

Untersuchung und Bewertung von Fischgewässern mit *visocolor*[®]



Karl-Heinz Heering

**Untersuchung und Bewertung von Fischgewässern
mit *visocolor*[®]**

Ein Leitfaden für Fischzüchter und Gewässerwarte

10. überarbeitete und ergänzte Auflage

2006

MACHEREY-NAGEL im Eigenverlag

Inhaltsverzeichnis	Seite
	3
Vorwort	3
1 Allgemeiner Teil	
Notwendigkeit der Wasseranalyse in der Fischerei-Praxis	4
2 Die Wasseranalyse mit VISOCOLOR® Testbestecken	10
2.1 Kolorimetrische Methoden	10
2.1.1 VISOCOLOR® Komparator-Testbestecke	10
2.1.1.1 Arbeitsweise und Handhabung bei klarem und ungefärbtem Wasser	10
2.1.1.2 Arbeitsweise und Handhabung bei trübem und gefärbtem Wasser	11
2.1.1.3 Arbeitsweise und Handhabung bei sehr hohen Konzentrationen	13
2.1.2 VISOCOLOR® HE Testbestecke (Hochempfindliche Kolorimetrie)	14
2.1.3 VISOCOLOR® ECO Testbestecke (Kolorimetrie und Maßanalyse)	15
2.2 VISOCOLOR® Titrationsbestecke (Maßanalyse)	17
2.3 VISOCOLOR® Analysenkoffer	18
2.4 Filterphotometer PF-11	18
3 Beschreibung der einzelnen Wasser-Kenngrößen, ihre Bedeutung für das Fischwasser und ihre Ermittlung mittels VISOCOLOR® Analysemethoden	19
3.1 Allgemeine Beurteilung	19
3.1.1 Farbe	19
3.1.2 Trübung	19
3.1.3 Geruch	19
3.2 Wassertemperatur	20
3.3 Sauerstoff	21
3.3.1 Sauerstoffdefizit	25
3.3.2 Sauerstoffzehrung	26
3.4 pH-Wert	26
3.4.1 Auswirkung des pH-Wertes auf den Fisch	27
3.5 Kalk und Kohlensäure	30
3.5.1 Säurebindungsvermögen	30
3.5.2 Kohlensäure	33
3.5.3 Gesamthärte	35
3.6 Die Verbindungen des Phosphors	36
3.7 Die Verbindungen des Stickstoffs	39
3.7.1 Ammonium (NH ₄ ⁺) und das für Fische giftige Ammoniak (NH ₃)	40
3.7.2 Nitrite	41
3.7.3 Nitrate	42
3.8 Eisen und Mangan	42
3.9 Die Verbindungen des Schwefels	44
3.10 Silicium (Kieselsäure)	44
3.11 Weitere gewässerschädigende Wasserinhaltsstoffe	45
3.11.1 Chromat	45
3.11.2 Cyanid	45
3.11.3 Chlor	46
3.11.4 Detergentien (Tenside)	47
3.11.5 Sonstige fischereischädliche Substanzen	48
4 Verhalten bei plötzlich eintretendem Fischsterben	49
5 Literaturangaben	51
6 Lieferprogramm	52
6.1 VISOCOLOR® Analysenkoffer	52
6.2 VISOCOLOR® Testbestecke	59
6.3 VISOCOLOR® ECO Testbestecke	60
6.4 VISOCOLOR® HE Testbestecke	61

Vorwort zur 10. Auflage

Der Fortschritt auf dem Gebiet der Abwasserreinigung und damit die Verbesserung der Güte unserer Oberflächengewässer sind unübersehbar. Gerade deshalb ist es von großer Bedeutung, diese Veränderung auch gewässerchemisch zu registrieren und zu kontrollieren. Bessere Wasserqualität gestattet einen qualitativ höheren Fischbesatz. Anspruchsvollere Arten und größere Artenvielfalt sind in einer Reihe unserer Fischgewässer wieder anzutreffen. Diesen Status gilt es zu bewahren und durch stetige chemische Kontrolle möglicher Einleiter zu überwachen. Neue hochempfindliche Testbestecke gestatten die Analytik im Spurenbereich. Für weiterführende Arbeiten, die heute von vielen Gewässerwarten, aber auch von anderen Personen und Gruppen durchgeführt werden, steht mit dem Filterphotometer PF-11 ein zusätzliches Instrument zur genauen Ermittlung der VISOCOLOR® Kenndaten zur Verfügung. Dadurch eröffnen sich genauere Möglichkeiten der Gewässerbewertung und Kontrolle.

Düren, im Januar 2006

MACHEREY-NAGEL

1 Allgemeiner Teil

Notwendigkeit der Wasseranalyse in der Fischerei-Praxis

In den letzten Jahren hat die Entwicklung der Angelfischerei und die Anzahl der Personen, die in ihrer Freizeit der Fischerei nachgehen, stark zugenommen. Früher standen den wenigen Anglern viele saubere, naturbelassene und fischreiche Gewässer zur Verfügung. Heute sind durch teilweise unvernünftige Regulierungsmaßnahmen wie Begradigung und Ausbau und vor allem durch die starke Verschmutzung ein Großteil unserer Bäche und Flüsse nicht mehr oder nur in bescheidenem Maße für die Angler nutzbar. Bedingt durch den hohen Freizeitwert der Gewässer treten die Angler noch in Konkurrenz zu Badegästen, Seglern, Surfern, Paddlern bis zu Betreibern von Modellschiffen – die Liste wird dabei immer umfangreicher. Die Angler tragen von allen Interessengruppen zwar die größte finanzielle Belastung, werden aber am nachhaltigsten in ihren Aktivitäten beschnitten. Die größere Anzahl der Angler sah sich gezwungen, auf z. T. neugeschaffene Gewässer wie Baggerseen, Kiesgruben oder auf die von Vereinen und Kommunen angelegten Teiche auszuweichen. Diese Gewässer besitzen für die fischereiliche Nutzung oft eine Reihe entscheidender Nachteile. Viele Baggerseen haben sehr steile Ufer, und das Wasser ist durchgehend recht tief. Es fehlen die flachen Randzonen, an denen sich das Wasser schnell erwärmt und sich das Pflanzen- und Kleintierleben entwickelt. Das Wasser selbst ist klar, dabei aber in den meisten Fällen nahrungsarm und in dieser Form kein günstiger Lebensraum für Fische. Die vorhandenen Fische sind oft mehr oder weniger durch Zufall in diese Gewässer geraten. Der Bestand setzt sich vorwiegend aus unzähligen kleinwüchsigen Barschen und Weißfischen zusammen. Dieses Missverhältnis wird von den meisten Pächtern durch starken Besatz ausgeglichen, wobei größere Fische den Vorzug erhalten, um möglichst schnell etwas fangen zu können. Wegen des obenerwähnten klaren Wassers setzt man Forellen ein, die schon beim Anangeln größtenteils wieder herausgefangen werden. Hierbei fällt dem einen oder anderen auf, dass diese Fische kaum etwas gefressen haben. Später stellt sich dann heraus, dass ebenfalls eingesetzte Fische wie Karpfen und Schleien keinen oder nur geringen Zuwachs bringen. Die betroffenen Angler merken, dass hier etwas nicht stimmt, aber sie finden meistens keine befriedigende Erklärung. Im Grunde müsste ein ausgebildeter Limnologe und Ichthyologe eine komplette Analyse für diese sehr komplexe Ökosystem „Fischwasser“ erstellen, eine Aufgabe, die sachlich und finanziell kaum realisierbar ist. An diese Stelle tritt der gut ausgebildete Gewässerwart. Hier sei mir ein Zitat von Georg Peinemann gestattet, der dazu in „Fisch und Fang 5/1983“ folgendes anmerkte: „Nicht der Ehrenrat, nicht die Wettkampfmannschaft, nicht das Prestigebedürfnis eines Vorstandes und auch nicht die Auszeichnung verdienter Mitglieder sollten im Vordergrund der Bemühungen eines Angelvereins stehen, sondern gut geschulte Gewässerwarte, denen ökologische Grundbegriffe vertraut sind, die ein Gewässer nicht nur

nach den Wünschen fangfreudiger Mitglieder besetzen, sondern in erster Linie danach, welche Fischarten die Chance haben, in diesem Gewässer natürlich zu leben und sich fortzupflanzen.“

Der Gewässerwart kann mit Hilfe einer Wasseranalyse schnell feststellen, welche chemischen Parameter (für Gesamtbeurteilung eines Systems wichtige Einzelkenngrößen) stark von der Norm abweichen und die Wassergüte beeinflussen. Nach diesen gewonnenen Erkenntnissen lässt sich die Ertragsfähigkeit des Gewässers und die Eignung für die einzelnen Fischarten festlegen. Danach kann der Besatz geplant werden, wobei viel Geld gespart und nach einer gewissen Zeit ein ausgewogener Bestand erzielt wird. Diese Art der Bewirtschaftung ist auch im Sinne der Angelfischerei dem Einsetzen und schnell nachfolgenden Herausfangen größerer Fische vorzuziehen. Bei einer Reihe von Gewässern bieten sich aber auch noch die Möglichkeiten der Verbesserung der Wasserqualität durch Düngemaßnahmen an. Die Kosten solcher Maßnahmen liegen weit unter den Beträgen, die beim Fischbesatz eingespart werden können. Die Wirkung der verbesserten Wasserqualität zeigt sich bald darin, dass die Fische schneller wachsen und einen guten Gesundheitszustand aufweisen. Diesen Maßnahmen zur Wasserverbesserung durch Düngung und Kalkung sind allerdings Grenzen gesetzt. Teiche und Weiher eignen sich am besten, wenn eine Möglichkeit besteht, den Wasserdurchfluss zu regulieren (Nebenstromanlagen). Die zugeführte Wassermenge ist so zu bemessen, dass lediglich der Verdunstungsverlust ausgeglichen wird (nicht anzuwenden bei Salmonidenteichen oder übermäßig stark besetzten Gewässern!). Die behandelten Gewässer sollten im Schnitt nicht tiefer als 3 m sein, weil sonst einerseits die benötigte Düngermenge zu groß wird – besonders bei gleichzeitig großen Flächen – andererseits keine Durchmischung mehr gewährleistet ist. Die in den oberen Wasserregionen massenhaft entstehenden Algen und Planktontiere sterben nach einer gewissen Zeit ab und können in den tiefen Zonen durch Zersetzung zu Sauerstoffschwund und Faulschlamm bildung führen. Diese Vorgänge sind durch Abwässer, die ja oft ausgezeichnete Düngewirkung besitzen, in den letzten Jahren bei vielen Seen aufgetreten und haben zur Eutrophierung geführt. Die Seen veralgen, am Boden bilden sich gewaltige Faulschlamm bänke. Der Fischbestand geht zurück oder verlagert sich in der Art, dass ursprünglich vorhandene wertvolle Fischarten wie Salmoniden oder Aale nicht mehr vorkommen und an ihrer Stelle ein Massenbestand von wirtschaftlich uninteressanten Weißfischen zu verzeichnen ist.

Ebenso ist die Düngung nicht möglich, wenn das Fischwasser sehr starken Zu- und Ablauf aufweist, da ja die eingebrachten Düngestoffe mit dem Wasser abfließen würden. Waren die Düngemaßnahmen von Erfolg gekrönt, sollten die Angelvereine bedenken, dass die vermehrte Fischproduktion in Form wesentlich höherer Stückgewichte bei zusätzlichem Besatz mit berücksichtigt werden soll. Es müssen dem Gewässer dann mehr Fische entnommen werden, größere Fische haben im folgenden Jahr auch einen größeren Nahrungsbedarf. Wird dieser nicht ausreichend gedeckt – verursacht

durch Übervölkerung oder nachlassende Düngung – werden die Fische einen schlechten Ernährungszustand und eine erhöhte Anfälligkeit für Fischkrankheiten aufweisen. Bei der Bewirtschaftung von Fließgewässern liegen die Verhältnisse etwas anders. Trotzdem sollte auch hier die Kenntnis der Wasserqualität und damit des möglichen Ertrages mit dem Besatzplan verbunden werden. Maßnahmen zur Verbesserung wie z. B. Düngen oder Kalken scheiden aus, weil die eingebrachten Stoffe mit dem Wasser abfließen. Dagegen ist die Kontrolle des Oberlaufs und der Zuflüsse auf fischereischädliche Substanzen wichtig. Vor allem im Schadensfall kann so unter Umständen schnell der Einleiter ermittelt werden, und durch Sicherstellung von Wasserproben hat man für die anstehenden Regulierungen der Schadensforderung Beweismaterial in Händen. Allerdings können sich im fließenden Gewässer die Verhältnisse innerhalb kürzester Zeit schlagartig ändern. Eine Abwasserwelle kurz nach der vorgenommenen Probenahme würde zu ganz anderen Analysenwerten führen, wenig später liegen wieder die normalen Werte vor. Dasselbe gilt auch für Zuflüsse zu stehenden Gewässern, obwohl die Schadstoffe sich anschließend im Teich befinden, allerdings in stark verdünnter Form. Wichtig ist, dass man mögliche Einleiter schädlicher Stoffe kennt, damit man ungefähr weiß, mit welchen Schadstoffen zu rechnen ist.

Eine Schwierigkeit für die Gewässerwarte liegt darin, dass die Mehrzahl von ihnen naturgemäß keine Chemiker sind. Bei den Lehrgängen werden die Probleme der chemischen Wasseranalyse in einer kurzen, gedrängten Form behandelt und durch die Anhäufung unbekannter Symbole, Formeln und Fremdwörter von vielen Teilnehmern nur teilweise verstanden. Daraus resultiert bei einigen Gewässerwarten eine Abneigung, sich mit der Wasserchemie zu befassen oder sogar selbst eine Analyse durchzuführen.

Die Durchführung der Analyse mit *VISOCOLOR*[®] Testbestecken ist auch dem Nichtfachmann möglich, da jeder einzelne Vorgang genau beschrieben wird. Im folgenden wird versucht, durch einfache Erklärung der einzelnen Analysenwerte und der daraus resultierenden Folgerungen dem Gewässerwart seine Arbeit zu erleichtern.

Eine Wasserprobe ist nicht über längere Zeit haltbar. Vor allem bei höheren Temperaturen führen die in der Probe weiter ablaufenden biologisch-chemischen Vorgänge zu Veränderungen der Zusammensetzung. Daher ist es von Vorteil, die Untersuchung direkt an der Entnahmestelle vorzunehmen. Die *VISOCOLOR*[®] Analysenkoffer wurden für diese Anforderungen entwickelt. Aber auch einzelne *VISOCOLOR*[®] Testbestecke sind zu mehreren in einer Tasche leicht bis zur Probestelle zu transportieren und gestatten die Analyse direkt am Gewässer. Die Bewertung der ermittelten Analyseergebnisse kann dann anhand der in dieser Broschüre aufgeführten Tabellen oder Grenzwerte vorgenommen werden. Ebenso kann man die Mengen an wasserverbessernden Substanzen wie Phosphatdünger oder Kalk berechnen, die in das Gewässer eingebracht werden müssen. Art und Zeitpunkt der Ausbringung sind jeweils im entsprechenden Abschnitt angegeben.

Es ist von entscheidender Wichtigkeit, alle Messwerte im Zusammenhang miteinander und in Verbindung mit den biologischen Gegebenheiten des Gewässers zu betrachten. Auf eine eingehende Beschreibung der biologischen Wasserbeurteilung wird an dieser Stelle verzichtet.* Ein Gewässerwart sollte aber zumindest mit den Grundlagen der biologischen Beurteilung vertraut sein. Hierfür wird vorzugsweise die Anzahl der wirbellosen Tiere wie Nymphen von Stein-, Eintags- und Köcherfliegen, Flohkrebse, Wasserasseln, rote Zuckmückenlarven, Schlammröhrenwürmer (Tubifex), Planarien, Schnecken u. a. pro m² Bodenfläche bzw. bestimmter Wassermenge herangezogen. Der biologische Zustandswert wird in den Stufen I – IV angegeben. Er wird bestimmt durch die vorkommenden Arten sowohl hinsichtlich des Artenreichtums als auch durch die Zahl der Tiere pro Art. Dabei bedeutet Zustandswert I kaum verunreinigt bis IV außergewöhnlich stark verunreinigt. Diese Testorganismen bevorzugen genau definierte Bedingungen des von ihnen bewohnten Wassers. Sie korrelieren dadurch gut mit der Wasserqualität bzw. sie zeigen die Verunreinigungsgrade an. Die Verunreinigungsstufen werden nach der Stärke der Abwasserbelastung bezeichnet:

polysaprobe Zone:	stärkste Verunreinigung	Güteklasse IV	rot
α-mesosaprobe Zone:	mittlere-starke Verunreinigung	Güteklasse III	gelb
β-mesosaprobe Zone:	mittlere-geringe Verunreinigung	Güteklasse II	grün
obligosaprobe Zone:	geringe Verunreinigung	Güteklasse I	blau
katharobe Zone:	ohne Abwasserbeeinflussung		

Grundsätzlich unterliegt die Bewirtschaftung von Gewässern den gleichen Naturgesetzen wie der Ackerbau. Dabei gilt, dass die Höhe des Ertrags von dem lebenswichtigen Stoff bestimmt wird, der im Minimum (in der kleinsten Menge bzw. Konzentration) vorliegt (Gesetz v. Minimum, aufgestellt von Justus v. Liebig).

Beispiel:

Ein Fischteich von 1 – 2 m Tiefe ist richtig besetzt, das Wasser wird gut belichtet, der pH-Wert liegt bei pH 7,5, das SBV bei 1,8. Wasser und Teichboden enthalten aber kaum Phosphate. Dann ist der Phosphatgehalt der Minimumfaktor, und das Wasser erbringt nur einen Bruchteil des Ertrages, der bei richtigem Phosphatgehalt erreichbar ist.

Diese Betrachtung gilt auch für Fließgewässer:

Ein Bach mit guter durchschnittlicher Wasserführung und günstigen Temperaturen hat aufgrund großer Fichtenbestände im Wassereinzugsgebiet und der Kalkarmut des Bodens saures Wasser und ein niedriges Säurebindungsvermögen (SBV). Der Fischbestand wird entsprechend dünn und kleinwüchsig sein.

* Für den gleichen Interessentenkreis verweisen wir auf die Bücher „Die Bewertung der Fischgewässer“ von G. Jens, Parey-Verlag, Hamburg, sowie „Einführung in die Limnologie“ von J. Schwörbel, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart

Alle lebenswichtigen Faktoren sind also gleichermaßen an der Ertragsbildung beteiligt. Das erklärt wiederum die Notwendigkeit, alle Analyseergebnisse im Zusammenhang zu betrachten. Nur eine umfassende Beurteilung ermöglicht dem Gewässerwart eine gute Einschätzung der Produktivität und der Möglichkeiten, die das Gewässer bietet. Jetzt können sowohl Mengen als auch Art des Besatzes richtig festgelegt und mögliche Maßnahmen zur Verbesserung der Wassergüte getroffen werden. Bei dieser Handlungsweise wird das Fischwasser den Stand erreichen, bei dem sich das gesamte Leben optimal entwickeln kann. Die Mitglieder der Vereine sowie Fischzüchter profitieren durch bessere Fänge und sparen gleichzeitig Geld.

Auswahl der Parameter:

Welche Analysen sind speziell für unsere Gewässer wichtig? Grundsätzlich sollte man Fischgewässer in 2 Hauptgruppen aufteilen:

1. alle Fließgewässer, alle Forellenteiche und sonstige angestauten Gewässer mit starkem Durchfluss.
2. Gewässer, deren Zufluss nur die Verluste durch Verdunstung oder Versickern ausgleicht bzw. die einen im Verhältnis zur Gesamtwassermenge geringen Durchfluss haben.

Bei fließenden Gewässern dient die Analyse nur der Klassifizierung der Wasserqualität und damit der Ermittlung der Ertragsfähigkeit. Alle Maßnahmen der Wasserverbesserung fallen in der ersten Gruppe weg. Die Gruppe der stehenden Gewässer dagegen gestattet, mit der Analyse ungünstige Verhältnisse nicht nur zu erkennen, sondern diese durch geeignete Maßnahmen in den meisten Fällen zu verbessern.

