



Fließgewässer erforschen –  
gemeinsam Wissen schaffen

**Aktionsheft  
zum Citizen Science-  
Projekt**

## Impressum

**Inhalt, Konzeption:** Julia von Gönner und Lilian Neuer

**Gestaltung:** Julia Prawitz

**Stand:** Mai 2021

**Projektwebsite:** [www.idiv.de/flow](http://www.idiv.de/flow)

**Online-Karte:** <https://home.uni-leipzig.de/idiv/flow/map/>

FLOW ist ein Projekt des Deutschen Zentrums für integrative Biodiversitätsforschung (iDiv), des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung (UFZ, Leipzig), der Sächsischen Landesstiftung Natur und Umwelt (LaNU) und des Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V. (BUND). Es wird gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) und dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF).



# Inhalt

## Teil 1: Basis-Informationen

|        |                                                   |    |
|--------|---------------------------------------------------|----|
| 1.     | Das Citizen Science-Projekt FLOW.....             | 1  |
| 2.     | Projektablauf und Hinweise zur Durchführung ..... | 3  |
| 2.1.   | Ablauf der Gewässerbewertung.....                 | 4  |
| 2.2.   | Vorbereitung auf das Projekt.....                 | 5  |
| 2.3.   | Corona-Vorsichtsmaßnahmen.....                    | 7  |
| 3.     | Methoden der Gewässerbewertung.....               | 8  |
| 3.1.   | Ermittlung der Gewässerstrukturgüte .....         | 9  |
| 3.2.   | Chemisch-physikalische Messungen .....            | 21 |
| 3.3.   | Bewertung der Makrozoobenthos-Gemeinschaft .....  | 25 |
| 3.3.1. | Substratkartierung .....                          | 25 |
| 3.3.2. | Keschern des Makrozoobenthos (Kick-Sampling)..... | 27 |
| 3.3.3. | Sortieren des Makrozoobenthos .....               | 28 |
| 3.3.4. | Bestimmung des Makrozoobenthos.....               | 29 |
| 3.3.5. | Ermittlung des SPEAR-Index .....                  | 30 |

## Teil 2: Hintergrundwissen

|      |                                                                              |    |
|------|------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.   | Ökosystemleistungen von Fließgewässern.....                                  | 35 |
| 5.   | Welche Faktoren gefährden das Ökosystem Fließgewässer? .....                 | 37 |
| 5.1. | Stoffliche Belastungen .....                                                 | 37 |
| 5.2. | Veränderungen der natürlichen Gewässerstruktur .....                         | 40 |
| 6.   | Wirbellose Tiere im Fließgewässer (Makrozoobenthos) als Bioindikatoren ..... | 42 |
| 7.   | Auswertung der Gewässeruntersuchung .....                                    | 45 |
| 7.1. | Interpretation der Ergebnisse .....                                          | 45 |
| 7.2. | Wie kann der Zustand unseres Fließgewässers verbessert werden? .....         | 48 |
| 7.3. | Wasser- und Fließgewässerschutz im Alltag.....                               | 50 |
| 8.   | Quellenverzeichnis .....                                                     | 53 |



# Teil 1: Basis-Informationen für alle Teilnehmenden am FLOW-Projekt (S. 1-32)

## 1. Das Citizen Science-Projekt FLOW

Das vorliegende Aktionsheft richtet sich an alle Projektteilnehmer\*innen, Lehrer\*innen und Gruppenleiter\*innen. Es enthält alle nötigen Informationen zur Durchführung und Auswertung der Gewässeruntersuchung im Rahmen des Citizen Science-Projekts FLOW.

*„Wasser ist keine übliche Handelsware, sondern ein ererbtes Gut, das geschützt, verteidigt und entsprechend behandelt werden muss.“  
(EG-WRRL, 2000)*

Dieser erste Satz der **europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL)** fordert alle Mitgliedsstaaten der Europäischen Union auf, den „guten ökologischen Zustand“ ihrer Fließgewässer zu erhalten oder wiederherzustellen (Korte et al., 2010b).

Naturnahe Fließgewässer und Auen gehören zu den artenreichsten Biotypen Mitteleuropas. Sie bieten einen Lebensraum für viele bedrohte und auch wirtschaftlich relevante Arten (u.a. Fische). Zugleich sind sie ein wichtiger Ort der Erholung und ein attraktiver Raum für Freizeit und Tourismus. Sie liefern einen wichtigen Beitrag zur Grundwasserbildung, sind ein riesiges natürliches Klärwerk und leisten effektiven Hochwasserschutz (BfN, 2019). Diese sogenannten **Ökosystemleistungen** zeigen, welche Bedeutung Fließgewässer und ihre Auen für die Gesellschaft haben. Damit Fließgewässer diese Leistungen und Funktionen auch zukünftig erfüllen können, muss ihr guter ökologischer Zustand wiederhergestellt oder aktiv geschützt werden.

Das **Ziel der WRRL** (WRRL, 2000; BMU, 2011), alle Oberflächengewässer bis 2015 in einen „guten ökologischen Zustand“ zu versetzen wurde in Deutschland großflächig verfehlt (BMU & UBA, 2017; Reese et al., 2018). **Gewässerunterhaltung und -ausbau** (wie z.B. Begradigung, Ufer- und Sohlenbefestigung, Querbauwerke, Aufstauung, Wasserentnahme) haben die ursprüngliche Habitatstruktur, die Abflussdynamik und die Land-Wasser-Vernetzung vieler Fließgewässer stark verändert. **Stoffliche Belastungen** durch Nährstoffe und chemische Schadstoffe aus Landwirtschaft, Industrie und Haushalten beeinträchtigen die Wasserqualität. Aktuell befinden sich nur etwa 8 Prozent der deutschen Fließgewässer in einem guten ökologischen Zustand (BMU & UBA, 2017; Reese et al., 2018).

Freilandstudien weisen darauf hin, dass der intensive **Einsatz von Pflanzenschutzmitteln** in der Landwirtschaft und der Lebensraumverlust zu den Hauptursachen für den drastischen Rückgang von Insekten in Deutschland zählen (Hallmann et al., 2017; Seibold et al., 2019). Pflanzenschutzmittel (auch: *Pestizide*, d.h. Insektizide, Herbizide und Fungizide) beeinträchtigen nicht nur terrestrische Ökosysteme. Sie werden von den Äckern in die Gewässer eingetragen und haben bereits in geringen Konzentrationen negative Auswirkungen auf Artenreichtum und -diversität aquatisch lebender wirbelloser Tiere (darunter Insekten und ihre Larven, vgl. Beketov et al., 2013; Liess et al., 2008; Peters et al., 2013). Viele heimische Insekten haben aquatische Larvenstadien, die vom guten ökologischen Zustand der Gewässer abhängig sind.

Um angemessene Maßnahmen zum Schutz von Fließgewässern abzuleiten und ihre Wirksamkeit zu überprüfen, muss der ökologische Zustand von Fließgewässern systematisch erfasst werden.

*Mit dem Begriff **Citizen Science** (dt. „Bürgerwissenschaft“) wird die aktive Beteiligung von Bürger\*innen an Forschungsprojekten beschrieben. Die Beteiligung kann verschiedene Formen annehmen, wie z.B. das Erheben von Daten, die Datenauswertung und die Kommunikation von Ergebnissen, bis hin zur (Mit-)Entwicklung von Forschungsfragen und Untersuchungsdesigns. Mit ihrer Neugier und ihrem Engagement tragen Bürgerwissenschaftler\*innen in den unterschiedlichsten Wissenschaftsdisziplinen zu neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen bei (vgl. Bonn et al., 2016, Plattform Bürger schaffen Wissen, 2020).*

Die Wasserrahmenrichtlinie schreibt hierzu ein regelmäßiges **Monitoring** von mittleren bis großen Fließgewässern mit einem Einzugsgebiet von über 10 km<sup>2</sup> vor, das von den Umweltämtern der Bundesländer an ausgewählten Probestellen durchgeführt wird. Insbesondere kleine Bäche (Einzugsgebiet < 10 km<sup>2</sup>) werden dabei nicht ausreichend berücksichtigt.

Das Umweltbundesamt (UBA) führte gemeinsam mit dem Umweltforschungszentrum Leipzig (UFZ) 2018 und 2019 das nationale **Kleingewässermonitoring (KgM)**<sup>1</sup> durch, in dem bundesweit an etwa 140 Bächen mit landwirtschaftlich geprägtem Einzugsgebiet Daten zur Pestizidbelastung und zum ökologischen Zustand erhoben wurden. Das KgM liefert sehr detaillierte ökologische und ökotoxikologische Daten zu den Probestellen. Jedoch kann es den lokalen ökologischen Zustand und das Ausmaß der Pestizidbelastung (genauso wie das WRRL-Fließgewässermonitoring) nur an einer begrenzten Anzahl von Probestellen erfassen. Es besteht ein dringender Bedarf, die Verfügbarkeit **standardisierter Flächendaten zum ökologischen Zustand kleiner Fließgewässer** zu verbessern.

Effektiver Fließgewässerschutz und die langfristige Verminderung von Ökosystemstressoren kann nur durch breite gesellschaftliche Unterstützung gelingen. Das **Ziel des Citizen Science-Fließgewässer-monitorings FLOW** ist es daher, die aktuellen wissenschaftlichen und behördlichen Monitoringprogramme zu erweitern, indem Bürgerwissenschaftler\*innen (hier Schüler\*innen ab Klasse 10 und Mitglieder aus Umwelt- und Anglervereinen) an der Fließgewässerforschung beteiligt werden. Dadurch wird angestrebt, einen möglichst fein skalierten, überregionalen Datensatz zum ökologischen Zustand kleiner Fließgewässer zu generieren. Das zweite wichtige Ziel des FLOW-Projekts ist es, die Umweltbildung und Bürgerbeteiligung im Bereich des Fließgewässerschutzes zu stärken.

Die drei Methoden zur Gewässerbewertung im FLOW-Projekt orientieren sich an den drei Fließgewässer-Bewertungskomponenten der Wasserrahmenrichtlinie:



**A) Ermittlung der Gewässerstrukturgüte** nach Protokoll der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) mit den sechs Hauptparametern Laufentwicklung, Längsprofil, Querprofil, Sohlenstruktur, Uferstruktur und Gewässerumfeld.



**B) Chemisch-physikalische Analysen** zur *punktuellen* Bestimmung von Ammonium-, Nitrit- und Nitratgehalt; Phosphatgehalt, pH-Wert, Ionenleitfähigkeit, Chloridgehalt, Wassertemperatur; Sauerstoffgehalt und Sauerstoffsättigung.



**C) Makrozoobenthos-Beprobung** nach LAWA-Standards zur Ermittlung des SPEAR-Index (merkmalsbasierter biologischer Indikator „SPEciesAtRisk“<sup>2</sup> zur Analyse der Pestizidbelastung an einer Probestelle über die Zusammensetzung der Makrozoobenthos-Lebensgemeinschaft (vgl. Knillmann et al., 2018; Liess & Von Der Ohe, 2005).

<sup>1</sup> <https://www.ufz.de/kgm/index.php?de=44480>.

<sup>2</sup> <https://www.ufz.de/index.php?de=38122>.

## 2. Projektablauf und Hinweise zur Durchführung

### Das FLOW-Projekt umfasst folgende Programmkomponenten für die Teilnehmenden:

1.

**Erste Online-Befragung** zum Projekt – vielen Dank fürs Ausfüllen!

2.

**Infomaterial und Videos** zur Vorbereitung auf den Projekttag.

3.

**Einweisung vor Ort bzw. Online-Schulung** (Dauer ca. 2 Stunden, vor Ort an der Probestelle oder online).

Die Einweisung soll die Teilnehmenden mit den Untersuchungsmethoden und Arbeitsabläufen im Gelände bekannt machen und vermittelt die nötigen Kenntnisse zur Fließgewässerbewertung.

4.

**Begleitete Gewässeruntersuchung** mit dem Umweltmobil (Dauer ca. 3–4 Stunden). Mit Hilfe der Ausstattung des Umweltmobils der sächsischen Landesstiftung Natur & Umwelt (LaNU) werden in drei Arbeitsteams die Gewässerstruktur, die chemisch-physikalische Wasserqualität und die Zusammensetzung des Makrozoobenthos bewertet. Alle Ergebnisse werden im Gelände in Excel-Tabellen übertragen und abschließend gemeinsam eingeordnet und diskutiert.

5.

**Feedback zu den Ergebnissen.** Die Online-Projektkarte (siehe <https://home.uni-leipzig.de/idiv/flow/map/>) bietet den Teilnehmenden eine räumliche Übersicht aller FLOW-Einsätze. In die Karte werden für jede Probestelle die drei Teilergebnisse (Gewässerstrukturgüte, chemische Analysen, SPEAR-Index) kurz nach der Gewässeruntersuchung eingetragen.

6.

**Zweite Online-Befragung** nach dem Projekttag am Bach – Danke für Ihre Unterstützung!

7.

**Online-Projektkonferenz** nach Abschluss der Messkampagne im Herbst 2021 für alle Teilnehmenden. Ziele:

- Würdigung des Engagements aller Projektteilnehmenden
- Vorstellung von Untersuchungsergebnissen der Projektgruppen (z.B. in Form von Postern, Videos oder Kurzvorträgen)
- Austausch mit UFZ-Wissenschaftler\*innen sowie mit Expert\*innen aus Behörden und Verbänden
- Gemeinsame Diskussion (lokaler bzw. regionaler) Ansätze zur Fließgewässerrenaturierung

## 2.1. Ablauf der Gewässerbewertung

Die Gewässerbewertung setzt sich aus drei Teilen zusammen:

1. Die Bewertung der Gewässerstruktur
2. Die Messung chemisch-physikalischer Wasserparameter
3. Die Beprobung des Makrozoobenthos

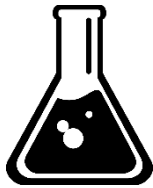
Für die Gewässeruntersuchung teilt sich jede Projektgruppe in **drei Arbeitsteams** ein, die jeweils eine der drei Aufgaben im Gelände übernehmen. Jedes Team ernennt vor der Gewässeruntersuchung

- **eine\*n Teamleader\*in**, der/die sich im Vorfeld der Exkursion besonders gut mit den Abläufen im Freiland bekannt macht
- **eine\*n Datenverantwortliche\*n**, der/die die Ergebnisse am Ende in die bereitstehenden Excel-Tabellen überträgt



### 1. Das Strukturgüte-Team (2–4 Personen)

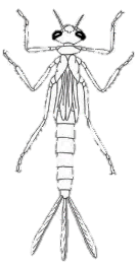
untersucht die Habitatstrukturen im Gewässer, am Ufer und im angrenzenden Umland. Dabei werden die im Feldprotokoll aufgeführten Parameter an der Probestelle gemeinsam eingeschätzt und diskutiert. Diese Aufgabe ist besonders geeignet für alle, die gut im Schätzen sind. Mit Hilfe der vorbereiteten Excel-Tabellen wird schließlich eine Gesamtbewertung, die Strukturgütekategorie, ermittelt. Nach Abschluss der Bewertung und der Dateneingabe (Dauer: ca. 45 min) unterstützt das Strukturgüte-Team das Makrozoobenthos-Team bei der Bestimmung der Tiere.



### 2. Das Chemie-Team (2–4 Personen)

untersucht und bewertet die chemisch-physikalische Wasserqualität. Diese Aufgabe ist besonders geeignet für alle, die sich für den Umgang mit Indikatorlösungen und chemischen Messungen interessieren.

Nach Abschluss der Untersuchungen und der Dateneingabe (Excel-Tabelle „chemische Parameter“; Dauer: ca. 1 h) unterstützt das Chemie-Team das Makrozoobenthos-Team bei der Bestimmung der Tiere.



### 3. Das Makrozoobenthos-Team (4–8 Personen)

kartiert die Substrattypen der Fließgewässersohle und untersucht die Lebensgemeinschaft der Makroinvertebraten (wirbellose Kleintiere, u.a. Insekten) im Gewässer. Diese anspruchsvolle Aufgabe passt besonders gut zu denjenigen, die ihre Artenkenntnisse erweitern möchten (Ausdauer bei der Bestimmung gefragt!). Der/die Teamleader\*in des Makrozoobenthos-Teams fasst die Bestimmungslisten aller Helfer\*innen am Ende zusammen und überträgt sie zur Ermittlung des SPEAR-Index in die Auswertungssoftware (Laptop). Dauer: ca. 2,5 h.



## 2.2. Vorbereitung auf das Projekt

### Wie kann ich mich auf den Projekttag bzw. auf die Gewässerbewertung vorbereiten?

#### Schritt 1: Inhalte zur Vorbereitung für alle Projektteilnehmenden:

- Lesen Sie die Informationen zu den Grundlagen der Gewässerbewertung (Kapitel 3, S. 8–9).
  - Schauen Sie sich die Erklärvideos zum FLOW-Projekt im BUND-Youtube-Channel an: [https://www.youtube.com/playlist?list=PLy5DmMXUEyhYwTRWJ\\_X7HiOrH1M9EuwVL](https://www.youtube.com/playlist?list=PLy5DmMXUEyhYwTRWJ_X7HiOrH1M9EuwVL). Diese werden auch in der Einführung in die Feldmethoden (vor Ort oder online) gezeigt.
  - Alle Teilnehmenden helfen üblicherweise am Ende des Projekttags dem Makrozoobenthos-Team beim Bestimmen der Tiere. Dazu nutzen Sie bitte die Übungen auf Quizlet.com (digitale Karteikarten), um schon vor dem Projekttag die wirbellosen Tiere des Gewässergrunds kennenzulernen: Nach Registrierung bei *Quizlet* (kostenfrei) können Sie dem Kurs beitreten. Link: <https://quizlet.com/join/dgCZK2Cxr>. Dort finden Sie folgende Lernsets zur Übung:
    - I. **Lernset „Makrozoobenthos für Einsteiger“:** Lernen Sie, die verschiedenen Ordnungen des Makrozoobenthos (z.B. Libellenlarven, Köcherfliegenlarven, Eintagsfliegenlarven) zu unterscheiden. Vorgehen:
      - Schauen Sie sich die digitalen **Karteikarten** an, um die Bestandteile der Gewässerstruktur kennenzulernen. Beim Klick auf die Abbildungen erscheint der zugehörige Begriff.
      - Wählen Sie die Rubrik **Lernen**, um ihr Wissen festigen und zu testen.
      - Unter den Rubriken **Antworten**, **Schreiben**, **Testen**, **Spielen** finden sich weitere (anspruchsvollere) Aufgaben.
    - II. **Lernset „Makrozoobenthos für Fortgeschrittene“:** Lernen Sie, häufig vorkommende Familien, Gattungen und Arten des Makrozoobenthos (z.B. Prachtlibellenlarve, Flußjungfer, Bachläufer) zu unterscheiden. Vorgehen: Wie bei Lernset I).
- Hinweise zur Nutzung von Quizlet: Abbildungen zum Vergrößern anklicken! Unter „Optionen“ können Sie verschiedene Lerneinstellungen wählen.

#### Schritt 2: Klären Sie in ihrer Gruppe, wer bei der Gewässerbewertung welche Aufgabe übernimmt (vgl. Kapitel 2.1). Die drei Teams schauen jeweils sich zusätzlich die folgenden Inhalte an:

##### a) Gewässerstruktur-Team

- Lesen Sie Kapitel 3.1 (S. 9ff.) in diesem Heft und machen Sie sich mit dem Feldprotokoll in diesem Abschnitt vertraut.
  - Schauen Sie sich den Kurzfilm zur Bewertung der Gewässerstruktur im BUND-Youtube-Channel an (Link oben auf dieser Seite).
  - Nutzen Sie die Übungen auf Quizlet.com (digitale Karteikarten), um die Bestandteile der Gewässerstruktur kennenzulernen. Link: <https://quizlet.com/join/dgCZK2Cxr>
  - III. **Lernset „Bestandteile der Gewässerstruktur“:** Lernen Sie die Bestandteile der Gewässerstruktur kennen. Vorgehen: Wie bei Lernset I.
  - IV. **Lernset „Bewerten Sie die Gewässerstruktur“:** Üben Sie, verschiedene Ausprägungen der Gewässerstruktur zu bewerten. Vorgehen: Wie bei Lernset I.
- Hinweise zur Nutzung von Quizlet: Abbildungen zum Vergrößern anklicken! Unter „Optionen“ können Sie verschiedene Lerneinstellungen wählen.

##### b) Chemie-Team

- Lesen Sie Kapitel 3.2 (S. 21ff.) in diesem Heft und machen Sie sich mit dem Feldprotokoll in diesem Kapitel vertraut.
- Schauen Sie sich den Kurzfilm zur Durchführung der chemischen Analysen im BUND-Youtube-Channel an (Link oben auf dieser Seite).

##### c) Makrozoobenthos-Team

- Lesen Sie Kapitel 3.3 (S. 25ff.) in diesem Heft und machen Sie sich mit dem Feldprotokoll in diesem Kapitel vertraut.
- Schauen Sie sich die Kurzfilme zur Durchführung der Makrozoobenthos-Beprobung im BUND-Youtube-Channel an (Link oben auf dieser Seite).
- Nehmen Sie sich insbesondere Zeit zum Kennenlernen des Makrozoobenthos mit den digitalen Karteikarten bzw. Übungen auf Quizlet – dies ist beim Bestimmen sehr hilfreich!

## **Was muss ich zur Gewässerbewertung mitbringen?**

Das FLOW-Team stellt am Einsatztag mit dem Umweltmobil alles nötige Feldmaterial und die Protokolle zur Verfügung, Sie müssen nichts ausdrucken. Folgende Dinge bitte mitbringen:

- Wetterfeste Kleidung, Regenjacke, evtl. Gummistiefel (10 Paar sind im Umweltmobil vorhanden)
- Schreibsachen
- Handy zum Fotografieren
- Proviant für die Mittagspause
- Mund-Nasen-Schutz
- Kugelschreiber / Bleistift

## **Einweisung in die Feldmethoden online bzw. vor Ort**

Bei der Einweisung in die Feldmethoden werden die Grundlagen der Fließgewässerbewertung und die verwendeten Untersuchungsmethoden erläutert. Die Projektteilnehmenden haben die Gelegenheit, Fragen zu den Untersuchungsmethoden des FLOW-Monitorings zu stellen. Ablauf:

1. Begrüßung und Einführungsvortrag (ca. 30 min)
2. [Falls noch nicht geschehen]: Zuteilung der Teilnehmenden auf die drei Arbeitsteams und „Rollenverteilung“ zur Bearbeitung der drei Methoden im Gelände
3. Vorbereitung der Gewässer-Untersuchungsmethoden an drei „Stationen“:
  - a. Gewässerstruktur
  - b. Chemisch-physikalische Messungen
  - c. Makrozoobenthos-Bewertung

Die Einweisung findet am Projekttag vor Ort an der Probestelle statt. Falls der Projekttag vor Ort aufgrund der Corona-Lage nicht stattfinden kann, bieten wir Online-Schulungen zu denselben Inhalten an und stellen Ihnen das benötigte Feldmaterial per Post/Autokurier zu.

## 2.3. Corona-Vorsichtsmaßnahmen

Bei den Einsätzen mit dem Umweltmobil setzen wir folgende Hygiene- und Corona-Vorsichtsmaßnahmen um (vgl. Hygieneplan der Sächsischen Landesstiftung Natur und Umwelt):

- ALLE Teilnehmenden sind symptomfrei und haben ein negatives, maximal 3 Tage altes **Corona-Testergebnis** (dazu den vom FLOW-Team vor Ort für alle Teilnehmenden kostenfrei bereitgestellten Coronatest vor Beginn der Veranstaltung durchführen oder anderes aktuelles Ergebnis vorlegen).
- Die Teilnehmenden der Veranstaltung werden mit Namen und Adressen erfasst, sodass ggf. eine **Kontaktnachverfolgung** stattfinden kann.
- Die **Mitarbeiterinnen** des FLOW-Teams werden entsprechend der aktuellen SächsCorona-SchVO **regelmäßig auf eine Infektion mit dem Coronavirus SARS-CoV-2 getestet**.
- Der Einsatz findet ausschließlich im Freien statt. Das Betreten des Umweltmobils ist nicht gestattet.
- **Abstandsregeln**, ggf. Tragen von Mund-Nase-Bedeckung, Nies-Etikette, etc. werden eingehalten.
- Alle Gerätschaften und Oberflächen werden nach jeder Nutzung desinfiziert.
- Die **Ausstattung des Umweltmobils** (Bildschirm mit Projektionsanlage, 16 Feldarbeitstische, ca. 20 Klappstühle, 12 Binokulare, 10 Endgeräte mit digitalem Bestimmungsschlüssel) ermöglicht das Abstandhalten sowie die Einzelarbeit an Tischen im Gelände.
- Das Umweltmobil ist mit Wasser und biologisch abbaubarer Seife zum **Händewaschen** ausgestattet. **Desinfektionsmittel und Gummihandschuhe** (zur Einmalbenutzung) sind vorhanden.
- Alle Teilnehmenden bringen einen **Mund-Nasen-Schutz** für Situationen mit, in denen kein Abstand eingehalten werden kann (Einmal-Masken in Reserve sind vorhanden).
- Individuelle Einschätzung der Corona-Situation vor Ort fünf Tage vor dem geplanten Einsatztermin u.a. aufgrund der lokalen 7-Tage-Inzidenzwerte. Ein Einsatz mit dem Umweltmobil wird erst dann abgesagt, wenn
  - die amtliche Verordnung am Einsatzort ein Treffen von 8–15 Personen im Freien verbieten
  - oder die Mitarbeiterinnen des FLOW-Teams erkranken.
- Muss der Einsatz mit dem Umweltmobil vor Ort kurzfristig abgesagt werden, bieten wir Ihnen einen Plan B (Online-Schulung und Material-Verschickung) an, sodass die Gewässeruntersuchung nicht komplett ausfallen muss.

