die Großsalmoniden beim Schlagen der Laichgruben erzielen. Von November bis Mai erfolgten insgesamt fünf Sauerstoffmessungen. Durch Hochwasserereignisse und Tageslufttemperaturen unter dem Gefrierpunkt konnte nur eine unregelmäßige Probenahme in den Monaten November, Dezember, Februar, April und Mai stattfinden. Da die Entwicklungszeit der Eier bzw. Larven im April abgeschlossen sein dürfte und die Larven nach Aufzehrung des Dottersacks spätestens im Mai in die fließende Welle aufschwimmen, ist der Apriltermin entscheidend für die Aussagekraft über die Qualität der Sedimente als Laichhabitat. Liegt der Sauerstoffwert in diesem Monat über 5 mg/l, kann man nach dem heutigen Kenntnisstand eine erfolgreiche Reproduktion vermuten (LACROIX 1985, BAUR & RAPP 1988, SCHMIDT 1996).

Zieht man den Vergleich der Sauerstoffwerte in den Sedimenten zwischen den einzelnen Fließgewässern, so waren die Verhältnisse in der oberen Eifelrur und der Kall am Besten für die Reproduktion geeignet. Bei der Eifelrur nahmen die Sauerstoffwerte mit zunehmender Entfernung von der Quelle ab. Die besten Bedingungen herrschten oberhalb der großen Rurtalsperre. Dieses Ergebnis deutet darauf hin, dass die besten Sauerstoffverhältnisse in den oberen Regionen der Fließgewässer, bzw. in kleineren Nebengewässern zu finden sind, die durch ihr relativ unberührtes Umfeld nur gering durch den Eintrag von Nährstoffen und Feinsedimenten beeinflusst sind. Diese Bereiche sind für anadrome Fische (Lachs, Meerforelle) auch heute noch durch den Verbau mit Querbauwerken (Wehre, Talsperren usw.) häufig nicht erreichbar.

Die Sedimente der Unteren Bröl und der Ennepe waren an den bearbeiteten Probestellen für die Reproduktion von Großsalmoniden insgesamt ungeeignet. Nur einzelne Sonden in 10 cm lagen im April über 5 mg/l Sauerstoff. Obwohl die Untere Bröl im Untersuchungsgebiet vom Biotoptyp und der Gewässerstruktur als sehr hochwertig eingestuft werden kann, lässt sich diese Qualität nicht auf das Gewässersediment übertragen. Daher muss das Sediment unabhängig von seinem

direkten Umfeld beurteilt werden, da die oberhalb gelegenen Einzugsgebiete vor allem bei Hochwasserereignissen durch Eintrag von Nährstoffen und Feinsedimenten mit der fließenden Welle großen Einfluss auf die Gewässersohle ausüben. Auch bei der Betrachtung der einzelnen Probestellen konnten an den beiden Gewässern keine Kategorien/Klassen festgestellt werden, die eine erfolgreiche Reproduktion vermuten lassen. Nur lokal zeigte sich in 10 cm Sedimenttiefe noch ausreichend Sauerstoff. Die Ennepe wurde allerdings nur an einer Probestelle im Stadtgebiet von Hagen untersucht. In den übrigen Gewässern kann von einer erfolgreichen Reproduktion ausgegangen werden. So ist die Dhünn an den untersuchten Stellen insgesamt als Laichhabitat geeignet. Hier hatte sich allerdings im Bereich einer Probestelle nach einem Hochwasser großflächig Feinsediment abgelagert was zu einer schlechten Bewertung der Probestelle führte. Die restlichen Probestellen in der Dhünn waren alle als Laichhabitat gut geeignet.

Trotz der Lage der Volme in einem von Industriebetrieben geprägten Tal oberhalb der Stadt Hagen, zeigten sich die Sauerstoffverhältnisse im Sediment an den bearbeiteten Probestellen insgesamt für die Reproduktion von Großsalmoniden als geeignet.

Auch bei der vergleichenden Betrachtung der Mittelwerte in 10, 20 und 30 cm-Messtiefe zeigte die obere Eifelrur die besten und die Bröl und die Ennepe die schlechtesten Sauerstoffwerte im Substrat.

Ob sich das neu entwickelte System der Klassifizierung zur Beurteilung der Sauerstoffverhältnisse in den Sedimenten der Fließgewässer bewährt, hängt von weiteren Erhebungen ab. Bisher stützen sich die Angaben auf die Ergebnisse eines Untersuchungszeitraumes.