Noch eine Bemerkung vor Beginn der eigentlichen Wasseranalyse: Jedem Gewässerwart sei an dieser Stelle empfohlen, ein Gewässerbuch anzulegen. In diesem Buch (am zweckmäßigsten in Form eines festen Journals) sollten außer Fischbesatz und Entnahme auch alle im Jahresablauf ermittelten Messwerte und evtl. erfolgten Wasserverbesserungsmaßnahmen festgehalten werden. Auf diese Weise lassen sich die jahreszeitlich bedingten Schwankungen verschiedener Parameter verfolgen, und es wird der richtige Gesamteindruck über ein Gewässer vermittelt.

Die Klassifizierung eines Gewässers beginnt mit seiner Größe. Die Fläche – meist in ha angegeben – ist auch im Folgenden immer als Bezugswert für den Fischertrag zugrunde gelegt. Eine etwas vereinfachende Erklärung dafür besteht darin, dass das Licht als Grundlage allen pflanzlichen und tierischen Lebens unser Gewässer flächig bestrahlt – je größer die Fläche, um so mehr Licht steht für Planktonbildung, dem Beginn der Nahrungskette, zur Verfügung. Das setzt natürlich eine Mindestwassertiefe voraus, die bei 50 cm liegen sollte. Daneben muss das Gewässer aber Bereiche mit größerer Wassertiefe aufweisen, um den Fischen zu ermöglichen, den Winter zu überstehen. Schäperclaus hält in der Teichwirtschaft eine mittlere Teichtiefe von 80 – 120 cm für zweckmäßig.

Entnahme der Wasserprobe

Die Entnahme der Wasserprobe erfolgt immer an der Stelle, für die die Analyse repräsentativ sein soll, entweder z. B. unmittelbar am Einlauf, um diesen zu prüfen, oder für das Teichwasser in der Mitte oder in der Nähe des Ablaufs. Die Probebehälter sind mehrfach mit dem zu prüfenden Wasser zu spülen. Der Untersuchende notiert zuerst Entnahmestelle, Datum und Tageszeit.

Zur ersten Beurteilung gehört die Beschreibung des Wassers auf Trübung, Farbe und Geruch. Außerdem ist die Wassertemperatur zu messen. Analytisch sind für alle Gewässer folgende Werte interessant: pH-Wert, Gesamthärte, Säurebindungsvermögen (SBV) und der Sauerstoffgehalt.

Soll in Teichen und Kiesgruben die Produktivität des Gewässers verbessert werden, ist es erforderlich, Ammonium-, Nitrit-, Nitrat- und Phosphatgehalt zu bestimmen. Durch laufende Messung des Phosphatgehaltes lässt sich die Verwertung des eingebrachten Düngers verfolgen. Evtl. Vorkommen und Konzentration vom Ammonium und Nitrit und das Verhältnis beider zueinander geben uns Auskunft, ob die Nitrifikation* gut funktioniert und ob organische Abwässer eingeleitet werden. Bestimmte Anzeichen wie braune Ausflockungen im Zu- und Ablauf und ölig schimmernde Beläge auf der Wasseroberfläche deuten auf einen hohen Eisengehalt hin. In diesem Fall sollte die Vermutung durch eine Eisenbestimmung analytisch bestätigt werden. Eine Abrundung des Gesamteindrucks unseres Fischwassers vermittelt die Kenntnis der Gehalte an Sulfat, Sulfid (besonders im Sediment) und Kieselsäure.

Bei Vergiftungen kann – vor allem, wenn mögliche Einleiter bekannt sind – eine Kontrolle auf Detergentien, Cyanid, Chromat, Chlor usw. erfolgen. Die Auswahl hängt weitgehend von den Erfahrungen über ähnliche Fälle bzw. von der Kenntnis ab, welche Industriezweige als Einleiter in Frage kommen. Bei Einleitungen landwirtschaftlicher oder kommunaler Abwässer steigt der Ammoniumgehalt stark an und muss kontrolliert werden, da hoher Ammoniumgehalt bei gleichzeitig höherem pH-Wert große Gefahren für den Fischbestand mit sich bringen kann. Bei der folgenden Besprechung wird auf die einzelnen Parameter und ihre Verknüpfung miteinander eingegangen.

* Nitrifikation: Begriffserklärung siehe Kapitel „Verbindungen des Stickstoffs“

2 Die Wasseranalyse mit *visocolor*[®] Testbestecken

Die Bestimmungen mit *VISOCOLOR*[®] Testbestecken setzen keine besonderen Vorkenntnisse voraus und sind auch chemischen Laien möglich. Wir wenden kolorimetrische und titrimetrische Methoden an. Bei den *VISOCOLOR*[®] Testbestecken haben beide Methoden den Vorteil, dass das Ergebnis direkt ablesbar ist. Im allgemeinen werden die Analysenergebnisse in mg/l (Milligramm pro Liter) bzw. ppm (parts per million) angegeben (ppm = mg/l). Allgemein übliche Ausnahmen sind beispielsweise °d (deutsche Härtegrade) oder mmol/l (Millimol pro Liter – eine andere Form der Konzentrationsangabe in der Chemie).

2.1 Kolorimetrische Methoden

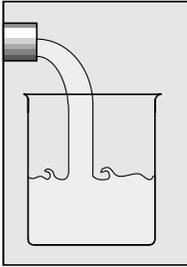
Bei der kolorimetrischen Analyse macht man sich die Eigenschaft spezieller Reagenzien zunutze, mit den zu bestimmenden Substanzen farbige Verbindungen zu bilden, wobei deren Farbstärke mit der Konzentration der gesuchten Substanz steigt. Bei dem *VISOCOLOR*[®] Testbesteck Nitrit beispielsweise bilden die Reagenzien mit Nitrit einen blauroten Farbstoff, dessen Konzentration der vorliegenden Nitritmenge proportional ist. Bei pH-Messungen bilden sich durch Verwendung spezieller Indikatorfarbstoffe für jeden pH-Wert charakteristische Farben. Alle entstehenden Farben werden im Prüfgefäß (Komparator oder Komparatorblock) mit einer Reihe von Standardfarben verglichen. Nach Zuordnung bzw. Farbgleichheit kann das Ergebnis direkt abgelesen werden.

2.1.1 *visocolor*[®] Komparator-Testbestecke

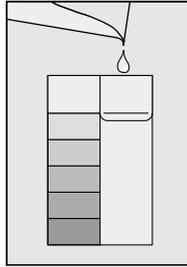
Alle Komparator-Testbestecke bestehen aus einer bruchsicheren Kunststoffbox (je nach Anzahl der Bestandteile in den Abmessungen 243 bzw. 184 x 138 x 46 mm), aus dem Komparator, allen erforderlichen Reagenzien und einem Gefäß für die bequeme Probenahme. Die wasserabweisende Gebrauchsanweisung befindet sich auf der Innenseite des Deckels der Kunststoffbox, beim *VISOCOLOR*[®] Analysenkoffer in einem Sammelheft.

2.1.1.1 Arbeitsweise und Handhabung bei klarem und ungefärbtem Wasser

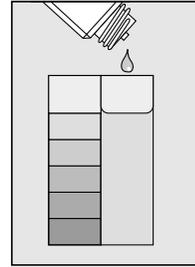
Die in der Gebrauchsanweisung angegebenen Mengen Reagenz sowie die Reaktionszeiten sind genau einzuhalten. Nach Zugabe der vorgesehenen Reagenzien ist die Messung so durchzuführen, dass der Komparator in Augenhöhe, mit der rauhen Seite nach hinten, gegen das Licht gehalten und die Farbe der Prüflösung den Vergleichsfarben zugeordnet wird (nicht gegen die Sonne halten!). Bei niedrigen Messwerten sollte man 5 - 10 cm hinter dem Komparator ein weißes Blatt Papier halten und in auffallendem Licht beurteilen.



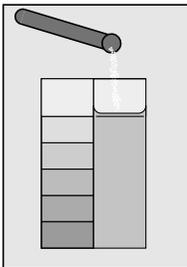
Wasserprobe nehmen



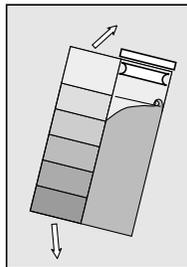
Komparator mit Wasserprobe füllen



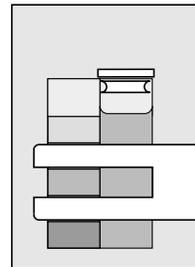
Zugabe von Flüssigreagenz



Zugabe von Festreagenz



Verschließen und mischen



Nach Reaktionszeit ablesen

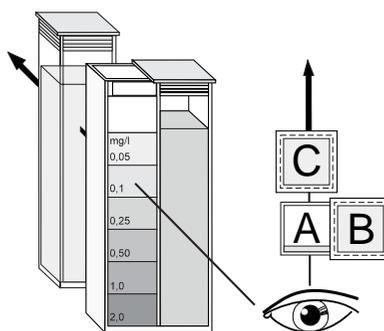
2.1.1.2 Arbeitsweise und Handhabung bei trübem und gefärbtem Wasser

Der weitaus größte Teil der zu untersuchenden Wasserproben ist klar oder nur sehr leicht gefärbt oder getrübt. Dann ist die Analyse ohne weitere Vorbereitung durchzuführen. Bei stärkerer Trübung des zu untersuchenden Wassers muss man entweder warten, bis sich der größte Teil der Trübstoffe abgesetzt hat, oder die Wasserprobe wird filtriert (z. B. durch ein Faltenfilter MN 615¼). Dabei empfiehlt es sich, den ersten Teil des Filtrates nicht für die Analyse zu verwenden.

Ist die Probe so stark gefärbt, dass eine Zuordnung zu den Vergleichsfarben nicht mehr möglich ist, macht man sich das Kompensationsprinzip zunutze. Die gefärbte Wasserprobe wird genau nach Gebrauchsanweisung behandelt. Für den Farbvergleich füllt man zusätzlich die sogenannte Kompensationsküvette mit der zu untersuchenden Probe. Der Kompensationsküvette wird kein Reagenz zugegeben. Bei dem Farbvergleich hält man die Kompensationsküvette hinter die Farbvergleichsstandards des Komparators. Auf diese Weise wird die Eigenfarbe der Lösung auf beiden Seiten beim Farbvergleich kompensiert (daher Kompensationsprinzip).



Dieses Verfahren hat jedoch seine Grenzen, wenn sehr starke Eigenfärbungen neben sehr kleinen Nachweismengen vorliegen. Dann wird die geringe Reaktionsfarbe von der Färbung der Probe überdeckt. Es kann auch vorkommen, dass die Eigenfarbe der Wasserprobe durch die zugegebenen Reagenzien verändert wird (z. B. bei pH-Verschiebungen durch Reagenzien). Diese Erscheinung erkennt man fast immer daran, dass es nicht möglich ist, die Farben der Lösung den Farbstandards zuzuordnen.



- A: Farbfelder des Komparators
- B: Probelösung mit Reagenzien in Komparatorküvette
- C: Probelösung **ohne** Reagenzien in Kompensationsküvette

2.1.1.3 Arbeitsweise und Handhabung bei sehr hohen Konzentrationen

In bestimmten, seltenen Fällen kann es vorkommen, dass sehr große Mengen an nachzuweisender Substanz im Wasser gelöst sind. Diese Situation kann vor allem bei der Untersuchung von Zuflüssen (Abwasser) auftreten. Ist die Reaktionsfarbe stärker als der höchste Farbstandard, so wird die Wasserprobe mit destilliertem Wasser verdünnt, bis die Konzentration wieder im Messbereich des Komparators liegt. Die Verdünnung muss beim Ergebnis berücksichtigt werden.

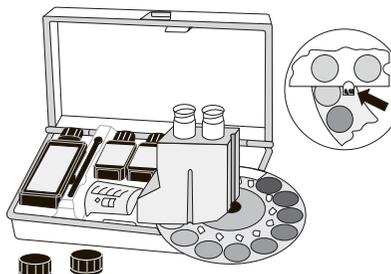
Berechnungsbeispiele:

Wasserprobe ml	dest. Wasser ml	Messergebnis mit Faktor multiplizieren
50	50	2
20	80	5
10	90	10
5	95	20
1	99	100

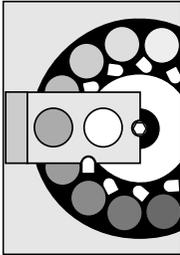
Bei den nachstehend beschriebenen VISOCOLOR® HE-Testbestecken ist bei zu hohen Konzentrationen in gleicher Weise zu verfahren.

2.1.2 **visocolor® HE** Testbestecke (Hochempfindliche Kolorimetrie)

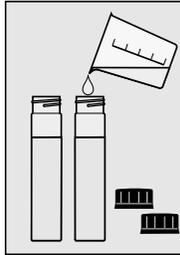
Schnelles Erkennen kleinster Stoffkonzentrationen erlangt in der Praxis der analytischen Schnelltestmethoden zunehmende Bedeutung. Die einfachste Methode der Empfindlichkeitssteigerung in der visuellen Kolorimetrie ist die Erhöhung der Schichtdicke. Allerdings sollte dabei das Probevolumen und parallel dazu der Reagenzienverbrauch nicht unangemessen steigen. Außerdem muss das Gerät handlich bleiben.



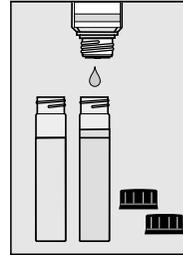
Als Lösung bietet sich die Möglichkeit an, die Messlösung von oben in einem entsprechenden Messglas in der Durchsicht zu betrachten und zu beurteilen. In Verbindung mit dem Einsatz neuer, hochempfindlicher Reagenzien lässt sich die Empfindlichkeit gegenüber den VISOCOLOR® Testbestecken auf das 10fache bis 100fache steigern. Das nach diesen Gesichtspunkten entwickelte Analysensystem »VISOCOLOR® HE« bietet ebenso wie VISOCOLOR® ein vollständiges Kleinlabor in einer stabilen Kunststoffbox. Jede Box enthält neben den erforderlichen Reagenzien und der Gebrauchsanweisung den Komparatorblock zur Aufnahme der 10-Farben-Drehscheibe und 2 Rundgläser (Schichtdicke der Wasserprobe 68 mm). Der Komparatorblock kann in der Kunststoffbox aufgestellt und fixiert werden. Nach dem Füllen beider Rundgläser mit der Wasserprobe werden die Reagenzien nur einem Rundglas zudosiert; denn die gleichzeitige Kompensation von Eigenfarbe und Trübung erlangt bei der hohen Empfindlichkeit größere Bedeutung. Bei der Messung dreht man die Scheibe mit den feinstufigen Vergleichsfarben bis zur Farbgleichheit beider Rundgläser und liest in der Aussparung an der Vorderseite des Komparatorblocks den Messwert ab. Auch hier sind die in der Gebrauchsanweisung angegebene Reihenfolge, Reagenzdosierungen sowie die Reaktionszeiten und Reaktionstemperaturen genau einzuhalten.



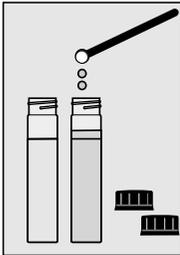
Farbvergleichsscheibe einschieben



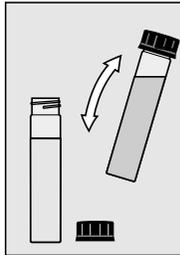
Beide Rundgläser mit Wasserprobe füllen



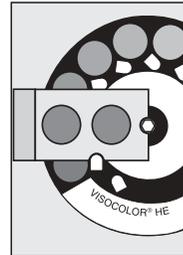
Zugabe von Flüssig-reagenz (rechtes Glas)



Zugabe von Fest-reagenz (rechtes Glas)



Verschließen, mischen, Reaktionszeit abwarten



Drehen der Scheibe bis zur Farbgleichheit. Messwert ablesen

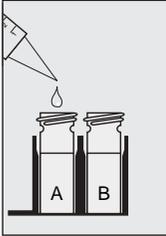
2.1.3 **visocolor® ECO** Testbestecke (Kolorimetrie und Maßanalyse)

VISOCOLOR® ECO stellt eine neue kostengünstige Produktgruppe der kolorimetrischen und titrimetrischen Testbestecke dar. Mit **VISOCOLOR® ECO** können selbst Wasserinhaltsstoffe mit niedrigen Grenzwerten noch ausreichend genau bestimmt werden.

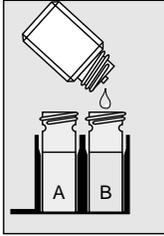
Merkmale von VISOCOLOR® ECO

- ◊ kolorimetrische und titrimetrische Testbestecke für niedrige Konzentrationsbereiche
- ◊ sofortige Einsatzbereitschaft vor Ort
- ◊ Piktogramm-Darstellung für einfachste Bedienung
- ◊ 6-sprachige Gebrauchsanweisungen
- ◊ einfache Ablesemöglichkeit durch Verschieben des Komparators
- ◊ gespreizter Messbereich mit hoher Messwertdichte
- ◊ Kompensation von Trübungen und Färbungen
- ◊ Verzicht auf toxische Reagenzien
- ◊ gebrauchte Analysenansätze können durch den Anwender entsorgt werden
- ◊ Reagenzien ausreichend für 50 - 400 Bestimmungen

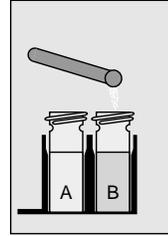
Auswertung mit Farbkarte



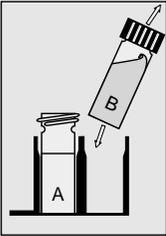
Beide Messgläser mit Probe füllen



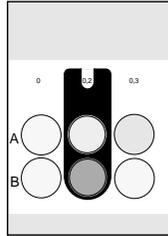
Zugabe von Flüssig-reagenz in Glas B



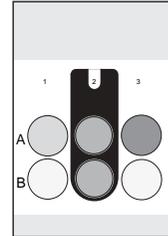
Zugabe von Fest-reagenz in Glas B



Verschließen, mischen, Reaktionszeit abwarten

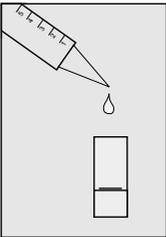


Auf der Farbkarte absetzen und verschieben ...

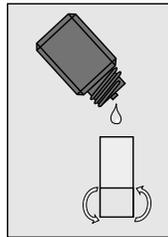


... bis zur Farbgleichheit, Messwert ablesen

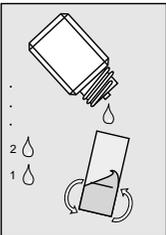
Tropfenzählverfahren



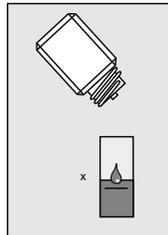
Titration Gefäß mit Wasserprobe füllen



Indikator zugeben und mischen



Zutropfen der Titrationslösung bis ...



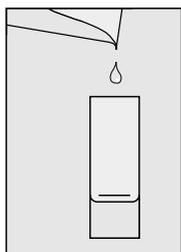
... zum Farbumschlag
 $x \text{ Tropfen} = x \cdot d$

2.2 *visocolor*[®] Titrationsbestecke (Maßanalyse)

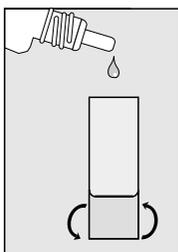
Eine Reihe von Substanzen lässt sich nur schwer oder gar nicht in gefärbte auswertbare Stoffe umsetzen. In vielen dieser Fälle bedient man sich titrimetrischer Methoden.