### 3. Methoden der Gewässerbewertung

Jedes Bundesland in Deutschland hat die Aufgabe, den ökologischen Zustand seiner Bäche, Flüsse und Seen an repräsentativen Messstellen regelmäßig zu kontrollieren (WRRL 2000, vgl. BMU, 2011). Der ökologische Zustand von Fließgewässern wird nach Vorgabe der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) in fünf Gewässergüteklassen dargestellt (vgl. Tab. 1):

**Tab. 1: Ökologische Güteklassen nach EG-WRRL (aus Korte et al., 2010, S. 12ff.)**

| Gütekategorie      | Beschreibung                                                                                                                                                                                                                   |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 „sehr gut“       | Naturnaher, strukturreicher Zustand, es gibt keine erkennbare negative Einflussnahme auf das Ökosystem und die Lebensgemeinschaft, große Vielfalt an wirbellosen Tieren vorhanden                                              |
| 2 „gut“            | Nahezu naturnaher Zustand, Ökosystem und Lebensgemeinschaft weichen nur geringfügig vom Referenzzustand ab (z.B. durch stellenweise erkennbare bauliche Eingriffe ins Gewässer), viele verschiedene wirbellose Tiere vorhanden |
| 3 „mäßig“          | Deutliche Beeinträchtigung des Ökosystems und der Lebensgemeinschaften durch bauliche Maßnahmen oder Schadstoffeinträge, Vielfalt wirbelloser Tiere begrenzt                                                                   |
| 4 „unbefriedigend“ | Eher naturferner Zustand, stark beeinträchtigtes Ökosystem, nur wenige Arten wirbelloser Tiere auffindbar                                                                                                                      |
| 5 „schlecht“       | Naturferner Zustand, sehr stark beeinflusst von baulichen Eingriffen bzw. Schadstoffeinträgen, sehr wenige Arten wirbelloser Tiere vorhanden                                                                                   |

Zur Ableitung einer ökologischen Gütekategorie schreibt die **WRRL** eine für ganz Europa standardisierte Bewertungsweise für Fließgewässer fest. Der ökologische Zustand von Fließgewässern wird dabei durch die Ausprägung der folgenden drei Gütekriterien beurteilt (vgl.

Tab. 2):

- I. Äußeres Erscheinungsbild des Gewässers = „Gewässerstruktur“ (Hydromorphologie)
- II. chemisch-physikalische Wasserqualität
- III. Lebensgemeinschaften (Biologie)

Um zu beurteilen, in welche ökologische Gütekategorie ein Gewässerabschnitt eingestuft wird, vergleicht man den aktuellen Zustand mit dem natürlichen Zustand des Gewässers, dem sogenannten **„Referenzzustand“** oder **„Leitbild“**. Da die Gewässerlandschaften in Europa sehr vielgestaltig sind, kann es kein einheitliches Bewertungsverfahren für alle Fließgewässer geben. So sind für einen Gebirgs- oder Mittelgebirgsbach andere Bewertungsmaßstäbe anzusetzen als für einen Tieflandbach. Daher gibt es für die verschiedenen Fließgewässertypen in Deutschland (insgesamt 24) jeweils unterschiedliche Leitbilder, die bei der Bewertung herangezogen werden.

Das Qualitätsziel der WRRL ist der **„gute ökologische Zustand“**. Dieser liegt vor, wenn das Gewässer in Hinsicht auf die drei Gütekriterien *keine oder nur geringfügige Abweichungen* vom natürlichen bzw. naturnahen Zustand („Referenzzustand“) aufweist. Das heißt, dass die Gewässerstruktur, die Wasserqualität und die Lebensgemeinschaften nur wenig durch den Menschen beeinträchtigt sind und die ökologische Funktionsfähigkeit des Fließgewässers somit intakt ist. Aktuell sind nach Angaben des Umweltbundesamts nur etwa 8 Prozent der Bäche und Flüsse in Deutschland in einem „guten ökologischen Zustand“ (BMU & UBA, 2017; Reese et al., 2018).

Bei der **Gewässeruntersuchung im FLOW-Projekt** werden folgende Fragen bearbeitet:

- Entspricht die Gewässerstruktur und die angrenzende Aue naturnahen Bedingungen und bietet sie vielfältige Lebensräume (insbesondere für die wirbellosen Tiere, die auf der Gewässersohle leben, das „Makrozoobenthos“)?
- Welche Hinweise liefern die chemisch-physikalischen Indikatoren auf die Wasserqualität des untersuchten Gewässerabschnitts?
- Wie lässt sich aufgrund der vorgefundenen Makrozoobenthos-Gemeinschaft die Pestizidbelastung des Gewässers einstufen?

**Tab. 2: Indikatoren zur Bewertung von Fließgewässern nach EG-Wasserrahmenrichtlinie. Die grün hinterlegten Indikatoren werden im FLOW-Projekt untersucht.**

| <b>1. Gewässerstruktur (Hydromorphologie)</b>                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| • Gewässerverlauf                                                                         |
| • Längsprofil                                                                             |
| • Querprofil                                                                              |
| • Gewässersohle                                                                           |
| • Uferstruktur                                                                            |
| • Gewässerumfeld                                                                          |
| <b>2. Chemisch-physikalische Wasserqualität</b>                                           |
| • Wassertemperatur                                                                        |
| • Sauerstoffgehalt                                                                        |
| • Ionenleitfähigkeit (Salzgehalt)                                                         |
| • Versauerungszustand                                                                     |
| • Nährstoffbedingungen                                                                    |
| • Spezifische Schadstoffe (indirekt über SPEAR-Index, vgl. Abschnitt zum Makrozoobenthos) |
| <b>3. Lebensgemeinschaften (Biologie)</b>                                                 |
| • Gewässerflora: Wasserpflanzen und Algen                                                 |
| • Wirbellose der Gewässersohle (Makrozoobenthos)                                          |
| • Fische                                                                                  |

### 3.1. Ermittlung der Gewässerstrukturgüte

**Die Gewässerstruktur** beschreibt das äußere Erscheinungsbild eines Fließgewässers und gibt wichtige Hinweise zur Funktionsfähigkeit des Ökosystems. Von der Gewässerstruktur ist die Qualität und Vielfalt der Lebensräume für Tiere und Pflanzen im und am Gewässer abhängig.

Begradigungen und der technische Ausbau von Fließgewässern sowie die intensive Nutzung der ehemaligen Auenlandschaften haben das Erscheinungsbild vieler Fließgewässer vollständig verändert. Dazu zählen z.B. die Veränderung von Gewässerverlauf und Ufervegetation, von Strömungsverhältnissen und Wasserhaushalt, sowie der natürlichen Form und Zusammensetzung des Gewässerbetts. Viele charakteristische Lebensgemeinschaften und spezialisierte Arten können in stark veränderten Gewässern nicht mehr vorkommen (Korte et al., 2010a; A. Schäfer & Kowatsch, 2015; Schönborn & Risse-Buhl, 2013).

**MATERIAL** (vom Umweltmobil gestellt, gelb markierte Dinge bringen die Teilnehmenden bitte mit)

- Fließgewässertypen-Poster (Sachsen) bzw. Online-Karte (Thüringen, Sachsen-Anhalt)
- Feldprotokoll Gewässerstruktur (x2)
- Klemmbretter; **Kugelschreiber/Bleistifte**
- Fotosammlung „Gewässerstruktur“ und Fotosammlung „Substratkartierung“
- Stäbe zur Abmessung & Markierung des Probeabschnitts (50 m bzw. 100 m)
- Stabile Stäbe (mit Höhenmarkierung) zum Sondieren der Gewässertiefe
- Gummistiefel
- **Handy** zum Fotografieren der Probestelle und zum Ermitteln der Koordinaten
- Dateneingabe: PC mit drei Auswertungs-Excel-Tabellen für die drei Ökoregionen



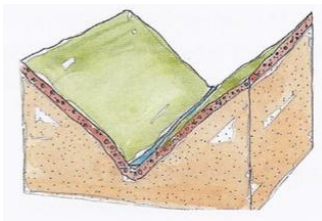
## ERMITTLUNG DER GEWÄSSERSTRUKTURGÜTE – VORGEHEN

**Zuerst:** Markieren des Probeabschnitts. Bei Bächen < 1m Breite → 50m, bei Bächen > 1m Breite = 100m. Der Abschnitt des Bachs wird mittels Schrittmaß (1 Schritt ≈ 1m) abgemessen und durch 2 Stäbe mit FLOW-Fähnchen bzw. mit rot-weißem Flatterband markiert.

### I. Allgemeine Gewässerinformationen (vgl. Feldprotokoll Gewässerstruktur, S. 1)

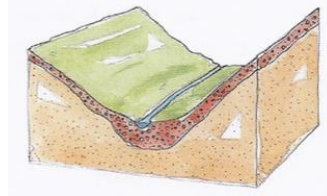
Zuerst werden grundlegende Informationen über den untersuchten Gewässerabschnitt (Probestelle) dokumentiert.

1. **Name des Fließgewässers und Kurzbeschreibung** des Ortes der Probestelle (nächstliegender Ort, Landschaftselement/Wegabschnitt, z.B. Prießnitz oberhalb der Todbrücke bei Dresden-Klotzsche)
2. **GPS-Koordinaten** (mit Handy z.B. GoogleMaps aufnehmen)
3. **Ermittlung von Ökoregion und Gewässertyp:** Die Bewertung der Strukturgüte richtet sich nach der Ökoregion und dem Gewässertyp, welchem die Probestelle angehört. Zuerst wird ermittelt, ob es sich bei der Probestelle um ein Sohlenkerbtalgewässer, ein Auen-/Muldentalgewässer oder um ein Flachlandgewässer handelt (s. Abb. unten, aus Bohner et al., 2018). Das Feldprotokoll ist für alle drei Kategorien dasselbe. **Für die Datenauswertung stehen drei verschiedene Excel-Tabellen zur Verfügung, die die Unterschiede der drei Ökoregionen durch spezifische Indexwerte berücksichtigen.**



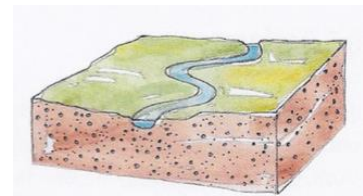
#### **Sohlenkerbtalgewässer**

(Mittelgebirge): z.B. Gewässertyp 5 oder 7. Bach meist grobmaterialreich und von V-förmigen, steilen Talhängen umgeben, Höhenlage über NN: 500–800m



#### **Auen-/Muldentalgewässer**

(Mittelgebirge): z.B. Gewässertyp 5.1., 6, 9, oder 9.1., Bach von flachen Talhängen umgeben, Höhenlage über NN: 200–800m.



**Flachlandgewässer** (Tiefland): z.B. Gewässertypen 14–23, Höhenlage über NN unter 200m. Bach mit lehmiger, sandiger, kiesiger oder organischer Gewässersohle.

4. **Datum und Uhrzeit der Probenahme**
5. **Wetter innerhalb der letzten 24 Stunden:** Kurzbeschreibung der Lufttemperatur bzw. der Menge und Dauer von Niederschlägen, die den Abfluss und die Trübung des Wassers beeinflusst haben könnten.
6. **Aktuelles Wetter** (1–2 Stichworte: sonnig, bewölkt, trocken, zeitweiser Nieselregen, Regen etc.), Lufttemperatur in C°
7. **Fotodokumentation:** von der Probestelle werden insgesamt 4 Fotos mit einem Handy gemacht, die den Zustand des Bachs und der Ufervegetation zum Zeitpunkt der Untersuchung festhalten:
  - Linkes Ufer flussaufwärts (entgegen der Fließrichtung)
  - Linkes Ufer flussabwärts (in Fließrichtung)
  - Rechtes Ufer flussaufwärts
  - Rechtes Ufer flussabwärts

Zum **Upload auf die FLOW-Online-Karte** werden die Fotos direkt auf den PC des Umweltmobils übertragen oder nach der Gewässeruntersuchung per Mail an [julia.vongoenner@idiv.de](mailto:julia.vongoenner@idiv.de) geschickt.



## **II. Erfassung der sechs Strukturgüteparameter** (vgl. Feldprotokoll Gewässerstruktur [S. 2-8](#))

Die Probestelle wird in Bezug auf die Gewässerstruktur bewertet, indem das Feldprotokoll ausgefüllt wird. Dabei helfen die Piktogramme und Erläuterungen der Bewertungskategorien im Feldprotokoll sowie die Fotosammlung „Gewässerstruktur“ (vom FLOW Team vor Ort bereitgestellt).

### **Hinweise zur Durchführung**

- **Bitte nur am UFERRAND entlanggehen, und NICHT durch den Bach (Tiere sollen beprobt und nicht unnötig aufgewirbelt werden)!**

- **Zuerst einmal am Gewässerufer entlanglaufen**, um einen Überblick über die Gewässerstruktur zu bekommen:

**Welche Eigenschaften des Bachs sind auf den 1. Blick auffällig? Welche Gegebenheiten (z.B. am Ufer, im Umfeld, auf dem Grund des Bachs) verändern die natürliche Gewässerstruktur?**

---

---

---

- Nun wird begonnen, das Feldprotokoll durch gemeinsame Abstimmung auszufüllen.
- *Je stärker die Abweichung vom natürlichen Zustand (vgl. Fotosammlung Gewässerstruktur), desto schlechter die Bewertung.* Das Strukturgüte-Team sollte sich gemeinsam für die am ehesten zutreffende Kategorie entscheiden. Zum Teil hilft es, nach dem **Ausschlussprinzip** vorzugehen.
- **Faustregel:** *Es wird jeweils diejenige Bewertungskategorie gewählt, die auf mehr als 50 Prozent des Gewässerabschnitts zutrifft (außer der jeweilige Protokollabschnitt gibt bereits eine bestimmte Bewertung nach Flächenanteilen vor).*
- **Zu Protokollabschnitt 4 (Gewässersohle):** Das Makrozoobenthos-Team führt eine detaillierte Kartierung aller Substrate (Materialien wie Sand, Kies etc.) an der Gewässersohle durch. Für die Strukturgütebewertung ist nur die Angabe des im Untersuchungsabschnitt **dominierenden Substrats** (z.B. Sand) in 0–10cm Bodentiefe nötig.

# Feldprotokoll Gewässerstruktur

UNTERSTÜTZENDES MATERIAL: **FOTOSAMMLUNG „GEWÄSSERSTRUKTUR“**. (Protokoll adaptiert aus: LAWA, 1999).



## 1. ALLGEMEINE GEWÄSSERINFORMATIONEN

Gewässername: \_\_\_\_\_

Gewässerlage (Probestelle) \_\_\_\_\_

Kurzbeschreibung der Probestelle (nächster Ort, Wegabschnitt, Landschaftselement): \_\_\_\_\_

Ortslage

Ortsrand

Freie Landschaft

|  |
|--|
|  |
|  |
|  |

GPS-Koordinaten: \_\_\_\_\_

Ökoregion:

Mittelgebirge (Sohlenkerbtalgewässer)  
Mittelgebirge (Auen/Muldentalgewässer)  
Tiefland (Flachlandgewässer)

|  |
|--|
|  |
|  |
|  |

Gewässertyp (Karte): \_\_\_\_\_

Datum und Uhrzeit der Gewässeruntersuchung: \_\_\_\_\_

Wetter der letzten 24 Stunden (geschätzte Lufttemperatur, Niederschläge/trocken?): \_\_\_\_\_

Aktuelles Wetter (Niederschlag/trocken? Sonnig, bedeckter Himmel?): \_\_\_\_\_

Lufttemperatur (°C): \_\_\_\_\_

Gewässernutzung:

Freizeitsport (Kanu, Angeln)  
Wasserkraft  
Hochwasserschutzwerk/Deich  
Siedlung  
Keine der oben genannten Nutzungen

|  |
|--|
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |

Größenklasse:

Gewässerbreite

Länge des zu beprobenden  
Gewässerabschnitts

|        |  |      |
|--------|--|------|
| < 1 m  |  | 50m  |
| 1-5 m  |  | 100m |
| 5-10 m |  | 100m |
| >10 m  |  | 400m |

**Fotodokumentation** (4 Fotos, abhaken wenn erledigt. Richtungsangaben immer ausgehend von Fließrichtung wählen).

Linkes Ufer stromaufwärts  
Linkes Ufer stromabwärts  
Rechtes Ufer stromaufwärts  
Rechtes Ufer stromabwärts

|  |
|--|
|  |
|  |
|  |
|  |

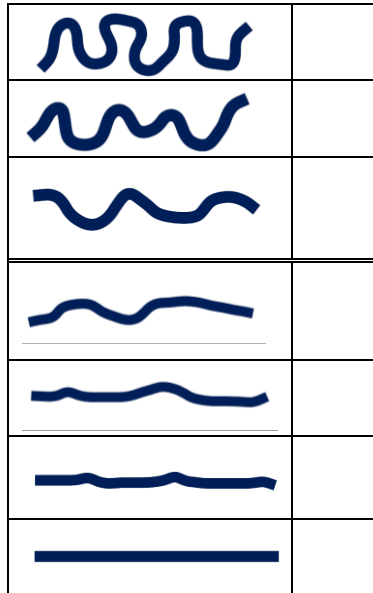




# 1. GEWÄSSERVERLAUF (bitte jeweils nur ein Kästchen ankreuzen!)

## 1.1. Laufkrümmung (vgl. Piktogramme)

|            |                                                                               |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| gekrümmt   | <b>mäandrierend</b> (durchgehend intensiv und unregelmäßig gekrümmter Lauf)   |
|            | <b>geschlängelt</b> (durchgehend intensiv und regelmäßig gekrümmt)            |
|            | <b>stark geschwungen</b> (durchgehend große, lange Schwingungen)              |
| ungekrümmt | <b>mäßig geschwungen</b> (durchgehend leichte langgezogene Kurven)            |
|            | <b>schwach geschwungen</b> in 30-50% des Gewässerabschnitts, sonst geradlinig |
|            | <b>gestreckt</b> (gerade Grundlinie mit leichten Schwingungen)                |
|            | <b>geradlinig</b> (vollständig begradigt, schnurgerade, kanalartig)           |



## 1.2. Krümmungserosion (Uferabbrüche am Prallufer)

|                            | Lauf gekrümmt | Lauf ungekrümmt |
|----------------------------|---------------|-----------------|
| An vielen Stellen, stark   |               |                 |
| Vereinzelt, stark          |               |                 |
| An vielen Stellen, schwach |               |                 |
| Vereinzelt, schwach        |               |                 |
| keine                      |               |                 |



## 1.3. Längsbänke (z.B. Uferbänke, Inselbänke aus Kies oder Gleitufer wie in Abb. 1.2)

|                              |  |
|------------------------------|--|
| viele ( > 3)                 |  |
| drei                         |  |
| zwei                         |  |
| eine                         |  |
| Ansätze (d.h. geringe Größe) |  |
| keine                        |  |



## 1.4. Besondere Laufstrukturen

|              |  |
|--------------|--|
| viele ( > 3) |  |
| drei         |  |
| zwei         |  |
| eine         |  |
| Ansätze*     |  |
| keine        |  |

Zu den „besonderen Laufstrukturen“ zählen (vgl. Fotosammlung):

- Treibholzansammlungen** (verkeiltes Treib-/Fallholz)
- Sturzbäume** (ins Wasser gestürzte Bäume)
- Inselbildungen** (umflossene, bewachsene Landflächen)
- Laufweitungen** (örtliche Verbreiterung des Gewässerbetts)
- Laufverengungen** (örtliche Verengung des Gewässerbetts)
- Laufgabelungen** (Gabelung des Gewässers in zwei Arme)

*\*Ansätze besonderer Laufstrukturen:* geringe Größe, Überreste, leicht übersehbar, Fortbestand ungewiss



## 2. DAS FLIEßGEWÄSSER IM LÄNGSPROFIL

### 2.1. Querbauwerke (künstliche Stufen im Gewässerbett)

Mehrere Kreuze möglich!

|                                                                                                                                          |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <b>Grundschwelle:</b> niedrige künstliche Schwelle im Gewässerbett                                                                       |  |
| <b>Absturz</b> (künstliche Stufe im Gewässer) <b>mit Wasser-Umlauf</b> (Teil des Wassers kann Stufe umfließen)                           |  |
| <b>Rauhe Gleite/Rampe</b> (ausgebauter, abschüssiger Abschnitt des Gewässerbetts mit steinigem, rauhen Untergrund & Sedimenten)          |  |
| <b>Absturz</b> (künstl. Stufe im Gewässer) <b>mit Teilrampe</b> (vgl. Abb. rechts)                                                       |  |
| <b>Kleiner Absturz</b> (10-30cm hohe künstliche Stufe im Gewässer)                                                                       |  |
| <b>Absturz</b> (künstliche Stufe im Gewässer) <b>mit Fischtreppe</b>                                                                     |  |
| <b>Glatte Gleite</b> (ausgebauter, <u>leicht abschüssiger Abschnitt</u> des Gewässerbetts mit <u>glattem Untergrund ohne Sedimente</u> ) |  |
| <b>Glatte Rampe</b> (ausgebauter Abschnitt des Gewässerbetts mit <u>steilem Gefälle</u> und <u>glattem Untergrund ohne Sedimente</u> )   |  |
| <b>Hoher Absturz</b> (30-100cm hohe künstliche Stufe im Gewässer)                                                                        |  |
| <b>Sehr hoher Absturz</b> (über 1m hohe künstliche Stufe im Gewässer)                                                                    |  |
| <b>Kein Querbauwerk</b>                                                                                                                  |  |

### 2.2. Rückstau (durch Querbauwerke)

Mehrere Kreuze möglich!

|                                                                    |  |
|--------------------------------------------------------------------|--|
| <b>geringer Rückstau</b> (Strömung um weniger als 50% verringert)  |  |
| <b>mäßiger Rückstau</b> (Strömung um mehr als 50% verringert)      |  |
| <b>starker Rückstau</b> (Strömung kommt völlig zum Erliegen)       |  |
| <b>kein Rückstau</b> (kein Querbauwerk, Strömung nicht verringert) |  |

### 2.4. Querbänke (Erhöhungen der Gewässer- sohle; Flachwasserzonen z.B. Furten, natürliche Sedimentbänke) Ein Kästchen ankreuzen!

|             |  |
|-------------|--|
| viele (> 3) |  |
| drei        |  |
| zwei        |  |
| eine        |  |
| Ansätze     |  |
| keine       |  |

### 2.3. Verrohrung (Abb. unten rechts)

Mehrere Kreuze möglich!