An den Probetagen konnten während der Messtätigkeiten einige Begebenheiten beobachtet werden, die für die Beurteilung von Gewässern hinzugezogen werden können. Beim Eingraben der Sondenkörper zur Vorbereitung der Sauerstoffmessungen konnte vielfach festgestellt werden, dass der obere Bereich der Sohle einen hohen Anteil von größeren Gesteinsmaterial aufwies. Unter dieser Deckschicht war der Anteil feinerer Fraktionen, die augenscheinlich sehr gut als Laichsubstrat geeignet waren, deutlich höher. Das deutet auf eine fehlende bzw. eingeschränkte Mobilität der Sohlsubstrate hin. Durch Uferbefestigungen und Verbau mit Querbauwerken ist der Substratstrom im Gewässersystem gestört. Durch die Hochwasserereignisse der vergangenen Jahre wurde der feinere Anteil der Kiesfraktionen aus dem oberen Bereich der Sohle ausgeschwemmt. Ein Nachschub an Sedimenten aus den oberen Gewässerregionen unterbleibt. So wurden nach dem Absenken des Auermühlenwehres in der Dhünn durch abschleifen des Wehrkörpers große Mengen Kies, die sich vor dem Wehr abgelagert hatten, in den Bereich unterhalb des Wehres getragen. Diese Kiesmassen veränderten das Flussbett auf mehreren 100 Metern völlig. Noch ein Jahr nachdem dieses Ereignis stattfand, waren die Sauerstoffverhältnisse in diesem neu geschaffenen Bereich gut für die Reproduktion von Großsalmoniden geeignet.

Ein weiteres Problem stellt die dauerhafte Kolmation der Gewässersohle dar. Durch die fehlende Umlagerung verbacken die Sedimente in der oberen Schicht so weit, dass die Fische Schwierigkeiten haben, die obere Sedimentauflage beim Schlagen der Laichgruben zu durchdringen. Das konnte in einigen Gewässern nachgewiesen werden. Salmoniden hatten vergeblich versucht, Laichgruben zu schlagen. Die Versuche waren als kleine helle Gruben im groben Substrat der Gewässer zu erkennen. In fast allen Gewässern konnte beobachtet werden, wie Salmoniden unmittelbar in den Bereich der aufgelockerten Sohle, wo die Sondenkörper eingegraben wurden, ihre Laichgruben angelegt hatten. In der Ennepe und der Dhünn wurden durch die Laichaktivität der Fische eini-

ge Sondenkörper komplett mit Sediment bedeckt. Dieses Phänomen weist darauf hin, dass die Fische gereinigte Sedimentbereiche erkennen können und diese verstärkt zur Laichablage nutzen. Am Beispiel der Ennepe, die nur sehr wenige Bereiche mit potentiellm Laichsubstrat aufweist, wurde eine im November angelegte Laichgrube an einer Sauerstoffsonde von einer zweiten Grube überdeckt. Das bedeutet, dass Fische die Gelege anderer Tiere überlagern und möglicherweise zerstören.