Bei der Maßanalyse wird einem genau abgemessenen Probevolumen eine Lösung nach und nach gleichmäßig zutropft (titriert), deren Wirksubstanz mit der gesuchten Substanz in der Probe reagiert. Nachdem die Substanz in der Probe durch die Reaktion vollständig umgesetzt ist, würde ein weiteres Zutropfen von Titrationslösung zu einem Überschuss führen. Diesen Punkt der abgeschlossenen Reaktion (Äquivalenzpunkt) macht ein zugegebener Indikator durch Farbumschlag sichtbar.

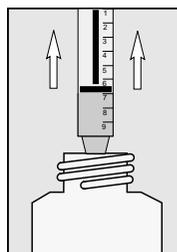
Bei den *VISOCOLOR*[®] Titrationsbestecken gibt man aus einer 1 ml Präzisionstropfspritze solange tropfenweise Titrationslösung zu genau 5 ml Probelösung, bis der zugefügte Indikator umschlägt. Die Menge der bis zum Farbumschlag des Indikators verbrauchten Titrationslösung entspricht dem Gehalt an gesuchter Substanz in der Wasserprobe. Das Ergebnis kann an der Titrierspritze abgelesen werden.



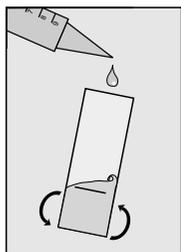
Titrationsgefäß mit Wasserprobe füllen



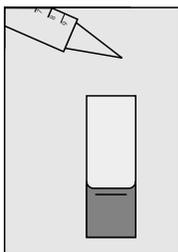
Indikator zugeben und mischen



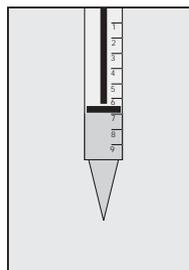
Titrierspritze füllen



Zutropfen der Titrationslösung bis ...



... zum Farbumschlag



Messergebnis ablesen

Bis zu zwei auf der Titrierspritze aufgedruckte Skalen ermöglichen das direkte Ablesen der ermittelten Parameter in der zweckmäßigsten Angabe, z. B. bei der Härtebestimmung mmol/l und Härtegrade. Dadurch werden umständliche Umrechnungen überflüssig.

Durch die Reduzierung des Probevolumens und die entsprechende Dimensionierung des Titrationsgefäßes sowie der Titrationsspritzen weisen die kompletten Testbestecke einen geringen Platzbedarf auf.

2.3 **visocolor®** Analysenkoffer



Um den unterschiedlichen Anforderungen der Praxis gerecht zu werden, bieten wir Analysenkoffer in verschiedenen Ausstattungen an. Als Verpackung dient in allen Fällen ein stabiler Kunststoffkoffer. Die darin enthaltenen Reagenzien reichen für mindestens 60 Bestimmungen. Reagenzien, Komparatoren und das entsprechende Zubehör sind in einer Tiefzieheinlage aus Kunststoff übersichtlich untergebracht. Die Farbcodierung der Etiketten schützt zuverlässig vor Verwechslung der Reagenzien. Die Mindesthaltbarkeit aller Reagenzien beträgt bei sachgemäßer Aufbewahrung 18 Monate.

2.4 **Filterphotometer PF-11**

Mit *VISOCOLOR®* und *VISOCOLOR® ECO* lassen sich schnell und einfach die Größenordnungen der Inhaltsstoffe ermitteln, die für die Klassifizierung eines Gewässers wichtig sind. Bei erhöhten Anforderungen, die genaue Messwerte erfordern, sind die Grenzen der visuellen Kolorimetrie erreicht. Dazu gehört die genaue Bestimmung sehr kleiner Konzentrationen, aber auch die Ermittlung exakter Messwerte im gesamten Bereich, besonders unter ungünstigen Lichtbedingungen oder bei individuellem Farbsehvermögen. Wichtig ist genaueste Messung bei z. B.:

Kontrolle des Abbauverhaltens von Abwässern, z. B. bei Kläranlageneinläufen (Ammonium, Nitrit)

Kontrolle der Nährstoffaufnahme nach Düngemaßnahmen in stehenden Gewässern

Messung geringster Konzentrationen Nitrit in Salmonidenlaichgebieten

Kontrolle der Wasserschichten tieferer Seen, Beurteilung der Zirkulation

Kontrolle und Erfassung unerlaubter Einleitungen

Diese genaue Messung ermöglicht das Filterphotometer PF-11 bei einfacher Handhabung.

Das Filterphotometer PF-11 schließt die Lücke zwischen den visuell-kolorimetrischen *VISOCOLOR®* Testbestecken und dem *NANOCOLOR®* Analysensystem. Dadurch besteht die Möglichkeit, mit *NANOCOLOR®* Rundküvetten eine Reihe weiterer Parameter zu messen. Organische Belastungen lassen sich über den CSB-Wert ermitteln.

3 Beschreibung der einzelnen Wasser-Kenngrößen, ihre Bedeutung für das Fischwasser und ihre Ermittlung mittels *visocolor*[®] Analysemethoden

3.1 Allgemeine Beurteilung

Nach der Probenahme wird das Wasser zuerst nach dem äußeren Erscheinungsbild beurteilt.

3.1.1 Farbe

Für die Beurteilung der Farbe hält man die Wasserprobe, die in eine saubere farblose Flasche eingefüllt ist, gegen einen weißen Hintergrund. Es werden Farbton und Farbstärke angegeben, z. B.:

gelblich, bräunlich-gelb, schwarzbraun u. ä.;
farblos, schwach, stark gefärbt.

Die Farbbeurteilung soll man vornehmen, nachdem sich eventuell vorhandene Schwebstoffe abgesetzt haben.

3.1.2 Trübung

Die Trübung wird beurteilt, bevor sich die Probe abgesetzt hat, z. B.:

klar – schwach getrübt – stark getrübt – undurchsichtig

mit Zusatzbemerkungen wie

Trübungsstoffe setzen sich schnell ab, z. B. aufgewühlter Teichboden

Trübungsstoffe bleiben zum großen Teil in der Schwebe (z. B. Mikroplankton)

3.1.3 Geruch

Da der menschliche Geruchssinn sehr empfindlich ist, können viele Stoffe schon in geringer Konzentration wahrgenommen werden. Die Geruchsprobe wird nach kräftigem Umschütteln in der gleichen Flasche möglichst von mehreren Testpersonen vorgenommen und wie folgt beschrieben:

a) nach der Intensität: *geruchslos, schwacher Geruch, starker Geruch*

b) nach der Art: *erdig, modrig, faulig, nach Jauche, Chlor, Mineralöl usw.*

Die Erklärungen für die Ergebnisse der ersten Beurteilung sind meist leicht zu finden, z. B.:

trübes Wasser – es wird durch Karpfen aufgewühlt

oder – Zuläufe führen Hochwasser

braun-gelbliches Wasser – das Wasser kommt aus Mooregebieten und ist durch Huminsäuren gefärbt

Bei auffallenden Merkmalen – anormale Farbe wie rot oder blau, Geruch nach Chlor usw. – sollte sofort versucht werden, die Ursachen aufzuspüren. Die Trübung nimmt im Frühjahr meistens zu, vor allem nach Düngemaßnahmen durch die schlagartige Vermehrung des Mikroplanktons. Im Herbst geht diese Trübung allmählich wieder zurück. Dauertrübe Teiche und Weiher sind gut für Karpfen, Schleien, Karauschen und Zander geeignet, während Forellen und Hechte klares Wasser vorziehen. Wird ein Karpfenteich im Sommer plötzlich

klar, kann das ein Anzeichen für eine Erkrankung der Fische sein (die Fische haben das Wühlen bei der Nahrungssuche eingestellt!).

3.2 Wassertemperatur

Der Fisch als poikilothermes Tier bevorzugt – artlich verschieden – hinsichtlich der Temperatur des Wasser einen bestimmten Bereich. In diesem Temperaturbereich unterliegen seine Lebensprozesse den Grundsätzen der „**RGT-Regel**“ (= Reaktion-Geschwindigkeit-Temperatur): **bei einer Erhöhung der Wassertemperatur um 10 °C steigt die Reaktionsgeschwindigkeit der Lebensprozesse der Fische um das Zwei- bis Dreifache.** In diesem Zusammenhang sind zu unterscheiden

- a. Fische, die den Aufenthalt in kaltem Wasser bevorzugen;
- b. Fische, die den Aufenthalt in warmem Wasser bevorzugen.

Forellen sind ein Beispiel für den **Typ a**. Sie bevorzugen Temperaturen von 5 – 15 °C und haben einen großen Bedarf an gelöstem Sauerstoff, der nach physikalischer Gesetzmäßigkeit nur in kälterem Wasser auf natürliche Weise befriedigt werden kann. **Karpfen** dagegen schätzen wärmeres Wasser (**Typ b**). Nach Schmeing-Engberding (1953) bevorzugen sie Wassertemperaturen von 16 – 25 °C.

Werden diese über- oder unterschritten, stellen die Fische die Nahrungsaufnahme und damit auch das Wachstum ein. Im Extremfall kann es sogar zu Verlusten kommen. Andere Fische versuchen, in Regionen abzuwandern, deren Temperaturen ihnen besser zusagen.

Bei Transport und Hälterung sollten allgemein Wassertemperaturen von 2 °C nicht unter- und von 18 °C nicht überschritten werden.

Beim **Umsetzen von Fischen** in ein anderes Wasser sollte der unmittelbare **Temperaturunterschied nicht mehr als 5 °C betragen**. Es muss in jedem Fall ein langsames Aufheizen der Wassertemperaturen erfolgen. Die Wassertemperatur bestimmt auch den Sauerstoffgehalt mit.

Mit steigender Wassertemperatur nimmt die Höchstmenge an Sauerstoff ab, die das Wasser aufzunehmen in der Lage ist (Tabelle siehe Kapitel Sauerstoff).

Ein Thermometer zur Messung der Wassertemperatur liegt dem **VISOCOLOR®** Analysenkoffer bei. Ansonsten ist die Messung der Temperatur mit einem Thermometer mit hinreichend genauer Anzeige möglich. Das Thermometer wird entweder in das Gewässer eingetaucht oder eine mindestens 1 Liter betragende Probe entnommen und sofort darin gemessen. Für Messungen in größerer Tiefe muss das Thermometer mit einer Schnur in die erforderliche Tiefe abgelassen und nach einer Verweilzeit von mehreren Minuten schnell hochgezogen und abgelesen werden.

Bei größeren Wassertiefen (mehr als 5 m) müssen Spezialtiefenthermometer benutzt werden. Die Messungen sollen über das ganze Jahr erfolgen, ihre Zusammenfassung ergibt das Jahrestemperaturprofil.

Obere und untere Wasserschichten werden im Frühjahr und Herbst umgeschichtet (Vollzirkulation), während sie in den restlichen Jahreszeiten durch die sogenannte Sprungschicht* getrennt sind (Stagnation).

Der Umstand, dass während der Zirkulation Oberflächenwasser bis in die Tiefe transportiert wird, aber während der Stagnation das Tiefenwasser von den darüberliegenden Wasserschichten weitgehend isoliert bleibt, ist für den Stoffhaushalt der Seen von weitgehender Bedeutung. Die Seen unserer klimatischen Breiten gehören dem dimiktischen Typ an (Vollzirkulation im Herbst und Frühjahr).

3.3 Sauerstoff

Für Fische und die meisten anderen Organismen, die die Gewässer bewohnen, ist der Sauerstoff im Wasser lebenswichtig. Das Gas Sauerstoff (chemisch O_2) liegt im Wasser gelöst vor, nur in dieser Form ist es von Fischen, Kleintieren und fast allen Bakterien verwertbar. Die Höchstmenge Sauerstoff, die im Wasser löslich ist, nennt man Sättigungswert. Dieser Wert hängt von der Wassertemperatur ab und sinkt mit steigenden Wärmegraden.

* Sprungschicht (Metalimnion): Grenze zwischen Wasserschichten verschiedener Temperaturen bei Gewässern unter 5 m Tiefe, Grenze zwischen Oberflächenschicht (Epilimnion) und Tiefenwasser (Hypolimnion).



Temperatur (°C)	Sättigungswert (mg/l O ₂)	Temperatur (°C)	Sättigungswert (mg/l O ₂)	Temperatur (°C)	Sättigungswert (mg/l O ₂)
0	14,2	10	10,9	20	8,8
1	13,8	11	10,7	21	8,7
2	13,4	12	10,4	22	8,5
3	13,1	13	10,2	23	8,4
4	12,7	14	10,0	24	8,3
5	12,4	15	9,8	25	8,1
6	12,1	16	9,6	26	8,0
7	11,8	17	9,4	27	7,9
8	11,5	18	9,2	28	7,8
9	11,2	19	9,0	29	7,6
10	10,9	20	8,8	30	7,5

Der Sauerstoff kann auf zweierlei Arten in das Gewässer gelangen:

Durch Austausch mit der Atmosphäre, der an der Wasseroberfläche stattfindet. Dabei ist die Größe der Wasseroberfläche ausschlaggebend. Bei Wind und starker Wellenbewegung wird er schneller stattfinden als bei ruhigem Wasserspiegel. Schnellfließende Flüsse und Bäche, die über Wehre stürzen und durch steinige Betten rauschen, sind bei niedrigen Temperaturen und reinem Wasser besonders sauerstoffreich.

Den Haupterzeuger des Sauerstoffs im Wasser stellen die grünen Wasserpflanzen dar, vorzugsweise die weiche Flora. Die pflanzliche Sauerstoffproduktion ist aber an das Licht gebunden, findet also am Tage statt. Daraus resultieren hohe Sauerstoffschwankungen im Tagesrhythmus, die bei Probenahme und Beurteilung mit berücksichtigt werden müssen.

Der Sauerstoffbedarf der verschiedenen Fischarten ist unterschiedlich hoch. Außerdem ist er noch jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen. Karpfen und Schleien stellen die Nahrungsaufnahme ein und wandern ab, wenn der Sauerstoff unter 3 mg/l absinkt. Werte von 0,5 mg/l führen zu Atemnot und sind in kurzer Zeit tödlich. Salmoniden sind anspruchsvoller. Hierbei können besonders bei höheren Temperaturen schon 5 mg/l kritisch werden. Die idealen Werte liegen im Bereich der Sauerstoffsättigung, bei 10 °C Wassertemperatur sollten also ca. 11 mg/l Sauerstoff vorliegen.

Sauerstoffverknappung kann vor allem bei starker Abwasserbelastung auftreten. Die im Abwasser vorhandenen Nährstoffe führen zu einer Massenvermehrung von Mikroorganismen, die ja auch Sauerstoff verbrauchen. Diese Gefahr ist besonders groß an warmen Sommertagen, wobei die große Zufuhr von Licht und Wärme diese Vorgänge noch beschleunigt. Im Winter unter dem Eis besteht bei erhöhter Sauerstoffzehrung auch die Gefahr eines Sauerstoffdefizits, da die Eisfläche den Gasaustausch an der Wasseroberfläche verhindert.

Aber auch Gewässer mit sehr vielen Wasserpflanzen weisen außerordentlich hohe Sauerstoffschwankungen auf. Die kritische Zeit ist in diesem Fall der

Build

frühe Morgen. Die Wasserpflanzen haben während der Nachtzeit keinen Sauerstoff produziert, sondern verbraucht. Durch höhere Wassertemperaturen ist der Sättigungswert ohnehin niedriger, andererseits haben Fische und Kleintiere einen höheren Sauerstoffbedarf. Kurze Zeit nach Sonnenaufgang haben sich die Verhältnisse aber wieder normalisiert.

Stehende Gewässer weisen in verschiedenen Tiefen auch verschiedene Sauerstoffgehalte auf. Hierbei besteht die Gefahr besonders darin, dass in den Bodenzonen durch die geringe Strömung eine Anreicherung der absinkenden organischen Substanzen eintritt. Abgestorbenes Plankton oder ungelöste Verunreinigungen sinken langsam zu Boden und führen zu mächtigen Bänken von Faulschlamm. Der Schlamm und das darüberstehende Wasser sind praktisch sauerstofffrei. Hierbei kann sich kein Fischlaich mehr entwickeln, bodenbewohnende Fische werden abwandern. Chemisch-biologische Vorgänge laufen in umgekehrter Richtung ab wie unter normalen Verhältnissen. Durch Reduktion bilden sich aus Nitrat die giftigen Ammonium-Verbindungen. Sulfatreduzierende Bakterien erzeugen den übelriechenden, giftigen Schwefelwasserstoff. In solchen Gewässern ist – zumindest in den Bodenzonen – kein normales Leben mehr möglich.

Die Bestimmung des gelösten Sauerstoffes erfolgt mit VISOCOLOR® Sauerstoff SA 10 (Sauerstoffbestimmung nach Winkler).

Für die photometrische oder kolorimetrische Bestimmung steht ein VISOCOLOR® ECO Testbesteck (Art.-Nr. 931 088) zur Verfügung.

3.3.1 Sauerstoffdefizit

Den Unterschied zwischen der theoretischen Höchstmenge an gelöstem Sauerstoff (Sauerstoffsättigung siehe Tabelle) und dem durch die Analyse festgestellten vorliegenden Wert bezeichnet man als Sauerstoffdefizit. Das Defizit wird normalerweise als Differenz angegeben. Man zieht den ermittelten Sauerstoffwert einfach von dem Wert ab, der bei der gemessenen Temperatur der Sauerstoffsättigung entspricht.

Beispiel:

Wassertemperatur 13 °C	Sauerstoffsättigung	10,2 mg/l
	Analysenwert	8,5 mg/l
	Sauerstoffdefizit	1,7 mg/l

Das Sauerstoffdefizit kann auch in Prozent angegeben werden. Das oben angeführte Beispiel wird dann folgendermaßen berechnet:

$$\frac{1,7 \times 100}{10,2} = 16,7 \%$$

Das Defizit beträgt 16,7 %. Das untersuchte Wasser ist nur zu 83,3 % mit Sauerstoff gesättigt.

Ein hohes Sauerstoffdefizit lässt auf eine Belastung des Gewässers mit Abwasser schließen. Beim Abbau dieser Verunreinigungen durch Mikroorganismen wird Sauerstoff verbraucht. Das kann, besonders bei höheren Temperaturen, zu Fischsterben größeren Ausmaßes führen, da unter ungünstigen Bedingungen der Sauerstoffgehalt bis gegen Null absinken kann.

3.3.2 Sauerstoffzehrung

Die Ermittlung der Sauerstoffzehrung ist eine weitere Möglichkeit, die organische Belastung eines Gewässers zu bestimmen. Dabei wird in einem ersten Schritt festgestellt, wieviel Sauerstoff von Mikroorganismen in 48 Stunden verbraucht wird.

Eine genauere Bestimmung mit einer ausführlichen Beschreibung ermöglicht das Testbesteck VISOCOLOR® Sauerstoffzehrung (Art.-Nr. 915 012).

Ermittlung der Sauerstoffzehrung:

1. Sauerstoffgehalt des Wassers feststellen.
2. Die gut gespülte Sauerstoffflasche nochmals mit Wasser bis zum Überlaufen füllen und o h n e Reagenzzugabe blasenfrei verschließen. Die Flasche im Dunkeln 48 Stunden stehend aufbewahren.
3. Sauerstoffbestimmung des Flascheninhalts durchführen (von Punkt 2 der Sauerstoffbestimmung an).

Beispiel:

Sauerstoffgehalt – sofort gemessen	8,5 mg/l
Sauerstoffgehalt nach 48 Stunden	6,5 mg/l
Sauerstoffzehrung	2,0 mg/l

$$\text{Angabe in Prozent: } \frac{2,0 \times 100}{8,5} = 23,5 \%$$

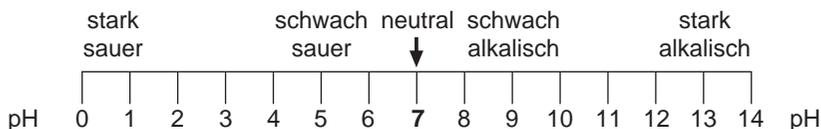
In 48 Stunden wurden 23,5 % des ursprünglich vorhandenen Sauerstoffes durch Zehrung verbraucht.