Natürliches Sediment      Glatte Sohle

|                                         |  |  |
|-----------------------------------------|--|--|
| Länge weniger als 5%<br>der Probestelle |  |  |
| Länge zwischen 5-20%                    |  |  |
| Länge über 20%                          |  |  |
| keine Verrohrung                        |  |  |



Absturz mit Teilrampe



Seite 3

### 2.5. Strömungsdiversität (ein Kästchen ankreuzen!)

|                                                                                  |  |  |
|----------------------------------------------------------------------------------|--|--|
| <b>Sehr groß</b> (Wechsel aus langsam, mäßig & schnell fließenden Bereichen)     |  |  |
| <b>Groß</b> (deutlicher Wechsel der Fließgeschwindigkeiten erkennbar)            |  |  |
| <b>Mäßig</b> (Strömungsunterschiede meist gering, mehrmaliger Wechsel erkennbar) |  |  |
| <b>Gering</b> (vereinzelte, geringe Strömungsunterschiede)                       |  |  |
| <b>Keine</b> (gleichförmige Strömung im gesamten Abschnitt)                      |  |  |

### 2.6. Tiefenvarianz (ein Kästchen ankreuzen!)

|                                                                |  |  |
|----------------------------------------------------------------|--|--|
| <b>Sehr groß</b> (durchgehend starker Wechsel der Wassertiefe) |  |  |
| <b>Groß</b> (mehrfach deutlicher Tiefenwechsel)                |  |  |
| <b>Mäßig</b> (mehrfache aber geringe Tiefenunterschiede)       |  |  |
| <b>Gering</b> (vereinzelte und geringe Tiefenunterschiede)     |  |  |
| <b>Keine</b> (Wassertiefe völlig gleichförmig)                 |  |  |



### 3. DAS FLIEßGEWÄSSER IM QUERPROFIL *(je ein Kästchen ankreuzen, in Abschnitt 3.5. sind mehrere Kreuze möglich)*

#### 3.1. Profiltyp (Querschnitt des Gewässerbetts)

|                                                                                                                                                     |  |                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--------------------------|
| <b>Naturprofil</b> (sehr flach bis flach, natürlich bewachsene Uferböschung, keine menschlichen Eingriffe)                                          |  | <input type="checkbox"/> |
| <b>Annähernd Naturprofil</b> (flach, fast nur natürliche Uferböschungen; wenige naturnahe Ausbaumaßnahmen)                                          |  | <input type="checkbox"/> |
| <b>Variierendes Erosionsprofil</b> (steile unbefestigte Ufer mit vielen Abbrüchen, fast kein Uferbewuchs, Gewässersohle unregelmäßig durch Erosion) |  | <input type="checkbox"/> |
| <b>Verfallendes Regelprofil</b> (ehemalige Uferbefestigung aufgebrochen und überwachsen)                                                            |  | <input type="checkbox"/> |
| <b>Tiefes Erosionsprofil</b> (keine Uferbefestigung aber fast rechteckiges Querprofil, starke Uferabbrüche, steile vegetationslose Ufer)            |  | <input type="checkbox"/> |
| <b>Trapez-Profil</b> (künstlich ausgebautes Gewässerbett, befestigte Ufer)                                                                          |  | <input type="checkbox"/> |
| <b>V-Profil oder Kastenprofil</b> (künstlich ausgebautes Gewässerbett, befestigte Ufer)                                                             |  | <input type="checkbox"/> |

#### 3.2. Profiltiefe (Verhältnis von Gewassertiefe und –breite)

|                                                                                         |  |                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|--|--------------------------|
| <b>Sehr flach</b> (Tiefen-Breiten-Verhältnis $< 1:10$ , mehr als 10x so breit wie tief) |  | <input type="checkbox"/> |
| <b>Flach</b> (Tiefen-Breiten-Verhältnis $1:6-1:10$ )                                    |  | <input type="checkbox"/> |
| <b>Mäßig tief</b> (Tiefen-Breiten-Verhältnis $1:4-1:6$ )                                |  | <input type="checkbox"/> |
| <b>Tief</b> (Tiefen-Breiten-Verhältnis $1:3-1:4$ )                                      |  | <input type="checkbox"/> |
| <b>Sehr tief</b> ( $> 1:3$ , weniger als dreimal so breit wie tief)                     |  | <input type="checkbox"/> |

#### 3.4. Breitenvarianz (Wechsel verschiedener Gewässerbreiten)

|                                                                |  |                          |
|----------------------------------------------------------------|--|--------------------------|
| <b>Sehr groß</b> (sehr häufige, deutliche Breitenunterschiede) |  | <input type="checkbox"/> |
| <b>Groß</b> (häufige deutliche Breitenunterschiede)            |  | <input type="checkbox"/> |
| <b>Mäßig</b> (vereinzelte, aber deutliche Breitenunterschiede) |  | <input type="checkbox"/> |
| <b>Gering</b> (vereinzelte, geringe Breitenunterschiede)       |  | <input type="checkbox"/> |
| <b>Keine</b> (gleichbleibende Gewässerbreite)                  |  | <input type="checkbox"/> |

#### 3.3. Breitenerosion (beidseitige Uferabbrüche → Verbreiterung des Gewässerbetts)

|                                                                                                       | Profil tief              | Profil flach             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <b>Stark</b> (starke Erosion an beiden Uferseiten, Uferböschungen sehr steil und instabil)            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <b>Schwach</b> (schwache Erosion an beiden Uferseiten, beide Uferböschungen recht steil und instabil) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <b>Keine</b> (ggf. Erosion auf eine Seite -das Prallufer- beschränkt)                                 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

#### 3.5. Brücken und Überbauungen *(mehrere ankreuzen möglich)*

|                                                                                                   |                          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| <b>nicht strukturschädliches Bauwerk</b> (keine Verengung des Gewässers, keine Uferunterbrechung) | <input type="checkbox"/> |
| <b>Gewässerlauf durch Bauwerk verengt</b>                                                         | <input type="checkbox"/> |
| <b>Ufer durch Bauwerk unterbrochen</b>                                                            | <input type="checkbox"/> |
| <b>Bauwerk mit betonierter Gewässersohle</b> (kein natürliches Sediment)                          | <input type="checkbox"/> |
| <b>Keine Brücke/Überbauung</b> im untersuchten Gewässerabschnitt                                  | <input type="checkbox"/> |





## 4. GEWÄSSERSOHLLE

### 4.1. Dominierendes Sohlensubstrat in

**10cm Tiefe** (Eine Kategorie wählen!)

natürlich    unnatürlich

|                                                                                  |  |  |
|----------------------------------------------------------------------------------|--|--|
| <b>Schlamm</b> , feinputig-kuläres organisches Material (FPOM)                   |  |  |
| <b>Ton, (Auen-)Lehm</b>                                                          |  |  |
| <b>Sand</b>                                                                      |  |  |
| <b>Kies</b> (Steine von 0,2 bis 6cm Größe)                                       |  |  |
| <b>Schotter</b> (Steine von 6 bis 20cm Größe)                                    |  |  |
| <b>Schotter &amp; große Steinblöcke</b> (Steine von 6 bis 40cm Größe)            |  |  |
| <b>Kies, Schotter &amp; große Steinblöcke</b> (0,2 bis 40cm)                     |  |  |
| <b>Nur große Steinblöcke</b> (über 30cm Größe)                                   |  |  |
| Anstehender <b>Fels</b>                                                          |  |  |
| <b>Torf</b> (nur in Moorgewässern)                                               |  |  |
| <b>Sohlenverbau</b>                                                              |  |  |
| Dominierendes Substrat durch Wassertrübung oder -tiefe <b>nicht feststellbar</b> |  |  |

### 4.2. Sohlenverbau (künstliche Versiegelung der Gewässersohle)

Mehrere Kreuze möglich!

|                                                        |  |
|--------------------------------------------------------|--|
| <b>Steinschüttung</b> (große Wasserbausteine)          |  |
| <b>Massivsohle aus Beton mit natürlichem Sediment</b>  |  |
| <b>Massivsohle aus Beton ohne natürliches Sediment</b> |  |
| <b>Kein Sohlenverbau</b>                               |  |

### 4.3. Substratdiversität (Vielfalt der Sohlensubstrate, vgl. 4.1. Ein Kästchen ankreuzen!)

|                                                                                                       |  |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
| <b>Sehr groß</b> (mindestens 4 der Substrattypen aus 4.1. mit jeweils großem Flächenanteil vorhanden) |  |  |
| <b>Groß</b> (3 verschiedene Typen mit jeweils großem Flächenanteil)                                   |  |  |
| <b>Mäßig</b> (3 verschiedene Typen, 2 davon nur mit geringem Anteil)                                  |  |  |
| <b>Gering</b> (2 verschiedene Typen, einer nur mit geringem Anteil)                                   |  |  |
| <b>Keine</b> (Substrat ist in untersuchtem Abschnitt völlig gleichförmig)                             |  |  |

Seite 5

### 4.4. Besondere Sohlenstrukturen

Ein Kästchen ankreuzen!

viele (>3)

drei

zwei

eine

Ansätze\*

keine

Zu den „besonderen Sohlenstrukturen“ zählen (vgl. Fotosammlung):

-**Tiefwasserpools** (Kolke)

-**Stromschnellen** (sehr schnell fließende Bereiche) oder **Kaskaden**

-**Flachwasserbereiche** (mit Turbulenzen)

-**Stillwasserpools** (Vertiefung im Gewässerbett mit geringer Strömung)

-**Feinwurzeln** (z.B. Erle, an der Gewässersohle wachsend)

\*Ansätze besonderer Laufstrukturen: geringe Größe, Überreste, leicht übersehbar, Fortbestand ungewiss



## 5. UFERSTRUKTUR

**5.1. Uferbewuchs** (pro Uferseite 1 dominierende Bewuchsform – mit über 50% Anteil – auswählen. Linkes/Rechtes Ufer bitte ausgehend von Fließrichtung festlegen!)

|                                                                       | Linkes Ufer | Rechtes Ufer |
|-----------------------------------------------------------------------|-------------|--------------|
| <b>Standorttypischer Bewuchs</b>                                      |             |              |
| <b>Wald</b> (z.B. aus Erlen, Eschen, Weiden)                          |             |              |
| <b>Galerie</b> (Reihe einzeln stehender Erlen, Eschen, Weiden)        |             |              |
| <b>Röhricht</b>                                                       |             |              |
| <b>Teilweise Wald, einige einzeln stehende Bäume (Galerie)</b>        |             |              |
| <b>Gebüsch, Einzelgehölz</b> (z.B. Weide, Pappel, Hasel)              |             |              |
| <b>Krautflur, Hochstauden</b>                                         |             |              |
| <b>Wiese, Rasen</b>                                                   |             |              |
| <b>Nicht standorttypischer Bewuchs</b>                                |             |              |
| <b>Forst</b> (v.a. aus Nadelbäumen)                                   |             |              |
| <b>Galerie</b> (z.B. Reihe einzeln stehender Nadelbäume)              |             |              |
| <b>Gebüsch, Einzelgehölz</b> (z.B. Nadelbäume)                        |             |              |
| <b>kein Uferbewuchs wegen Verbau</b> (Beton, Mauerwerk)               |             |              |
| <b>kein Uferbewuchs wegen Erosion</b> durch steilwandige Uferabbrüche |             |              |
| <b>kein Uferbewuchs (naturbedingt)</b> durch schattenreichen Wald     |             |              |

**5.2. Uferverbau** (nur Kategorien mit einem Flächenanteil von > 10% ankreuzen, mehrere Kreuze möglich)

|                                                                                                  | Linkes Ufer | Rechtes Ufer |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------|
| Uferbefestigung durch eng, dicht & reihen/mattenförmig gepflanzten Bewuchs = <b>Lebendverbau</b> |             |              |
| <b>Steinschüttung/Steinwurf</b> (Ufer mit 30-50cm großen Steinen überdeckt)                      |             |              |
| <b>Holzverbau</b> (Planken, Pflöcke, Balken zur Uferstabilisierung)                              |             |              |
| <b>Böschungsrassen</b> (gemähter Kulturrasen)                                                    |             |              |
| <b>Pflaster- oder Steinsatz ohne Verfugung</b>                                                   |             |              |
| <b>Wilder Verbau</b> (Abfallholz, Bauschutt, Schrott)                                            |             |              |
| <b>Versiegelung durch Beton oder Mauer</b>                                                       |             |              |
| <b>Kein Uferverbau</b>                                                                           |             |              |

## 5.3. Besondere Uferstrukturen

Ein Kästchen ankreuzen!

viele (>3)  
drei  
zwei  
eine  
Ansätze\*  
keine

|  |
|--|
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |

Zu den „besonderen Uferstrukturen“ zählen (vgl. Fotosammlung):  
**-Baumumlauf** (Wasser umfließt einen Baum, der auf Uferbucht steht)  
**-Wurzelunterstand** (unterspülter, übers Wasser ragender Wurzelstock)  
**-Sturzbaum** (in den Uferbereich gestürzter Baum)  
**-Holzansammlung** im Uferbereich  
**-Nistwand** (stabiles Abbruchufer aus Lehm, Ton bzw. Feinsand als Nistmöglichkeit für Eisvogel oder Uferschwalbe)  
**-Ufersporn** (ins Wasser hervorragende Uferbucht aus künstlich eingebrachten Steinen)  
*\*Ansätze der besonderen Laufstrukturen:* geringe Größe, Überreste, leicht übersehbar, Fortbestand ungewiss

## 6. GEWÄSSERUMFELD

### 6.1. Flächennutzung (im 100m-Umfeld, Mehrfachnennung möglich)

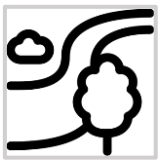
| Flächenanteil der Nutzungsformen                                                               | Linkes Ufer |        | Rechtes Ufer |        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------|--------------|--------|
|                                                                                                | > 50%       | 10-50% | > 50%        | 10-50% |
| <b>Standortgerechter Wald</b> (z.B. Erle, Esche, Weide, Pappel, Hainbuche, Stieleiche)         |             |        |              |        |
| <b>Naturnahe Auenbiotope</b> (wie Gewässer-Altarme, Röhrichte)                                 |             |        |              |        |
| <b>Brache</b> (Sträucher, Hecken, Stauden)                                                     |             |        |              |        |
| <b>Grünland</b> (Wiese, Weide, Streuobstwiesen)                                                |             |        |              |        |
| <b>Nicht standorttypischer Wald</b> (z.B. Nadelforst)                                          |             |        |              |        |
| <b>Äcker, Gärten</b>                                                                           |             |        |              |        |
| <b>Park, Grünanlage</b>                                                                        |             |        |              |        |
| <b>Bebauung;</b> mit freien, nicht versiegelten Flächen                                        |             |        |              |        |
| <b>Bebauung ohne Freiflächen</b> d.h. mit vollständiger Bodenversiegelung, z.B. in Siedlungen) |             |        |              |        |
| <b>Sonstige flächenhafte Umfeldstruktur</b> (vgl. 6.3.)                                        |             |        |              |        |

### 6.2. Gewässerrandstreifen (mehrere Kreuze möglich)

| Flächenanteile                                                                                                       | Linkes Ufer |        | Rechtes Ufer |        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------|--------------|--------|
|                                                                                                                      | >50%        | 10-50% | >50%         | 10-50% |
| <b>Naturnaher Wald bzw. Gebüsch säumt das Gewässer</b> (Breite von mehr als 20m)                                     |             |        |              |        |
| <b>Gewässerrandstreifen</b> (naturnahe Gehölze/Hecken, Breite 5-20m)                                                 |             |        |              |        |
| <b>Saumstreifen</b> (naturnahe Gehölze oder Hecken, mit einer Breite von 2-5m)                                       |             |        |              |        |
| <b>Nutzung</b> des gewässerangrenzenden Lands als Weg, Ackerland, Anlage oder Garten, d.h. <b>kein Randstreifen!</b> |             |        |              |        |

### 6.3. Sonstige Umfeldstrukturen (im 100m-Umfeld, Mehrfachnennungen möglich)

| Abstand der Uferstrukturen zum Gewässer                                 | Linkes Ufer    |                |              | Rechtes Ufer   |                |             |
|-------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------|--------------|----------------|----------------|-------------|
|                                                                         | gering (0-10m) | mäßig (10-40m) | groß (> 40m) | gering (0-10m) | mäßig (10-40m) | groß (>40m) |
| <b>Bodenabgrabung</b> z.B. Kiesgrube                                    |                |                |              |                |                |             |
| <b>Fischteich</b> mit Zu- oder Ablauf zum Gewässer                      |                |                |              |                |                |             |
| <b>gewässerunverträgliche Anlagen</b> (Kläranlage, Regenüberlaufbecken) |                |                |              |                |                |             |
| <b>Befestigte Verkehrswege</b> (Straße, Bahntrassen)                    |                |                |              |                |                |             |
| <b>Müllablagerung</b>                                                   |                |                |              |                |                |             |
| <b>Hochwasserschutzbauwerk</b> (Damm, Deich)                            |                |                |              |                |                |             |
| <b>Keine</b>                                                            |                |                |              |                |                |             |



## Die fünf Gewässerstrukturgüteklassen (s. [https://www.gewaesser-bewertung.de/index.php?article\\_id=138&clang=0](https://www.gewaesser-bewertung.de/index.php?article_id=138&clang=0)).

**Nach der Dateneingabe in die Excel-Tabelle wird hier das Ergebnis zur Auswertung eingetragen.**

| <b>Strukturgüte-<br/>klasse</b><br>(mit Farbcode) | <b>Indexspanne</b> | <b>Grad der<br/>Beeinträchtigung</b> | <b>Kurzbeschreibung</b>                                                                                                                                                                                                        | <b>Gesamt-<br/>ergebnis</b><br>(eine Güte-<br>klasse<br>markieren) | <b>6 Teilergebnisse</b><br>(jeweils eine Güteklasse<br>für Gewässer-verlauf,<br>Längsprofil, Querprofil,<br>Sohlenstruktur,<br>Uferstruktur, und<br>Gewässerumfeld<br>markieren) |
|---------------------------------------------------|--------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                                 | 1 – 2,2            | unverändert                          | Die Gewässerstruktur entspricht dem natürlichen Zustand.                                                                                                                                                                       |                                                                    |                                                                                                                                                                                  |
| 2                                                 | >2,2 – 3,4         | gering verändert                     | Die Gewässerstruktur ist naturnah und nur gering verändert durch einzelne, kleinräumige Eingriffe.                                                                                                                             |                                                                    |                                                                                                                                                                                  |
| 3                                                 | >3,4 – 4,6         | mäßig verändert                      | Die Gewässerstruktur ist beeinflusst durch verschiedene Eingriffe; z. B. in Sohle und Ufer, durch Rückstau und/ oder Nutzungen.                                                                                                |                                                                    |                                                                                                                                                                                  |
| 4                                                 | >4,6 – 5,8         | stark verändert                      | Die Gewässerstruktur ist durch Kombinationen von Eingriffen, z. B. in den Gewässerverlauf, durch Uferverbau, Querbauwerke, Stauregulierung, Anlagen zum Hochwasserschutz und/ oder Nutzungen in der Aue, stark beeinträchtigt. |                                                                    |                                                                                                                                                                                  |
| 5                                                 | >5,8               | vollständig verändert                | Die Gewässerstruktur ist durch Eingriffe in den Gewässerverlauf, durch Uferverbau, Querbauwerke, Stauregulierung, Anlagen zum Hochwasserschutz und/oder durch Nutzungen in der Aue vollständig verändert.                      |                                                                    |                                                                                                                                                                                  |





### 3.2. Chemisch-physikalische Messungen

Die **chemisch-physikalische Untersuchung eines Fließgewässers** zeigt, ob das Gewässer an der Probestelle zum Zeitpunkt der Probenahme z.B. durch Nährstoffe oder Sauerstoffmangel belastet ist. Die Untersuchung gibt Hinweise darüber, welche chemisch-physikalischen Faktoren für eine Beeinträchtigung der Lebensgemeinschaft verantwortlich sein könnten. Man erhält einen genauen Messwert, der mit fest definierten Grenzwerten verglichen werden kann. Somit kann der Grad der Abweichung von den „natürlichen Verhältnissen“ angegeben werden.

Die *punktuellen* chemisch-physikalischen Untersuchungen im FLOW-Projekt haben jedoch nur eine sehr enge zeitliche und räumliche Gültigkeit. Sie stellen eine „Momentaufnahme“ der Situation des Gewässers dar und lassen keine Schlüsse auf vergangene Ereignisse oder die Entwicklung der chemisch-physikalischen Parameter im Tages-, Monats- oder Jahresverlauf zu. Um diese Informationen zu gewinnen, sind fortlaufende Messreihen über einen längeren Zeitraum nötig (Graw & Berg, 2011; Korte et al., 2010a). Dies ist im FLOW-Projekt nicht möglich. Deshalb führen wir Gewässeruntersuchungen an Probestellen des Umweltforschungszentrums Leipzig durch, für die chemisch-physikalische Referenzdaten vorliegen.

#### Arbeitsteilung innerhalb des Chemie-Teams:

- Messung von Wassertemperatur, Sauerstoffgehalt, Leitfähigkeit und pH-Wert mit Hilfe der Einstein-Tablets und der Messsonden
- Ermittlung des Ammonium-, Nitrit-, Nitrat- und Phosphat- und Chloridgehalts mit Hilfe der Chemie-Testkits.

Die Ergebnisse werden zunächst im Feldprotokoll „Chemie“ notiert und nach Abschluss aller Untersuchungen in die vorbereitete Excel-Tabelle übertragen.

**VORGEHEN:** Vgl. Anleitungen im Umweltmobil.



Abb. 2: Testkits zur Untersuchung der chemischen Wasserqualität.



Abb. 1: Tablet und Messsonde zur Ermittlung der Ionenleitfähigkeit.



## Feldprotokoll chemisch-physikalische Messungen I

Gewässername und Datum: \_\_\_\_\_

Chemie-Team (Namen): \_\_\_\_\_

**Verschaffen Sie sich zuerst einen Überblick über den Bach und sein Umfeld.**

**Welche Einflussfaktoren wirken sich positiv, und welche negativ auf die Wasserqualität aus?**

---

---

---

**Beurteilen Sie die folgenden Aspekte 1+2 gemeinsam im Team** (s. Graw & Berg, 2011). *So bekommen Sie erste Hinweise auf die Wasserqualität. Diese sollten aber nur in Verbindung mit den chemischen Messergebnissen interpretiert werden.*

### 1. Wasserfarbe (mit einer Trinkwasserprobe vergleichen)

Klar/sauber

Braun/bräunlich (Hinweis auf Abbau organischer Stoffe, oder Folge von Starkregen und Schlammeeinträgen)

Vielfarbig glänzend (durch Öle im Wasser)

Schaumbildung (natürlich durch Pollen, Algen, Erdpartikel; starke Schaumbildung entsteht durch Reinigungsmittel bzw. Detergenzien)

Grün/grünlich (dunkelgrün gefärbtes Wasser ist ein Hinweis auf übermäßiges Algenwachstum und Eutrophierung)

Trüb mit braunen Schlieren oder Wolken (z. B. durch erhöhte Sedimentfracht, Erosion oder Einträge von Bodenmaterial)

|  |
|--|
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |

### 2. Geruch des Wassers (mit einer Trinkwasserprobe vergleichen)

Geruchlos -frisch

Geruch nach verfaulten Eiern (Geruch nach Schwefel bzw. Sulfid, entsteht bei an-aerobem Abbau organischer Substanzen, Hinweis auf Sauerstoffarmut)

Schwarze Sulfidflecken auf Steinen?

Fischig, erdig, grasartiger Geruch (Hinweis auf vermehrtes Wachstum von Kiesel-, Grün- oder Blaualgen bzw. Eutrophierung)

Modrig, faulig, jauchig (stark verunreinigtes Gewässer)

|  |
|--|
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |

**3. Ermitteln Sie die Fließgeschwindigkeit (m/sec) mit Hilfe eines schwimmenden Objekts und eines Maßbands.** (Dazu 5m zwischen einem Punkt A und B am Bach abmessen. Mit dem Handy die Zeit stoppen, die das Objekt zum Durchschwimmen der Strecke A->B braucht. Unter Anwendung der Formel  $v=s/t$  die Fließgeschwindigkeit in m/sec errechnen).

---



## Feldprotokoll chemisch-physikalische Messungen I

### 4. Berechnung der Sauerstoffsättigung

Die Angabe der Sauerstoffsättigung des Wassers (als relativer, prozentualer Wert) ist aussagekräftiger als der gemessene Sauerstoffgehalt (absoluter Wert, vgl. Korte et al. 2010; Graw & Borchardt 2003).

Die prozentuale Sauerstoffsättigung wird folgendermaßen berechnet:

Gemessener Sauerstoffgehalt (mg/l) geteilt durch max. Sättigungswert bei vorherrschender Wassertemperatur x 100 = relative (%) Sauerstoffsättigung

**Beispiel:** Das Wasser an der Probestelle hat einen durchschnittlichen Sauerstoffgehalt von 9,5 mg/l bei einer Wassertemperatur von 13°C. Die prozentuale Sättigung ist:  $9,5/10,20 \times 100 = 93,14 \%$ .

*Gemessener Sauerstoffgehalt (mg/l) geteilt durch maximaler Sättigungswert bei vorherrschender Wassertemperatur x 100 =*

| Temperatur (°C) | Max. Sättigungswert (mg/l) | Temperatur (°C) | Max. Sättigungswert (mg/l) |
|-----------------|----------------------------|-----------------|----------------------------|
| 0               | 14.16                      | 16              | 9.56                       |
| 1               | 13.77                      | 17              | 9.37                       |
| 2               | 13.40                      | 18              | 9.18                       |
| 3               | 13.05                      | 19              | 9.01                       |
| 4               | 12.70                      | 20              | 8.84                       |
| 5               | 12.37                      | 21              | 8.68                       |
| 6               | 12.06                      | 22              | 8.53                       |
| 7               | 11.76                      | 23              | 8.38                       |
| 8               | 11.47                      | 24              | 8.25                       |
| 9               | 11.19                      | 25              | 8.11                       |
| 10              | 10.92                      | 26              | 7.99                       |
| 11              | 10.67                      | 27              | 7.86                       |
| 12              | 10.43                      | 28              | 7.75                       |
| 13              | 10.20                      | 29              | 7.64                       |
| 14              | 9.98                       | 30              | 7.53                       |
| 15              | 9.76                       | 31              | 7.42                       |

**Tab. 3: Sauerstoffsättigungs-Werte für Wasser bei Temperaturen von 0° C bis 31 °C.** Die maximale Sauerstoffsättigung des Wassers sinkt mit Erhöhung der Wassertemperatur.

Quelle: Flad 2019, vgl. <https://www.chf.de/eduthek/chemischer-index5.html>.