12. Literatur

- BAUR, W., RAPP, J. (1988): Gesunde Fische. Parey Verlag.
- BORCHARDT, D. FISCHER, J., IBISCH, R. (2001): Struktur und Funktion des Hyporheischen Interstitials in Fließgewässern. *Wasser und Boden* 53/5, 5-10.
- FISCHER, J., BORCHARDT, D. (2001): Einsatz von Optoden zur kontinuierlichen Sauerstoffmessung im hyporheischen Interstitial. Deutsche Gesellschaft für Limnologie. Tagungsbericht 2000 (Magdeburg), Tutzing 2001. 316-320
- GLUD, R.N., RAMSING, N.B., GUNDERSEN, J.K., KLIMANT, I. (1995): Planar optodes: a new tool for fine scale measurement of two-dimensional O₂ distribution in benthic communities. *Marine Ecology Progress Series* 140, 217-226.
- HOLST, G., GLUD, R.N., KÜHL, M., KLIMANT, I. (1997): A microoptode array for fine-scale measurement of oxygen distribution. *Sensors and Actuators* 38-39, 122-129.
- HOPF, H.W., & HUNT, T.K. (1994): Comparison of Clark electrode and optode for measurement of tissue oxygen tension. *Advances in Experimental Medicine and Biology* 345/471, 1-7.
- HYNES, H.B.N. (1983): Groundwater and stream ecology. *Hydrobiologia* 100, 93-99.
- INGENDAHL, D. (1998): Der Reproduktionserfolg von Großsalmoniden in nordrhein-westfälischen Lachsgewässern. Untersuchungsauftrag der LÖBF/LaFAO NRW. 47 S.
- INGENDAHL, D. (2001): Dissolved oxygen concentration and emergence of sea trout fry from natural redds in tributaries of the River Rhine. *Journal of fish biology* 58, 325-341.
- KLIMANT, I., KÜHL, M., GLUD, R.N., HOLST, G. (1997): Optical measurement of oxygen and temperature in microscale: strategies and biological applications. *Actors and Sensors B* 38-39, 29-37.
- LACROIX, G.L. (1985): Development of Eggs and Alevins of Atlantic Salmon (*Salmo salar*) in Relation of the Chemistry of Interstitial Water in Redds in some Acidic Streams of Atlantic Canada. *Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 42. 292-299.
- LOTSPEICH F.B., EVEREST, F.H. (1981): A new method for reporting and interpreting textural composition of spawning gravel. United States Forest Service research Note PNW 139, 1-11.
- LUA (2000): Gewässergütebericht 2000. 30 Jahre Biologische Gewässerüberwachung in Nordrhein-Westfalen. Sonderbericht. 344 S.
- MEYER, E.I., ESCHER, H. P., NIEPAGENKEMPER, O. (1999): In situ-Bestimmung von O₂ im hyporheischen Interstitial eines Sauerlandbaches mittels Optoden. (unveröffentlicht).
- MILLS, D. (1989): Ecology and Management of Atlantic Salmon. Chapman & Hall, London, New York. 351 S.

- MUNLV (2001): Das Wanderfischprogramm Nordrhein-Westfalen – Statusbericht zur ersten Programmphase. HRSG.: Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes NRW, Düsseldorf. 112 S.
- NIEMITZ, A., MOLLS, F. (1998): Anleitung zur Kartierung von Fließstrecken im Hinblick auf ihre Eignung als Besatzorte für 0+-Lachse (*Salmo salar* L.) LÖBF/LaFAO Beiträge aus den Fischereidzernaten 4.
- NIEMITZ, A., MOLLS, F. (1999): Überlebensraten von 0+-Lachsen (*Salmo salar* L.) in den Gewässersystemen Sieg, Eifelrur und Wupper im Untersuchungsjahr 1998. Unveröff. Untersuchungsbericht im Auftrag der LÖBF/LaFAO NRW. 38 S.
- NIEMITZ, A., REHBACH, R. (1999): Exemplarische Kartierung von Fließstrecken in der Volme und der Ennepe im Hinblick auf ihre Eignung als Besatzorte für den Lachs (*Salmo salar* L.) Auftrag der Ruhrfischereigenossenschaft. 18 S.
- SAENGER, N. (2001): Austauschprozesse zwischen Fließgewässer und hyporheischer Zone. Wasser und Boden 53/5, 11-18.
- SCHMIDT, G. (1996): Wiedereinbürgerung des Lachses *Salmo salar* L. in Nordrhein-Westfalen. Hrsg.: Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten/Landesamt für Agrarordnung NRW, LÖBF-Schriftenreihe, Band 11.
- SCHWOERBEL, J. (1994): Methoden der Hydrobiologie/Süßwasserbiologie. 4. Auflage. Stuttgart, Jena: G. Fischer.
- TRÄBING, K., FISCHER-ANTZE, T., DITTRICH, A. (2001): Wasserbaulich beeinflusste Austauschprozesse zwischen Oberflächen- und Porenwasser.