Die Sauerstoffzehrung gibt den biologischen Sauerstoffbedarf an, der durch abbaubare Gewässerunreinigungen hervorgerufen wird. Dagegen kann Sauerstoffdefizit auch durch schlechten Sauerstoffeintrag oder Überbesatz hervorgerufen werden.

3.4 pH-Wert

Der pH-Wert gibt an, ob das Wasser sauer, alkalisch oder neutral ist. Der Wert wird bestimmt durch die Konzentration der Wasserstoffionen. Der exakte mathematische Zusammenhang lautet: negativer dekadischer Logarithmus der Wasserstoffionenkonzentration ($\text{pH} = -\lg [\text{H}^+]$). Diese Formulierung hat man gewählt, um die teilweise sehr geringen Größenordnungen der Wasserstoffionenkonzentration in einfache Zahlen umzuwandeln; z. B. entspricht pH 5 einer Wasserstoffionenkonzentration von 10^{-5} mol/l. Andererseits verrät diese mathematische Formulierung, dass die Zahl der Wasserstoffionen mit abnehmenden pH-Werten, also in Richtung pH 1, bei jedem ganzzahligen Schritt auf das Zehnfache ansteigt.

Wenden wir uns wieder den einfachen pH-Werten zu. Sie sind auf der folgenden Skala dargestellt:



Bei pH 7 wird das Wasser als neutral bezeichnet, es ist weder sauer noch alkalisch. Nach unten werden die Werte zunehmend sauer und nach oben zunehmend alkalisch. Einige Beispiele für pH-Werte aus der täglichen Praxis:

Lösung	pH-Wert
Salzsäure 4%	ca. 0
Magensäure	0,9–1,5
Zitronensaft	2,3
Speiseessig	3,1
Silofutter	3–4
reines Wasser	7,0
Seewasser	8,3
Seifenwasser	8–10
gesättigtes Kalkwasser	12,3
Natronlauge 4%	ca. 14

Die Kenntnis des pH-Wertes ist für den Gewässerwart und den Teichwirt von großer Wichtigkeit. Zu hohe oder zu niedrige pH-Werte sind für Fische tödlich. Die genauen Werte hängen von der Fischart ab; normalerweise können Fische nur im Bereich von pH 5 bis 10 leben, wobei beispielsweise Karpfen höhere pH-Werte ertragen als Forellen. Die einzelnen Fischarten verhalten sich unterschiedlich bei pH-Verschiebungen des Wassers. Der nachstehenden Tabelle sind Auswirkungen der verschiedenen pH-Werte auf einzelne Fischarten zu entnehmen.

3.4.1 Auswirkung des pH-Wertes auf den Fisch

nach EIFAC Technical Paper No. 4 (überarbeitet)

Bereich	Wirkungen
3,0 – 3,5	Es ist unwahrscheinlich, dass irgendein Fisch für mehr als einige Stunden in diesem Bereich überleben kann.
3,5 – 4,0	Dieser Bereich ist tödlich für Salmoniden. Es besteht die Möglichkeit, dass das Rotauge, die Schleie, der Barsch und der Hecht in diesem Bereich überleben können, vermutlich nach einer Periode der Akklimatisierung an etwas höhere, nicht letale Werte, aber der untere Wert dieses Bereiches könnte für das Rotauge tödlich sein.

- 4,0 – 4,5** Wahrscheinlich schädlich für Salmoniden, Schleie, Brasseln, Bleie, Rotaugen, Goldfisch und Karpfen, die nicht zuvor an niedrige pH-Werte adaptiert worden sind, obgleich die Widerstandsfähigkeit in diesem pH-Bereich mit der Größe und dem Alter der Fische zunimmt. Fische können sich in diesem Bereich adaptieren, aber der Barsch, die Brasse, das Rotauge können nicht laichen.
- 4,5 – 5,0** Wahrscheinlich schädlich für die Eier und Fischbrut der Salmoniden und über längere Zeit bei anhaltenden pH-Werten nachteilig für solche Fischzuchten. Kann schädlich sein für Karpfen.
- 5,0 – 6,0** Wahrscheinlich unschädlich für alle Arten von Fischen, es sei denn, die Konzentration von freiem CO₂ ist größer als 20 mg/l oder das Wasser enthält Eisensalze in Form von Eisenhydroxyd-Niederschlägen.
- 6,0 – 6,5** Für Fische unschädlich, soweit der CO₂-Gehalt unter 20 mg/l liegt.
- um 7,0** Günstiger Bereich für alle Fischarten.
- 8,5 – 9,0** Normalerweise noch unschädlich für Fische, obgleich die Toxizität einiger Giftstoffe in diesem Bereich beeinflusst werden kann.
- 9,5 – 10,0** Tödlich für Salmoniden über einen längeren Zeitraum, darüber hinaus wahrscheinlich schädlich für Entwicklungsstadien einiger Fischarten.
- 10,0 – 10,5** Wird von Rotaugen und Salmoniden für kurze Zeit vertragen, ist aber tödlich über längere Zeit.
- 10,5 – 11,0** Sofort tödlich für Salmoniden. Der obere Wert dieses Bereiches ist über längere Zeit tödlich für Karpfen, Schleie, Goldfisch und Hecht.
- 11,0 – 11,5** Tödlich für alle Fischarten.

Fischsterben durch zu saure Wässer treten nicht häufig auf. Meist werden sie durch Einleitung von Säuren hervorgerufen. Gefährdet sind auch Teiche, die ihr Wassereinzugsgebiet in reinen Nadelwäldern haben und in geringer Entfernung zu diesen, z. B. am Waldrand, gelegen sind. Bei plötzlichem Sturzregen oder einsetzendem Tauwetter (Schneeschnmelze) werden aus dem Waldboden größere Mengen Humussäuren gelöst, die das Wasser bis zu einem pH-Wert von 4 ansäuern. Es kommt häufiger vor, dass alkalische Abwässer zu Schadensfällen führen. Durch Einleitung von Laugen, Kalkwasser (gelöschter Kalk), Carbid Schlamm, Betonschwemm- und Wasser sind schon viele Fischsterben verursacht worden. Oft stammen stark saure oder alkalische Abwässer aus den Regenerationsabläufen von Ionenaustauscheranlagen. Die vergifteten Fische weisen Kiemenverätzungen auf. Meist fehlt auch die Schleimhaut auf den Schuppen.

Für die Fruchtbarkeit eines Gewässers ist ein möglichst gleichmäßiger pH-Wert zwischen pH 6,5 und 8 am günstigsten.

Saure Wässer findet man vor allem in kalkarmen Gegenden wie in Heide- und Moorgebieten. Entspringen Gewässer in größeren Nadelwaldgebieten, muss ebenfalls mit saurem Wasser gerechnet werden. Die Produktivität solcher Gewässer ist gering.

Im Normalfall sind die pH-Werte bestimmt durch das Gleichgewicht zwischen Kohlensäure CO_2 und Kalk bzw. Calciumbicarbonat $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ im Wasser. Bei einem ausgewogenen Gleichgewicht und ausreichender Konzentration bezeichnet man das Wasser als „gut gepuffert“. pH-Schwankungen sind dann nicht sehr groß, weil sie vom wassereigenen Puffersystem aufgefangen werden. Ein gut gepuffertes Wasser ist auch in der Lage, kleinere Mengen von Säure oder Alkali aus dem Zufluss aufzufangen, die in einem Gewässer von geringerer Pufferung den pH-Wert schon in für Fische lebensbedrohender Weise verändern würden. Im Puffersystem wird Alkali von der Kohlensäure und die Säure von Calciumbicarbonat gebunden. Bei kalkreichem Wasser und starkem Pflanzenwuchs kann nach längerer Sonneneinstrahlung am Abend der pH-Wert ansteigen, da die Pflanzen bei der Assimilation dem Bicarbonat die Kohlensäure entziehen. Der Anstieg kann unter ungünstigen Verhältnissen Werte von über 10 erreichen. Dann sind besonders Forellen stark gefährdet. Im Gegensatz dazu ist der pH-Wert morgens nach erhöhter Kohlensäureausscheidung und abnehmendem Verbrauch mehr nach sauren Werten verschoben.

Bei niedrigen pH-Werten (pH 5 – 6) wirkt sich auch gleichzeitig anwesendes Eisen im Wasser für Fische und Laich besonders schädlich aus.

Bei höheren pH-Werten steigt die Giftwirkung von Ammoniumverbindungen sehr stark an. Die genauen Werte finden Sie in der Tabelle unter dem Abschnitt „Ammonium“. Bei der Behandlung des Wasser mit Branntkalk (siehe Kapitel Säurebindungsvermögen) muss daher eine Kontrolle von pH und Ammonium erfolgen.

3.5 Kalk und Kohlensäure

3.5.1 Säurebindungsvermögen

Das Säurebindungsvermögen, kurz SBV, stellt einen der wichtigsten Parameter unserer Fischgewässer dar. Das SBV gibt uns Auskunft über die im Wasser geführten Mengen an Kohlensäure und kann damit als direktes Maß für die Fruchtbarkeit eines Gewässers gelten.

Säurebindungsvermögen und Carbonathärte sind praktisch gleiche Begriffe. Es ist dabei nur zu beachten, dass die Carbonathärte in den meisten Fällen in Härtegraden (°d) angegeben wird, während als Maßeinheit des SBV immer mmol/Liter* zugrunde liegt. Für die Umrechnung gilt: 1 mmol/l entspricht 2,8 ° Carbonathärte. Bei der Bestimmung mit VISOCOLOR® können beide Werte an der Titrationsspritze direkt abgelesen werden.

Kohlendioxid entsteht bei einer Reihe von biologischen Vorgängen wie bei der Atmung von Fischen und Kleintieren. Dieses entstandene Kohlendioxid CO₂ ist gasförmig und teilweise als Kohlensäure in Wasser löslich, mit steigender Temperatur ist die Löslichkeit schlechter, ein Teil CO₂ könnte aus dem Wasser entweichen und verlorengehen. Nun ist aber der Kohlensäuregehalt im Gewässer mit dem vorhandenen Kalk eng verbunden. Besitzt das Wasser einen genügend hohen Kalkgehalt, wird die Kohlensäure vom Kalk gebunden und bleibt als Calciumbicarbonat Ca(HCO₃)₂ in Lösung. Die Pflanzen, vor allem das pflanzliche Plankton, können die gebundene Kohlensäure verwerten, wenn die äußeren Umstände wie genügend Sonnenlicht und günstige Temperaturen diese Vorgänge ermöglichen. Eine optimale Produktion pflanzlichen Planktons ermöglicht aber als Basis der Nahrungskette in unseren Gewässern eine hohe Fruchtbarkeit und gute Fischerträge.

Das an sich fast unlösliche Calciumcarbonat CaCO₃ wird also durch die Kohlensäure in Form von Bicarbonat (auch Hydrogencarbonat genannt) in Lösung gehalten. Das hierfür benötigte Kohlendioxid bezeichnet man als gebundene Kohlensäure, sie ist eine wichtige CO₂-Reserve für die Photosynthese. Calciumbicarbonat bleibt aber nur in Lösung, wenn überschüssiges Kohlendioxid im Wasser vorhanden ist. Diese erforderliche CO₂-Menge bezeichnet man als Gleichgewichtskohlensäure. Wird dieses Gleichgewicht durch CO₂-Entzug gestört, so zerfällt ein Teil des Calciumbicarbonats in CO₂ und unlösliches Calciumcarbonat (Entkalkung), bis das Gleichgewicht wieder hergestellt ist.

Man unterscheidet die chemische Entkalkung und die biogene Entkalkung. Chemische Entkalkung: Abgabe von CO₂ in Quellaustritten bei kohlendioxid-übersättigtem Grundwasser bzw. bei Erwärmung, Ausfall von Calciumcarbonat im Quellbereich → Travertinbildung. Biogene Entkalkung: Durch starke Photosynthese wird dem System Gleichgewichtskohlensäure entzogen, Bildung von Kalkkrusten auf den Blättern submerser Wasserpflanzen bzw. Ausbildung feinsten sedimentierender Kalkkristalle (Seekreide). Mit der biogenen Entkalkung ist ein Anstieg des pH-Wertes verbunden.

* Nach dem neuen SI-Einheitensystem muss der bisher gebräuchliche Begriff mval/l durch mmol/l ersetzt werden.
1 mval/l SBV = 1 mmol/l Salzsäure

Mit regelmäßiger Kalkung erreichen wir, dass unser Gewässer in der Lage ist, mehr Kohlensäure zu speichern. Die Kalkung des Wassers kann im Gegensatz zu oft vertretenen Anschauungen durchaus mit Branntkalk vorgenommen werden, wenn gewisse Regeln dabei beachtet werden. Beim Einbringen von Branntkalk laufen folgende Vorgänge ab.

Der Branntkalk CaO löst sich in Wasser unter Bildung von Calciumhydroxid Ca(OH)_2 . Dabei steigt der pH-Wert an und kann Werte über pH 9 erreichen. Karpfen und Schleien vertragen selbst Werte bis pH 10 längere Zeit, während viele Parasiten und Krankheitserreger sofort abgetötet werden. Hier zeigt sich ein erwünschter Nebeneffekt der Kalkung. Trotzdem sollte die Kalkung immer nur auf einen Teil des Gewässers beschränkt werden, nach 2 Wochen kann dann der andere Teil behandelt werden. Außerdem müssen ständig die Ammoniumkonzentrationen und der pH-Wert überprüft werden (siehe Kapitel Stickstoffverbindungen).

Das Calciumhydroxid verbindet sich mit der im Wasser vorliegenden freien Kohlensäure zum kohlensuren Kalk (Calciumcarbonat), der pH-Wert steigt an. Calciumcarbonat ist im Wasser nur teilweise löslich. Je nach pH-Wert wird ein Teil in feinsten Form im Wasser suspendiert vorliegen und langsam zu Boden sinken. Später neu entstehende Kohlensäure löst den kohlensuren Kalk wieder auf, es bildet sich Calciumbicarbonat, das in Wasser besser löslich ist, dabei sinkt der pH-Wert ab. Dieser Vorgang kann mehrere Wochen in Anspruch nehmen. Der pH-Wert zeigt also an, welche Vorgänge gerade überwiegen. Bei kalkreichen Gewässern wird der pH-Wert immer zwischen 6,5 und 10 liegen. Normalerweise unterliegen kalkreiche Gewässer nur geringen pH-Schwankungen, bewirkt durch die gute Pufferung des Kalk-Kohlensäuregemisches.

Die wichtigsten Auswirkungen der Kalkung sind nochmals in Kurzform zusammengestellt:

1. Nährstoffhöhung durch Kohlensäurebindung (erhöhtes SBV)
2. Stabilisierung der Pufferwirkung, dadurch keine starken Schwankungen des pH-Wertes. Bei saurem Wasser wird der pH auf den richtigen Wert gebracht
3. Desinfektionswirkung
4. Niederschlagung von Schwebstoffen, besonders organischen Ursprungs
5. Teichbodenverbesserung; durch Kalkanreicherung wird der Teichboden für die Produktion aktiver
6. Aktivierung des bakteriellen Zelluloseabbaus. Abgestorbene Wasserpflanzen, hereingefallenes Laub usw. werden schneller zersetzt
7. Die Nitrifikation (siehe Stickstoffverbindungen) wird beschleunigt. Diese geht in kalkarmem Wasser viel langsamer vor sich

Die Kalkung der gefüllten Teiche sollte bis Ende März abgeschlossen sein, und zwischen Kalkung und Phosphatdüngung ein Zwischenraum von mindestens 2 – 3 Wochen liegen.

Die Bestimmung des Säurebindungsvermögen (SBV) erfolgt mit VISOCOLOR® Alkalinität AL 7

Die Begriffe Alkalinität, Carbonathärte, SBV beschreiben alle die gleiche Eigenschaft des Wassers: das Säurebindungsvermögen.

Die Aussage des SBV auf die Gewässergüte entnehmen sie folgender Tabelle:

SBV (mmol/l HCl)	Gewässertyp
0 – 0,5	armes Gewässer
0,5 – 1,5	mäßiges Gewässer
größer 1,5	fruchtbares Gewässer

Ein SBV von 1,5 mmol/l HCl ist als unterer Wert anzustreben. Ist das Säurebindungsvermögen zu niedrig, so kann man es durch Kalkung verbessern. Als Kalkdünger werden in der Hauptsache verwendet:

Branntkalk mit 70 bis 95 % CaO

Löschkalk mit 70 bis 80 % Ca(OH)₂, entspricht 60 bis 70 % CaO

Kalkstickstoff und kohlenaurer Kalk werden seltener eingesetzt. Alle Kalkarten sollen in feiner Pulverform vorliegen. Bei der Ausbringung sind die entsprechenden Sicherheitsbestimmungen unbedingt zu beachten!

Der Kalkbedarf eines Gewässers wird wie folgt berechnet:

1. Wassermenge:

$$\text{Inhalt (m}^3\text{)} = \text{Fläche (m}^2\text{)} \times \text{Tiefe (m)}$$

2. CaO-Bedarf:

$$\text{CaO (kg)} = \frac{\text{Wassermenge (m}^3\text{)} \times 28 \text{ (g/m}^3\text{ CaO}^*) \times \text{Differenz SBV}}{1000 \text{ (Umrechnung in kg)}}$$

3. Düngerbedarf:

$$\text{Dünger (kg)} = \frac{\text{CaO-Bedarf} \times 100}{\text{CaO-Gehalt des Düngers (\%)}}$$

Berechnungsbeispiel:

Ein Weiher von 3,5 ha Größe mit einer durchschnittlichen Wassertiefe von 1,80 m weist ein SBV von 0,4 mmol/l HCl auf. Das gewünschte SBV soll 1,5 mmol/l HCl betragen (Differenz 1,1 mmol/l HCl); es soll Branntkalk mit 90 % CaO verwendet werden.

1. **Wassermenge:** $35.000 \times 1,8 = 63.000 \text{ m}^3$

2. **CaO-Bedarf:** $\frac{63.000 \times 28 \times 1,1}{1000} = 1.940 \text{ kg CaO}$

3. **Düngerbedarf:** $\frac{1.940 \times 100}{90} = 2.156 \text{ kg}$

Dem Teich sollte ca. 2.150 kg Branntkalk zugeführt werden, der in mehreren Gaben gleichmäßig in das Wasser ausgestreut wird.

Nach der Bestimmung des SBV ist es empfehlenswert, auch die Gesamthärte des Wassers mit VISOCOLOR® zu ermitteln. Nach der Kalkung muss die Gesamthärte in gleicher Höhe wie das SBV angestiegen sein.

3.5.2 Kohlensäure

Die Kohlensäure tritt im Fischgewässer in drei Formen auf:

1. gebunden als Calciumcarbonat CaCO_3 oder in geeignetem Maße als Magnesiumcarbonat MgCO_3
2. gebunden als Calciumbicarbonat (Hydrogencarbonat) $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ bzw. Magnesiumbicarbonat $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$
3. als freie gelöste Kohlensäure, darüber hinaus als überschüssige Kohlensäure ($\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2$)

* CaO-Menge pro m^3 zur Erhöhung des SBV um 1,0 mmol/l

Die unter 3 genannten Verbindungen werden bei der Kohlensäurebestimmung erfasst. Zwischen den im Wasser vorhandenen Formen der Kohlensäure einerseits und pH-Wert und Säurebindungsvermögen andererseits bestehen feste Zusammenhänge. So kann man aus pH-Wert und Säurebindungsvermögen die Menge an gelöster Kohlensäure berechnen, indem man das gefundene Säurebindungsvermögen mit dem Faktor multipliziert, der dem ermittelten pH-Wert entspricht.

pH	Faktor	pH	Faktor	pH	Faktor
6,0	118	6,7	24,0	7,4	4,7
6,1	94	6,8	19,0	7,5	3,7
6,2	75	6,9	15,0	7,6	3,0
6,3	59	7,0	12,0	7,7	2,4
6,4	47	7,1	9,4	7,8	1,9
6,5	37	7,2	7,5	7,9	1,5
6,6	30	7,3	5,9	8,0	1,2

Beispiel: SBV = 1,5 mmol/l HCl
 pH = 7,1 Faktor = 9,4
 Kohlensäuregehalt = 1,5 x 9,4 = 14,1 mg/l CO₂

Einfacher lässt sich die Kohlensäure direkt mit dem Testbesteck *VISOCOLOR®* Acidität AC 7 bestimmen. Der Messwert auf der Titrierspritze ist in mmol/l Kohlensäure angegeben. Das Ergebnis, mit dem Faktor 44 multipliziert, ergibt mg/l CO₂ (siehe auch Tabelle in der *VISOCOLOR®* Acidität AC 7 Gebrauchsanweisung)

Beispiel: Gefunden: 1,6 mmol/l CO₂
 1,6 x 44 = 70,4 mg/l CO₂

Zu hohe Konzentrationen an freier Kohlensäure können für die Fische gefährlich werden, besonders unter Eis, da dann das überschüssige Kohlendioxid nicht in die Luft entweichen kann. Die einzelnen Fischarten reagieren verschieden empfindlich auf Kohlensäureüberschuss. Am empfindlichsten reagiert Fischbrut.