## Feldprotokoll chemisch-physikalische Messungen II

Tab.: Indexwerte für die Zuordnung der chemisch-physikalischen Güteklassen (vgl. Graw & Berg, 2011).

| Parameter                                                                                                                                                                                                                       | Messwert | Nicht belastet<br>(sehr gut)                           | Wenig belastet<br>(gut)        | Mäßig belastet<br>(mäßig)      | Kritisch belastet<br>(unbefriedigend) | Übermäßig belastet<br>(schlecht)                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|--------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------------|
| <b>Wassertemperatur</b> [°C]<br>Orientierungswerte für Bäche im Sommer                                                                                                                                                          |          | < 18                                                   | 18 – 20                        | 20 – 22                        | 20 – 24                               | > 24                                              |
| <b>Sauerstoffsättigung</b> [%] Untersättigung =<br>Hinweis auf organische Belastung,<br>Übersättigung = Hinweis auf Eutrophierung                                                                                               |          | 91 – 110                                               | 81 – 90 oder<br>111 – 120      | 71 – 80 oder<br>121 – 130      | 60 – 70 oder<br>131 – 140             | < 60 oder > 140                                   |
| <b>Ionen-Leitfähigkeit</b> [µS/cm]<br>Hinweis auf Ionenbelastung, insbesondere durch<br>Versalzung                                                                                                                              |          | ≤ 300                                                  | 301 – 500                      | 501 – 700                      | 701 – 900                             | > 900 (in Kalkbächen<br>üblicherweise bis<br>900) |
| <b>pH-Wert</b><br>Hinweis auf Versauerung bzw. Alkalisierung z.B.<br>in Folge von Stickstoffeintrag oder<br>Eutrophierung                                                                                                       |          | 6,5 – 8,0<br>in Moorbächen<br>natürlicherweise<br><6,5 | 6,0 – 6,4<br>oder<br>8,1 – 8,5 | 5,5 – 5,9<br>oder<br>8,6 – 9,0 | 5,0 – 5,4<br>oder<br>9,1 – 9,5        | < 5,0 oder > 9,5                                  |
| <b>Ammonium</b> [mg/l] $\text{NH}_4^+$<br>Hinweis auf frisch eingetragene Belastung mit<br>Abwasser, Gülle oder Dünger, Eutrophierungs-<br>gefahr, akute Toxizität für Fische durch<br>Umwandlung in Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) |          | < 0,05<br>in Moorbächen<br>natürlicherweise<br>bis 1   | 0,06 – 0,39                    | 0,4 – 0,8                      | 0,9 – 1,5                             | > 1,5                                             |
| <b>Nitrit</b> [mg/l] $\text{NO}_2^-$<br>Hinweis auf Belastung mit Gülle oder Abwasser;<br>Fischgift, Eutrophierungsgefahr                                                                                                       |          | < 0,06                                                 | 0,07 – 0,3                     | 0,4 – 0,6                      | 0,7 – 1,3                             | > 1,3                                             |
| <b>Nitrat</b> [mg/l] $\text{NO}_3^-$<br>Hinweis auf weiter zurückliegende Belastung mit<br>Abwasser, Dünger oder Gülle,<br>Eutrophierungsgefahr                                                                                 |          | < 5                                                    | 5,5 – 12,5                     | 13 – 25                        | 25,5 – 50                             | > 50                                              |
| <b>Ortho-Phosphat</b> [mg/l] $\text{PO}_4^{3-}$<br>Hinweis auf Belastung mit Abwasser und/oder<br>anorganischen Düngemitteln;<br>Eutrophierungsgefahr                                                                           |          | < 0,09                                                 | 0,09 – 0,33                    | 0,34 – 0,64                    | 0,65 – 1,2                            | > 1,2                                             |
| <b>Chlorid</b> [mg/l] $\text{Cl}^-$<br>Hinweis auf Versalzung (geologischen<br>Untergrund betrachten)                                                                                                                           |          | 0 – 50                                                 | 51 – 200                       | 201 – 400                      | 401 – 800                             | > 800                                             |



### 3.3. Bewertung der Makrozoobenthos-Gemeinschaft

Zur biologischen Gewässerbewertung wird im FLOW-Projekt die Lebensgemeinschaft des Makrozoobenthos untersucht. Als *Makrozoobenthos* (Synonym Makroinvertebraten) wird die Gemeinschaft der wirbellosen Tiere des Gewässergrunds bezeichnet, zu der Insekten(-larven), Muscheln, Schnecken, Krebstiere, Egel und Würmer zählen. Makroinvertebraten haben sich in der Fließgewässerökologie als Bioindikatoren etabliert. Sie reagieren sensibel auf Veränderungen der chemischen Wasserqualität und der Gewässerstruktur und liefern so wichtige Informationen über die Gesundheit und Funktionsfähigkeit des Fließgewässerökosystems.

Das Umweltforschungszentrum Leipzig hat dazu den **biologischen Indikator *SPEciesAtRisk* „SPEAR“<sup>3</sup>** entwickelt, der die ökologischen Effekte von Pestiziden (v.a. Insektizide und Fungizide) auf das Makrozoobenthos anzeigt.

Der SPEAR-Index ermittelt den relativen Anteil derjenigen Makroinvertebraten an einer Probestelle, die aufgrund ihrer **funktionellen ökologischen Merkmale** sehr empfindlich gegenüber Pestiziden sind (sogenannte *SPEcies At Risk*, „SPEAR-Arten“). Je höher der Anteil dieser pestizidempfindlichen Arten, desto geringer ist folglich die Pestizidbelastung der Probestelle. Findet man bei der Gewässeruntersuchung viele SPEAR-Arten, so ist dies also ein gutes Zeichen für die Wasserqualität!

#### Die Beprobung des Makrozoobenthos besteht aus **fünf Arbeitsschritten**:

1. Kartierung der Substrate (d.h. Materialien am Gewässergrund wie Kies, Sand, Laub etc.) und Verteilung der 20 Kescher-Proben auf die Substrate
2. 20x Keschern des Makrozoobenthos (Kick-Sampling) auf Basis der ermittelten Substratverteilung
3. Sortieren des Makrozoobenthos in Großgruppen mithilfe des Kolonnensiebs
4. Bestimmen des Makrozoobenthos
5. Ermittlung des SPEAR-Index

#### 3.3.1. Substratkartierung

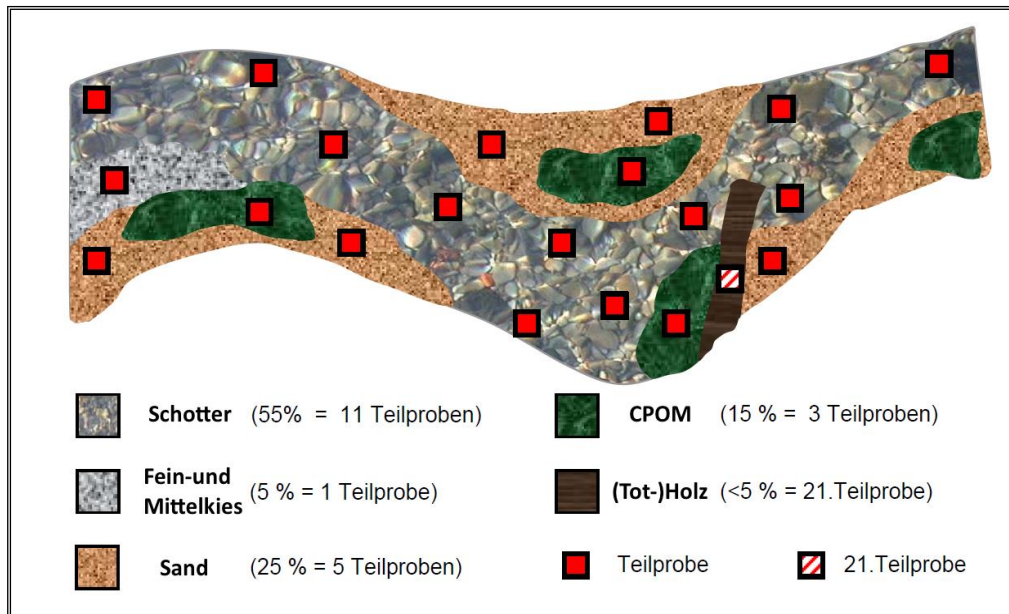
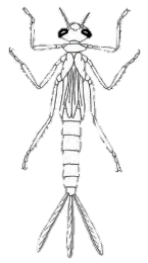
**Teamgröße:** 2–3 Personen. **Material:** Feldprotokoll Substratkartierung und Fotosammlung Substratkartierung, Klemmbrett und Stifte

Die wirbellosen Tiere (Makrozoobenthos) werden im markierten Probeabschnitt des Bachs insgesamt 20x beprobt. Das heißt, es werden **20 Proben mit dem Kescher** aus dem Bach entnommen. Dies wird „Kick-Sampling“ genannt, weil für jede der 20 Kescher-Proben der Gewässergrund vorsichtig mit dem Fuß aufgewirbelt wird, um die im Boden lebenden Tiere mit der Fließrichtung in den Kescher zu spülen. Dazu werden zuerst die **Substrate (verschiedene Bodenmaterialien am Gewässergrund wie Kies, Sand, Holzteile etc.)** im Probeabschnitt im Feldprotokoll dokumentiert, um systematisch auf jedem wichtigen Substrat mit dem Kescher nach Makrozoobenthos zu suchen.

##### Vorgehen:

- Die **Anteile** der im Feldprotokoll aufgeführten **Substrate** (1. Mineralische Substrate und 2. Organische Substrate) werden im Probeabschnitt **in 5%-Stufen** abgeschätzt und in der Protokollspalte „Deckungsgrad“ notiert (**Beispiel:** 55% Schotter, 25% Sand, 15% CPOM und 5% Fein- und Mittelkies)
- Der Deckungsgrad aller Substrate sollte insgesamt **100%** ergeben
- Auf dieser Basis werden die insg. **20 Kescher-Proben auf die einzelnen Substrate verteilt**: auf jeweils **5% Deckung** durch ein Substrat (z.B. Kies) entfällt **eine Kescherprobe**. Für das oben genannte Beispiel würden sich daher 11 Teilproben auf Schotter, 5x Sand, 3x CPOM und 1x Fein- und Mittelkies ergeben (vgl. Abb. 3, aus: Meier et al., 2006).

<sup>3</sup> <https://www.ufz.de/index.php?de=38122>

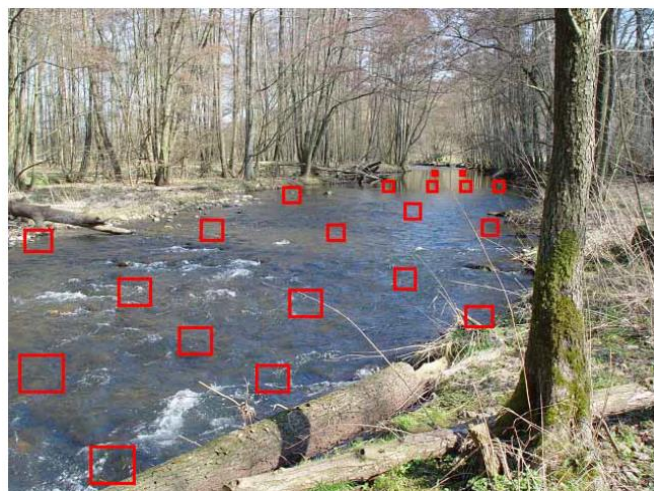


**Abb. 3: So werden die 20 Kescherproben auf die erfassten Substrate verteilt.**

Substrate, die nur einen sehr geringen Anteil von unter 5% Deckung aufweisen, können durch eine 21. Teilprobe berücksichtigt werden. Adaptiert aus Meier, 2006.

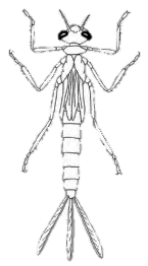
### Wichtig:

- Kartierung der Substrate VOM UFER AUS durchführen, damit die Tiere nicht vor dem Keschern schon aufgewirbelt werden.
- Die Kescher-Proben sollten sowohl Uferbereiche als auch die Gewässermite, sowie tiefe und seichte Stellen abdecken (vgl. Abb. 4. aus: Meier et al., 2006).
- Ist mineralisches Substrat (z.B. Steine) durch organisches Substrat (z.B. Laub) bedeckt, ist das bedeckende Substrat ausschlaggebend für die Kartierung.
- In der **Protokollspalte „Bemerkungen“** ist Platz für Besonderheiten der Probestelle. Zum Beispiel kann hier eingetragen werden, welches mineralische Substrat von organischen Substraten verdeckt wird.



**Abb. 4: Verteilung der 20 Kescher-Proben auf den Probeabschnitt, sodass beim Keschern sowohl Ufer- als auch Randbereiche abgedeckt werden.**





### 3.3.2. Keschern des Makrozoobenthos (Kick-Sampling)

**Team:** mind. 2 Personen

**Material:**

- Zwei langstielige Kescher (rechteckiger Rahmen 25x25cm, Netzweite 500 µm, Netztiefe 70cm)
- Feldprotokoll Substratkartierung mit Aufteilung der Kescher-Proben auf die Substrate
- Alte Zahnbürsten zum Abschaben von Steinen, evtl. Gummihandschuhe
- Gummistiefel/Wathose

**Vorgehen** vgl. Kurzvideo zum Kick-Sampling

- Eine Person (ausgestattet mit Gummistiefeln bzw. Wathosen) steigt zum Keschern in den Bach
- Ein\*e Helfer\*in sagt der Person im Bach vom Ufer aus auf Grundlage des Protokolls „Substratkartierung“ an, wie viele Kescher-Proben auf welchen Substraten zu nehmen sind
- Die Beprobung erfolgt **entgegen der Fließrichtung beginnend am untersten Ende der Probe-stelle**
- Zum Entnehmen einer Kescher-Probe den Kescher **entgegen der Fließrichtung** senkrecht zum Gewässerboden aufsetzen
- Den Gewässergrund in Fließrichtung **mit dem Fuß aufwirbeln** (vorsichtig „kicken“), sodass möglichst viele Organismen mit der Strömung in den Kescher gespült werden („Kick-Sampling“, etwa 10 „Kicks“ pro Teilprobe).
- Dabei mit dem Fuß jeweils etwa eine **Fläche** bearbeiten, die etwa so groß ist wie der Kescherrahmen (25x25cm)
- Wasserpflanzen, große Steine und Totholz werden angehoben und mit den Händen nach Makroinvertebraten abgesucht (evtl. Gummihandschuhe, Zahnbürste zum Abschaben von Steinen verwenden). Dazu den Kescher so positionieren, dass sich lösende Tiere gefangen werden. Von Steinen absammelte Tiere ebenfalls in den Kescher geben.

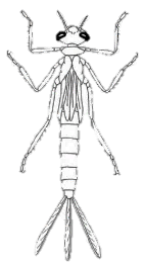


**Abb. 5: Entnehmen einer Kescher-Probe in einem Bach mittels „Kick-Sampling“.**

**Wichtig:** Den Kescher im Wasser beim Kick-Sampling stets entgegen der Fließrichtung so halten, dass bereits gefangene Tiere nicht wieder entweichen können!

Versehentliche gefangene Fische oder Flusskrebse werden direkt ins Wasser zurückgesetzt (nach Vermerk im Protokoll). Alle Libellenarten sind gesetzlich geschützt und sollten besonders vorsichtig behandelt werden.





### 3.3.3. Sortieren des Makrozoobenthos

#### Material

- 2–3 10-Liter Eimer, Kolonnensiebe
- Weißschalen mit Wasser zum Sortieren des Makrozoobenthos in die Großgruppen
- Federstahlpinzetten und Petrischalen, evtl. Handlupe
- Makrozoobenthos-Poster und Bestimmungshilfe zum Sortieren

Nachdem alle 20 Kescher-Proben aus dem Gewässer entnommen sind, wird das Probematerial mitsamt der Tiere aus dem Kescher **direkt auf das Kolonnensieb** (Abb. 6) gegeben.

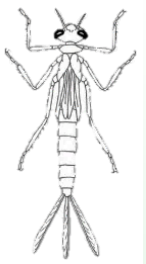
Dazu das **Kolonnensieb** aufbauen (feinstes Sieb nach unten, größtes Sieb oben) und in eine große Weißschale stellen. Der Kescherinhalt wird nun (ggf. in kleinen Portionen) oben auf das Kolonnensieb gegeben und mit Wasser durchgespült. Die Tiere können nun aus den Siebteilen herausgesucht und in eine Weißschale gegeben werden.



**Abb. 6:** Die Makrozoobenthos-Probe wird durch das Kolonnensieb gespült (links). Drei verschieden feine Siebteile des Kolonnensiebs (rechts).

Jetzt werden die Tiere je nach Großgruppen (Ordnungen) in die bereits passend beschrifteten, **mit Wasser gefüllten Weißschalen** sortiert:

1. Köcherfliegenlarven (Trichoptera)
2. Eintagsfliegenlarven (Ephemeroptera)
3. Steinfliegenlarven (Plecoptera) und falls vorhanden: Schlammfliegenlarven (Megaloptera)
4. Käfer und Käferlarven (Coleoptera)
5. Zweiflügler-Larven (Diptera)
6. Schnecken und Muscheln (Gastropoda und Bivalvia)
7. Wanzenartige (Heteroptera)
8. Krebstiere (Crustaceae, v.a. Bachflohkrebse)
9. Wenigborster (Oligochaeta), Strudelwürmer (Turbellaria) und Egel (Hirudinea) → rollen sich in Ethanol ein, daher am besten noch im lebenden Zustand Fotos machen.
10. Libellenlarven (Odonata)



### Hinweise zur Durchführung:

- **Große und besonders schlammige Proben** mit viel organischem Material werden vor dem Sieben und Sortieren **zum Ausschwemmen in einen 10-Liter Eimer** überführt:
  - dazu den Eimer bis zu ca.  $\frac{3}{4}$  mit Wasser auffüllen und den Inhalt vorsichtig mit der Hand umrühren bzw. aufwirbeln
  - das leichte organische Material mitsamt der Tiere wird aufgewirbelt, schwere Steine, Schlamm und Sand setzen sich auf dem Eimergrund ab
  - nun das oben schwimmende Material aus dem Eimer durch einen leeren Kescher gießen, sodass die Pflanzenmaterial und Tiere im Kescher landen
  - den Eimer wiederholt mit Wasser auffüllen und weiter „umrühren“ und abgießen, bis nur noch Steine & Sedimente und keine Organismen mehr am Eimerboden zurückbleiben (nochmals auf Gehäuse etc. überprüfen, dann kann der Rest im Eimer weggeworfen werden)
- **Federstahlpinzetten** beim Heraussuchen der Tiere nutzen!
- **Zum Sortieren** des Makrozoobenthos in die Großgruppen: FLOW-Bestimmungshilfe, Makrozoobenthos-Poster und EKey (auf Tablets) nutzen

**Abtöten und Konservieren des Makrozoobenthos in Ethanol:** Die Bestimmung der Tiere im lebenden Zustand ist z.T. schwierig. Zudem soll die Bestimmung des Makrozoobenthos im Labor nachgeprüft werden. Daher werden von jeder Art 5-10 Exemplare zum Konservieren in Ethanol überführt. Das Abtöten der Tiere zum Zweck der Datengewinnung ist in diesem Fall aus naturschutzfachlicher Sicht gerechtfertigt (entsprechende Genehmigungen der Umweltämter liegen vor). Libellenlarven werden als einzige Tiergruppe nicht in Ethanol konserviert, sondern lebend bestimmt und möglichst genau fotografiert! (→ geschützte Arten).



**Abb. 7: Von links nach rechts: Weißschalen, Ethanol-Spritzflaschen und Sammelflaschen.**

### 3.3.4. Bestimmung des Makrozoobenthos

#### Material:

- mit Ethanol befüllte Sammelflaschen mit Makrozoobenthos-Großgruppen
- Petrischalen und Federstahlpinzetten
- 90%, vergälltes Ethanol in Spritzflaschen
- Artenliste (Ausdruck) und Stifte
- Binokulare mit LED-Leuchten
- FLOW-Bestimmungshilfe und PC/Tablets mit „EKey“, Kosmos-Bestimmungshilfe
- PC mit Excel-Tabellen und SPEAR-Calculator

**Teamgröße für die Bestimmung:** bis zu 10 Personen

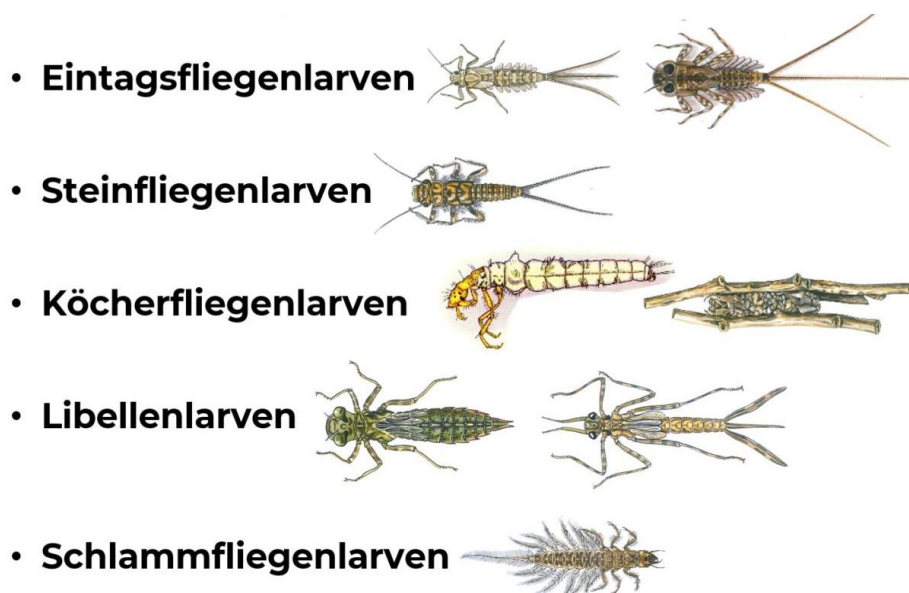
Zur Ermittlung des SPEAR-Index werden alle gefundenen Makroinvertebraten so genau wie möglich bestimmt (Ziel: mindestens bis auf Familienebene).



**Für die Bestimmung nimmt sich je ein 2er oder 3er-Team eine Großgruppe vor:**

1. Eine Petrischale mit etwas Wasser befüllen und unter das Binokular stellen. Die Petrischale mit den LED-Leuchten ausleuchten.
2. Die Tiere zum Bestimmen mit einer Federstahlpinzette in die Petrischale legen (jeweils einzeln oder einige gleichaussehende Tiere).
3. Fertig bestimmte Tiere werden wieder in die Weißschale gegeben und ausgezählt:
4. Nach der Bestimmung wird für jedes Taxon die Häufigkeit der Individuen gezählt (bis 50 Individuen); bei sehr zahlreichem Vorkommen (> 50 Individuen) wird die Häufigkeit geschätzt.
5. Art- und Häufigkeitsdaten werden ins Feldprotokoll übertragen
6. Alle Artenlisten werden gesammelt und die Daten werden in die entsprechende vorbereitete Excel-Tabelle eingegeben.
7. Von jeder Art werden 3–5 Exemplare in Sammelflaschen mit Ethanol konserviert, der Rest wird wieder in den Bach entlassen. Konservierte Tiere lassen sich z.T. besser bestimmen.

**Wichtig:** Um einen möglichst aussagekräftigen SPEAR-Index für die Probestelle zu erhalten, ist es wichtig, folgende Gruppen möglichst genau, d.h. bis auf Familienebene oder genauer zu bestimmen (s. Abb. 8 aus Engelhardt et al., 2015).



**Abb. 8: Ordnungen des Makrozoobenthos, die für die Ermittlung des SPEAR-Index besonders wichtig sind. Sie sollten bei der Bestimmung im Fokus stehen.**

### 3.3.5. Ermittlung des SPEAR-Index

Sind alle Makroinvertebraten bestimmt und ausgezählt, werden die Art- und Häufigkeitsdaten vom Feldprotokoll in das vorbereitete Excel-Arbeitsblatt („MZB\_Eingabe\_Indicate“, vgl. Abb. 10) übertragen:

- die ermittelten Häufigkeiten für jedes Taxon in die linke Spalte der Tabelle (F) eintragen
- das Makrozoobenthos wird nach den Standards der Fließgewässerbewertung an jeder Probestelle auf einer Flächengröße von insgesamt 1,25m<sup>2</sup> beprobt: Kescherfläche (0,25x0,25m) = 0,625m<sup>2</sup> → 0,625m<sup>2</sup> x 20 Teilproben = 1,25m<sup>2</sup>
- zur Angabe der Häufigkeiten pro Quadratmeter werden die ermittelten Häufigkeiten umgerechnet, indem sie durch 1,25 geteilt werden (vgl. Spalte E)



|    | A                     | B                       | C                       | D                                      | E                                      | F                        |
|----|-----------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------|
|    | Probestelle<br>Kürzel | Name2<br>(freie Spalte) | Name3<br>(freie Spalte) | Art oder genaueste<br>Bestimmungsebene | Umrechnung auf m2<br>(Häufigkeit/1,25) | Ermittelte<br>Häufigkeit |
| 1  | SN_Parthe             |                         |                         | Gammarus pulex                         | 40                                     | 50                       |
| 2  | SN_Parthe             |                         |                         | Ephemera sp.                           | 14,4                                   | 18                       |
| 3  | SN_Parthe             |                         |                         | Pisidium sp.                           | 5,6                                    | 7                        |
| 4  | SN_Parthe             |                         |                         | Limnephilidae gen. sp.                 | 20,8                                   | 26                       |
| 5  | SN_Parthe             |                         |                         | Sialis sp.                             | 2,4                                    | 3                        |
| 6  | SN_Parthe             |                         |                         | Tabanidae gen. sp.                     | 4,8                                    | 6                        |
| 7  | SN_Parthe             |                         |                         | Dixa sp.                               | 8,8                                    | 11                       |
| 8  | SN_Parthe             |                         |                         | Dicranota sp.                          | 4                                      | 5                        |
| 9  | SN_Parthe             |                         |                         | Baetis sp.                             | 18,4                                   | 23                       |
| 10 | SN_Parthe             |                         |                         | Erpobdella octoculata                  | 3,2                                    | 4                        |
| 11 | SN_Parthe             |                         |                         | Dugesia gonocephala                    | 6,4                                    | 8                        |
| 12 | SN_Parthe             |                         |                         | Scirtidae gen sp.                      | 12                                     | 15                       |
| 13 | SN_Parthe             |                         |                         | Platambus maculatus                    | 3,2                                    | 4                        |
| 14 | SN_Parthe             |                         |                         | Hydropsyche sp.                        | 1,6                                    | 2                        |
| 15 | SN_Parthe             |                         |                         | Ecdyonurus sp.                         | 4                                      | 5                        |
| 16 | SN_Parthe             |                         |                         | Chironomidae gen. sp.                  | 29,6                                   | 37                       |
| 17 | SN_Parthe             |                         |                         | Radix sp.                              | 4                                      | 5                        |
| 18 | SN_Parthe             |                         |                         | Glossiphonia sp.                       | 1,6                                    | 2                        |
| 19 | SN_Parthe             |                         |                         | Agabus sp.                             | 4                                      | 5                        |
| 20 | SN_Parthe             |                         |                         | Leuctra sp.                            | 4                                      | 5                        |
| 21 | SN_Parthe             |                         |                         | Nemoura sp.                            | 0,8                                    | 1                        |
| 22 | SN_Parthe             |                         |                         |                                        |                                        |                          |
| 23 |                       |                         |                         |                                        |                                        |                          |

**Abb. 9: Excel-Tabelle zur Erfassung der Art- und Häufigkeitsdaten.**

Die bestimmten Arten bzw. Gattungen und Familien werden mitsamt Kürzel der Probestelle eingegeben (hier SN für Sachsen, Parthe = Probestelle). Die ermittelten Art-Häufigkeiten (Spalte F) werden auf m<sup>2</sup> umgerechnet (Spalte E, gelb).