13 Abbildungen

1	Porträt eines Lachsmilchners aus der Sieg	7
2	Die Messeinrichtung zur Sauerstoffmessung mit Optoden	9
3	Flusseinzugsgebiete und Lage der untersuchten Flüsse in Nordrhein Westfalen	10
4	Die Messapparatur im Feldeinsatz	12
5	Die Probestellen in der Volme im Bereich der Orte Dahl und Priorei	13
6	Abflussdaten (Tagesmittelwerte) der Volme vom Pegel Hagen Ambrock	13
7	Die Probestelle 1 mit den Sondenstandorten an der Brücke südlich von Priorei	14
8	Die Sauerstoffergebnisse in 0 (fließende Welle), 10, 20 und 30 cm Sedimenttiefe an der Probestelle 1 in der Volme	15
9	Die Probestelle 2 mit den Sondenstandorten am Wehr südlich von Priorei	16
10	Die Sauerstoffergebnisse in 0 (fließende Welle), 10, 20 und 30 cm Sedimenttiefe an der Probestelle 2 in der Volme	17
11	Die Probestelle 3 mit den Sondenstandorten südlich von Dahl	18
12	Die Sauerstoffergebnisse in 0 (fließende Welle), 10, 20 und 30 cm Sedimenttiefe an der Probestelle 3 in der Volme	19
13	Die Probestelle 4 mit den Sondenstandorten südlich von Dahl	20
14	Die Sauerstoffergebnisse in 0 (fließende Welle), 10, 20 und 30 cm Sedimenttiefe an der Probestelle 4 in der Volme	21

15 Die Probestelle 4 in der Ennepe im Stadtgebiet von Hagen	22
16 Abfluss (Tagesmittelwerte) in der Ennepe am Pegel Hagen Haspe	23
17 Die Probestelle in der Ennepe mit den Sondenstandorten	24
18 Die Sauerstoffergebnisse in 0 (fließende Welle), 10, 20 und 30 cm Sedimenttiefe an der Probestelle in der Ennepe	25
19 Die Probestellen in der Dhünn im Bereich Altenberg	28
20 Die Probestellen in der Dhünn unterhalb des Aermühlenwehres im Bereich der Stadt Leverkusen	29
21 Abfluss (Tagesmittelwerte) der Dhünn am Pegel Manfort	29
22 Probestelle 1 mit den Sondenstandorten am Parkplatz oberhalb der Eifgenbachmündung	30
23 Die Sauerstoffergebnisse in 0 (fließende Welle), 10, 20 und 30 cm Sedimenttiefe an der Probestelle 1 in der Dhünn	31
24 Probestelle 2 mit den Sondenstandorten am Dom Altenberg	32
25 Die Sauerstoffergebnisse in 0 (fließende Welle), 10, 20 und 30 cm Sedimenttiefe an der Probestelle 2 in der Dhünn	33
26 Probestelle 3 direkt unterhalb des Aermühlenwehres mit den Sondenstandorten	34
27 Die Sauerstoffergebnisse in 0 (fließende Welle), 10, 20 und 30 cm Sedimenttiefe an der Probestelle 3 in der Dhünn	35
28 Die Probestelle 4 ca. 100 m unterhalb des Aermühlenwehres	36
29 Die Sauerstoffergebnisse in 0 (fließende Welle), 10, 20 und 30 cm Sedimenttiefe an der Probestelle 4 in der Dhünn	37
30 u. 31 Sediment in der Bröl vor und nach der Aufreinigung	38
32 Die Probestellen in der Bröl im Bereich Winterscheid	39
33 Abfluss (Tagesmittelwerte) am Pegel Homburger Bröl	39
34 Die Probestelle 1 (Sturzbaum) mit den Sondenstandorten	40
35 Die Sauerstoffergebnisse in 0 (fließende Welle), 10, 20 und 30 cm Sedimenttiefe an der Probestelle 1 in der Bröl	41
36 Die Probestelle 2 (Furkation) mit den Sondenstandorten	42
37 Die Sauerstoffergebnisse in 0 (fließende Welle), 10, 20 und 30 cm Sedimenttiefe an der Probestelle 2 in der Bröl	43
38 Die Probestelle 3 (Ingersau) mit den Sondenstandorten	44
39 Die Sauerstoffergebnisse in 0 (fließende Welle), 10, 20 und 30 cm Sedimenttiefe an der Probestelle 3 in der Bröl	45
40 Die Probestelle 4 (Birkesmühle) mit den Sondenstandorten	46
41 Die Sauerstoffergebnisse in 0 (fließende Welle), 10, 20 und 30 cm Sedimenttiefe an der Probestelle 4 in der Bröl	47
42 Lage der Probestellen im oberen Abschnitt (Abschnitt 1) der Eifelrur oberhalb des großen Rurstauses	49
43 Abfluss (Tagesmittelwerte) im oberen Abschnitt (Abschnitt 1) der Eifelrur am Pegel Dedenborn	49
44 Probestelle 1 mit den Sondenstandorten an der oberen Eifelrur westlich von Hammer	50
45 Die Sauerstoffergebnisse in 0 (fließende Welle), 10, 20 und 30 cm Sedimenttiefe an der Probestelle 1 in Abschnitt 1 in der Rur	51