Bei erwachsenen Fischen sind Bach- und Regenbogenforellen am empfindlichsten. Karpfen vertragen wesentlich mehr CO₂, Schleien und Karauschen sind noch unempfindlicher. Die Fische werden zuerst unruhig, sie versuchen die Wasseroberfläche oder die Strömung zu erreichen. Später beginnen die Fische zu taumeln, bei noch höheren Werten sterben sie. Als tödliche Werte können für Forellen 20-30 mg/l CO₂ angenommen werden, für Karpfen 50 mg/l und für Schleien und Karauschen ca. 100 mg/l. Diese Werte variieren allerdings noch je nach vorliegender Temperatur und SBV. Bei niedrigen Temperaturen und weichem Wasser kann überschüssige Kohlensäure (CO₂) in Konzentrationen von 10-15 mg/l gefährlich werden.

3.5.3 Gesamthärte

Je nach geologischen Gegebenheiten löst das Wasser aus dem Boden Calcium- und Magnesiumsalze heraus. Entsprechend dem Gehalt dieser Härtebildner (genaue Bezeichnung: Gehalt an Erdalkali-Ionen) wird das Wasser als „hart“ oder „weich“ bezeichnet.

Die zahlenmäßige Angabe der Härte wird in Härtegraden ausgedrückt. Dabei bedeutet 1 ° deutscher Härte (°d), dass ein Liter Wasser 10 mg Calciumoxid CaO enthält. Allerdings liegen die Härtebildner Calcium und Magnesium im Wasser nicht als Oxide, sondern in Form anderer Salze, hauptsächlich als Hydrogencarbonat oder Chlorid vor. Das Calciumoxid dient also nur als Bezugsgröße für die Härteskala. Heute wird die Härte auch in Millimol/Liter (mmol/l)* angegeben. Zur Umrechnung gilt die Gleichung: 1 mmol/l = 5,6 °d. Die Bestimmung der Gesamthärte ist vor allem wichtig, um die ermittelten Werte der Carbonathärte (= Säurebindungsvermögen) zu kontrollieren.

Gesamthärte: Summe der Erdalkali-Ionen

Carbonathärte (SBV): Der Teil der Erdalkali-Ionen, der in Form von Carbonaten oder Hydrogencarbonaten vorliegt

Das Säurebindungsvermögen kann höchstens so groß wie die Gesamthärte sein. **Bei Vergleichen gleiche Größenordnung benutzen**, also °d SBV mit °d Gesamthärte vergleichen.**

Meistens ist das SBV bzw. die Carbonathärte kleiner als die Gesamthärte. Fällt der Wert trotzdem größer aus, liegen anormale Wasserverhältnisse vor. Sie werden in den meisten Fällen durch Abwasser hervorgerufen und bedürfen einer Klarstellung.

Die Bestimmung der Gesamthärte ist ebenso wie die Bestimmung des SBV eine einfache titrimetrische Analyse. Meistens sind Gewässer mit hoher Gesamthärte auch sehr fruchtbar, der hohe Kalkgehalt führt auch zu einem hohen SBV. Die berühmten Kreideflüsse Englands und Frankreichs zählen zu den besten Salmonidengewässern Europas. (Kreide ist ein Mineral, das chemisch als Calciumcarbonat besteht.) Diese Flüsse besitzen eine sehr hohe Gesamthärte und ein hohes SBV. Daraus resultieren ideale biologische Gegebenheiten. Umgekehrt können kalkarme und sehr saure Gewässer so beschaffen sein, dass fast lebensfeindliche Bedingungen herrschen. Dann wird nur ein sehr dünner, langsam wachsender Fischbestand anzutreffen sein.

* Nach dem neuen SI-Einheitensystem musste der Begriff mval/l durch mmol/l ersetzt werden.
1 mval/l CaO = 0,5 mmol/l CaO

** Die SI-Einheiten sind nicht direkt vergleichbar.
1 mmol/l CaO = 2 mmol/l SBV als HCl

3.6 Die Verbindungen des Phosphors

In Seen und Fließgewässern sind stets 3 Phosphatfraktionen nebeneinander vorhanden: anorganisches gelöstes Phosphat als Orthophosphat und Polyphosphat, organisches gelöstes Phosphat und anorganisches partikuläres Phosphat in Organismen oder Detritus (Gesamtwert aller schwebenden und abgelagerten toten organischen Partikeln).

Anorganische Phosphatverbindungen kommen gewöhnlich nur in geringen Mengen im Gewässer vor. Der Phosphor als essentieller Nährstoff für die Primärproduzenten ist deshalb in den meisten Fällen der Minimumfaktor, häufiger als die Stickstoffverbindungen.

Das Phosphat stellt daher neben dem Kalk den wichtigsten Dünger für unsere Gewässer dar. Bei der Bewirtschaftung von Teichen sind von sorgfältiger Phosphat- und Kalkdüngung die größten Ertragssteigerungen zu erwarten. Normalerweise ist im Teichwasser kaum Phosphat nachweisbar, da die kleinen Mengen sehr schnell von den Pflanzen, dem Plankton und besonders vom Teichboden aufgenommen werden. Ein guter Teichboden absorbiert soviel Phosphat, dass sein Gehalt mehrere hundert Mal größer sein kann als der des darüberstehenden Teichwassers.

Das Phosphat verhält sich am Boden des Gewässers ebenso wie auf landwirtschaftlichen Nutzflächen. Es wird unter aeroben Bedingungen an die Sedimentteilchen absorbiert oder als Eisenphosphat ausgefällt. Das Sediment der Gewässer kann also als „Phosphatfalle“ wirken. Sinkt allerdings die Sauerstoffsättigung unter 10%, setzt eine Mobilisierung des Phosphors ein, der damit wieder in den Produktionszyklus integriert wird.

Aus diesen Gründen sollte bei der Phosphatanalytik neben dem Wasser auch der Gewässerboden auf seinen Phosphatgehalt untersucht werden.

Nach Ausschütteln einer Bodenprobe (neutral oder unter Zusatz von Citronensäure mit Wasser und anschließender Filtration) lässt sich der Phosphatgehalt des Teichbodens bestimmen.

Der natürliche Zufluss an Phosphat ist normalerweise sehr gering. Hohe Phosphatkonzentrationen im Zulaufwasser lassen entweder auf eine Verunreinigung durch kommunale Abwässer schließen, oder die Phosphate stammen aus Düngemitteln, die von anliegenden Feldern in die Zuflüsse gespült worden sind.

Eine über Jahre andauernde Phosphatzufuhr führt in unseren Gewässern zur Eutrophierung; in Flüssen und Seen erkennt man eine übermäßige Algenbildung, sehr starken Wuchs von Pflanzen und Bildung von Faulschlamm.

Meistens liegt der Phosphatgehalt im Minimum. In diesem Fall – gekennzeichnet durch schlechten Fischertrag und niedrige Analysenwerte von Wasser und Teichboden – sollte durch Phosphatdüngung das Defizit ausgeglichen werden. Im Normalfall werden in diese Teiche pro Hektar und Jahr 25 – 30 kg Phosphorpentoxid (P_2O_5) eingebracht. Bei neu angelegten Teichen kann die Menge verdoppelt werden. Da die verschiedenen Phosphatdünger einen jeweils bestimmten Gehalt an Phosphorpentoxid besitzen, lässt sich die benötigte Düngermenge leicht berechnen.

In der Praxis werden entweder schnelllösliche Phosphate wie Superphosphat (16-20% P_2O_5) oder schwerlösliche wie Thomasphosphat (10-18% P_2O_5) und Rhenaniaphosphat (23-30% P_2O_5) eingesetzt. Die schwerlöslichen Phosphate entfalten ihre volle Wirkung meist erst im Jahr nach der Einbringung in das Gewässer. Es empfiehlt sich, im ersten Düngejahr mit Superphosphat und darüberhinaus mit einem Teil Thomasphosphat zu düngen. Im Jahr darauf kann man das Superphosphat weglassen. Zur Ermittlung der Menge soll folgendes Beispiel dienen:

Ein Teich hat eine Fläche von 2,5 ha. Im Zulauf und Teichboden sind keine nennenswerten Phosphatmengen analytisch festzustellen. Es sollen 30 kg P_2O_5 pro Hektar zugeführt werden. Das ergibt bei 2,5 Hektar 75 kg P_2O_5 . Bei Superphosphat (20% P_2O_5) ergibt das $75 \times 100 : 20 = 375$ kg für das ganze Gewässer. Diese Menge wird in einer Gabe ausgebracht. Dabei ist darauf zu achten, dass der Dünger gleichmäßig über die gesamte Wasseroberfläche verteilt wird, bei größeren Anlagen zweckmäßigerweise vom Boot aus. Die beste Zeit für die Ausbringung ist für gutlösliche Phosphate (Superphosphat) Ende April bis Mitte Mai, für die schwerlöslichen Phosphate ab Ende Februar. Es hat wenig Sinn, bei der Phosphatdüngung zu sparen, und beispielsweise nur die halbe Menge auszubringen, da unter Umständen damit überhaupt kein Erfolg erzielt wird. Die volle Wirkung ergibt die Phosphatdüngung allerdings nur im Zusammenhang mit der vorhergehenden Kalkung, wobei auf einen zeitlichen Zwischenraum von mindestens 3 Wochen geachtet werden muss.

Nach dem Ausbringen – vor allem bei der Verwendung gutlöslicher Phosphate – steigt der P_2O_5 -Gehalt im Wasser schnell an. Mit Hilfe der VISOCOLOR® Testbestecke kann man gut verfolgen, wie der Gehalt anschließend wieder abnimmt, da das Phosphat schnell von Plankton, Pflanzen und vom Teichboden aufgenommen wird. Diese schnelle Abnahme lässt auf gute biologische Verhältnisse im Teich schließen. Das Gewässer darf natürlich keinen starken Durchfluss haben, da sonst mit dem Wasser ein Teil der Phosphate aus dem Gewässer verschwindet. Bei größeren Beständen an Schwimm- und Überwasserpflanzen wie Seerosen und Schilf muss nach der Phosphatdüngung mit einem verstärkten Wachstum gerechnet werden. Es empfiehlt sich, diese Pflanzen vorher stark auszudünnen.

Bei richtiger Durchführung kann die Kalk- und Phosphatdüngung zu einer Verdoppelung des Fischertrags führen. In nahrungsarmen, überbesetzten Gewässern wird durch diese Maßnahme oft überhaupt erst ein nennenswertes Fischwachstum erreicht.

Zusammenfassung der wesentlichen Vorteile und Gefahren der Phosphatdüngung

1. Phosphat ist neben dem Kalk der wichtigste Düngestoff für unsere Teichgewässer.
2. Auf gleichmäßige Ausbringung und gute Durchmischung ist größter Wert zu legen.
3. Seine volle Wirkung entfaltet das Phosphat erst nach vorhergehender Kalkung.
4. Kurze Zeit nach der Phosphatzugabe ist bei guten biologischen Verhältnissen im Teichwasser kaum noch Phosphat nachweisbar – es ist im Teichboden oder Plankton gebunden.
5. Die Phosphatierung kann noch jahrelang nachwirken.
6. Jedes Gewässer eignet sich nicht zur Phosphatdüngung. Falsche Anwendung oder Übermaß kann zur Eutrophierung des Gewässers führen.
7. Das Wachstum von Wasserpflanzen wird stark erhöht.

Für die Phosphor-Analytik stehen verschiedene Testbestecke zur Verfügung:
Testbesteck *VISOCOLOR*® Phosphat (DEV) (0,1-1,5 mg/l P), Art.-Nr. 914 037
Testbesteck *VISOCOLOR*® *ECO* Phosphat (0,2-5 mg/l P), Art.-Nr. 931 084
Testbesteck *VISOCOLOR*® *HE* Phosphat (0,05-1,0 mg/l P), Art.-Nr. 920 082
Testbesteck *VISOCOLOR*® *HE* Phosphat (DEV) (0,01-0,25 mg/l P), Art.-Nr. 920 080

Umrechnungsfaktoren

1 mg/l PO_4^{3-} \triangleq 0,33 mg/l P \triangleq 10,5 mmol/m³
1 mg/l P \triangleq 3,1 mg/l PO_4^{3-} \triangleq 32,3 mmol/m³

3.7 Die Verbindungen des Stickstoffs

Stickstoff kommt in vielen Verbindungen in Gewässern vor. Sie teilen sich auf in 2 Hauptgruppen: anorganische und organische Stickstoffverbindungen.

Der anorganisch gebundene Stickstoff kann im Wasser in drei Formen vorliegen, als Ammonium, Nitrit und Nitrat. Treten diese Verbindungen in hoher Konzentration auf, können sie als Indikatoren für den Grad der Gewässerverschmutzung gelten. Die wichtigsten organischen Stickstoffverbindungen stellen die Zwischenstufen des mikrobiellen Eiweißabbaues, die Exkretionsprodukte tierischer Konsumenten und die freien Verbindungen wie Aminosäuren, Enzyme u. a. dar. Unter normalen Bedingungen wandeln oxidierende Bakterien wie *Nitrosomonas europaea* das Ammonium in Nitrit und weitere (Nitrobacter) dieses in Nitrat um. Dieser Vorgang wird als Nitrifikation bezeichnet, er ist streng aerob (an Vorhandensein von freiem Sauerstoff gebunden). Daher kommt es in eutrophen Seen während der Stagnation im Tiefenwasser zu Ammoniumanreicherungen, da die Sprungschicht den Sauerstoffzutritt durch mobiles Wasser verhindert. Eine andere Möglichkeit der Ammoniumanreicherung ist die anaerobe Nitratammonifikation, die bei Sauerstoffabwesenheit ablaufende bakterielle Umwandlung vom Nitrat zu Ammonium. Andere Bakterien bewirken wiederum eine Umwandlung des Nitrates zu elementarem Stickstoff. Dieser Vorgang wird Denitrifikation genannt, bewirkt z. B. durch *Nitrococcus denitrificans*. In modernen Kläranlagen entfernt man in speziellen Denitrifikationsbecken auf diese Weise überschüssige Stickstoffverbindungen – vor allem Nitrate – aus dem Abwasser.

Im Gegensatz zur Landwirtschaft kommt die Teichwirtschaft mit einer stickstofflosen Düngung aus. Dem Teich werden die für die Produktion erforderlichen Stickstoffverbindungen durch die Natur zugeführt, in der Hauptsache durch die Teichzuflüsse, die Niederschläge und durch das Stickstoffbindungsvermögen der Algen (Cyanophyceen) und Bakterien (Azotobacter). Diese Stickstoffbindung funktioniert dann am besten, wenn Wasser und Bodenschlamm reich an Phosphaten sind und ausreichend Licht und Sauerstoff zur Verfügung stehen. Allerdings ist der Teichboden nicht in der Lage, zeitweilige Überschüsse an Stickstoffverbindungen zu binden, wie es bei den Phosphaten der Fall ist.

Zur Beurteilung des anorganischen Gesamt-Stickstoffs (Stickstoff-Bilanz) muss die Konzentrationsbestimmung der Einzelparameter Ammonium, Nitrit und Nitrat erfolgen. Für die Bilanzierung empfiehlt es sich, aus Gründen der direkten Vergleichbarkeit die Konzentration in mmol/m^3 umzurechnen.

Umrechnungsfaktoren

1 mg/l NH_4^+ \triangleq 55,4 mmol/m^3

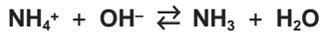
1 mg/l NO_2^- \triangleq 21,7 mmol/m^3

1 mg/l NO_3^- \triangleq 16,1 mmol/m^3

1 mmol/m^3 NH_4^+ \triangleq 1 mmol/m^3 NO_2^- \triangleq 1 mmol/m^3 NO_3^-

3.7.1 Ammonium (NH₄⁺) und das für Fische giftige Ammoniak (NH₃)

stehen zueinander in einem bestimmten Verhältnis, das durch den im Wasser vorliegenden pH-Wert bestimmt wird. Bei Werten über pH 7 liegt in steigendem Maße Ammoniak vor.



Ammoniak ist in Konzentration von ca. 1 mg/l* für Fische tödlich giftig.

Bei der Analyse wird die Summe von Ammonium und Ammoniak gemessen. Deshalb muss für die Beurteilung der Situation der pH-Wert gleichzeitig mitbestimmt werden. Der Zusammenhang zwischen pH-Wert und dem Mengenverhältnis Ammonium/Ammoniak wird durch folgende Tabelle erklärt:

bei 17 °C Wassertemperatur

pH	% Ammonium (NH ₄ ⁺)	% Ammoniak (NH ₃)
6	100	0
7	99	1
8	96	4
9	75	25
10	22	78

Ein Ammoniumgehalt von 1 mg/l ist also bei pH 7 noch nicht gefährlich, er wird aber bei höheren pH-Werten zu Vergiftungen führen. Diese plötzlichen pH-Sprünge können bei Kalkungen oder in verkrauteten Gewässern nach längerer Sonneneinstrahlung, aber auch bei Einleitung alkalischer Abwässer eintreten.

Der Gehalt an Ammonium-Verbindungen ist normalerweise im Frühjahr und im Herbst am höchsten, wenn nicht außer der natürlichen Stickstoffzufuhr größere Mengen von stickstoffhaltigen Düngemitteln oder Jauche in das Gewässer gelangen. Da aber im Frühjahr im erforderlichen Falle die Behandlung mit Kalk durchgeführt werden soll, muss vorher der Gehalt an Ammonium gemessen werden, da besonders bei Verwendung von Branntkalk der pH-Wert in die Höhe schnellte. Werte von 1 mg Ammonium/Liter sollten dann keinesfalls erreicht werden. Die Kalkung wird in diesem Fall sehr sorgfältig in mehreren Abschnitten und geringerer Dosierung durchgeführt, wobei immer nur ein Teil des Gewässers behandelt wird. Es ist sehr wichtig, dabei die entsprechenden Analysenwerte des Wassers ständig zu überwachen.

* 1 mg/l stellt einen Mittelwert dar. Er gilt für längere Entwicklungszeit bei 15 °C. Bei höheren Temperaturen vertragen die Fische nur geringe, bei tieferen Temperaturen höhere Konzentrationen. Auch Größe und Art der Fische spielen eine Rolle. Kleinere Fische sind empfindlicher als große, Forellen empfindlicher als Karpfen und Schleien usw. Bei Fischbrut können schon 0,2 mg/l Ammoniak tödlich wirken.

Bei üppigem Bestand an Unterwasserpflanzen (weicher Flora) kann es vorkommen, dass der pH-Wert nach längerer Sonneneinstrahlung stark ansteigt, da die Pflanzen dem Wasser den Großteil der Kohlensäure entzogen haben. Dann kann es bei hohem Ammoniumgehalt ebenfalls zu Vergiftungen kommen. Besitzt das Wasser ein gutes Säurebindungsvermögen (SBV), sind solche Fälle nicht zu erwarten, da dieses Gewässer ein stärkeres Pufferungsvermögen aufweist und damit eine Belastung besser auffangen kann.