- Das Format der Excel-Tabelle (Abb. 9) ermöglicht es, die Daten von dort direkt in den SPEAR-Calculator („Indicate“, Software zur Ermittlung des SPEAR-Index<sup>4</sup>) zu kopieren: Dabei nur die Spalten A–E kopieren (ohne Überschriftenzeile, vgl. Abb. 10)
- Der SPEAR-Calculator zeigt dann automatisch die Kategorisierung der erfassten Taxa als „**Species at Risk**“ (grün hinterlegt, 1) oder „**Species not at Risk**“ (grau hinterlegt, 0) an (vgl. Abb. 12).
- Der **SPEAR-Index** und die dazugehörige Gewässergüteklasse werden ebenfalls direkt angezeigt (vgl. Abb. 11).
- Diese Ergebnisse werden zusammen mit den Ergebnissen des Strukturgüte- und des Chemie-Teams in die FLOW-Online-plattform eingetragen.

Indicate

Datei Bearbeiten Hilfe

× SPEAR pesticides (Neu) \*

SPEAR pesticides | Version 2019.11

× Clear Input Tables

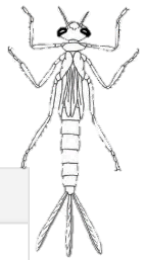
Input

| Monitoring Data   |                   |                   |                        |           |
|-------------------|-------------------|-------------------|------------------------|-----------|
| Name <sub>1</sub> | Name <sub>2</sub> | Name <sub>3</sub> | Taxa                   | Abundance |
| 1                 | SN_Parthe         |                   | Gammarus pulex         | 40        |
| 2                 | SN_Parthe         |                   | Ephemera sp.           | 14,4      |
| 3                 | SN_Parthe         |                   | Pisidium sp.           | 5,6       |
| 4                 | SN_Parthe         |                   | Limnephilidae gen. sp. | 20,8      |
| 5                 | SN_Parthe         |                   | Sialis sp.             | 2,4       |
| 6                 | SN_Parthe         |                   | Tabanidae gen. sp.     | 4,8       |
| 7                 | SN_Parthe         |                   | Dixa sp.               | 8,8       |
| 8                 | SN_Parthe         |                   | Dicranota sp.          | 4         |
| 9                 | SN_Parthe         |                   | Baetis sp.             | 18,4      |
| 10                | SN_Parthe         |                   | Erpobdella octoculata  | 3,2       |
| 11                | SN_Parthe         |                   | Dugesia gonocephala    | 6,4       |
| 12                | SN_Parthe         |                   | Scirtidae gen sp.      | 12        |
| 13                | SN_Parthe         |                   | Platambus maculatus    | 3,2       |
| 14                | SN_Parthe         |                   | Hydropsyche sp.        | 1,6       |
| 15                | SN_Parthe         |                   | Ecdyonurus sp.         | 4         |
| 16                | SN_Parthe         |                   | Chironomidae gen. sp.  | 29,6      |
| 17                | SN_Parthe         |                   | Radix sp.              | 4         |
| 18                | SN_Parthe         |                   | Glossiphonia sp.       | 1,6       |
| 19                | SN_Parthe         |                   | Agabus sp.             | 4         |
| 20                | SN_Parthe         |                   | Leuctra sp.            | 4         |

**Abb. 10: Eingabe der Art- und Häufigkeitsdaten in Indicate.**

<sup>4</sup> Der SPEAR-Calculator kann auf dem PC des Umweltmobils genutzt werden und steht kostenfrei unter <http://www.systemecology.eu/indicate/> als Webapplikation zur Verfügung.





**Abb. 11: Ergebnis: Anzeige des SPEAR-Wertes (hier: 0,96) und der entsprechenden Gewässergüteklasse (II, gut).** Die geschätzte Pestizidbelastung des Fließgewässers wird in TU (Toxic Units) angegeben. TU-Werte sind logarithmiert und daher negativ. Je näher die TU-Werte an 0 liegen, desto höher ist die Pestizidbelastung.

| Results           |                   |                   |                   |                             |                          |                         |
|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Effect & Exposure |                   |                   |                   |                             |                          |                         |
|                   | Name <sub>1</sub> | Name <sub>2</sub> | Name <sub>3</sub> | SPEAR <sub>pesticides</sub> | EQ <sub>pesticides</sub> | TU <sub>estimated</sub> |
| 1                 | SN_Parthe         |                   |                   | 0,96                        | II: Good                 | -3,92                   |
| 2                 |                   |                   |                   |                             |                          |                         |

| Taxa Traits & Classification                                                                                  |             |            |        |         |                        |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------|--------|---------|------------------------|-----|
| <input type="button" value="Reset trait values"/> <input type="button" value="Delete taxa not in Taxa Link"/> |             |            |        |         |                        |     |
| Taxa                                                                                                          | Sensitivity | Generation | Refuge | Exposed | SPEAR <sub>class</sub> |     |
| 1 Gammaridae Gen. sp.                                                                                         | 0,16        | 0,58       | 1      | 0       | 0                      | S   |
| 2 Ephemeridae Gen. sp.                                                                                        | -0,30       | 2,00       | 0      | 1       | 0                      | S   |
| 3 Sphaeriidae Gen. sp.                                                                                        | -2,09       | 1,00       | 1      | 1       | 0                      | S   |
| 4 Limnephilidae Gen. sp.                                                                                      | -0,06       | 1,00       | 1      | 1       | 1                      | S   |
| 5 Sialidae Gen. sp.                                                                                           | -0,06       | 2,00       | 1      | 1       | 1                      | S   |
| 6 Tabanidae Gen. sp.                                                                                          | -0,35       | 0,75       | 0      | 0       | 0                      | S   |
| 7 Dixidae Gen. sp.                                                                                            | -0,35       | 0,50       | 1      | 1       | 1                      | S   |
| 8 Diptera Gen. sp.                                                                                            |             |            |        |         |                        | S X |
| 9 Baetis sp.                                                                                                  | 0,02        | 0,50       | 1      | 0       | 0                      | S   |
| 10 Erpobdellidae Gen. sp.                                                                                     | -0,41       | 1,00       | 1      | 1       | 0                      | S   |
| 11 Turbellaria Gen. sp.                                                                                       | -0,43       | 1,00       | 1      | 1       | 0                      | S   |
| 12 Scirtidae Gen. sp.                                                                                         | -1,15       | 1,00       | 1      | 1       | 0                      | S   |
| 13 Dytiscidae Gen. sp.                                                                                        | -0,81       | 1,00       | 1      | 0       | 0                      | S   |
| 14 Hydropsyche sp.                                                                                            | -1,03       | 1,00       | 1      | 1       | 0                      | S   |
| 15 Ecdyonurus sp.                                                                                             | -0,30       | 0,50       | 1      | 1       | 1                      | S   |
| 16 Chironomidae Gen. sp.                                                                                      | -0,39       | 0,42       | 1      | 0       | 0                      | S   |
| 17 Lymnaeidae Gen. sp.                                                                                        | -0,64       | 1,00       | 1      | 1       | 0                      | S   |
| 18 Glossiphoniidae Gen. sp.                                                                                   | -0,60       | 1,00       | 1      | 1       | 0                      | S   |
| 19 Leuctra sp.                                                                                                | 0,38        | 1,00       | 1      | 1       | 1                      | S   |
| 20 Nemouridae Gen. sp.                                                                                        | 0,25        | 1,00       | 0      | 1       | 0                      | S   |
| 21                                                                                                            |             |            |        |         |                        |     |

**Abb. 12: Kategorisierung der Arten in der Spalte SPEARclass (1- grün hinterlegt, pestizidempfindlich oder 0- grau, nicht pestizidempfindlich).**

**Tab. 4: Makrozoobenthos-Gewässergüteklassen (Kategorisierung nach SPEAR-Index).**

| SPEAR-Index (5 Güteklassen nach WRRL, rechts: normierte Indexspannen) |                |           |
|-----------------------------------------------------------------------|----------------|-----------|
| 1                                                                     | sehr gut       | > 0,8     |
| 2                                                                     | gut            | > 0,6-0,8 |
| 3                                                                     | mäßig          | > 0,4-0,6 |
| 4                                                                     | unbefriedigend | > 0,2-0,4 |
| 5                                                                     | schlecht       | ≤ 0,2     |



## Feldprotokoll zur Kartierung der Substrate am Gewässergrund

| <i>Vgl. Fotosammlung zur Substratkartierung im Umweltmobil</i><br><b>Makrozoobenthos-Team (Namen):</b>                                                        | <b>Probestelle:</b><br><b>Datum:</b> |                          |             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------|-------------|
| Mineralische Substrate                                                                                                                                        | Deckungsgrad<br>(in 5%- Stufen)      | Anzahl der<br>Teilproben | Bemerkungen |
| <b>Sehr große Steine und Steinblöcke</b> > 40cm, Fels (Megalithal)                                                                                            |                                      |                          |             |
| <b>Steine von Kopfgröße</b> > 20cm - 40cm, mit variablem Anteil kleinerer Korngrößen (Makrolithal)                                                            |                                      |                          |             |
| <b>Schotter, faustgroße Steine</b> > 6cm - 20cm, mit variablem Anteil kleinerer Korngrößen (Mesolithal)                                                       |                                      |                          |             |
| <b>Grobkies</b> von der Größe eines Taubeneis bis zur Größe einer Kinderfaust, Korngröße > 2cm - 6cm, mit variablem Anteil kleinerer Korngrößen (Mikrolithal) |                                      |                          |             |
| <b>Fein- bis Mittelkies</b> , Korngröße > 0,2cm - 2 cm (Akal)                                                                                                 |                                      |                          |             |
| <b>Sand</b> und/oder mineralischer Schlamm (Korngröße > 6µm - 2mm, Psammal)                                                                                   |                                      |                          |             |
| <b>Lehm und Ton</b> , bindiges Material, z.B. Auenlehm Korngröße < 6µm (Argyllal)                                                                             |                                      |                          |             |
| <b>Künstliches Substrat: Steinschüttungen</b> (Technolithal 1)                                                                                                |                                      |                          |             |
| <b>Künstliches Substrat: geschlossener Sohlenverbau</b> z.B. betonierte Gewässersohle (Technolithal 2)                                                        |                                      |                          |             |
| Organische Substrate                                                                                                                                          | Deckungsgrad<br>(in 5%- Stufen)      | Anzahl der<br>Teilproben | Bemerkungen |
| <b>Algen</b> (Fädige Algen, Algenbüschel)                                                                                                                     |                                      |                          |             |
| <b>Submerse Makrophyten:</b> Wasserpflanzen, die vollständig untergetaucht wachsen                                                                            |                                      |                          |             |
| <b>Emerse Makrophyten:</b> Teilweise über dem Wasser wachsende Pflanzen wie Rohrkolben, Seggen, Schilfrohr                                                    |                                      |                          |             |
| <b>Lebende Teile terrestrischer Pflanzen</b> (Feinwurzeln, schwimmende Ufervegetation)                                                                        |                                      |                          |             |
| <b>Holz und Totholz</b> , d.h. Baumstämme, Äste, größere Wurzeln (Xylal)                                                                                      |                                      |                          |             |
| <b>CPOM</b> (grobpartikuläres organisches Material, > 2mm)                                                                                                    |                                      |                          |             |
| <b>FPOM</b> (feinpartikuläres organisches Material, < 1mm)                                                                                                    |                                      |                          |             |
| <b>Abwasserbedingter Aufwuchs von Bakterien</b> wie z.B. Sphaerotilus (Saprobial)                                                                             |                                      |                          |             |
| <b>Debris</b> (in der Uferzone durch Strömung abgelagertes organisches und anorganisches Material)                                                            |                                      |                          |             |
| <b>Summe</b>                                                                                                                                                  | <b>100%</b>                          | <b>20</b>                |             |





## Teil 2: Hintergrund-Wissen für Interessierte (S. 35-52)

### 4. Ökosystemleistungen von Fließgewässern

Mit dem Begriff „Ökosystemdienstleistungen“ werden alle Funktionen des Naturhaushalts beschrieben, die einen direkten oder indirekten Beitrag zum Wohlergehen des Menschen liefern (Haines-Young & Potschin, 2010). Naturnahe Fließgewässer und Auen haben einen vielseitigen gesellschaftlichen Nutzen. In Wirtschaftlichkeitsanalysen für Planungs- und Bauvorhaben finden Ökosystemleistungen heute immer mehr Berücksichtigung: Sie werden gezielt identifiziert und mit einem monetären Wert versehen („Naturkapital“). So können ihr gesellschaftlicher Nutzen, aber auch die Folgen ihres Verlusts durch Eingriffe in die Natur sichtbar gemacht und stärker in individuelle und politische Entscheidungsprozesse integriert werden (Schäfer & Kowatsch, 2015). Es gibt vier übergeordnete Typen von Ökosystemleistungen, die im Folgenden am Beispiel von Fließgewässern erläutert werden.

**1) Kulturelle Leistungen (cultural services)** beschreiben den nicht-materiellen Nutzen, der durch Ökosysteme entsteht. Gewässer bieten einen attraktiven Raum für Tourismus und Freizeit, Erholung und naturwissenschaftliche bzw. kulturelle Bildung (Bsp. Ort der Ruhe, Ort für Wassersport/Wasserwandern, kulturelles Erbe in Form alter Bewässerungssysteme, Mühlen, Wehre, Brücken etc.). Es besteht eine hohe gesellschaftliche Nachfrage nach ästhetisch ansprechenden Flusslandschaften, die als Naturräume erlebbar sind (A. Schäfer & Kowatsch, 2015). Ein naturnahes Gewässer mit abwechslungsreichen, flachen Ufern und angrenzendem Auwald hat ein größeres Erholungspotenzial als ein monoton begradigtes Gewässer.

**2) Bereitstellende Ökosystemleistungen (provisioning services)** umfassen Rohstoffe, Produkte, und Energieträger, die aus den Ökosystemen gewonnen werden. Ökologisch intakte Fließgewässer bzw. Auen tragen zur Grund- und Trinkwasserbildung sowie zur Bewässerung bei und sind Quelle von sauberem Wasser als Lebensgrundlage. Sie liefern z.B. Fisch als Nahrungsmittel und stellen Wasserkraft bereit. Das Erlenholz aus Auen wird als Bauholz genutzt.

**3) Unterstützende Leistungen (supporting services)** umfassen alle ökologischen Prozesse, die das Ökosystem aufrechterhalten. Sie sind damit Voraussetzung für die Bereitstellung von Ressourcen, regulatorischen und kulturellen Leistungen. In Fließgewässern zählen dazu:

- die Primärproduktion: Wachstum von Wasserpflanzen, Algen, Phytoplankton als Grundlage der Nahrungskette im Fließgewässer
- die Aufrechterhaltung der Nährstoffkreisläufe: z.B. Speicherung, Umwandlung und Zirkulation von Stickstoffverbindungen im Gewässer und in den angrenzenden Böden
- die Bereitstellung eines Lebensraums für Tiere und Pflanzen und der Erhalt der biologischen Vielfalt: Flussauen zählen zu den artenreichsten und vielfältigsten Ökosystemen Mitteleuropas. Durch die dynamischen Übergänge zwischen terrestrischer und aquatischer Zone, die strömungsbedingten Erosions- und Sedimentationsprozesse und die periodische Überschwemmung von Auenflächen kann sich dort eine hohe Strukturvielfalt ausbilden. Naturnahe Bäche, Flüsse und ihre Auen bieten so Lebensraum für eine Vielzahl von Vögeln, Libellen, Schmetterlingen, Fischen und Weichtieren. Jedoch wurden bereits zwei Drittel der deutschen Auengebiete durch Bebauung oder intensive Landwirtschaft stark verändert und zerstört (vgl. Schäfer & Kowatsch, 2015).

**4) Regulierende Leistungen (regulating services)** beschreiben den Nutzen, der aus der Selbstregulierung naturnaher Ökosysteme entsteht: Fließgewässer mit naturnahen Ufergehölzen haben Temperaturregulierungseffekt und sorgen an warmen Sommertagen durch die Verdunstung und Transpirationsskühle der Aue für eine Reduzierung der Umgebungstemperatur.

Die **Aue** als natürlicher Überschwemmungsbereich eines Fließgewässers übt zudem **eine Wasserspeicher- und Filterfunktion** aus (s. Abb. 13):

Durch ihre hohe **Wasserspeicherkapazität** reduzieren intakte Auen die Hochwassergefahr, da sie viel Wasser aufnehmen können. Bei Hochwasser hemmen Bäume, Gebüsche und andere Pflanzen am Ufer und in der Aue die Wasserausbreitung; folglich versickert das Wasser in den Boden und lässt den Grundwasserspiegel steigen. Je mehr natürliche Überschwemmungsflächen entlang von Flüssen und

Bächen vorhanden sind, desto geringer ist auch das Hochwasserrisiko. Durch den Verlust an natürlichen Überflutungsflächen, die Begradigung von Flüssen und die zunehmende Flächenversiegelung hat sich die Hochwassergefahr stark erhöht.

Naturnahe Auen fungieren zudem gewissermaßen als „Nieren der Landschaft“, da sie dazu beitragen, unerwünschte Stoffeinträge in Gewässer zu vermindern. Wie ein **Filter** oder Puffer liegen sie zwischen landwirtschaftlichen Flächen und Fließgewässern. Bei Regen fängt die Aue von Äckern ausgeschwemmte Nährstoffe und Pestizide vor dem Eintritt ins Fließgewässer ab. Bei Überschwemmung bzw. Hochwasser filtert die Aue Nährstoffe aus dem Bach- oder Flusswasser (vgl. Schäfer & Kowatsch 2015):

Tritt ein Fließgewässer über seine Ufer, so wird aufgrund des langsamen Wasserflusses in der Aue ein Teil der im Wasser mitgeführten organischen Schwebstoffe abgelagert. Dem Flusswasser wird zudem Phosphor entzogen, das sich im Sediment abgelagert. So bildet sich der **Auelehm**, eine sehr fruchtbare Bodenart, die einen natürlichen Düngungseffekt hat. Im nassen Auenboden befinden sich zahlreiche denitrifizierende Bakterien, die das im Wasser gelöste Nitrat zu elementarem Stickstoff ( $N_2$ ) umwandeln und so in die Atmosphäre abführen (Denitrifikation). Fließt das Wasser wieder ins Flussbett ab, wird es noch einmal durch die Auenvegetation gefiltert. Beim Rückgang von Hochwässern verbleibt also ein Großteil der im Wasser vorhandenen Nährstoffe in der Aue.

Die Aue verbessert die Wasserqualität und verhindert somit die Eutrophierung der Fließgewässer (und damit indirekt auch der Meere). Durch diese Filterfunktion der Auen können in der Trink- und Grundwasseraufbereitung hohe Kosten eingespart werden. In einer Studie wurde der ökonomische Wert der Nährstoffrückhaltung entlang der Elbe mit 9-26 Mio € jährlich veranschlagt (Hartje et al., 2003). Eine intakte Aue wirkt also als **Wasser- und Nährstoffsенke**; sie ist ein großes **Retentionssystem**.



**Abb. 13: Auen- und Polderflächen haben eine hohe Wasserspeicherkapazität** und halten überschüssige Düngemittel und Schwebstoffe von landwirtschaftlichen Flächen wirksam zurück. Abb. links: Aus LIFE-Projekt Bachtäler im Arnsberger Wald. Rechts: Aus Schäfer & Kowatsch, 2015, S.17.

Naturnahe Fließgewässer sind imstande, Belastungen durch organische, sauerstoffzehrende Stoffe dank der Stoffwechselaktivitäten von Mikroorganismen in gewissem Maße selbst abzubauen (**Selbstreinigung**).

In die natürliche Nährstoffdynamik des Fließgewässers können auch menschlich verursachte „Verunreinigungen“ einbezogen werden. Der Prozess der Selbstreinigung führt zu charakteristischen Veränderungen des Stoffhaushalts und der Lebensgemeinschaften. Werden über Abwassereinleitungen oder Ausschwemmung von landwirtschaftlichen Flächen organische Stoffe ins Gewässer eingetragen, beeinflusst dies vor allem den Stoffhaushalt:

Der Sauerstoffgehalt sinkt zunächst stark ab, denn die komplexen organischen Verbindungen (Kohlenhydrate, Proteine und Fette) werden durch Oxidationsprozesse (d.h. unter Sauerstoffverbrauch) in niedermolekulare, anorganische Stoffe umgesetzt.

Neben Kohlendioxid und Wasser entstehen so anorganische Nährstoffe (Mineralsalze) wie Phosphat und Ammonium, das anschließend zu Nitrat oxidiert wird. Diese chemischen Prozesse sind nur durch eine Massenvermehrung von Bakterien (Destruenten) möglich, die wiederum Nahrungsgrundlage für viele Einzeller (Protozoen) sind. Phosphat und Nitrat sind Pflanzennährstoffe und fördern das Pflanzen- und Algenwachstum. In einiger Entfernung von der Einleitungsstelle bzw. einige Zeit nach der Einleitung sind die eingeleiteten Stoffe weitestgehend abgebaut und es herrschen wieder die gleichen stofflichen Verhältnisse wie vor der Verunreinigung. Voraussetzung dafür ist, dass die eingeleiteten Stoffe nicht toxisch und biologisch abbaubar sind (Pestizide, Arzneimittelrückstände, über die Luft eingetragene Stoffe aus industriellen Verbrennungsprozessen wie Quecksilber und andere synthetisch hergestellte Stoffe wie z.B. Farbstoffe, Flamm- und Holzschutzmittel können nicht durch natürliche Prozesse im Fließgewässer abgebaut werden!)

## 5. Welche Faktoren gefährden das Ökosystem Fließgewässer?

Die menschlichen Aktivitäten und Faktoren, die das Ökosystem „Fließgewässer“ heute am stärksten gefährden, können zwei Hauptkategorien zugeordnet werden:

- a) **Stoffliche Belastungen**, d.h. Verunreinigungen des Gewässers durch organische oder synthetische Substanzen, die aus der Landwirtschaft sowie aus Industrie und Haushalten stammen (vgl. Tab. 5).
- b) **Gewässerausbau bzw. -unterhaltungsmaßnahmen**, die seit dem 19. Jh. insbesondere zur Landgewinnung und zum Hochwasserschutz durchgeführt werden (vgl. Tab. 6).

Das Ökosystem Fließgewässer mitsamt seinen Lebensgemeinschaften ist geprägt durch ein Wechselspiel aus drei Faktoren (Graw & Berg, 2011):

- die Gewässerstruktur (äußeres Erscheinungsbild des Gewässers und Abflussverhalten)
- die Land-Wasser-Vernetzung (Anbindung der aquatischen Zone an die terrestrische Zone, d.h. die Aue als natürliche Überschwemmungszone des Fließgewässers)
- die chemisch-physikalische Wasserbeschaffenheit

Während Gewässerausbaumaßnahmen insbesondere die natürliche Gewässerstruktur und die Land-Wasser-Vernetzung von Fließgewässern verändern, beeinträchtigen stoffliche Belastungen die chemisch-physikalische Wasserbeschaffenheit. Einzelne Umweltveränderungen und -belastungen haben jedoch zugleich komplexe, kaskadenartige Auswirkungen auf das Gesamtsystem. So verschlechtert beispielsweise die Entfernung der Ufervegetation nicht nur die Gewässerstruktur, sondern beeinflusst auch indirekt die Wasserqualität, da bei fehlender Ufervegetation vermehrt Nähr- und Schadstoffe ins Gewässer eingetragen werden können (vgl. Graw & Berg, 2011).

### 5.1. Stoffliche Belastungen

Bäche und Flüsse weisen aufgrund ihrer lang gestreckten Gestalt eine enge Verbindung zum Landökosystem auf. So ist der Uferanteil von Fließgewässern bezogen auf 1 m<sup>2</sup> Wasseroberfläche wesentlich größer als von Binnenseen (Landsberg-Becher et al., 2002). Auch aufgrund der vergleichsweise geringen Tiefe und der Fließbewegung werden Fließgewässer stark von den terrestrischen Stoffeinträgen beeinflusst.

Durch die fast flächendeckende **Errichtung von Kläranlagen** konnte in den letzten Jahrzehnten die organische Belastung von Fließgewässern durch Abwässer aus Siedlungen und dem Industriegewerbe drastisch reduziert werden. Andere Belastungen haben sich jedoch zugleich verschärft und müssen weiterhin kontrolliert werden, um ein aktuelles Bild des ökologischen Zustands von Fließgewässern zu liefern: Die Anzahl schwer abbaubarer, synthetischer **umweltgefährdender Stoffe (Xenobiotika)** aus Industrie, Haushalten und Landwirtschaft wächst immer weiter. Dazu gehören insbesondere Pflanzenschutzmittel aus der Landwirtschaft (Synonym Pestizide, Begriff umfasst Insektizide, Herbizide und Fungizide); Reinigungs- und Arzneimittlrückstände aus den Haushalten sowie Quecksilber, Schwermetalle und andere Stoffrückstände aus industriellen Verbrennungsprozessen (vgl. Tab. 5). Wegen unbekannter synergistischer Wirkungen sind die ökologischen Auswirkungen von Xenobiotika nur schwer abschätzbar.