46 Die Probestelle 2 mit den Sondenstandorten an der 1. Brücke unterhalb von Hammer	52
47 Die Sauerstoffergebnisse in 0 (fließende Welle), 10, 20 und 30 cm Sedimenttiefe an der Probestelle 2 in Abschnitt 1 in der Rur	53
48 Die Probestelle 3 mit den Sondenstandorten oberhalb von Dedenborn	54
49 Die Sauerstoffergebnisse in 0 (fließende Welle), 10, 20 und 30 cm Sedimenttiefe an der Probestelle 3 in Abschnitt 1 in der Rur	55
50 Lage der Probestellen im mittleren Abschnitt (Abschnitt 2) der Eifelrur zwischen Heimbach und Obermaubach	56
51 Abfluss (Tagesmittelwerte) im mittleren Abschnitt der Eifelrur am Pegel Zerkall	56
52 Die Probestelle 1 mit den Sondenstandorten in Abschnitt 2 am Campingplatz oberhalb von Zerkall	57
53 Die Sauerstoffergebnisse in 0 (fließende Welle), 10, 20 und 30 cm Sedimenttiefe an der Probestelle 1 in Abschnitt 2 in der Rur	58
54 Die Probestelle 2 mit den Sondenstandorten in Abschnitt 2 am Campingplatz oberhalb von Zerkall	59
55 Die Sauerstoffergebnisse in 0 (fließende Welle), 10, 20 und 30 cm Sedimenttiefe an der Probestelle 2 in Abschnitt 2 in der Rur	60
56 Die Probestelle 3 in Abschnitt 2 mit den Sondenstandorten an der Brücke in Zerkall	61
57 Die Sauerstoffergebnisse in 0 (fließende Welle), 10, 20 und 30 cm Sedimenttiefe an der Probestelle 3 in Abschnitt 2 in der Rur	62
58 Lage der Probestellen im unteren Abschnitt (Abschnitt 3) der Eifelrur unterhalb Obermaubach im Bereich der Stadt Düren	63
59 Abfluss (Tagesmittelwerte) im unteren Abschnitt (Abschnitt 3) der Eifelrur am Pegel Obermaubach	63
60 Probestelle 1 in Abschnitt 3 mit den Sondenstandorten an der Schneidhausener Brücke	64
61 Die Sauerstoffergebnisse in 0 (fließende Welle), 10, 20 und 30 cm Sedimenttiefe an der Probestelle 1 in Abschnitt 3 in der Rur	65
62 Probestelle 2 in Abschnitt 3 mit den Sondenstandorten an der alten Kreisbahnbrücke	66
63 Die Sauerstoffergebnisse in 0 (fließende Welle), 10, 20 und 30 cm Sedimenttiefe an der Probestelle 2 in Abschnitt 3 in der Rur	67
64 Probestelle 3 in Abschnitt 3 im renaturierten Bereich der Rur bei Düren mit den Sondenstandorten	68
65 Die Sauerstoffergebnisse in 0 (fließende Welle), 10, 20 und 30 cm Sedimenttiefe an der Probestelle 3 in Abschnitt 3 in der Rur	69
66 Lage der Probestellen in der Kall	70
67 Abfluss (Tagesmittelwerte) der Kall	71
68 Probestelle 1 in der Kall oberhalb der Furt Renker mit den Sondenstandorten	72
69 Die Sauerstoffergebnisse in 0 (fließende Welle), 10, 20 und 30 cm Sedimenttiefe an der Probestelle 1 in der Kall	73
70 Probestelle 2 in der Kall an der Furt Renker mit den Sondenstandorten	74
71 Die Sauerstoffergebnisse in 0 (fließende Welle), 10, 20 und 30 cm Sedimenttiefe an der Probestelle 2 in der Kall	75
72 Arithmetisches Mittel der Sauerstoffkonzentrationen aller Flüsse in 10 cm	78

73	Arithmetisches Mittel der Sauerstoffkonzentrationen aller Flüsse in 20 cm	79
74	Arithmetisches Mittel der Sauerstoffkonzentrationen aller Flüsse in 30 cm	80

14 Tabellen

1	Verteilung der Sonden	9
2	Bewertungssystem für die Eignung der Probestellen und Gewässer	11
3	Wanderhindernisse in der Dhünn	27
4	Beurteilung der Laichsubstrate nach Klassen und Kategorien	77