Eine größere Einleitung stickstoffhaltiger Abwässer kann aber auch durch Sauerstoffentzug bei der Nitrifikation zu Fischsterben führen, besonders in den Morgenstunden im Sommer, da dann der Sauerstoffgehalt besonders niedrig ist.

Die Bestimmung des Ammoniumgehaltes mit *VISOCOLOR® ECO Ammonium 3* (Art.-Nr. 931 008).

Methode: Indophenolmethode nach den Grundlagen der Deutschen Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung (DIN 38 406-E5-1)

Kleinere Ammonium-Konzentrationen (0,02 - 0,50 mg/l NH_4^+) können mit dem Testbesteck *VISOCOLOR® HE Ammonium* (Art.-Nr. 920 006) bestimmt werden.

Geeignet für die Spurenanalytik (wichtig bei der Anzucht von Fischbrut), für die Beurteilung und Kontrolle von Nitrifikationsvorgängen und für die Bilanzierung des Stickstoffhaushaltes.

3.7.2 Nitrite treten bei der Oxidation der Stickstoffverbindungen (Nitrifikation) als Zwischenstufe auf, im Normalfall sollte der Nitritgehalt nicht über 0,5 mg/l liegen. Höhere Gehalte reduzieren die Futteraufnahme der Fische und deuten auf eingeleitete Abwässer hin. Dafür kommen sowohl landwirtschaftliche und kommunale Abwässer in Frage als auch bestimmte industrielle Abwässer, z. B. aus Härtesalzen in der metallverarbeitenden Industrie oder aus Korrosionsschutzmitteln. Auch bei der Zersetzung von Eiweiß kann Nitrit in höheren Gehalten auftreten. Werte von 1 mg/l sind im allgemeinen ungefährlich. Der Salzgehalt des Wassers und die Einwirkdauer des Nitrits sind mitbestimmend für den Grad der Giftigkeit.

Die Bestimmung des Nitritgehaltes erfolgt mit *VISOCOLOR® Nitrit* (Art.-Nr. 914 020).

Alternativ kann Nitrit (0,02-0,5 mg/l NO_2^-) mit *VISOCOLOR® ECO Nitrit* (Art.-Nr. 931 044) kontrolliert werden.

Die Nitrit-Bestimmung im Spurenbereich (0,005 - 0,10 mg/l NO_2^-) ist mit Testbesteck *VISOCOLOR® HE Nitrit* (Art.-Nr. 920 063) möglich.

3.7.3 Nitrate werden sehr schnell vom Plankton und den Wasserpflanzen aufgenommen und sind daher im Teichwasser kaum nachweisbar. Sie besitzen in natürlich auftretenden Konzentrationen keine Giftwirkung gegenüber Fischen und Pflanzen.*

Für die Bestimmung des Nitrats steht das Testbesteck *VISOCOLOR® ECO* Nitrat (Art.-Nr. 931 041) zur Verfügung.

Für die schnelle Nitrat-Bestimmung empfiehlt sich die Verwendung von Teststäbchen Quantofix® Nitrat mit der Abstufung 10-25-50-100-250-500 mg/l NO₃⁻ (Art.-Nr. 913 13).

3.8 Eisen und Mangan

Wasserlösliche Eisenverbindungen kommen als natürliche Bestandteile in Abhängigkeit von geologischen Strukturen in manchen Quellwässern und kleineren Bachläufen meist in Form von Eisenbicarbonat vor.

Aufgrund seiner speziellen Lösungseigenschaften tritt Eisen in Flüssen und Seen nur in sehr geringen Konzentrationen auf, obwohl es zu den meist verbreitetsten Elementen der Erde gehört. Das ungelöste Eisen ist deshalb wie auch sein häufigster Begleiter, das Mangan, im Sediment deponiert und geht im Tiefenwasser während der Stagnation unterhalb bestimmter Sauerstoffkonzentration und pH-Werte wieder in Lösung, ähnlich wie Phosphate. Die geringen Eisenmengen in der produktiven Zone der oberen Wasserschicht werden von den Produzenten in kurzer Zeit aufgezehrt. Größere Eisenkonzentrationen können sich bei Vorliegen komplexer Eisen-Huminsäureverbindungen einstellen. Huminsäuren finden wir in Mooregebieten, sie lassen sich im Wasser als bräunliche Verfärbung erkennen.

In Abwässern können recht hohe Eisenkonzentrationen auftreten, z. T. in komplex gebundener Form. Bei Erhöhung der pH-Werte und mit dem Ansteigen des Sauerstoffgehaltes gehen die Eisen(II)- und Eisen(III)-Ionen in unlösliche Verbindungen über. Man erkennt das Eisen in stehenden Gewässern oft an ölähnlich glänzenden Lachen an der Oberfläche oder an der braunroten bis ockerfarbigen Verfärbung des Bodens.

Dieser Vorgang der Ausfällung kann auch auf den alkalisch wirkenden Kiemen der Fische und auf der Oberfläche des Fischlaichs stattfinden und zu schweren Schädigungen führen. Nach Brandt (1938) sind bei pH-Werten von 6,5 – 7,5 noch 0,9 mg/l Eisen für Fische tödlich. Nach neueren Untersuchungen schreibt man bei höheren pH-Werten schon Spuren von Eisen eine größere Giftwirkung zu. Außerdem ist Eisen(III)-hydroxid in der Lage, größere Mengen von Phosphaten zu adsorbieren und damit dem Teichwasser zu entziehen.

* Selbst in Trinkwasser sind Nitratkonzentrationen bis 50 mg/l zugelassen.



Die Bestimmung des Eisengehaltes erfolgt mit *VISOCOLOR*[®] Eisen (DEV) (Art.-Nr. 914 017).

Für die Bestimmung des Mangans steht ebenfalls ein *VISOCOLOR*[®] Testbesteck zur Verfügung (Art.-Nr. 914 018).

Zur Bestimmung dieser beiden Metall-Parameter stehen auch *VISOCOLOR*[®] *ECO* Testbestecke zur Verfügung (Art.-Nr. 931 026 bzw. 931 038).

Spurenanalytik für Eisen (0,01 – 0,20 mg/l Fe) und Mangan (0,03 – 0,50 mg/l Mn) ist mit den entsprechenden *VISOCOLOR*[®] *HE* Testbestecken möglich (Art.-Nr. 920 040 bzw. 920 055).

3.9 Die Verbindungen des Schwefels

Im Gewässer treten anorganische Schwefelverbindungen überwiegend als Sulfat SO_4^{2-} auf und können so direkt vom Phytoplankton aufgenommen werden. Im Schwefelkreislauf der Gewässer spielen Bakterien eine bedeutende Rolle. Bei der mikrobiellen Zersetzung organischer Eiweißreste entsteht Schwefelwasserstoff, der von einer Reihe von Bakterien über molekularen Schwefel bis zum Sulfat oxidiert wird. Andererseits reduzieren Desulfuricanten unter anaeroben Verhältnissen Sulfat zu Schwefelwasserstoff H_2S , bei gleichzeitigem Vorkommen von Eisen bildet sich dann im Sediment Eisensulfid.

Freier Schwefelwasserstoff ist von hoher Toxizität für Fische und Fischnährtiere.

Sulfit SO_3^{2-} tritt im natürlichen Schwefelkreislauf unserer Gewässer nicht auf. Sein Vorkommen rührt ebenso wie extrem hohe Sulfat bzw. Schwefelwasserstoffkonzentrationen von Abwassereinleitungen her.

Für die Bestimmung von Sulfat, Sulfit und Sulfid (Schwefelwasserstoff) stehen separate *VISOCOLOR*[®] bzw. *VISOCOLOR*[®] *ECO* Testbestecke zur Verfügung.

3.10 Silicium (Kieselsäure)

Eine der wichtigsten Gruppen der planktischen Produzenten stellen die Diatomeen (Kieselalgen) dar. Ihr Bedarf an Kieselsäure als Baustoff für ihr Kieselsäureskelett decken sie aus der im Wasser gelösten Kieselsäure. Daher ist die Entwicklung dieser Diatomeen mit der Kieselsäurekonzentration eng verbunden. Grundwässer aus kiesigem Untergrund sind meist sehr kieselsäurereich.

Der Kieselsäuregehalt der Gewässer lässt sich mit dem Testbesteck *VISOCOLOR*[®] Kieselsäure (Art.-Nr. 914 024) oder *VISOCOLOR*[®] *ECO* Kieselsäure (Art.-Nr. 931 033) leicht erfassen.

Für die Spurenanalytik (0,01 – 0,30 mg/l Si) steht auch hier ein Testbesteck *VISOCOLOR*[®] *HE* Silicium (Art.-Nr. 920 087) zur Verfügung.

3.11 Weitere gewässerschädigende Wasserinhaltsstoffe

3.11.1 Chromat

Chromate werden in Abwässern von Galvanisieranstalten angetroffen. In kleineren Mengen sind sie auch in Färbereiabwässern und Abwässern der chemischen Industrie enthalten. Chromate finden weiterhin Anwendung als Korrosionsschutzmittel für Kühlwasser. In den Chromaten liegt Chrom in der Oxidationsstufe +VI vor. Ihm werden cancerogene Eigenschaften zugeordnet. Dies hat die Weltgesundheitsorganisation (WHO) und zahlreiche Behörden der einzelnen Länder veranlasst, die Höchstgrenze für Trinkwasser auf 0,05 mg/l Chrom festzusetzen. Ab 2 mg/l Chrom sollen Bakterien und Algenwachstum im Wasser gehemmt werden.

In chromathaltigen Gewässern schleimen die Fische stark und gehen an Verätzungen der Kiemen zugrunde. Die Giftigkeit des Chromates ist in weichem Wasser deutlich schwächer ausgeprägt als in hartem Wasser. Fischnährtiere werden bereits bei niedrigen Konzentrationen stark beeinträchtigt. Die Toxizitätsgrenze für *Daphnia magna* wird mit 0,3 mg/l Chrom(VI) angegeben.

Für die Bestimmung des Chromates steht das Testbesteck *VISOCOLOR® ECO Chrom(VI)* (Art.-Nr. 931 020) zur Verfügung.

3.11.2 Cyanid

Cyanide und Cyanverbindungen kommen besonders in den Abwässern von Galvanisierungsbetrieben und Härtereien sowie in denen von Kokereien und in Waschwässern der Hochfengasreinigung vor. Auch in Haldensickerwässern von Fabriken, die Berliner Blau herstellen, können Cyanide enthalten sein.

Die Cyanide werden heute in aller Regel durch entsprechende Entgiftungsanlagen aus dem Abwasser beseitigt. In der Praxis zeigt sich aber, dass durch Betriebsstörungen oder technische Defekte diese hochgiftigen Substanzen dennoch in Gewässer gelangen können. Cyanide sind starke Enzymgifte, sie führen durch die Blockierung des Atmungsfermentes zu einer inneren Erstickung. Dies erklärt die kurze, nur wenige Sekunden betragende Eintrittszeit der Blausäurevergiftung. Die tödliche Schädigung der Fische erfolgt aber erst, wenn auch im ganzen Körper der Atmungsstoffwechsel betroffen ist. Als Symptome bei Cyanidvergiftung von Fischen werden beschrieben: Erhöhung der Atemfrequenz und Atemtiefe, stoßweise Schwimmbewegungen, allmählicher Gleichgewichtsverlust, Perioden vollständiger Bewegungslosigkeit, unterbrochen von gelegentlichem raschen Umherschießen, Schwächerwerden der Atmung und Tod. Äußerlich zeigen die durch Cyanide abgetöteten Fische keine Veränderungen, lediglich die Kiemen weisen eine stark rote Färbung auf. Das Blut gerinnt nicht so leicht, und die Tiere verwesen nur sehr langsam. Das deutlichste Kennzeichen cyanidvergifteter Fische ist, dass sie sich bald wieder erholen, wenn man sie zum Zeitpunkt des Verlustes der

Schwimmfähigkeit oder kurz nachher in Frischwasser setzt. Es tritt dabei in 1-2 Stunden eine Erholung ein, ohne dass Nachwirkungen des Giftes zu bemerken wären.

Die Schwellenkonzentrationen, oberhalb derer Fischvergiftungen durch Cyanide auftreten können, liegen um 0,1 mg/l. In Gewässern, in denen Fische dauernd leben, soll die Cyanidkonzentration zur Sicherheit 0,01 mg/l nicht überschreiten.

Mit Hilfe des Testbestecks *VISOCOLOR*[®] Cyanid (Art.-Nr. 914 042) ist eine schnelle und auch in den unteren Konzentrationsbereichen hinreichend genaue Bestimmung möglich. Auch hier bieten wir ein entsprechendes *VISOCOLOR*[®] *ECO* Testbesteck an (Art.-Nr. 931 022).

Wasserproben, die auf den Gehalt an Cyaniden nicht direkt an Ort und Stelle geprüft werden können, müssen durch Zugabe einiger Milliliter Natronlauge 4% auf einen pH-Wert von größer 10 eingestellt werden, damit keine Cyanid-Verluste eintreten.

Dennoch sollte die Zeitspanne bis zur eigentlichen Messung kurz befristet sein. Die Proben sollten nicht länger als 2 Tage stehen.

Kleinere Cyanid-Konzentrationen (0,002-0,04 mg/l CN⁻) können mit dem Testbesteck *VISOCOLOR*[®] *HE* Cyanid (Art.-Nr. 920 028) bestimmt werden.

3.11.3 Chlor

Fälle von Fischsterben sind bekannt, bei denen die Ursache im Zulauf chlorhaltiger Abwässer aus der Schwimmbadreinigung lag. Chlor wird auch bei der Entgiftung cyanidhaltiger Abwässer von Galvanisierbetrieben verwendet. Es kann bei Betriebsstörungen von daher in die Fischgewässer eindringen. Bei der Einwirkung von Chlor auf Fische werden besonders die Kiemen angegriffen, vor allem bei größeren Chlormengen treten intensive Ätzungen des Kiemenepithels auf, wobei sich die Kiemen stark aufhellen. Bei geringen Chlorkonzentrationen treten an Haut und Flossen Aufhellungen auf, bei stärkeren Konzentrationen sind Haut und Flossen weiß und werden nach und nach zerstört. Die Fische zeigen sich nach einer Anfangsunruhe mit Springen und Umherschließen ruhig und träge. Auch die Atemfrequenz ist nicht erhöht. Die Atmung wird langsamer, so dass sie gegen Ende fast gar nicht mehr festzustellen ist. Bei der Vergiftung erfolgt eine stärkere Schleimabsonderung an Haut und Kiemen. Eine Erholung der Fische beim Übersetzen in frisches Wasser tritt nur im Anfang der Vergiftung ein, die Chlorvergiftung wird schnell irreparabel. Chemisch lässt sich die Vergiftung an toten Fischen nicht nachweisen. Besonders empfindlich gegenüber Chlor sind frischgeschlüpfte Jungfische. Für Jungforellen liegt die Schädlichkeitsgrenze bei etwa 0,1 mg/l. Bei weniger empfindlichen Fischen (Goldfische, Karpfen, Karauschen) ist sie bei 0,3-0,4 mg/l anzusetzen.

Die Bestimmung des Chlorgehaltes erfolgt mit *VISOCOLOR® ECO* Chlor 2 (Art.-Nr. 931 015) oder *VISOCOLOR® ECO* Chlor 6 (Art.-Nr. 931 017).

Zum Nachweis kleinster Chlor-Konzentrationen dient das Testbesteck *VISOCOLOR® HE* Chlor (0,02-0,60 mg/l Cl₂).

3.11.4 Detergentien (Tenside)

Die Konzentration von Detergentien liegt in den Zuflüssen meist unter 0,5 mg/l. Weit höhere Mengen sind jedoch anzutreffen, wenn unzureichend geklärte kommunale Abwässer, z. B. aus überlasteten Kläranlagen oder spezielle industrielle Abwässer der metallverarbeitenden Industrie in den Zulauf gelangen. Im letzteren Fall können die Tensidkonzentrationen über 20 mg/l hinausgehen. Äußerlich geben sich derartig hohe Tensidkonzentrationen durch starke Schaumbildung zu erkennen.

Fische werden durch Detergentien, auch in geringen Konzentrationen, nachhaltig geschädigt. Im akuten Vergiftungsfall beobachtet man eine Erhöhung der Atemfrequenz, wobei der Sauerstoffverbrauch erheblich zunimmt. Es treten Gleichgewichtsstörungen auf, schließlich eine Verlangsamung der Atmung und Absterben der Tiere mit weit geöffnetem Maul und abgespreizten Kiemendeckeln. Die Fische zeigen typische Erstickungssymptome. Dabei sind die Kiemen der eingegangenen Tiere meist stark gerötet und entzündet.

Zu beachten ist, dass die Widerstandsfähigkeit von Fischen in detergentienhaltigem Wasser sehr stark vermindert wird und sie damit beispielsweise einem Sauerstoffmangel erliegen können, den andere Fische ohne weiteres überstehen. Selbst durch geringe Tensidkonzentrationen ist die Resistenz des Organismus soweit herabgesetzt, dass in fast allen Fällen parasitische Pilze (*Saprolegnia*) Schäden hervorrufen, die zur völligen Zerstörung der Flossen führen können. Im Gegensatz zu vielen anorganischen Giftstoffen ist die Toxizität von Detergentien nicht abhängig von der Wasserhärte.

Die Grenzkonzentrationen, oberhalb derer Schädigungen an Fischen auftreten, hängen ab von der Art der jeweiligen Tenside und von der Art der betroffenen Fische. Im Mittel kann man aber von einer Beeinträchtigung bei Tensidkonzentrationen von 3 mg/l aufwärts ausgehen. Bei 10 mg/l wirken die Tenside in der Regel nach Einwirkungszeit von wenigen Tagen tödlich. Die erwähnten indirekten Auswirkungen der Tenside treten bereits ab 1 mg/l auf. Bei Schaumbildung in Gewässern oder anderen Hinweisen auf die Gegenwart von Detergentien sollte man daher Tensidanalysen durchführen und versuchen, den oder die Einleiter ausfindig zu machen. Im Vergleich zu den Analysen anorganischer Schadstoffe ist die Tensidbestimmung zwar aufwendiger, aber bei etwas Geschick dennoch schnell und sicher mittels der *VISOCOLOR®* Testbestecke durchzuführen.

Das Testbesteck *VISOCOLOR*[®] Detergentien anionisch (Art.-Nr. 914 014) kann mit einer ausführlichen Gebrauchsanweisung für gewerbliche Nutzer separat bezogen werden.

Ebenso ist ein Testbesteck *VISOCOLOR*[®] für die seltener auftretenden, aber für Fische hochgiftigen kationischen Tenside (Art.-Nr. 914 015) für gewerbliche Nutzer lieferbar.

3.11.5 Sonstige fischereischädliche Substanzen

Aus gewerblichen und kommunalen Abwässern kann ein großes Spektrum unterschiedlicher Substanzen in das Wasser gelangen, die in irgendeiner Weise eine fischereischädliche Wirkung aufweisen. An dieser Stelle können nur die Substanzgruppen aufgezählt werden, die häufiger auftreten. Dazu gehören die Verunreinigungen der Flüsse mit Phenolen. Sie führen in geringen Konzentrationen zur Ungenießbarkeit der Fische. Nur nach längerem Wässern der gefangenen Fische in sauberem Wasser ist eine Verwertung möglich. Höhere Phenolkonzentrationen führen zu Fischsterben, wobei bestimmte Phenole besonders starke Giftwirkung aufweisen. Ähnlich liegen die Verhältnisse bei Einleitung von Mineralölen und Abwässern der petrochemischen Industrie.