### Einträge von Düngemitteln, Ackerschlamm und Feinsedimenten

Nährstoffe werden zur Produktion von Kulturpflanzen in Form von mineralischem oder organischem Dünger (Gülle und Mist) auf landwirtschaftlichen Nutzflächen eingesetzt. Häufig werden dabei mehr Nährstoffe ausgebracht, als die Pflanzen aufnehmen können. Der daraus resultierende Nährstoffüberschuss ist Ursache für die Eutrophierung vieler Fließgewässer sowie auch stehender Gewässer (Seen und Teiche): Das Wachstum von Algen und Pflanzen wird dann nicht mehr durch begrenzte Nährstoffvorräte limitiert<sup>5</sup>. Daher gelten strenge gesetzliche Vorgaben für die Eliminierung von Stickstoff und Phosphor in Kläranlagen. Der Hauptteil der Nährstoffbelastung in Gewässern stammt jedoch aus der Landwirtschaft. Im Jahr 2017 betrug der Stickstoffüberschuss auf den landwirtschaftlich genutzten Flächen in Deutschland im Durchschnitt 90 kg pro Hektar und Jahr (Umweltbundesamt,

<sup>5</sup> In Binnengewässern ist Phosphor der limitierende Faktor für das Pflanzenwachstum. Das Algenwachstum im Meer wird dagegen durch Stickstoff begrenzt.

2020)<sup>6</sup>. Besonders in Gebieten mit intensiver Viehhaltung (Nordwestdeutschland) gibt es hohe Stickstoffüberschüsse. Die Nährstoffauswaschung in Fließgewässer ist abhängig von Hangneigung, Art der Bewirtschaftung (konventionell vs. biologisch) und den angebauten Kulturpflanzen. Gemüse-, Obst-, Wein-, Mais- und Hackfruchtanbau belasten Gewässer stark, während Wiesen- und Weidenutzung zu weniger Nährstoffeinträgen führt.

**Tab. 5: Herkunft, Auswirkungen und aktuelle Bedeutung der wichtigsten gewässerbelastender Stoffe.**

Nach Graw & Berg 2011, S. 25.

| <b>Stoffe</b>                                 | <b>Hauptsächlicher Eintragsweg</b>                                                                                                                                                 | <b>Auswirkungen im Gewässer</b>                                                                         | <b>Aktuelle Bedeutung</b>                                         |
|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| <b>Nährstoffe (Phosphor, Stickstoff)</b>      | -Landwirtschaft<br>-Kommunale Kläranlagen<br>-Kanalisationseinleitungen<br>-Stickstoffeinträge auch über die Luft                                                                  | -Eutrophierung<br>-Ammonium und Nitrit sind toxisch                                                     | Große Bedeutung, v.a. in Gebieten mit intensiver Landwirtschaft   |
| <b>Industrie-chemikalien (Xenobiotika)</b>    | -Punktuell über Industrieabwässer und Kläranlagen (Rückstände von Reinigungsmitteln und Arzneimitteln)<br>-Diffus durch Oberflächenauswaschung (v.a. Pestizide aus Landwirtschaft) | -Toxisch, Veränderung der Lebensgemeinschaft                                                            | Große Bedeutung                                                   |
| <b>Ackerschläm und Feinsedimente</b>          | -Landwirtschaft: Oberflächenabfluss                                                                                                                                                | -Veränderung der Sedimente an der Gewässersohle<br>-Verschlammung des Interstitials (Kies-Lückensystem) | Lokal, bei Starkregen und intensiver Landwirtschaft               |
| <b>Biologisch abbaubare organische Stoffe</b> | -Kanalisationseinleitungen<br>-Landwirtschaft: Oberflächenabfluss                                                                                                                  | -Sauerstoffzehrung<br>-Veränderung der Lebensgemeinschaft                                               | Lokal, besonders in Gebieten mit unzureichender Abwasserreinigung |
| <b>Schwermetalle</b>                          | -Punktuell (Industrie)<br>-Remobilisierung aus alten Sedimenten                                                                                                                    | -Toxisch, Veränderung der Lebensgemeinschaft                                                            | Regional, v.a. in Gebieten mit Bergbau                            |
| <b>Quecksilber</b>                            | -Produkt aus Verbrennungsprozesse in Kohlekraftwerken                                                                                                                              | -Toxisch, Veränderung der Lebensgemeinschaft                                                            | Überall, v.a. in Industriegebieten                                |

Ins Gewässer eingetragene Düngemittel und organische Stoffe werden unter Sauerstoffverbrauch von Mikroorganismen umgesetzt und mineralisiert. Bei dauerhaft hohen Nährstoffeinträgen sinkt der Sauerstoffgehalt des Gewässers so langfristig ab.

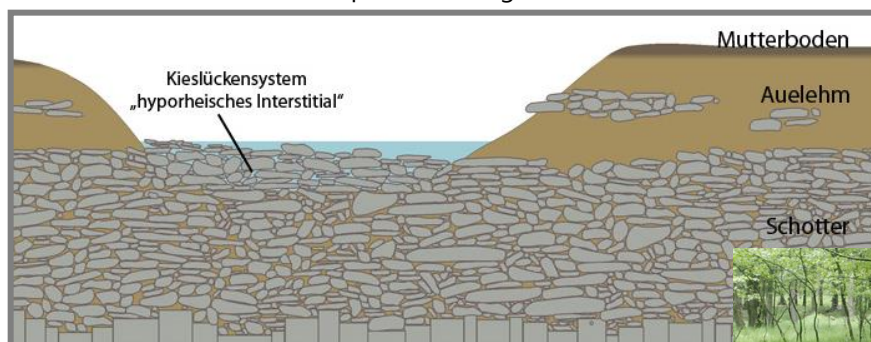
Ist kein ausreichend breiter Uferstrandstreifen am Gewässer vorhanden, der den Stoffeintrag ins Gewässer vermindert, werden nicht nur Nährstoffe, sondern auch erhöhte Mengen Ackerschläm und Feinsedimente ins Fließgewässer eingetragen. Schlamm und Feinsedimente überdecken andere Substrate und setzen sich im **Kieslückensystem der Gewässersohle** (Interstitial, vgl. Abb. 14) ab. Feinsedimente verstopfen die Hohlräume des Interstitials, sodass es nicht mehr ausreichend vom Wasser durchströmt werden kann und der Sauerstoffgehalt absinkt. Viele Jungstadien aquatischer Insekten und Fische verlieren so ihren Rückzugsraum. Die Besiedlungsdichte der entsprechenden Arten sinkt und sie können aus dem betroffenen Fließgewässerabschnitt verschwinden (Graw & Berg, 2011; Korte et al., 2010).

Folglich kommt es durch Nährstoffbelastung und die Ansammlung von Ackerschläm bzw. -sedimenten zu einer **Verschiebung der Artenzusammensetzung und zur Abnahme der Artenvielfalt**: Es werden Pflanzen-, Algen-, Bakterien-, Makrozoobenthos- und Fischarten begünstigt, die sich von organischen Substraten ernähren und einen nur geringen Sauerstoffgehalt des Wassers tolerieren.

<sup>6</sup> Der Stickstoffüberschuss wird als Bilanz aus Stickstoffeinträgen und Umsetzung bzw. Abflüssen berechnet, vgl. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/land-forstwirtschaft/naehrstoffeintraege-aus-der-landwirtschaft#textpart-1>



Beispiele dafür sind Wenigborster (Oligochaeta) und Zuckmückenlarven (Chironomidae). Zudem profitieren einige Filtrierer wie z.B. die Larven des Wasserseelchens (Hydropsyche sp., Köcherfliegen), die sich von den im Wasser transportierten organischen Schlamnteilchen ernähren.



**Abb. 14: Struktur des Interstitials** als wasserdurchströmtes Lückensystem der Gewässersohle, in dem sich viele Fischlarven und Makroinvertebraten vor starker Strömung und extremen Temperaturen geschützt aufhalten (Abb. oben links). Rechts: Naturnahes Interstitial in der Großen Schmalenau (Soest, NRW). Beide Abb. aus: LIFE-Projekt Bachtäler im Arnsberger Wald (<http://www.life-bachtaeler.de/gewaesserrenaturierung/naturnah-begradigt.html>)



**Pestizide** werden v.a. als diffuse Einträge bei starken Regenfällen von Äckern in Gewässer ausgeschwemmt. Erhöhte Pestizidkonzentrationen werden vor allem in kleineren Gewässern im ländlichen Raum gemessen. Kurz nach der Pestizidausbringung im Frühjahr können auf diese Weise bis zu 20 Prozent der Anwendungsmenge ins Gewässer gelangen. Pestizide haben nachweislich schon in niedrigen Konzentrationen (die unterhalb der Umweltqualitätsnormen liegen) negative Auswirkungen auf Makroinvertebraten und aquatische Mikroorganismen: Sie führen zu einer Abnahme der Artenzahl und -diversität und vermindern die Rate der Detrituszersetzung sowie die mikrobielle Atmungsaktivität in Fließgewässern (Peters et al., 2013; Schäfer et al., 2012). Auch auf Fische und wasserlebende Säugetiere haben Pestizide toxische Wirkungen und gefährden damit die gesamte Gewässerbiozönose. Die Gewässerbelastung durch Pestizide kann durch bedarfsgerechte Ausbringung oder besser noch durch gänzlichen Verzicht (biologische Landwirtschaft) verringert werden.

Der Nährstoffüberschuss der Landwirtschaft und somit auch die Gewässerbelastung kann durch bedarfsgerechte, d.h. jahreszeitengemäße und den Bedürfnissen der Pflanzen angepasste Düngung; durch eine sachgemäße Bodenbearbeitung sowie biologische Anbaupraktiken reduziert werden. Bisher gibt es keine ausreichenden rechtlichen **Vorschriften für die Landwirtschaft zur wirksamen Verminderung der Nährstoff- und Pestizideinträge**. Im Rahmen der Erneuerung der Düngeverordnung 2020 in Deutschland könnte sich dies ändern<sup>7</sup>. Auch im „Aktionsprogramm Insektenschutz“ der Bundesregierung wurden im September 2019 in dieser Hinsicht einige konstruktive Maßnahmen beschlossen. Auf europäischer Ebene ist eine grundlegende Reform der gemeinsamen europäischen Agrarpolitik (GAP) nötig, um die landwirtschaftliche Praxis umweltverträglicher und nachhaltiger zu gestalten und sie an die Anforderungen des Umwelt-, Natur- und Gewässerschutzes anzupassen.

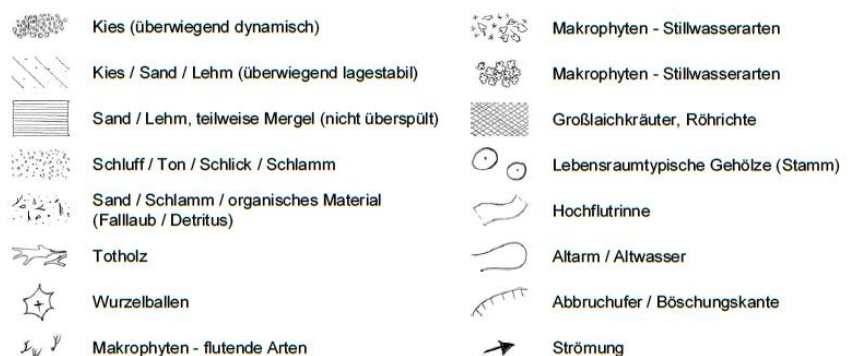
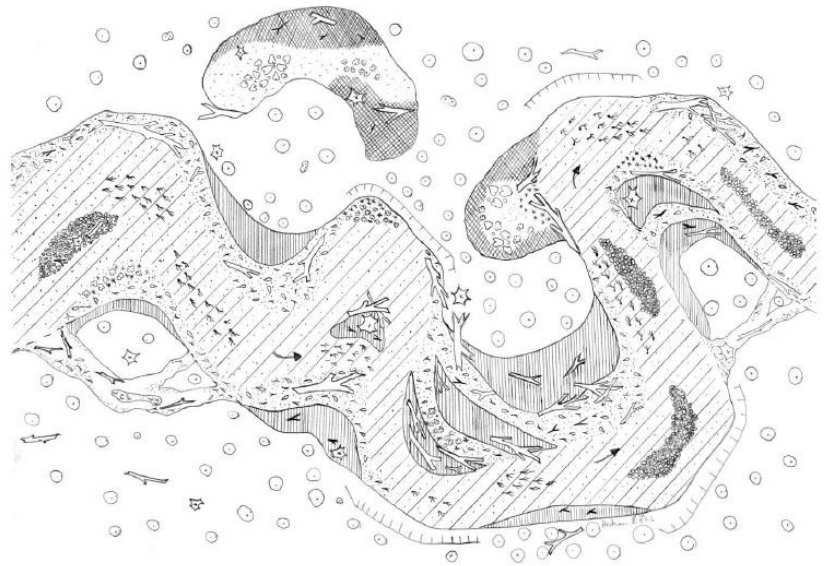
<sup>7</sup> Vgl. Klage der EU-Kommission gegen Deutschland wegen großflächig erhöhter Nitratwerte im Grundwasser, <https://www.umweltbundesamt.de/indikator-nitrat-im-grundwasser#textpart-1>

## 5.2. Veränderungen der natürlichen Gewässerstruktur

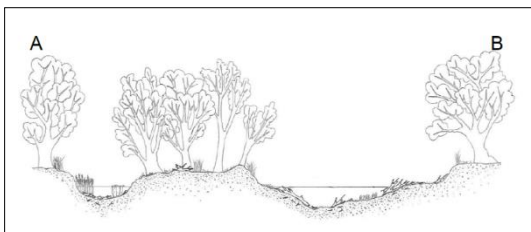
Betrachtet man einen naturnahen Bach, so fällt als Erstes die **Vielfalt dieses Lebensraums** auf (s. Abb. 15, Abb. 16): Langsam und schnell fließendes Wasser wechseln sich häufig ab, Totholz, kleine Inseln und Steine verschiedener Größen unterbrechen die Strömung, der Bach verengt sich stellenweise und weist örtliche Vertiefungen (Kolke) sowie flache Bereiche auf. Zudem finden im Verlauf der Zeit kontinuierliche Veränderungen statt: Der Wasserstand steigt und sinkt, dabei verlagern sich die Substrate an der Gewässersohle und der Bach verändert seinen Lauf. Diese Dynamik und Strukturvielfalt sind wichtige Merkmale naturnaher, ökologisch intakter Fließgewässer. Nur wenn ein Gewässer eine Vielzahl verschiedener Lebensräume und Strukturen aufweist, kann sich eine artenreiche Tier- und Pflanzenwelt ansiedeln.

Dank der natürlichen Dynamik sind Fließgewässer in der Lage, verschiedenste **Belastungen abzupuffern** und sich auch nach Eingriffen durch den Menschen in gewissem Maße selbst zu regenerieren. Wird z.B. ein begradigter Fluss sich selbst überlassen (d.h. keine Räumung des Ufers und keine Beseitigung umgestürzter Bäume; Auftreten von Hochwässern, die zu Uferabbrüchen und Laufverlagerungen führen) so kann das Gewässer nach einiger Zeit seine natürliche Struktur zurückbilden. Eine naturnahe Gewässerstruktur ist daher wichtige Grundlage für den Schutz und die Wiederherstellung ökologisch intakter Fließgewässer (vgl. Graw & Berg, 2011).

Beim WRRL-Monitoring fiel die Bewertung der Gewässerstruktur für mehr als 70 Prozent der Probegewässer in Deutschland schlechter als „gut“ aus. Die **Verarmung der Habitatstrukturen und der Gewässerstruktur** gehört somit aktuell zu den größten ökologischen Herausforderungen im Fließgewässerschutz. Es ist davon auszugehen, dass die schlechte Gewässerstruktur in vielen Gewässern für den unbefriedigenden Zustand der Lebensgemeinschaften (u.a. Makrozoobenthos, Fischfauna) mitverantwortlich ist. Für die Gewässerentwicklung und -renaturierung ist daher neben der Eindämmung von Stoffeinträgen in Gewässer die Verbesserung der Gewässerstrukturgüte entscheidend.



**Abb. 15 (oben): Tieflandbach im sehr guten ökologischen Zustand (Aufsicht).** Aus Dahm et al. 2014, S. 200.



**Abb. 16 (links): Tieflandbach (Querprofil) im sehr guten ökologischen Zustand** mit Hauptarm und Nebenarm. Die beiden Ufer sind mit A und B markiert. Aus Dahm et al. 2014, S. 201.



**Tab. 6: Gewässerausbau: Maßnahmen, Gründe, Folgen.** Verändert nach Graw & Berg 2011, S. 23.

| Maßnahmen                                               | Gründe                                                                        | Folgen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Entfernen der Ufervegetation und Uferbefestigung</b> | -Verhindern von Ufererosion<br>-Flächengewinn<br>-Hochwasserschutz            | -Biotop- und Artenverlust<br>-Verlust von Strukturvielfalt und natürlicher Dynamik (Erosion und Sedimentation)<br>-Verbindung mit der angrenzenden Aue unterbrochen                                                                                                                                                             |
| <b>Begradigung des Gewässerverlaufs</b>                 | -Flächengewinn und Flächensicherung<br>-Hochwasserschutz und Schifffahrt      | -Verkürzung des Gewässerlaufs, erhöhte Fließgeschwindigkeit<br>-Erhöhte Hochwassergefahr für Unterlieger (flussabwärts liegende Gebietseigentümer, Regionen und Siedlungen)<br>-Vereinheitlichung des Strömungsbilds und der Substrate, Erosion der Gewässersohle → Biotop- und Artenverlust<br>-Verarmung des Landschaftsbilds |
| <b>Stauhaltungen</b>                                    | -Wasserkraft<br>-Bewässerungssysteme<br>-Regulierung der Fließgeschwindigkeit | -Änderung des Stoffhaushalts<br>-Fließgewässer wird zum See, erhöhte Eutrophierungsgefahr<br>-Ökologische Barrieren: Gewässer wird zur Einbahnstraße                                                                                                                                                                            |
| <b>Querbauwerke</b>                                     | -Wasserkraftanlagen, Wehre, Brücken                                           | -Verringerung oder Verlust der Durchgängigkeit für wandernde Tiere<br>-Ökologische Barrieren: Gewässer wird zur „Einbahnstraße“                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Befestigung der Gewässersohle</b>                    | -Verhindern von Tiefenerosion                                                 | -Biotop- und Artenverlust<br>-Verlust von Strukturvielfalt und natürlicher Dynamik (Erosion und Sedimentation)                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Trockenlegung der Aue</b>                            | -Landwirtschaftliche Nutzung<br>-Bebauung, Verkehrswege                       | -Absinken der Grundwasserspiegels, Verlust von Feuchtbiotopen, Artenrückgang, erhöhtes Hochwasserrisiko durch Flächenversiegelung und stärkeren Wasserabfluss                                                                                                                                                                   |



**Abb. 17: Links: naturnahes Gewässer (Strukturgüteklasse 1). Rechts: stark verändertes Gewässer (Strukturgüteklasse 5).** Fotos: T. Pottgießer, [www.gewasserbewertung.de](http://www.gewasserbewertung.de).

## 6. Wirbellose Tiere im Fließgewässer (Makrozoobenthos) als Bioindikatoren

Als **Makroinvertebraten** (Synonym *Makrozoobenthos*) wird die Gemeinschaft der wirbellosen Tiere des Gewässergrunds bezeichnet, zu der Insekten(-larven), Muscheln, Schnecken, Krebstiere, Egel und Würmer zählen. Sie spielen durch ihre Zerkleinerungs- und Zersetzungsaktivitäten eine wichtige Rolle beim Abbau organischer Materialien im Gewässer und liefern damit einen Beitrag zur Selbstreinigungsfähigkeit. Zudem sind sie ein wichtiger Bestandteil der Nahrungskette im Fließgewässer (bei Anglern als „Fischnährtiere“ bekannt).

Makroinvertebraten sind wie alle Organismen an einen bestimmten Lebensraum gebunden, in dem alle für das Überleben, die Fortpflanzung und Entwicklung notwendigen abiotischen und biotischen Bedingungen erfüllt sind. Innerhalb bestimmter, artspezifischer Toleranzbereiche können Organismen mit Umweltfaktoren zurechtkommen, die nicht optimal ausgeprägt sind (vgl. Abb. 18, „Toleranzbereich“). „Optimum“ = Vorzugsbereich einer Art gegenüber einem bestimmten Umweltfaktor<sup>8</sup>.

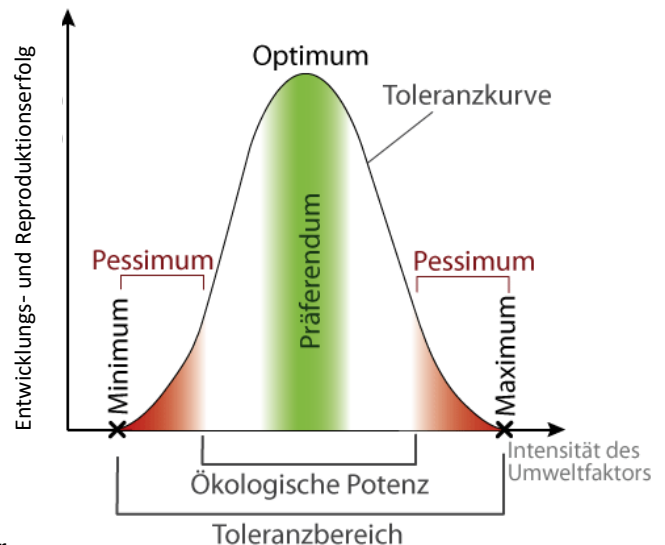
Dabei reagieren manche (stenöke) Arten sehr empfindlich auf Abweichungen vom Toleranzbereich oder auch Umweltveränderungen und Störungen, während andere (euryöke Arten) toleranter gegenüber Abweichungen vom Optimum sowie gegenüber Umweltveränderungen sind.

Viele Makroinvertebraten reagieren sensibel auf Veränderungen der chemischen Wasserqualität und der Gewässerstruktur und liefern so wichtige Informationen über die Gesundheit und Funktionsfähigkeit des Fließgewässerökosystems („Bioindikatoren“).

So sind beispielsweise viele Eintagsfliegen- und Köcherfliegenlarven mit ihren feinen Kiemenblättchen bzw. Tracheenkiemen an die Atmung in schnell fließendem, sauerstoffreichen Wasser angepasst. Zuckmückenlarven hingegen können bei Sauerstoffmangel zusätzliche Sauerstofftransportproteine bilden (Hämoglobine, führen zur Rotfärbung der Mückenlarven) und kommen daher auch in sauerstoffarmen Gewässern vor.

Traditionell werden Makroinvertebraten in der Limnologie zur Bewertung der organischen Belastung (z.B. durch Abwassereinleitungen oder Düngereinträge) von Fließgewässern herangezogen (vgl. Saprobienindex): Kommen z.B. an einer Probestelle viele verschiedene sauerstoffbedürftige Eintagsfliegen- und Köcherfliegenlarven vor und gleichzeitig nur wenige Makroinvertebraten, die sich von organischem Schlamm ernähren (z.B. Schlammröhrenwürmer *Tubifex sp.*), so kann daraus geschlossen werden, dass die Sauerstoffsättigung hoch und die organische Belastung des Gewässers niedrig ist.

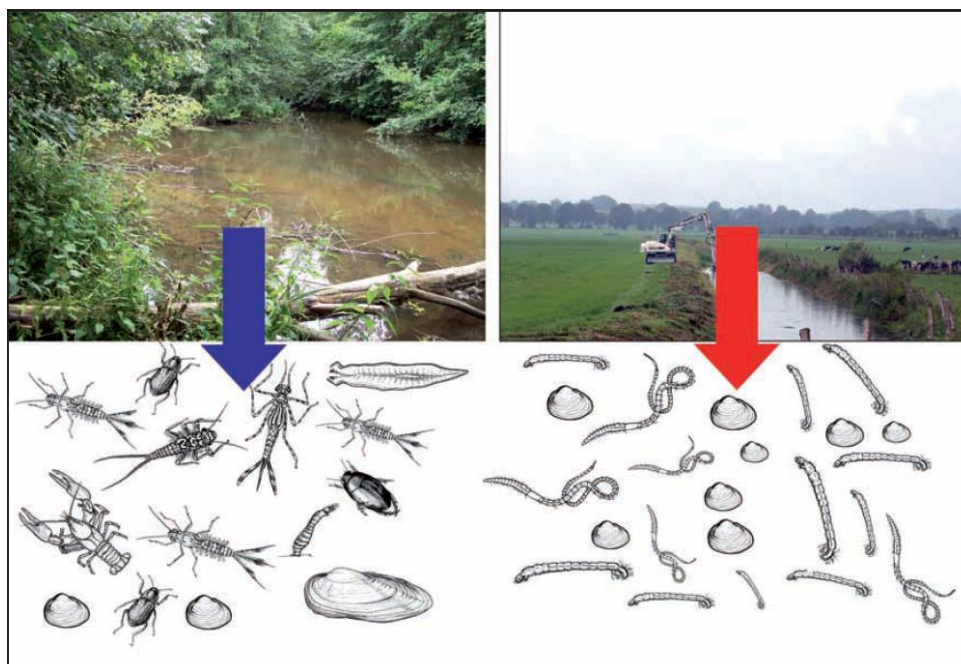
Die Belastung mit Nährstoffen und Schadstoffen prägt die **Artenzusammensetzung in Fließgewässern** (vgl. Abb. 19): Infolge veränderter Umweltbedingungen und Konkurrenzverhältnisse verschieben sich die Häufigkeiten der Arten und auch die Zusammensetzung der Lebensgemeinschaft. Durch das Vorkommen oder Fehlen bestimmter Zeigerarten in einem Habitat bzw. in einer Lebensgemeinschaft können Rückschlüsse auf entsprechende Umweltbedingungen gezogen werden.