Viele Fischgewässer sind durch den Salzbergbau stark mit Salzen belastet. Das führt zu einer Verarmung der Flora und Fauna im Wasser, da sehr viele Pflanzen, Mikroorganismen und Fischnährtiere anfällig gegen höhere Salzgehalte sind. Die Salze liegen größtenteils als Chloride vor. Diese sind mit dem Testbesteck *VISOCOLOR*[®] Chlorid CL 500 (Art.-Nr. 915 004) oder *VISOCOLOR*[®] ECO Chlorid (Art.-Nr. 931 018) einfach zu erfassen.

Am bedenklichsten sind Verunreinigungen mit stark toxischen Schwermetallen wie Quecksilber und Cadmium. Auch in geringeren Konzentrationen werden diese giftigen Metalle von den Fischnährtieren angereichert und kommen in den Fischen dann in Konzentrationen vor, die ihren Genuss für den Menschen gefährlich werden lassen. Andere Schwermetalle wie Kupfer und Zink führen in Fischgewässern ebenfalls zu schweren Schädigungen.

Zum Nachweis einer Reihe von Schwermetallen stehen Testbestecke *VISOCOLOR*[®], *VISOCOLOR*[®] ECO bzw. *VISOCOLOR*[®] HE zur Verfügung (siehe Tabellen am Ende des Heftes).

Auf die häufiger zu Fischsterben führenden Gifte wie Cyanid, Chlor, Säuren und Laugen wurde schon in den entsprechenden Abschnitten ausführlich hingewiesen.

Immer wiederkehrend sind auch Fälle von Schädigungen durch ins Wasser gelangende Pflanzenschutzmittel. Es gibt aber noch eine Anzahl fischgiftiger Stoffe, die selten auftreten und gelegentlich in die Gewässer gelangen. Diese Substanzen können an dieser Stelle nicht besprochen werden.

4 Verhalten bei plötzlich eintretendem Fischsterben

Bei plötzlich eintretendem Fischsterben ist von entscheidender Bedeutung, zu welchem Zeitpunkt Proben entnommen werden, wie die Proben entnommen werden, in welcher Menge sie entnommen werden, und welche Beobachtungen vor Ort von den mit der Probenahme Beauftragten gemacht und festgehalten werden.

Sehr oft ist die Ursache eines Fischsterbens nicht mehr oder nur schwer zu ermitteln, weil die Proben nicht an der richtigen Stelle, nicht in der richtigen Menge und nicht in der richtigen Form sichergestellt worden sind. In den meisten Fällen handelt es sich bei plötzlich eintretenden Fischsterben um stoßweise Einleitungen von Schadstoffen, die wie eine Welle nur kurze Zeit einwirken und dann schnell abfließen. Deshalb kommt der Entnahme der Wasserprobe zur Sicherstellung des Analyseergebnisses zum Zeitpunkt des Fischsterbens eine große Bedeutung zu. Oft ist bei Erkennen einer Schädigung die Giftwelle schon abgeflossen, deshalb empfiehlt es sich, bei einem eintretenden Fischsterben mit Auto, Fahrrad oder sonstigem Fortbewegungsmittel mindestens 3-5 km unterhalb der Örtlichkeit, bei der das Fischsterben eingetreten ist, mit der Probenahme zu beginnen und flussaufwärts bis zur Schadensstelle Proben in Abständen von etwa 500 m zu entnehmen. Wenn die Schadstoffstelle, die häufig auch als fließende Welle bezeichnet wird, an Farbe, Geruch, Trübung oder sonstigen von der normalen Beschaffenheit des Zulaufes abweichenden Merkmalen erkennbar ist, sind auch mindestens zwei Liter an dieser Stelle zur Untersuchung zu entnehmen.

Die Wasserproben sollten keinen Schlamm vom Grund enthalten. Sie sind **in der Fließrichtung** zu schöpfen. Wenn der Verdacht auf Einleitung von erwärmtem Wasser besteht, ist auch die Temperatur an den Probestellen zu messen und festzuhalten. Für den Transport sind Glasflaschen oder auch Plastikflaschen zu verwenden, die vorher sorgfältig gereinigt sein müssen. Sie dürfen vor allen Dingen keine Spur des ursprünglichen Inhaltes oder gar Spülmittel enthalten. Das Verschließen mit Korkstopfen ist nicht ratsam, es sollten Schraubverschlüsse oder Glasstopfen zur Verfügung stehen. Die einzelnen Behältnisse sind mit fortlaufenden Nummern zu versehen. Zu den einzelnen Nummern sind in Begleitnotizen festzuhalten: der Name des Gewässers, der genaue Entnahmeort, das Datum der Entnahme, der Zeitpunkt der Entnahme, die gemessene Temperatur und möglichst auch der an Ort und Stelle gemessene pH-Wert. Weiterhin festzuhalten ist der Name und die Anschrift des Probennehmers. Es empfiehlt sich, bei diesen Probenahmen eine zweite Person mit hinzunehmen, damit gegebenenfalls die ordnungsgemäße Entnahme und die richtige Eintragung der Angaben zur Probenahme bezeugt werden kann. Besser ist es noch, bei der Probenahme einen Polizeibeamten hinzuzuziehen.

Im Begleitschreiben müssen unbedingt Ort und Zeitpunkt des Fischsterbens festgehalten werden. Hier sollen ebenfalls die Erscheinungen angegeben werden, nach denen das Fischsterben zu erkennen war, so etwa, ob die

Fische Lähmungserscheinungen zeigten, ob sie in der Seitenlage schwammen, ob Drehbewegungen erkennbar waren, ob Kiemenabspreizungen oder starkes Zittern oder heftige Erregung zu bemerken waren. Alle diese Erscheinungen sind von Bedeutung, wenn es darum geht, die Natur eines speziellen Schadstoffes sicher erkennen zu können. Wichtig ist auch, auf etwaige Verfärbungen, Gerüche oder abnorme Erscheinungen am Ort des Fischsterbens zu achten. Auf jeden Fall darf nicht versäumt werden, auch oberhalb des Fischsterbens eine Wasserprobe zu entnehmen, um unbeeinflusstes Wasser zum Vergleich der Analysenwerte zur Verfügung zu haben.

Handelt es sich bei dem Ort des Fischsterbens um einen Teich, so ist unbedingt auch eine Probe am Zu- und Ablauf zu entnehmen. Sind Abläufe oder Zuläufe nicht vorhanden, dann sind zumindest von den Randzonen und auch über eine gedachte Linie quer über die Schadensstelle hinweg Probenahmen zu veranlassen. Bei Fischsterben in Teichen ist es auch unbedingt notwendig, Wasser aus verschiedenen Tiefen zu entnehmen, da Schadstoffe in Mischung mit Wasser unterschiedliches spezifisches Gewicht aufweisen können, wodurch dann Schichtungen im Gewässer auftreten. Dies ist auch häufig daran zu erkennen, dass zunächst kleinere Fische, dann größere und zuletzt die tiefstehenden Fische eingehen.

Jede Konservierung oder Vorbehandlung der Wasserproben ist zu vermeiden. Die entnommenen Proben sind unverzüglich zu den Untersuchungsstellen zu bringen. Als Untersuchungsstelle empfiehlt es sich, die Chemischen und Lebensmittel-Untersuchungsämter der Kreise und kreisfreien Städte einzuschalten. Die Möglichkeit, eine Landesuntersuchungsanstalt wie Albaum zu erreichen, ist nicht in allen Fällen gegeben.

Neben diesen Empfehlungen zur Probenahme selbst empfiehlt es sich auch, dringend folgende Dienststellen zu informieren:

1. das Staatliche Amt für Wasser- und Abfallwirtschaft, in dessen Zuständigkeitsbereich das Fischsterben aufgetreten ist;
2. die Polizeistation;
3. die untere Wasserbehörde bei den kreisfreien Städten oder den Kreisen;
4. das zuständige Chemische und Lebensmittel-Untersuchungsamt.

Es sollte auch daran gedacht werden, die Art, Zahl oder das Gewicht der verendeten Fische zu ermitteln und dies möglichst durch Zeugen bestätigen zu lassen. Wichtig ist auch, dass man bei der Ermittlung die Größenklassen und das Alter der verendeten Fische angibt. Sehr günstig wirken sich immer Fotografien aus. Auf jeden Fall müssen von jeder Fischart auch nach Altersklassen getrennt einige Exemplare durch Tiefgefrieren aufbewahrt werden, damit Untersuchungen durch eine Landesanstalt für Fischerei (Nordrhein-Westfalen: in Albaum/Sauerland) durchgeführt werden können.

Dabei sollte aber auch beachtet werden, dass nur solche Fische tiefgefroren werden, von denen man genaue Angaben über den Zeitpunkt der Verendung hat. Besteht Unsicherheit über das Todesdatum, sollten, wenn vorhanden, noch lebende Fische abgeschlagen und tiefgefroren werden. Fische, die

länger als 4-5 Stunden tot im Wasser liegen, sind für eingehende Untersuchungen nicht mehr geeignet. Bei Beachtung dieser Ratschläge kann bei Untersuchungen noch mit einiger Sicherheit festgestellt werden, ob das Fischsterben durch Abwassereinleitungen oder durch eine Fischkrankheit verursacht wurde.

Falls konzentrierte Einleitungen an den Ufern oder an Teichrändern erkennbar sind, sollte auch nicht versäumt werden, von diesen Stellen unbedingt Proben zu nehmen. Angaben über die Wasserführung des Gewässers, über die Menge des Zulaufs und auch des Abflusses bei Teichen sind für die Beurteilung gleichfalls von Bedeutung. Hier wird man sich aber immer auf Schätzungen beschränken müssen.

Für alle Fälle sollten bei jedem Gewässerwart auch ausreichend Flaschen auf Vorrat zur Verfügung stehen. Wird auf die genannten Punkte geachtet, ist es sicherlich möglich, verlässliche Unterlagen zur Aufklärung von Fischsterben beizubringen.

5 Literaturangaben

Schäperclaus, Lehrbuch der Teichwirtschaft, Parey Verlag Hamburg

Tesch, Die zweckmäßige Pflege der Fischbestände, Parey Verlag Hamburg

Jens, Die Bewertung der Fischgewässer, Parey Verlag Hamburg

Schindler, Unsere Süßwasserfische

Jürgen Schwörbel, Einführung in die Limnologie, Gustav Fischer Verlag

Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung, Verlag Wiley-VCH Beuth Weinheim

6 Lieferprogramm

6.1 *visocolor*[®] Analysenkoffer

Gewässerwarten, Fischzüchtern und anderen an Fragen der Wasseruntersuchung interessierten Personen geben Analysenkoffer die Möglichkeit, mit *VISOCOLOR*[®] Testbestecken in kurzer Zeit Analysenwerte zu ermitteln, die für eine Bewertung der Wasserqualität wichtig sind. Für eine ordnungsgemäße Durchführung der Untersuchungen sind keine besonderen chemischen Kenntnisse erforderlich.

Die unterschiedlich ausgestatteten *VISOCOLOR*[®] Analysenkoffer enthalten in einer Tiefzieheinlage alle notwendigen Reagenzien und Zubehörteile. Die Farbcodierung der Etiketten schützt zuverlässig vor Verwechslungen der Reagenzien. *VISOCOLOR*[®] *ECO* Reagenzienflaschen tragen entsprechend deutliche Symbole. Die Reagenzien reichen für mindestens 60 Bestimmungen.

Mit Nachfüllpackungen lassen sich verbrauchte Reagenzien der Analysenkoffer ersetzen.

VISOCOLOR[®] Analysenkoffer können nicht mit den hochempfindlichen *VISOCOLOR*[®] *HE* Testbestecken ausgerüstet werden.

***VISOCOLOR*[®] *ECO* Analysenkoffer**

Art.-Nr. 931 001

Der *VISOCOLOR*[®] *ECO* Analysenkoffer enthält folgende Testbestecke:

- ✓ Ammonium 0,2 – 3 mg/l NH_4^+
- ✓ Carbonathärte 1 Tropfen = 1 °d
- ✓ Gesamthärte 1 Tropfen = 1 °d
- ✓ Nitrat 1 – 120 mg/l NO_3^-
- ✓ Nitrit 0,02 – 0,5 mg/l NO_2^-
- ✓ pH pH 4,0 – 9,0
- ✓ Phosphat 0,2 – 5 mg/l P

Haltbarkeit der Reagenzien: mind. 18 Monate

***VISOCOLOR*[®] *ECO* Analysenkoffer ohne Testbestecke Art.-Nr. 931 100**

Der *VISOCOLOR*[®] *ECO* Analysenkoffer ermöglicht die individuelle Zusammenstellung von bis zu 7 Testbestecken aus dem *VISOCOLOR*[®] *ECO* Programm.



VISOCOLOR® Analysenkoffer

Art.-Nr. 931 302

Der *VISOCOLOR®* Analysenkoffer enthält folgende Testbestecke:

- ✓ Alkalinität AL 7 (SBV) Genauigkeit: 0,2 mmol/l bzw. 0,5 °d
- ✓ Ammonium 0,2 – 3 mg/l NH₄⁺
- ✓ Gesamthärte H 20F Genauigkeit: 0,1 mmol/l bzw. 0,5 °d
- ✓ Nitrit 0,02 – 0,50 mg/l NO₂⁻
- ✓ pH 4,0–9,0 pH 4,0 – 9,0
- ✓ Phosphat 0,2 – 5 mg/l P
- ✓ Sauerstoff SA 10 Genauigkeit: 0,2 mg/l O₂ (Sauerstoffdefizit)
- ✓ Temperatur –10 bis +60 °C

Zusätzlich kann ein weiteres *VISOCOLOR® ECO* Testbesteck (Art.-Nr. 931 0...) untergebracht werden.

Haltbarkeit der Reagenzien: mind. 18 Monate

Der *VISOCOLOR®* Analysenkoffer kann mit folgenden Nachfüllpackungen ergänzt werden:

Alkalinität AL 7	915 207	pH 4,0 – 9,0	931 266
Ammonium	914 208	Phosphat	931 284
Gesamthärte H 20F	915 205	Sauerstoff SA 10	915 209
Nitrit	931 244		

VISOCOLOR® Analysenkoffer ohne Testbestecke

Art.-Nr. 931 307

Der *VISOCOLOR®* Analysenkoffer ohne Testbestecke ermöglicht die individuelle Zusammenstellung von bis zu 9 Testbestecken aus dem *VISOCOLOR® ECO*- und Titrationsprogramm. Da nicht alle gewünschten Kombinationen von Testbestecken aus verpackungstechnischen Gründen möglich sind, empfehlen wir vor Aufgabe einer Bestellung eine Kontaktaufnahme.

VISOCOLOR® Analysenkoffer mit Photometer PF-11

Die Analysenkoffer mit dem Photometer PF-11 geben den an Wasseruntersuchungen interessierten Personen die Möglichkeit, sowohl mit *VISOCOLOR®* Testbestecken als auch mit *NANOCOLOR®* Rundküvettentesten in kurzer Zeit sehr genaue und aussagekräftige Analysenwerte zu ermitteln, die für eine Bewertung der Analysenprobe wichtig sind. Für eine ordnungsgemäße Durchführung der Untersuchungen sind keine besonderen chemischen Kenntnisse erforderlich.

Die unterschiedlich ausgestatteten Analysenkoffer enthalten in einer stabilen Tiefzieheinlage neben dem Photometer PF-11 alle notwendigen Reagenzien und Zubehörteile. Die Farbcodierung der Etiketten schützt zuverlässig vor Verwechslungen der Reagenzien. Die Reagenzien reichen für mindestens 60 Bestimmungen.

Zusätzlich können auch weitere *VISOCOLOR*® Teste und auch *NANOCOLOR*® Rundküvettenteste eingesetzt und direkt ausgewertet werden.

Mit den *VISOCOLOR*® Nachfüllpackungen lassen sich verbrauchte Reagenzien der Analysenkoffer ersetzen.

VISOCOLOR® Analysenkoffer können nicht mit den hochempfindlichen Testbestecken *VISOCOLOR*® *HE* ausgerüstet werden.

***VISOCOLOR*® Umweltkoffer**

Art.-Nr. 914 304

Der *VISOCOLOR*® Umweltkoffer dient der ökologischen Bewertung verschiedenster Gewässer und enthält neben dem Photometer PF-11 folgende *VISOCOLOR*® Teste:

- ✓ Ammonium (DEV) 0,2 – 10 mg/l NH_4^+
- ✓ Carbonathärte C 20 Genauigkeit: 0,1 mmol/l bzw. 0,5 °d
- ✓ Eisen (Triazin) 0,1 – 2,0 mg/l Fe
- ✓ Gesamthärte H 20F Genauigkeit: 0,1 mmol/l bzw. 0,5 °d
- ✓ Nitrat 50 1 – 50 mg/l NO_3^-
- ✓ Nitrit 0,05 – 2,0 mg/l NO_2^-
- ✓ pH 4,0–10,0 pH 4,0 – 10,0
- ✓ Phosphat (DEV) 0,1 – 1,5 mg/l P

Die Reagenzien sind ausreichend für 60 – 120 Bestimmungen.

Neben der photometrischen Messung können auch alle Teste visuell mit Hilfe einer beiliegenden Farbkarte ausgewertet werden. Carbonathärte und Gesamthärte werden titrimetrisch, pH nur kolorimetrisch, also nicht mit Hilfe des Photometers, bestimmt.

Zusätzlich können mit dem Photometer PF-11 alle weiteren *VISOCOLOR*® Komparatorteste, die *VISOCOLOR*® *ECO* Teste mit Farbkarte sowie die *NANOCOLOR*® Rundküvettenteste ausgewertet werden.

Haltbarkeit der Reagenzien: mind. 18 Monate

Der *VISOCOLOR*® Umweltkoffer kann mit folgenden Nachfüllpackungen ergänzt werden:

Ammonium (DEV)	914 238	Nitrat 50	914 245
Carbonathärte C 20	915 207	Nitrit	914 220
Eisen (Triazin)	914 239	pH 4,0–10,0	914 222
Gesamthärte H 20F	915 205	Phosphat (DEV)	914 237

VISOCOLOR® Galvanikkoffer**Art.-Nr. 914 400**

Der VISOCOLOR® Galvanikkoffer dient zur Untersuchung verschiedener Parameter, die häufig in Abwässern galvanischer Betriebe vorkommen. Er enthält neben dem Photometer PF-11 folgende VISOCOLOR® Teste:

- ✓ Chlor 0,10 – 2,00 mg/l Cl₂
- ✓ Chromat 0,1 – 2,0 mg/l CrO₄²⁻
- ✓ Cyanid 0,05 – 1,0 mg/l CN⁻
- ✓ Kupfer 0,1 – 3,0 mg/l Cu²⁺
- ✓ Nickel 0,2 – 10,0 mg/l Ni²⁺
- ✓ Sulfat 20 – 200 mg/l SO₄²⁻
- ✓ Zink 0,2 – 3,0 mg/l Zn²⁺

Die Reagenzien sind ausreichend für 60 – 120 Bestimmungen.

Haltbarkeit der Reagenzien: mind. 1 Jahr

Zusätzlich können mit dem Photometer PF-11 viele weitere, in der Galvanik relevante Parameter bestimmt werden:

Aluminium 07	0,02 – 0,70 mg/l Al ³⁺
Ammonium (ECO)	0,1 – 1,5 mg/l NH ₄ ⁺
Ammonium (DEV)	0,1 – 2,0 mg/l NH ₄ ⁺
AOX 3	0,01 – 3,0 mg/l AOX
Blei 5	0,1 – 5,0 mg/l Pb ²⁺
Cadmium 2	0,05 – 2,00 mg/l Cd ²⁺
Chlor (ECO)	0,1 – 2,0 mg/l Cl ₂
Chrom(VI) (ECO)	0,02 – 0,50 mg/l Cr(VI)
gesamt-Chrom	0,1 – 4,0 mg/l Cr
CSB 160	15 – 160 mg/l O ₂
CSB 1500	100 – 1500 mg/l O ₂
Cyanid (ECO)	0,01 – 0,20 mg/l CN ⁻
Eisen (ECO)	0,04 – 1,00 mg/l Fe
Eisen (Triazin)	0,1 – 2,0 mg/l Fe
Fluorid 2	0,1 – 2,0 mg/l F ⁻
org. Komplexbildner 10	0,5 – 10,0 mg/l I _{Bik}
Kupfer (ECO)	0,2 – 1,5 mg/l Cu ²⁺
Nickel (ECO)	0,1 – 1,5 mg/l Ni ²⁺
pH 6,0 – 8,2	pH 6,0 – 8,2
Phosphat (DEV)	0,1 – 1,5 mg/l P
Sulfid	0,05 – 1,0 mg/l S ²⁻
Trübung	10 – 400 FAU

Der VISOCOLOR® Galvanikkoffer kann mit folgenden Nachfüllpackungen ergänzt werden:

Chlor	914 232	Nickel	914 219
Chromat	914 211	Sulfat	914 235
Cyanid	914 242	Zink	914 241
Kupfer	914 234		

VISOCOLOR® Schwimmbadkoffer

Art.-Nr. 914 502

Der *VISOCOLOR*® Schwimmbadkoffer dient zur Untersuchung von Schwimmbadwasser und der Überwachung eines ausreichenden Desinfektionspotentials. Er ermöglicht eine schnelle Durchführung der Untersuchungen sowie ein genaues Ablesen der Messwerte, auch bei ungünstigen Lichtverhältnissen (z. B. in Hallenbädern).

Der *VISOCOLOR*® Schwimmbadkoffer enthält neben dem Photometer PF-11 folgende *VISOCOLOR*® Teste:

- ✓ Chlor, frei und gesamt 0,10 – 2,00 mg/l Cl₂
- ✓ pH pH 6,0 – 8,2

Die Reagenzien sind ausreichend für 100 Bestimmungen.

Zusätzlich können mit dem Photometer PF-11 weitere, Schwimmbadrelevante Parameter bestimmt werden:

Aluminium 07	0,02 – 0,70 mg/l Al ³⁺
Ammonium (ECO)	0,1 – 1,5 mg/l NH ₄ ⁺
Ammonium (DEV)	0,1 – 2,0 mg/l NH ₄ ⁺
Ammonium 3	0,05 – 3,00 mg/l NH ₄ ⁺
Carbonathärte 15	1,0 – 15,0 °d
Chlor (ECO)	0,1 – 2,0 mg/l Cl ₂
Chlor 2	0,05 – 2,50 mg/l Cl ₂
Chlordioxid 5	0,2 – 5,0 mg/l ClO ₂
Chlorid 50	0,5 – 50 mg/l Cl ⁻
Chlorid 200	5 – 200 mg/l Cl ⁻
Cyanursäure (ECO)	10 – 100 mg/l Cya
Nitrat 50	2 – 70 mg/l NO ₃ ⁻
Ozon 2	0,05 – 2,00 mg/l O ₃
Peroxid 2	0,1 – 2,0 mg/l H ₂ O ₂
Sauerstoff (ECO)	1 – 10 mg/l O ₂
Sauerstoff 12	0,5 – 12,0 mg/l O ₂

Haltbarkeit der Reagenzien: mind. 18 Monate

Der *VISOCOLOR*® Schwimmbadkoffer kann mit folgenden Nachfüllpackungen ergänzt werden:

Chlor, frei und gesamt	914 232
pH	931 270

VISOCOLOR® Analysenkoffer mit Photometer PF-11 ohne Testbestecke **Art.-Nr. 914 309**

Dieser *VISOCOLOR*® Analysenkoffer enthält das Photometer PF-11 und ermöglicht die individuelle Zusammenstellung von bis zu 9 Testbestecken aus dem *VISOCOLOR*® Programm. Vor der Bestellung sollten Sie mit uns Kontakt aufnehmen, um Ihre persönliche Zusammenstellung von Testbestecken zu besprechen.

Lieferübersicht **VISOCOLOR®** Koffer

Typ	zur Bestimmung von	Art.-Nr.
Analysenkoffer ohne Photometer		
Bodenkoffer	Bodenstruktur, Kalium, pH, Phosphat, Stickstoff (Ammonium, Nitrit und Nitrat) inkl. aller notwendigen Gerätschaften und Zubehörteile <i>Information bitte separat anfordern</i>	914 601
ECO Koffer	Ammonium, Carbonathärte, Gesamthärte, Nitrat, Nitrit, pH 4,0 – 9,0 und Phosphat	931 001
ECO Koffer (leer)	leer mit Tiefzieheinlage, zur individuellen Bestückung mit bis zu 7 VISOCOLOR® ECO Testbestecken	931 100
Analysenkoffer	Alkalinität, Ammonium, Gesamthärte, Nitrit, pH, Phosphat, Sauerstoff, Temperatur	931 302
Analysenkoffer (leer)	leer mit Tiefzieheinlage, zur individuellen Bestückung mit bis zu 9 VISOCOLOR® Testbestecken	931 307
Analysenkoffer mit Photometer PF-11		
Umweltkoffer	Ammonium, Carbonathärte, Eisen, Gesamthärte, Nitrat, Nitrit, pH, Phosphat inkl. Filterphotometer PF-11	914 304
Analysenkoffer (leer)	Leerkoffer mit Photometer PF-11, zur individuellen Bestückung mit bis zu 9 VISOCOLOR® Testbestecken	914 309
Galvanikkoffer	Chlor, Chromat, Cyanid, Kupfer, Nickel, Sulfat, Zink inkl. Filterphotometer PF-11	914 400
Schwimmbadkoffer	Chlor, pH, inkl. Filterphotometer PF-11	914 502

Art.-Nr. Zubehör

- 931 151 Messgläser für **VISOCOLOR® ECO** mit Schraubverschluss
- 931 152 Schiebekomparator für **VISOCOLOR® ECO**
- 931 4 . . Farbkarte für **VISOCOLOR® ECO** (Art.-Endnr. siehe Testbesteck)
- 914 499 Glasküvette (10 ml graduiert)
- 915 499 Titrationsgefäß mit 5-ml-Ringmarkierung
- 915 498 Probeflasche 30 ml zur Sauerstoffbestimmung
- 914 498 Probebecher 25 ml
- 914 497 Thermometer –10 °C bis +60 °C
- 914 496 Proberöhrchen mit 10/20 ml-Markierung
- 914 495 Messröhrchen 25 – 200 mg/l Sulfat
- 914 444 Messröhrchen 2 – 15 mg/l Kalium
- 914 939 Kompensationsküvette mit 5- und 10-ml-Markierung
- 914 300 Broschüre „Untersuchung und Bewertung von Fischgewässern mit **VISOCOLOR®**“
- 914 500 Gebrauchsanweisungen aller **VISOCOLOR®** Bestimmungen in Heftform (deutsch - englisch)
- 914 501 Gebrauchsanweisungen aller **VISOCOLOR®** Titrationsbestecke in Heftform (deutsch - englisch - französisch)
- 931 002 Gebrauchsanweisungen aller **VISOCOLOR® ECO** Testbestecke in Heftform (deutsch - englisch - französisch - italienisch - spanisch - holländisch)
- 914 600 Buch „Chemische Versuche mit **VISOCOLOR®** und **NANOCOLOR®**“
Theorie und Anwendungsgebiete industrieller Schnellanalyse-systeme und ihr Gebrauch im Schulunterricht. Das Buch enthält mehr als 50 Versuchsanleitungen zur Analytik von Wasser, Abwasser, Umwelt, ökologische Toxikologie, Lebensmittel, Werkstoffe, Rohstoffe.

6.2 **visocolor®** Testbestecke

VISOCOLOR® Test	Messbereich	Anzahl Best.	Testbesteck	Reagenziensatz ¹⁾ Nachfüllpackung	Ersatz-Komparator Spritze
			Art.-Nr.	Art.-Nr.	Art.-Nr.
VISOCOLOR® Komparator-Testbestecke					
Ammonium (Neßler)	0,5 – 20 mg/l NH ₄ ⁺	100	–	914 210	–
Ammonium	0,2 – 10 mg/l NH ₄ ⁺	100	–	914 238	–
Chlor	0,1 – 2,0 mg/l Cl ₂	100	–	914 232	–
Chromat	0,1 – 2 mg/l CrO ₄ ²⁻	100	–	914 211	–
Cyanid	0,05 – 1 mg/l CN ⁻	60	914 042	914 242	914 142
Detergentien, anionisch	0,1 – 5 mg/l MBAS	50	914 014	914 214	914 114
Detergentien, kationisch	1 – 20 mg/l CTAB	50	914 015	914 215	914 115
Die Teste Detergentien anionisch und Detergentien kationisch enthalten Chloroform. Entsprechend der Chemikalien-Verbotsverordnung vom 16. Juli 1996 ist es verboten, Chlorkohlenwasserstoffe zur Verwendung durch den privaten Endverbraucher in den Verkehr zu bringen oder in nicht gewerblich genutzten Räumen zu verwenden. Die Teste sind nicht für Analysenkoffer geeignet.					
DEHA	0,05 – 1,0 mg/l DEHA	75	–	914 243	–
Eisen (DEV)	0,1 – 50 mg/l Fe	100	914 017	914 217	914 117
	0,1 – 2 mg/l Fe	100	–	914 217	914 198
Eisen (Triazin)	0,1 – 2 mg/l Fe	180	914 039	914 239	914 139
Hydrazin	0,1 – 2 mg/l N ₂ H ₄	60	914 016	914 216	914 116
Kieselsäure	0,2 – 5 mg/l SiO ₂	50	914 024	914 224	914 124
Kupfer	0,1 – 3 mg/l Cu ²⁺	100	914 034	914 234	914 134
Mangan	0,1 – 4 mg/l Mn	100	914 018	914 218	914 118
Nickel	0,2 – 10 mg/l Ni ²⁺	60	–	914 219	–
Nitrat 50	1 – 50 mg/l NO ₃ ⁻	130	–	914 245	–
Nitrit	0,05 – 2 mg/l NO ₂ ⁻	60	914 020	914 220	914 120
pH 4,0 – 10,0	pH 4,0 – 10,0	500	914 022	914 222	914 122
pH 6,9 – 8,2	pH 6,9 – 8,2	150	–	914 330	914 130
Phosphat (DEV)	0,1 – 1,5 mg/l P	60	914 037	914 237	914 137
Phosphat	2 – 25 mg/l PO ₄ ³⁻	60	–	914 223	–
Schwimmbad	0,1 – 2,0 mg/l Cl ₂	100	–	914 230	–
(pH + Chlor)	6,9 – 8,2 pH	150	–	–	siehe pH 6,9 – 8,2
Sulfat	25 – 200 mg/l SO ₄ ²⁻	100	914 035	914 235	–
Sulfid	0,05 – 1,0 mg/l S ²⁻	100	914 035	914 233	914 133
Zink	0,25 – 3,0 mg/l Zn ²⁺	90	914 041	914 241	914 141
VISOCOLOR® Titrations-Testbestecke					
Bei Titrations-Testbestecken lässt sich der Messbereich durch weitere Spritzenfüllungen erweitern.					
Acidität AC 7 (Basekapazität)	0,2 – 7 mmol/l	200	915 006	915 206	915 407
Alkalinität AL 7 (Säurekapazität)	0,2 – 7 mmol/l	200	915 007	915 207	915 407
Calcium CA 20	0,5 – 20 °d 0,1 – 3,6 mmol/l	200	915 010	915 210	915 405
Carbonathärte C 20	0,5 – 20 °d 0,2 – 7 mmol/l	200	915 003	915 203	915 417
Chlorid CL 500	5 – 500 mg/l	300	915 004	915 204	915 404
Gesamthärte H 20 F	0,5 – 20 °d	200	915 005	915 205	915 405
	0,1 – 3,6 mmol/l				
Gesamthärte H 2	0,05 – 2 °d 0,01 – 0,36 mmol/l	200	915 002	915 202	915 402
Sauerstoff SA 10	0,2 – 10 mg/l	100	915 009	915 209	915 409
Sauerstoffzehrung	–	–	915 012	–	–
Anwendung nur in Verbindung mit Testbesteck Sauerstoff SA 10 möglich.					
Sulfit SU 100	2 – 100 mg/l	100	915 008	915 208	915 408 (2 St.)

¹⁾ Dieser Reagenziensatz dient als Nachfüllpackung für das Testbesteck sowie für den Analysenkoffer.

6.3 **visocolor® ECO Testbestecke**

Alle **VISOCOLOR® ECO** Testbestecke befinden sich in einer umweltfreundlichen Karton-Verpackung mit Tiefzieheinlage und enthalten eine leicht verständliche 6-sprachige Gebrauchsanweisung.

VISOCOLOR® ECO Testbestecke mit Farbkarte

Funktionsprinzip: Kolorimetrischer Farbvergleich

Inhalt eines Testbestecks:

- ✓ 2 Messgläser 20 mm mit Schraubverschluss
- ✓ Schiebekomparator zur Aufnahme der Messgläser
- ✓ Farbkarte mit mind. 8 Vergleichswerten
- ✓ Kunststoffspritze 5 ml zur Probenahme
- ✓ Flaschen mit den Reagenzien
- ✓ Dosierlöffel für die Feststoffreagenzien

VISOCOLOR® ECO Titrationsbestecke

Funktionsprinzip: Titration mit Tropfenzählverfahren

Inhalt eines Titrationsbestecks:

- ✓ Probegefäß mit 5-ml-Ringmarkierung
- ✓ Kunststoffspritze 5 ml zur Probenahme
- ✓ Tropfflaschen mit Reagenzien

VISOCOLOR® Test	Messbereich	Anzahl Best.	Testbesteck Art.-Nr.	Reagenziensatz/Nachfüllpackung Art.-Nr.
VISOCOLOR® ECO Testbestecke				
Aluminium	0,10 – 0,50 mg/l Al ³⁺	50	931 006	931 206
Ammonium 3	0,2 – 3 mg/l NH ₄ ⁺	50	931 008	931 208
Ammonium 15	0,5 – 15 mg/l NH ₄ ⁺	50	931 010	931 210
Calcium	1 Tropfen = 5 mg/l Ca ²⁺	100	931 012	–
Carbonathärte	1 Tropfen = 1 °d	100	931 014	–
Chlor 2, frei + gesamt	0,1 – 2,0 mg/l Cl ₂	150	931 015	931 215
Chlor 6, frei + gesamt*	0,05 – 6,00 mg/l Cl ₂	200	–	931 217
freies Chlor 2	0,1 – 2,0 mg/l Cl ₂	150	931 016	931 216
freies Chlor 6*	0,05 – 6,00 mg/l Cl ₂	400	–	931 219
Chlorid	1 – 60 mg/l Cl ⁻	90	931 018	931 218
Chrom(VI)	0,02 – 0,50 mg/l Cr(VI)	140	931 020	931 220
Cyanid	0,01 – 0,20 mg/l CN ⁻	100	931 022	931 222
Cyanursäure	10 – 100 mg/l Cya	100	931 023	931 223
DEHA	0,01 – 0,30 mg/l DEHA	125	931 024	931 224
Eisen	0,04 – 1,0 mg/l Fe	100	931 026	931 226
Fluorid*	0,1 – 2,0 mg/l F ⁻	150	–	931 227
Gesamthärte	1 Tropfen = 1 °d	110	931 029	–
Kalium	2 – 15 mg/l K ⁺	60	931 032	931 232
Kieselsäure	0,2 – 3,0 mg/l SiO ₂	100	931 033	931 233
Kupfer	0,1 – 1,5 mg/l Cu ²⁺	100	931 037	931 237
Mangan	0,1 – 1,5 mg/l Mn	70	931 038	931 238
Nickel	0,1 – 1,5 mg/l Ni ²⁺	150	931 040	931 240
Nitrat	1 – 120 mg/l NO ₃ ⁻	110	931 041	931 241
Nitrit	0,02 – 0,5 mg/l NO ₂ ⁻	120	931 044	931 244
pH 4,0 – 9,0	pH 4,0 – 9,0	450	931 066	931 266
pH 6,0 – 8,2*	pH 6,0 – 8,2	150	–	931 270
Phosphat	0,2 – 5 mg/l PO ₄ -P	80	931 084	931 284
Sauerstoff	1 – 10 mg/l O ₂	50	931 088	931 288
bei Erstbestellung zusätzlich erforderlich: Sauerstoffflasche, Art.-Nr. 915 498 (siehe Seite 58)				
Schwimmbad	0,1 – 2,0 mg/l Cl ₂	150	931 090	931 290
	pH 6,9 – 8,2	150		
Sulfid	0,1 – 0,8 mg/l S ²⁻	90	931 094	931 294
Sulfit	1 Tropfen = 1 mg/l SO ₃ ²⁻	60	931 095	–
Zink	0,5 – 3 mg/l Zn ²⁺	120	931 098	931 298

* nur photometrisch auswertbar

6.4 *visocolor*[®] HE Testbestecke

Jedes hochempfindliche *VISOCOLOR*[®] HE Testbesteck besteht aus dem Komparatorblock, der 10-Farben-Drehscheibe, 2 Rundgläsern und allen erforderlichen Reagenzien. Alle Teile befinden sich übersichtlich in einer stapelbaren Kunststoffbox mit Tiefzieheinlage. Der Komparatorblock kann in der Kunststoffbox aufgestellt und fixiert werden. Die abwischbare Gebrauchsanweisung liegt auf der Innenseite des Deckels.

<i>VISOCOLOR</i> [®] Test	Messbereich	Anz.	Original-	Reagenssatz ¹⁾
		Best.	Besteck	Nachfüllpackung
<i>VISOCOLOR</i> [®] HE Testbestecke (hochempfindliche visuelle Kolorimetrie)				
Ammonium	0,02 – 0,50 mg/l NH ₄ ⁺	110	920 006	920 106
Chlor, frei + gesamt	0,02 – 0,60 mg/l Cl ₂	je 160	920 015	920 115
Cyanid	0,002 – 0,04 mg/l CN ⁻	55	920 028	920 128
Eisen	0,01 – 0,20 mg/l Fe	300	920 040	920 140
Kupfer	0,04 – 0,50 mg/l Cu ²⁺	150	920 050	920 150
Mangan	0,03 – 0,50 mg/l Mn	100	920 055	920 155
Nitrit	0,005 – 0,10 mg/l NO ₂ ⁻	150	920 063	920 163
pH 4 – 10	pH 4,0 – 10,0	500	920 074	920 174
Phosphat (DEV)	0,01 – 0,25 mg/l P	100	920 080	920 180
Phosphat	0,05 – 1,0 mg/l P	300	920 082	920 182
Silicium	0,01 – 0,30 mg/l Si	120	920 087	920 187

¹⁾ Dieser Reagenssatz dient als Nachfüllpackung für das Original-Testbesteck.
VISOCOLOR[®] HE Testbestecke eignen sich nicht für *VISOCOLOR*[®] Analysenkoffer zur Wasseruntersuchung.



MACHEREY - NAGEL

Produkte für die analytische Chemie



Fein- und Mikrofiltration

- Filterpapiere
- Filtermembranen
- Extraktionshülsen



Schnellteste

- Indikator- und Testpapiere
- Testkits zur Wasseruntersuchung
- Photometer



Medizinische Diagnostik

- Harnanalyse
- Reflektometer



Chromatographie

- HPLC
- GC
- DC
- SPE



Bioanalytik

- Kits zur Aufreinigung von Nucleinsäuren
- Transfermembranen

www.mn-net.com

MACHEREY-NAGEL



MACHEREY-NAGEL GmbH & Co. KG · Neumann-Neander-Str. 6-8 · D-52355 Düren

Deutschland:	Schweiz:	Frankreich:
Telefon: +49 (0) 24 21 96 90	Tel.: +41 (0) 62 388 55 00	Tel.: +33 (0) 3 88 68 22 68
Fax: +49 (0) 24 21 96 91 99	Fax: +41 (0) 62 388 55 05	Fax: +33 (0) 3 88 51 76 88
e-mail: sales-de@mn-net.com	e-mail: sales-ch@mn-net.com	e-mail: sales-fr@mn-net.com