**Abb. 18: Ökologische Toleranzkurve** (aus: Hauer, 2008).

**Bioindikatoren** sind stenöke Arten, die nur in einem Lebensraum vorkommen, wenn eine bestimmte Kombination an Umweltfaktoren vorhanden ist. Sie reagieren besonders empfindlich auf Änderungen in ihrem Lebensraum und können dadurch als Zeigerarten für bestimmte Umweltfaktoren oder -belastungen eingesetzt werden (Graw & Berg, 2011 S. 34; Korte et al., 2010b, S.12; Landsberg-Becher et al. 2002, S.225).

<sup>8</sup> Bildquelle Toleranzkurve: <https://www.philippbauer.de/info/bio/toleranzbereich/>.



**Abb. 19: Auswirkungen des Gewässerzustands auf die Lebensgemeinschaft wirbelloser Tiere.** Das linke Foto zeigt einen naturnahen Gewässerabschnitt (ökologische Zustandsklasse „sehr gut“). Dieser ist gekennzeichnet durch viele verschiedene Makroinvertebraten-Arten, die jeweils nur mit einigen Individuen vertreten sind. Das rechte Foto zeigt einen stark veränderten Gewässerabschnitt (ökologischer Zustand „unbefriedigend“). Dort setzt sich die Lebensgemeinschaft aus nur wenigen Arten mit jeweils hohen Individuenzahlen zusammen (Aus: Korte et al. 2010, S.8).

Kommen z.B. an einer Probestelle sauerstoffbedürftige Eintagsfliegen- und Köcherfliegenlarven in großer Zahl bzw. Vielfalt vor und gleichzeitig wenige oder gar keine Makroinvertebraten, die sich von organischem Schlamm ernähren (z.B. Schlammröhrenwürmer), so kann daraus geschlossen werden, dass die Sauerstoffsättigung hoch und die organische Belastung des Gewässers niedrig ist.

Der große **Vorteil der biologischen gegenüber den chemischen Analysen** ist, dass die Auswertung der Lebensgemeinschaften nicht nur Momentaufnahmen liefert. Da die Dauer des Lebenszyklus von Makroinvertebraten zwischen mehreren Monaten bis zu zwei Jahren beträgt, dokumentiert der Zustand der Lebensgemeinschaft die chemisch-physikalischen und auch hydromorphologischen Lebensbedingungen im Fließgewässer über einen längeren Zeitraum (vgl. Graw & Berg, 2011).

Aktuell sind es besonders die intensive Landwirtschaft, der damit einhergehende Verlust strukturreicher Lebensräume sowie der großflächige Eintrag von Pflanzenschutzmitteln und anderen toxischen Stoffen, die das Makrozoobenthos gefährden. Aktuelle Forschungsergebnisse zeigen, dass diese menschlichen Aktivitäten in den letzten Jahren und Jahrzehnten zu einem drastischen und großräumigen Rückgang der land- und wasserlebenden Insekten geführt haben (vgl. Hallmann et al., 2017; Seibold et al., 2019; Yamamuro et al., 2019). Diese alarmierenden Forschungserkenntnisse haben für große politische und gesellschaftliche Aufmerksamkeit für das Phänomen des Insektensterbens gesorgt (s. „Aktionsprogramm Insektenschutz“, BMU, 2019).

Die Ökotoxikologie befasst sich mit der Wirkung von Schadstoffen und toxischen Chemikalien auf die belebte Umwelt. Makroinvertebraten werden in der Ökotoxikologie als Zeigerarten für die Pestizidbelastung von Fließgewässern genutzt. Das Umweltforschungszentrum Leipzig hat dazu den **biologischen Indikator *SPEciesAtRisk* „SPEAR“<sup>9</sup>** entwickelt, der die ökologischen Effekte von Pestiziden (v.a. Insektizide und Fungizide) auf das Makrozoobenthos anzeigt.

Der SPEAR-Index ermittelt den relativen Anteil derjenigen Makroinvertebraten an einer Probestelle, die aufgrund ihrer **funktionellen ökologischen Merkmale** sehr empfindlich gegenüber Pestiziden sind (sogenannte *SPEcies At Risk*, „SPEAR-Arten“). Je höher der Anteil dieser pestizidempfindlichen Arten, desto geringer ist folglich die Pestizidbelastung der Probestelle. Findet man bei der Gewässeruntersuchung viele SPEAR-Arten, so ist dies also ein gutes Zeichen für die Wasserqualität!

<sup>9</sup> <https://www.ufz.de/index.php?de=38122>.

Werden dagegen nur wenige SPEAR-Arten in geringer Häufigkeit gefunden, so kann geschlussfolgert werden, dass Pestizideinträge das Vorkommen dieser Arten an der Probestelle reduziert haben bzw. verhindern. Als **SPEAR-Arten** werden diejenigen Arten definiert, die jedes der vier folgenden ökologischen Merkmalsausprägungen aufweisen:

**1. Lebenszyklus: früher Schlupfzeitpunkt der aquatischen Larven**

Schlüpfen die Larven einer Art früh im Jahresverlauf, so befinden sie sich zum Zeitpunkt der höchsten Pestizidbelastung im Frühjahr (März–Mai) im Gewässer und sind den toxischen Stoffen ausgesetzt.

**2. Hohe physiologische Sensitivität**

Reagiert eine Art bei Labortests empfindlicher auf toxische Stoffe als der Vergleichsorganismus *Daphnia magna* (Großer Wasserfloh), so weist die Art eine hohe physiologische Sensitivität auf.

**3. Geringe Regenerationsfähigkeit nach Pestizid-Exposition durch lange Generationszeit**

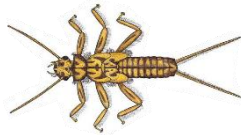
Benötigt eine Art eine vergleichsweise lange Zeitspanne für Fortpflanzung und Entwicklung (Generationszeit von über einem halben Jahr), so kann die Population Verluste durch eine Pestizidexposition nur schwer bzw. langsam ausgleichen.

**4. Schlechte Regenerationsfähigkeit nach Pestizid-Exposition durch geringe Ausbreitungsfähigkeit**

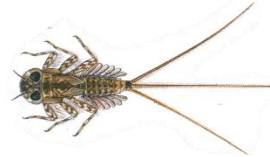
Arten, die einen Gewässerabschnitt aufgrund ihrer geringen Wander- und Ausbreitungsfähigkeit nach einer Pestizidbelastung nur schlecht aus unbelasteten Habitaten (Refugien) wieder neu besiedeln können, können Verluste nur schwer ausgleichen.

Beispiele für SPEAR-Arten:

Steinfliegenlarve *Perla sp.*



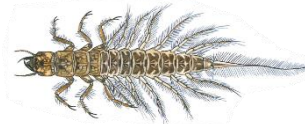
Eintagsfliegenlarve *Ecdyonurus sp.*



Köcherfliegenlarven aus der Familie der *Limnephilidae* (links unten ohne Köcher, rechts mit Köcher)



Schlammfliegenlarven (*Megaloptera*)



Alle Arten, die eines oder mehrere der vier Merkmale der **Pestizidresilienz** aufweisen, werden dagegen als **Species not at risk** (nicht-SPEAR-Art) definiert. Beispiele für pestizidresiliente Arten (nicht-SPEAR): Bachflohkrebs (*Gammarus pulex*), Wasserassel, sowie fast alle Vertreter der Egel, Muscheln und Schnecken.

In wissenschaftlichen Studien konnte gezeigt werden, dass der SPEAR-Index stark mit der direkt gemessenen Pestizidbelastung von Fließgewässern (in Toxic Units, TU) korreliert (Liess et al., 2008; Liess and von der Ohe, 2005).

Nun wird das Vorkommen der Makroinvertebraten aber nicht nur von der chemischen Wasserqualität und der Pestizidbelastung beeinflusst, sondern hängt von einem komplexen Gefüge abiotischer und biotischer Faktoren ab.

Der SPEAR-Index ist jedoch – im Vergleich zu traditionellen Bioindikatoren wie dem Saprobienindex – nur wenig vom Habitattyp, den chemisch-physikalischen Umweltfaktoren oder dem Vorkommen einzelner Zeigerarten an einer Probestelle abhängig. Denn der SPEAR-Index kategorisiert alle Makroinvertebraten ausschließlich aufgrund derjenigen ökologischen Merkmale, die die Pestizidempfindlichkeit bestimmen. Die SPEAR-Arten, die durch die oben beschriebenen vier Merkmalsausprägungen nur in pestizidfreien bzw. wenig belasteten Gewässern vorkommen können, kommen zugleich in sehr verschiedenen Gewässertypen vor und haben z.T. sehr unterschiedliche Lebensraumansprüche. So ist es möglich, mit Hilfe des SPEAR-Index spezifische Informationen zur Pestizidbelastung eines Fließgewässers zu ermitteln.



## 7. Auswertung der Gewässeruntersuchung

Die Ergebnisse der Gewässerbewertung werden direkt nach Abschluss der Untersuchungen gemeinsam zusammengefasst und eingeordnet. Mögliche Ursachen und Hintergründe werden diskutiert.

Im Nachgang werden die Ergebnisse in Form eines Gewässersteckbriefs auf unserer Online-Karte eingetragen: <https://home.uni-leipzig.de/idiv/flow/map/>

Im Herbst 2021 laden wir alle interessierten Projektteilnehmenden zur FLOW-Projektkonferenz ein. Dort sind alle teilnehmenden Gruppen eingeladen, ihre Ergebnisse vorzustellen (z.B. in Form von Postern). Im Anschluss werden gemeinsam mit Expert\*innen vom BUND und vom Umweltforschungszentrum Leipzig Maßnahmen zum Gewässerschutz diskutiert.

Wir vergleichen die Ergebnisse der FLOW-Einsätze im Herbst und Winter 2021 mit den Vergleichsdaten des Umweltforschungszentrums Leipzig, welches unsere Probestellen ebenfalls in der Feldsaison 2021 beprobt. Die Ergebnisse dieser Vergleichsstudie kommunizieren wir über den FLOW-Newsletter und die Website [www.idiv.de/flow](http://www.idiv.de/flow).

### 7.1. Interpretation der Ergebnisse

In jedem der drei Teilaspekte der Gewässeruntersuchung (Gewässerstruktur, Chemisch-physikalische Wasserqualität, Makrozoobenthos) wird der untersuchte Gewässerabschnitt in eine der fünf Güteklassen nach WRRL eingestuft (vgl. Anleitungen zur Gewässerbewertung). Liegt die Einstufung im grünen oder blauen Bereich (Klasse 1–2), so ist das Gewässer in Hinsicht auf den entsprechenden Teilaspekt in einem ökologisch intakten Zustand. Dagegen zeigt eine Einstufung in den gelben, orangenen oder roten Bereich an (Klasse 3–5), dass sich das Gewässer in einem nicht akzeptablen, verbesserungsbedürftigen Zustand befindet. In diesem Fall liegt eine Belastung vor, die die ökologische Funktionsfähigkeit des Gewässers gefährdet. Nach den Vorgaben der WRRL besteht also Handlungsbedarf!

Erst wenn die Ursachen der festgestellten Defizite festgestellt wurden, können angepasste Maßnahmen zur Verbesserung geplant werden. Diese können je nach Gewässer und Einzugsgebiet sehr unterschiedlich sein (vgl. Graw & Berg 2011, S. 29):

- Reduzierung von Oberflächeneinträgen in landwirtschaftlich intensiv genutzten Gebieten
- Verbesserung der Abwasserreinigung in Gebieten mit hoher Belastung durch Abwässer
- Renaturierung ausgebauter Gewässerabschnitte
- Etablieren von Schutzgebieten für noch intakte Gewässerabschnitte

Dabei sind folgende Ideen und Leitfragen hilfreich (vgl. Graw & Berg 2011; Korte et al 2010):

#### 1. Charakterisierung des Gewässers

- Gewässername, Lage und Fotodokumentation
- Kurze Beschreibung des Gewässertyps und des dazugehörigen Leitbilds bzw. Referenzzustands (vgl. Dahm et al., 2014)
- Recherche zu vergangenen und aktuellen Landnutzungsformen im direkten Umfeld des Untersuchungsabschnitts, sowie evtl. im gesamten Einzugsgebiet
- Aufführung von Besonderheiten wie z.B. Bauprojekte, Naturschutzgebiete und Renaturierungsmaßnahmen im Gewässerumfeld
- Sammlung und Auflistung wichtiger Stakeholder sowie von Behörden bzw. Personen, die für die Gewässerunterhaltung zuständig sind

#### 2. Analyse der Untersuchungsergebnisse

**Gewässerstruktur** (vgl. Korte et al 2010)

- Gesamtbild: Welche der fünf Güteklassen wurde bei der Bewertung der sechs Hauptparameter am häufigsten ermittelt?
- Welche der sechs Hauptparameter wurden schlechter als Güteklasse II („gut“) bewertet?
- Welche Ursachen könnte dies haben?
  - Gewässerausbau: Seit wann, in welcher Form?
  - Aufstau des Gewässers?
  - Landwirtschaftliche Nutzung?
  - Industrie, Verkehr, Freizeitnutzung?



### Chemisch-physikalische Wasserqualität (vgl. Graw & Berg 2011)

- Gesamtbild: Welche der fünf Güteklassen wurde bei den chemisch-physikalischen Parametern am häufigsten ermittelt?
- Welche chemisch-physikalischen Parameter wurden schlechter als Güteklasse II bewertet?
- Gibt es aufgrund der Einzelergebnisse Hinweise auf...
  - Eutrophierung (→ *viele fädige Algen und Algenbüschel; diffuse Einträge von landwirtschaftlichen Flächen?*)
  - Sauerstoffmangel/Belastung durch sauerstoffzehrende Stoffe
  - Belastung durch Abwässer (→ *Wo befindet sich die Abwassereinleitung? Lohnt sich eine vergleichende Untersuchung von Gewässerabschnitten vor und nach der Abwassereinleitung?*)
  - Ungewöhnliche Temperaturerhöhung (→ *mangelnde Beschattung, geringe Fließgeschwindigkeit oder Aufstau des Fließgewässers?*)
  - Versauerung (→ *pH-Wert*) oder Versalzung (→ *Oberflächenabfluss von Verkehrsflächen, Bergbau in der Nähe?*)
  - Sonstige Faktoren, die die Wasserqualität belasten?



### Makrozoobenthos (vgl. Graw & Berg 2011, Korte et al 2010)

Die Zusammensetzung der Makrozoobenthos-Gemeinschaft widerspiegelt alle schädigenden Einflüsse auf das Gewässer über einen längeren Zeitraum. Daher sollte bei der Ergebnisauswertung besonderer Wert auf die Makrozoobenthos-Untersuchung gelegt werden. Die chemisch-physikalische Wasserqualität und die Strukturgüte dienen bei der Auswertung als wichtige erklärende, abiotische Faktoren.



Folgende **Leitfragen** helfen bei der Auswertung der vorgefundenen Makrozoobenthos-Gemeinschaft:

- Wurde der SPEAR-Index schlechter als mit Güteklasse II bewertet?
- Gibt es einen hohen Anteil pestizidresilienter Arten („Species not at risk“), die trotz Pestizideinträgen überleben und sich fortpflanzen können?
- Gibt es einen hohen Anteil euryöker Arten, die eine mäßige bis schlechte Sauerstoffversorgung tolerieren (z.B. rote Zuckmückenlarven, Rattenschwanzlarve, Schlammröhrenwürmer, Rollegel)?
- Ist die Anzahl unterscheidbarer Taxa gering, d.h. kleiner als 15? (→ *geringe Artenvielfalt, Hinweis auf Schadstoffbelastung bzw. strukturelle Verarmung des Lebensraums*)
- Ist eine strukturelle Verarmung die Ursache? (→ *Gewässerstrukturgüte schlechter als „gut“?*)
- Ist eine mangelhafte Wasserqualität die Ursache? (→ *chemisch-physikalische Parameter, die schlechter als „gut“ bewertet wurden?*)
- Befinden sich im Einzugsgebiet des Gewässers viele landwirtschaftlich genutzte Flächen, von denen Nährstoffe und Pestizide ins Gewässer eingetragen werden?
- Ist ein durchgängiger bewachsener Gewässerrandstreifen vorhanden? Wie breit ist er?

In der Regel weicht die Bewertung der Makrozoobenthos-Gemeinschaft, der Wasserqualität und der Gewässerstruktur nicht stark voneinander ab. Falls dies doch der Fall ist, sollten folgende Gründe in Betracht gezogen werden (Fehlerdiskussion, vgl. Korte et al 2010):

- Hat eine extreme Witterung oder ein Starkregen vor der Gewässeruntersuchung dazu geführt, dass das Makrozoobenthos sich in tief ins Substrat bzw. Interstitial vergraben hat und nicht auffindbar war?
- Gibt es ggf. Einflussfaktoren, die bei der Gewässeruntersuchung nicht identifiziert werden konnten (wie z.B. eine Abwassereinleitung stromaufwärts außerhalb des Untersuchungsabschnitts, die die Makrozoobenthos-Gemeinschaft schädigt)?
- Weichen einzelne chemisch-physikalische Ergebnisse sehr weit vom Soll-Zustand ab? Extrem niedrige pH- oder Sauerstoffwerte bzw. hohe Pestizidkonzentrationen wirken sich so negativ auf das Makrozoobenthos aus, dass sie andere Umweltparameter überprägen. Trotz einer naturnahen Gewässerstruktur kann die Makrozoobenthos-Gemeinschaft dann verarmt sein.
- Ist das Ergebnis auf eine zureichende Bestimmung der Tiere bzw. Mängel bei der Probenahme (Kick-Sampling) sowie beim Sortieren des Makrozoobenthos rückführbar?

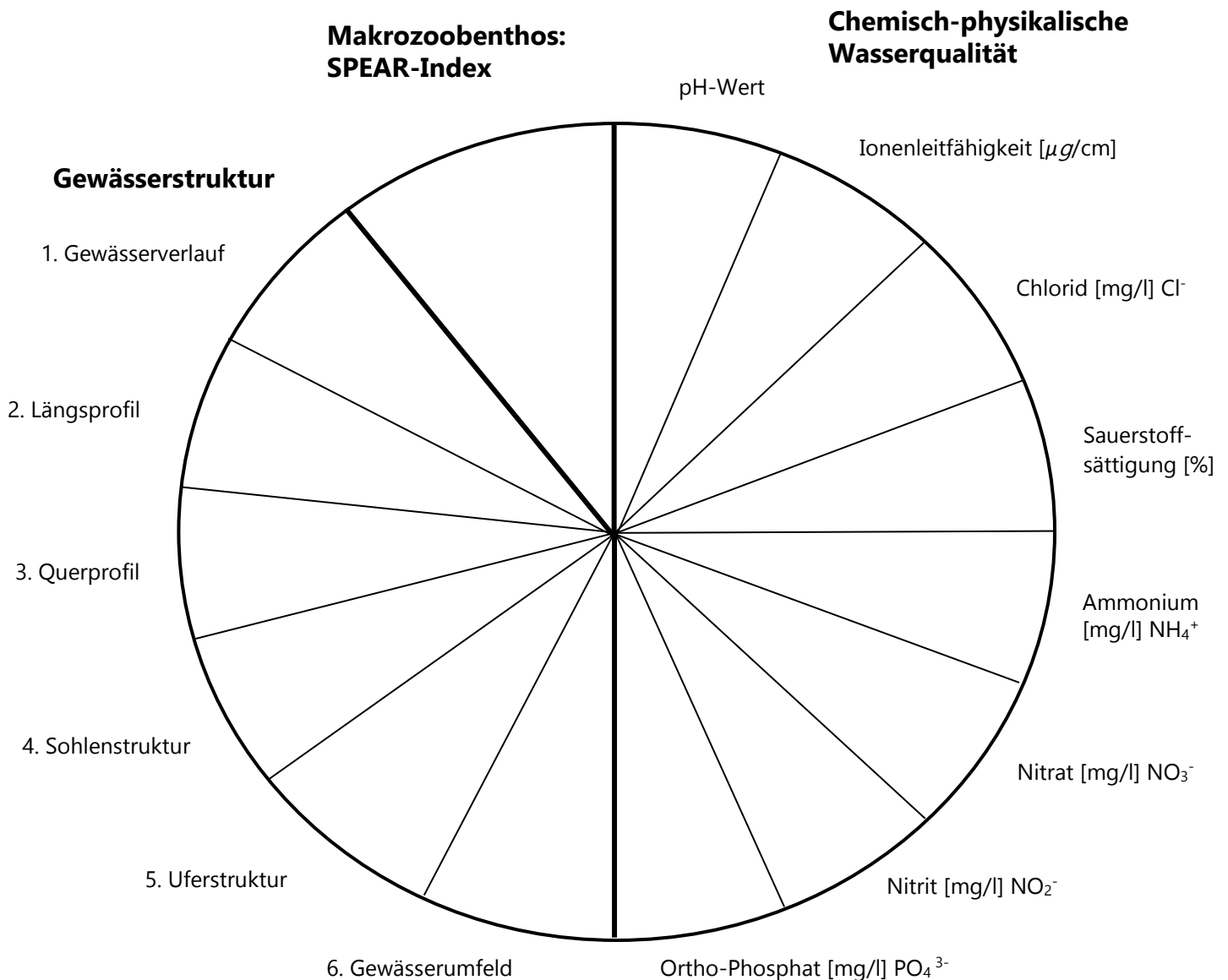
Fällt das Ergebnis der biologischen Gewässerbewertung schlechter aus als die beiden anderen Teilergebnisse, wird nach WRRL-Vorgabe immer die biologische Bewertung (hier: Makrozoobenthos) als die entscheidende ökologische Güteklasse angesehen.



Um die Veränderungen eines Fließgewässers in seinem Verlauf zu erfassen, bietet sich der **Vergleich verschiedener Abschnitte eines Gewässers** an, bei dem der Kontrast zwischen naturnaher und naturferner Gewässerstruktur deutlich wird:

- Außerhalb und innerhalb einer Ortschaft
- In naturnahen Abschnitten (Auwald, Brache) und intensiv genutzten Abschnitten (Landwirtschaft)
- Renaturierter und ausgebauter Abschnitt
- Ggf. Vergleich der Untersuchungsergebnisse mit denen benachbarter bzw. naheliegender Fließgewässer

Die „**Bewertungs-sonne**“ eignet sich zur kompakten Darstellung der verschiedenen Teilergebnisse der Gewässeruntersuchung auf einen Blick (vgl. Graw & Berg 2011, S. 70). Tragen Sie dazu für jeden Parameter die ermittelte WRRL-Güteklasse farbige in die Bewertungs-sonne ein (*blau= sehr gut, grün= gut, gelb= mäßig, orange= unbefriedigend, rot= schlecht*).



## 7.2. Wie kann der Zustand unseres Fließgewässers verbessert werden?

Die ökologische Bewertung von Fließgewässern legt die Frage nach Möglichkeiten zur Verbesserung des Ist-Zustands nahe. Eine gezielte, naturnahe Gewässerentwicklung bzw. Renaturierung ist ein komplexes, herausforderndes Projekt (vgl. Abb. 23). Zu den Voraussetzungen für eine erfolgreiche und effiziente Maßnahmenumsetzung zählen:

- die Formulierung konkreter Gewässerentwicklungsziele
- ein strukturiertes Planungsmanagement
- die Berücksichtigung vielfältiger Interessen und Gesetzesvorgaben

### Was bedeutet Fließgewässerrenaturierung?

Gewässerrenaturierung umfasst alle „Maßnahmen zur Erreichung einer naturnahen Gewässergestalt“ (DWA, 2017). Diese haben das Ziel, einen Fluss oder Bach wieder zu einem funktionsfähigen Ökosystem zu machen, indem die strukturelle Lebensraumvielfalt (d.h. die Gewässerstrukturgüte) so weit wie möglich verbessert wird. Oftmals ist der Referenzzustand in unseren jahrhundertlang genutzten und veränderten Fließgewässern jedoch nicht vollständig wiederherstellbar. Daher wird in vielen Fällen angestrebt, Bäche und Flüsse *als Teil der Kulturlandschaft* wiederzubeleben. Beispiele für Renaturierungsmaßnahmen (s. Abb. 20–Abb. 23):

- Rückbau von Uferbefestigung, Sohlenverbau oder Begradigung
- Anlegen von Gewässerrandstreifen oder eines breiten, naturbelassenen „Entwicklungskorridors“ für das Fließgewässer
- Uferbepflanzung und Wiederanbindung des Gewässers an die Aue
- Aufwertung der Gewässersohle durch Einbringen von Kies und/oder Störelementen → Erhöhung der Strömungs- und Substratdiversität.

### Zieldefinition

Gewässerschutz- und Renaturierungsmaßnahmen sind nur dann effektiv, wenn die Ursachen vorherrschender ökologischer Probleme als Planungsgrundlage dienen. Da jeder Gewässerabschnitt eng mit den stromaufwärts und stromabwärts gelegenen Abschnitten verbunden ist, sollten neben lokalen Faktoren (z.B. Querbauwerke, Begradigung) auch (über-) regionale Faktoren (z.B. Landnutzung, verändertes Abflussregime und Sedimenthaushalt) berücksichtigt werden. Ihre volle Wirksamkeit entfalten Renaturierungsmaßnahmen nur dann, wenn sie nicht isoliert sondern im Einklang mit übergeordneten Maßnahmen geplant werden.

Einen kompakten Überblick der **aktuellen Forderungen der deutschen Umweltverbände zum Gewässerschutz** bietet die Dessauer Erklärung<sup>10</sup> (von Vittorelli et al., 2019).

**Richtungsweisend** für Renaturierungsmaßnahmen sind grundsätzlich die Gewässerleitbilder (vgl. Dahm et al. 2014) sowie die Bewirtschaftungspläne und Maßnahmenprogramme, die die Bundesländer zur Umsetzung der WRRL für Fließgewässer mit einem Einzugsgebiet > 10 m<sup>2</sup> erstellen. Obwohl der Anteil kleiner Fließgewässer am gesamten Fließgewässernetz über 80 Prozent ausmacht, liegen für kleine Fließgewässer häufig noch keine Entwicklungskonzepte vor.

Die aus ökologischer Sicht erforderlichen Schutz- und Renaturierungsmaßnahmen können zu **Zielkonflikten** mit verschiedenen Gewässernutzungsberechtigten und -interessenten führen (DVL e.V., 2010; Umweltbundesamt, 2019). In der Praxis wird die Umsetzung von Renaturierungsmaßnahmen häufig durch bestehende Flächennutzungen und mangelnde Flächenverfügbarkeit beschränkt (z.B. durch massiven Uferverbau oder angrenzende Gebäude, vgl. Abb. 23). Daher ist es entscheidend, die Öffentlichkeit rechtzeitig über ein Renaturierungsvorhaben zu informieren und Möglichkeiten zur **Partizipation und Mitgestaltung** zu schaffen. Folgende **Akteure und Stakeholder** sollten dabei berücksichtigt werden:

<sup>10</sup> Online verfügbar unter <https://www.naturfreunde.de/sites/default/files/attachments/2019-11-erklaerung-gewaesserschutz.pdf>

- Lokale Wasser- und Umweltbehörden bzw. Landesamt für Umwelt
- Flächenverantwortliche bzw. Flächeneigentümer
- Anlieger
- Land- und Forstwirte
- Umweltschutzverbände und Vereine, evtl. Bachpaten
- Vertreter\*innen von Wasserwirtschaft bzw. Wasserkraftwerken
- Angel- und Fischereivereine, Wassersportvereine
- Interessierte Öffentlichkeit, lokale/regionale Medienvertreter
- Denkmalschutz (bei historischen Bauwerke wie z.B. Wehre/Mühlen)

### Rechtliche Vorgaben für die Umsetzung

Größere Renaturierungsprojekte („Gewässerausbau“ bzw. „Gewässerumbau“, UBA, 2019<sup>11</sup>) werden meist durch ein Plangenehmigungsverfahren umgesetzt. Kleinere Projekte („Gewässerunterhaltung“) können in der Regel nach Abstimmung mit der lokal zuständigen Genehmigungsbehörde mit weniger bürokratischem Aufwand umgesetzt werden (vgl. UBA, 2019<sup>12</sup>).

Wie bei einem spezifischen Renaturierungsvorhaben vorzugehen ist, muss im Einzelfall von der Genehmigungsbehörde und/oder dem Unterhaltungspflichtigen entschieden werden.

Im Folgenden einige **Beispiele für kleinere Renaturierungsmaßnahmen**, die z.B. durch lokale Engagiertengruppen (nach Absprache mit den zuständigen Behörden) realisiert oder veranlasst werden können (vgl. UBA, 2019<sup>13</sup>):

- Einbringen von Strukturelementen (Störsteine, Ufersporne, verankern kleinerer Totholzelemente)
- Standortgerechte Uferbepflanzungen z.B. mit Erlen und Weiden
- Einbringen natürlicher Substrate (Kiesbett oder Kiesbänke, Bepflanzung von Fließgewässern mit betonierter Sohle innerhalb von Ortschaften, vgl. Abb. 21, Abb. 22)
- Eigendynamische Entwicklung eines Baches ermöglichen: dazu werden diejenigen Unterhaltungsmaßnahmen eingestellt, die bisher eine naturnahe Entwicklung verhindert haben (z.B. Mahd von Uferböschungen, Entfernen von Totholz, Erneuerung von Ufersicherungen)



**Abb. 20: Entwicklungskorridor im ländlichen Umfeld an der Wümme (Niedersachsen).**

Bildquelle: Umweltbundesamt 2019,

[www.umweltbundesamt.de/wuemme-fischotter-lachs-tuepfelsumpfhuhn-sind?sprungmarke=entwicklungskorridor#entwicklungskorridor](https://www.umweltbundesamt.de/wuemme-fischotter-lachs-tuepfelsumpfhuhn-sind?sprungmarke=entwicklungskorridor#entwicklungskorridor)

<sup>11</sup><https://www.umweltbundesamt.de/naturnahe-gewaesserunterhaltung-als?sprungmarke=unterhaltung#unterhaltung>

<sup>12</sup><https://www.umweltbundesamt.de/renaturierungen-planen-umsetzen-kontrollieren?parent=74909#planungsziele>

<sup>13</sup><https://www.umweltbundesamt.de/naturnahe-gewaesserunterhaltung-als#aufgaben-der-gewaesserunterhaltung>

#### Weitere hilfreiche Informationen zur Fließgewässerrenaturierung des Umweltbundesamts:

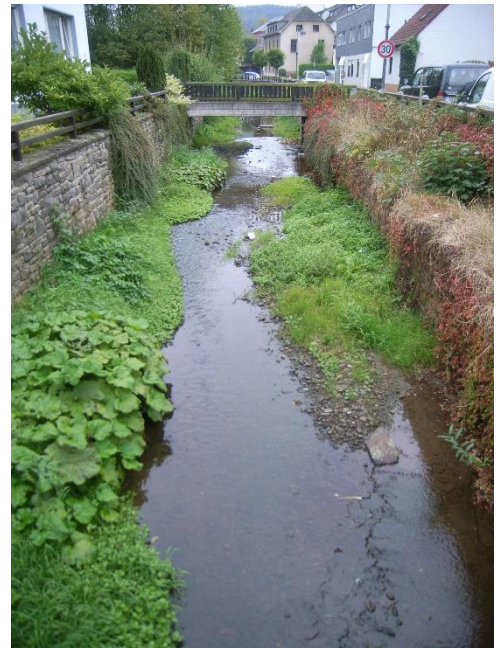
- <https://www.umweltbundesamt.de/gewaesserrenaturierung-planung-durchfuehrung>
- <https://www.umweltbundesamt.de/gewaesserrenaturierung-renaturierungsaspekte>
- <https://www.umweltbundesamt.de/finanzierung-foerderung-von?parent=74909>
- <https://www.umweltbundesamt.de/gewaesserrenaturierung-projektbeispiele>



**Abb. 21: Kiesbänke an der Wümme.** Durch das Anlegen von Kiesbänken kann die Gewässersohle aufgewertet werden, auch wenn das Gewässerprofil durch umliegende Nutzungen nicht verändert werden kann.

Bildquelle: Umweltbundesamt, 2019.

<https://www.umweltbundesamt.de/wuemme-fischotter-lachs-tuepfelsumpfhuhn-sind?sprungmarke=aufwertungen#aufwertungen>



**Abb. 22: Naturnahe Gewässersohle in einem urbanen Fließgewässer.** Auch innerhalb technisch ausgebauter Gewässerprofile können Kiesbänke und Vegetation die Gewässersohle aufwerten.

Bildquelle: Umweltbundesamt 2019,

<https://www.umweltbundesamt.de/renaturierungsmassnahmen-zur-verbesserung-des?sprungmarke=massnahmentypen#profil>

### 7.3. Wasser- und Fließgewässerschutz im Alltag

- Haushalts- und Gartenabwässer von aggressiven chemischen und toxischen Stoffen freihalten (Öle, Farbstoffe und Lacke nicht im Abwasser entsorgen, auf Pflanzenschutzmittel verzichten)
- Biologisch abbaubare Reinigungs- und Putzmittel verwenden

Wasserbewusst einkaufen: regional, saisonal, mit möglichst kurzem Transportweg und möglichst wenig künstlicher Bewässerung produziert

- Lebensmittel und Textilien aus biologischem Anbau kaufen
- Im Haushalt Wasser sparen:
  - beim Zähneputzen, Geschirrspülen, ...
  - wassersparenden Duschkopf bzw. Klospülung einbauen
  - Wasser wiederverwenden: z.B. Restwasser fürs Blumengießen, Regentonnen installieren
- soziales Umfeld auf (Fließ-)Gewässerschutz aufmerksam machen
- in sozialen Medien über (Fließ-)Gewässerschutz kommunizieren
- die Lokalpolitik auf notwendige/mögliche Maßnahmen für den (Fließ-) Gewässerschutz aufmerksam machen
- aktives Engagement in der Gewässerrenaturierung
- sich an der Erfassung der Artenvielfalt und des ökologischen Zustands von Fließgewässern beteiligen (Monitoring)

## Trägt die biologische Landwirtschaft zum Fließgewässerschutz bei?

Auszug aus dem Thünen-Report (Sanders & Hess, 2019, S. IV)<sup>14</sup>:

„[...] Die Auswertung der wissenschaftlichen Literatur ergab über alle Indikatoren hinweg, dass die ökologische Bewirtschaftung gegenüber der konventionellen Variante im Bereich des Umwelt- und Ressourcenschutzes bei 58 % der analysierten Vergleichspaare Vorteile aufwies. Bei 28 % konnten keine Unterschiede festgestellt werden, bei 14 % der Vergleichspaare war die konventionelle Variante vorteilhafter [...]

Die wichtigsten Ergebnisse der einzelnen Leistungsbereiche lassen sich wie folgt zusammenfassen:  
[...]

**Wasserschutz:** Die ökologische Landwirtschaft zeigt ein hohes Potenzial zum Schutz von Grund- und Oberflächenwasser, nachweislich insbesondere für den Eintrag von Nitrat- und Pflanzenschutzmitteln. Im Mittel vermindert eine ökologische Bewirtschaftung in den ausgewerteten Untersuchungen die Stickstoffausträge um 28 % (Median). Durch den Verzicht auf chemisch-synthetische Pflanzenschutzmittel wird der Eintrag von Wirkstoffen mit einer potenziell hohen Umwelttoxizität unterbunden. Auch bei Tierarzneimitteln kann aufgrund der Produktionsvorschriften für die ökologische Tierhaltung von deutlich geringeren Einträgen ausgegangen werden. Hinsichtlich der Phosphoreinträge in Gewässer lassen die Produktionsvorschriften ebenfalls eine geringere Belastung erwarten. Für eine gut abgesicherte Aussage liegen allerdings nicht genügend geeignete Studien vor, insbesondere weil vergleichende Untersuchungen zum Phosphorabtrag durch Erosion fehlen. Die Auswertung der Untersuchungen zeigt, dass die ökologische Variante bei 71 % der Paarvergleiche hinsichtlich des Austrags kritischer Stoffgruppen (Stickstoff, Pflanzenschutzmittel) eindeutige Vorteile gegenüber der konventionellen Bewirtschaftung aufwies. Insofern kann der ökologische Landbau insbesondere auch zur Bewirtschaftung von Wasserschutzgebieten empfohlen werden. [...]“

<sup>14</sup> Vollständiges Dokument online verfügbar unter: [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/dn060722.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn060722.pdf)

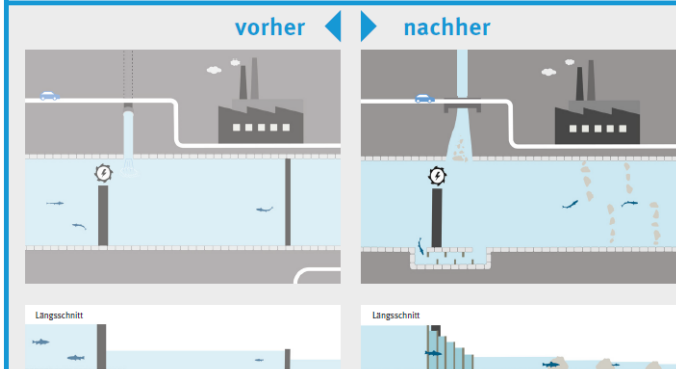


# Maßnahmen zur Renaturierung von Fließgewässern

Um Fließgewässer zu renaturieren, muss nicht immer der Bagger kommen. Dynamische Gewässer gestalten ihre Renaturierung selbst, wenn man ihnen Entwicklungsraum gibt und Initialmaßnahmen durchführt. Kann der Gewässerlauf nicht verändert werden, so können kleine Maßnah-

men dennoch die Struktur des Gewässers wesentlich verbessern. Über 90% der deutschen Flüsse und Bäche sind begradigt, eingengt, verrohrt oder von Bauwerken unterbrochen. Durch Renaturierungen kann der ökologische Zustand und die Attraktivität der Gewässer verbessert werden.

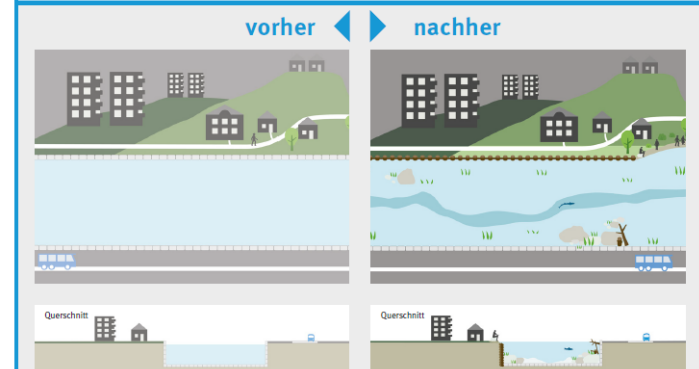
## Wenn Hindernisse vorhanden sind:



- Querbauwerke entfernen
- Hindernisse zu durchgängigen Gleiten umbauen
- Fischschutz- und Fischabstiegseinrichtungen errichten
- Durchlässe und Verrohrungen umgestalten
- Zuläufe naturnah anbinden
- Naturnahe Gewässerunterhaltung

Mehr zu Maßnahmen für die Durchgängigkeit: [uba.de/massrenat-hinderniss](https://uba.de/massrenat-hinderniss)

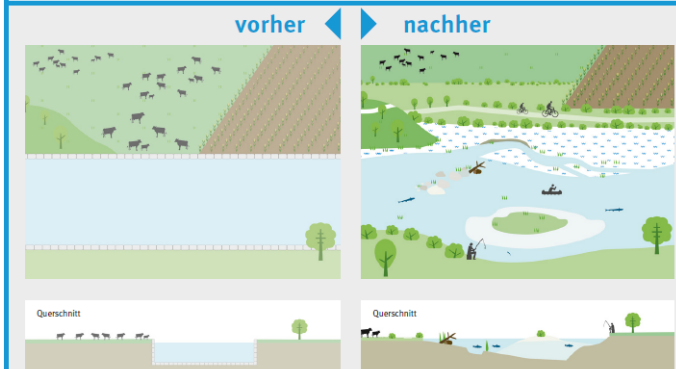
## Wenn der Gewässerlauf nicht verändert werden kann:



- Entwicklung von Ablagerungen und Verkrautung zulassen
- Strukturelemente (z. B. Totholz) einbauen
- Gewässersohle anheben
- Niedrigwasserrinne gestalten
- Natürliche Gewässersohle herstellen
- Technischen Uferverbau austauschen
- Ufer abflachen
- Naturnahe Gewässerunterhaltung

Mehr zu Maßnahmen im bestehenden Profil: [uba.de/massrenat-laufbleibt](https://uba.de/massrenat-laufbleibt)

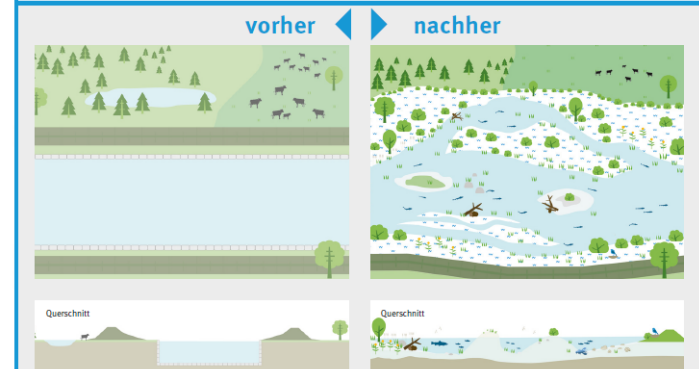
## Wenn Gewässerprofil und Ufer verändert werden können:



- Begradigten Gewässerverlauf neu trassieren
- Uferverbau entfernen
- Strömunglenker einbauen
- Ufer und Gewässernahbereiche abflachen
- Ufer strukturreich gestalten
- Gewässerrandstreifen anlegen
- Eigendynamik in Teilbereichen zulassen
- Naturnahe Gewässerunterhaltung

Mehr zu Maßnahmen im Gewässer und im Nahbereich: [uba.de/massrenat-uferprofil](https://uba.de/massrenat-uferprofil)

## Wenn weiträumige Entwicklung möglich ist:



- Deiche rückverlegen
- Nutzung im Gewässerumfeld extensivieren
- Breiten Gewässerentwicklungskorridor anlegen
- Überflutungsräume sichern und erweitern
- Altarme reaktivieren oder Seitenarme anlegen
- Eigendynamik zulassen bzw. anstoßen
- Naturnahe Gewässerunterhaltung

Mehr zu Maßnahmen bis weit in die Aue: [uba.de/massrenat-weitraum](https://uba.de/massrenat-weitraum)



## 8. Quellenverzeichnis

- Beketov, M. A., Kefford, B. J., Schafer, R. B., & Liess, M. (2013). Pesticides reduce regional biodiversity of stream invertebrates. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(27), 11039–11043. <https://doi.org/10.1073/pnas.1305618110>
- BMU. (2019). *Aktionsprogramm Insektenschutz*. <https://www.bmu.de/insektenschutz/>
- BMU & UBA (Hrsg.). (2017). *Wasserwirtschaft in Deutschland. Grundlagen, Belastungen, Maßnahmen*. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.
- Bohner, A., Schellberg, S., Arnold, B., & Diederich, S. (2018). *Gewässer erleben. Bilden & Begeistern. Gewässerführeraus- und Fortbildung Baden-Württemberg* (3. Auflage). WBW Fortbildungsgemeinschaft für Gewässerentwicklung mbH.
- Bonn, A., Richter, A., Vohland, K., Pettibone, L., Brandt, M., Feldmann, R., Goebel, C., Greife, C., Hecker, S., Hennen, L., Hofer, H., Kiefer, S., Klotz, S., Kluttig, T., Krause, J., Küsel, K., Liedtke, C., Mahla, A., Neumeier, V., Premke, Kraus, M., Rillig, M. C., Röller, O., Schäffler, L., Schmalzbauer, B., Schneidewind, U., Schumann, A., Settele, J., Tochtermann, K., Tockner, K., Vogel, J., Volkmann, W., von Unger, H., Walter, D., Weisskopf, M., Wirth, C., Witt, T., Wolst, D. & D. Ziegler, 2016. Grünbuch: Citizen Science Strategie 2020 für Deutschland.
- Bundesamt für Naturschutz BfN. (2019). *Ökosystemleistungen von Auen und Fließgewässern*. <https://www.bfn.de/themen/gewaesser-und-auenschutz/oekosystemleistungen-auen.html>
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit BMU. (2011). *Die Europäische Wasserrahmenrichtlinie und ihre Umsetzung in Deutschland*. <https://www.bmu.de/themen/wasser-abfall-boden/binnengewaesser/gewaesserschutzpolitik/deutschland/umsetzung-der-wrrl-in-deutschland/>
- Dahm, V., Haase, P., Döbelt-Grüne, S., & Wagner, F. (2014). *Hydromorphologische Steckbriefe der deutschen Fließgewässertypen. Anhang 1 von „Strategien zur Optimierung von Fließgewässer-Renaturierungsmaßnahmen und ihrer Erfolgskontrolle“*. Umweltbundesamt Text 43/2014. [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte\\_43\\_2014\\_hydromorphologische\\_steckbriefe\\_der\\_deutschen\\_fliessgewaessertypen\\_0.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_43_2014_hydromorphologische_steckbriefe_der_deutschen_fliessgewaessertypen_0.pdf)
- DWA, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, 2017. Merkblatt DWA-M 600: Begriffe aus der Gewässerunterhaltung und Gewässerentwicklung (Entwurf).
- Engelhardt, W., Martin, P., Rehfeldt, K., & Pfadenhauer, J. (2015). *Was lebt in Tümpel, Bach und Weiher? Pflanzen und Tiere unserer Gewässer* (17. Auflage). Kosmos.
- Graw, M., & Berg, R. (2011). *Ökologische Bewertung von Fließgewässern* (5. Auflage). Vereinigung Deutscher Gewässerschutz (VDG) e.V.
- Haines-Young, R., & Potschin, M. (2010). *Proposal for a Common International Classification of Ecosystem Goods and Services (CICES) for integrated environmental and economic accounting*. European Environment Agency.
- Hallmann, C. A., Sorg, M., Jongejans, E., Siepel, H., Hofland, N., Schwan, H., Stenmans, W., Müller, A., Sumser, H., Hörrn, T., Goulson, D., & de Kroon, H. (2017). More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLOS ONE*, 12(10), e0185809. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185809>
- Hartje, V., Meyerhoff, J., & Dehnhardt, A. (2003). *Monetäre Bewertung einer nachhaltigen Entwicklung der Stromlandschaft Elbe. Forschungsvorhaben gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen des Programms Elbe-Ökologie*. Technische Universität Berlin, Institut für Landschaftsarchitektur- und Umweltplanung, Institut für ökologische Wirtschaftsforschung GmbH (IÖW), Berlin.
- Knillmann, S., Orlinskiy, P., Kaske, O., Foit, K., & Liess, M. (2018). Indication of pesticide effects and recolonization in streams. *Science of The Total Environment*, 630, 1619–1627. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.02.056>
- Korte, T., Hromek, M., Chill, J., & Mense, A. (2010). *AquaWis Unterrichtsreihe Sekundarstufe II: Köcherfliegen lügen nicht*. (Natur- und Umweltschutz-Akademie des Landes Nordrhein-Westfalen (NUA), Ruhrverband WasserWissen.Ruhr, & Universität Duisburg-Essen, Abteilung Angewandte Zoologie / Hydrobiologie, Hrsg.). Deutsche Bundesstiftung Umwelt; Stiftung Sauberes Wasser Europa. <https://www.wasserwissen.ruhr/hauptmenue/lernmaterial/lernmaterialesekundarstufe-2/download-koecherfliegen-luegen-nicht/>
- Landsberg-Becher, J.-W., Prankel, K., & Köppke, B. (2002). *Bach-Land-Fluss: Untersuchung von Fließgewässern und ihres Einzugsbereichs*. Schulen für eine lebendige Elbe. Deutsche Umwelthilfe (DUH).
- LAWA (Hrsg.). (1999). *Gewässerstrukturgütekartierung in der Bundesrepublik Deutschland. Verfahren für kleine und mittelgroße Gewässer*.
- Liess, M., Schäfer, R. B., & Schriever, C. A. (2008). The footprint of pesticide stress in communities—Species traits reveal community effects of toxicants. *Science of The Total Environment*, 406(3), 484–490. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.05.054>

- Liess, M., & Von Der Ohe, P. C. (2005). Analysing the effects of pesticides on invertebrate communities in streams. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 24(4), 954. <https://doi.org/10.1897/03-652.1>
- Liess, M., & von der Ohe, P. C. V. D. (2005). Analyzing effects of pesticides on invertebrate communities in streams. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 24(4), 954–965. <https://doi.org/10.1897/03-652.1>
- Meier, C., Haase, P., Rolaufts, D., Schindehütte, K., Schöll, F., Sundermann, A., & Hering, D. (2006). *Methodisches Handbuch Fließgewässerbewertung. Handbuch zur Untersuchung und Bewertung von Fließgewässern auf der Basis des Makrozoobenthos vor dem Hintergrund der EG-Wasserrahmenrichtlinie.*
- Peters, K., Bundschuh, M., & Schäfer, R. B. (2013). Review on the effects of toxicants on freshwater ecosystem functions. *Environmental Pollution*, 180, 324–329. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.05.025>
- Reese, M., Bedtke, N., Gawel, E., Klauer, B., Köck, W., & Möckel, S. (2018). *Wasserrahmenrichtlinie - Wege aus der Umsetzungskrise: Rechtliche, organisatorische und fiskalische Wege zu einer richtlinienkonformen Gewässerentwicklung am Beispiel Niedersachsens* (1. Auflage). Nomos.
- Schäfer, A., & Kowatsch, A. (2015). *Gewässer und Auen—Nutzen für die Gesellschaft*. Bundesamt für Naturschutz (BfN).
- Schäfer, R. B., von der Ohe, P. C., Rasmussen, J., Kefford, B. J., Beketov, M. A., Schulz, R., & Liess, M. (2012). Thresholds for the Effects of Pesticides on Invertebrate Communities and Leaf Breakdown in Stream Ecosystems. *Environmental Science & Technology*, 46(9), 5134–5142. <https://doi.org/10.1021/es2039882>
- Schönborn, W., & Risse-Buhl, U. (2013). *Lehrbuch der Limnologie* (2., vollständig überarbeitete Auflage). Schweizerbart.
- Seibold, S., Gossner, M. M., Simons, N. K., Blüthgen, N., Müller, J., Ambarli, D., Ammer, C., Bauhus, J., Fischer, M., Habel, J. C., Linsenmair, K. E., Nauss, T., Penone, C., Prati, D., Schall, P., Schulze, E.-D., Vogt, J., Wöllauer, S., & Weisser, W. W. (2019). Arthropod decline in grasslands and forests is associated with landscape-level drivers. *Nature*, 574(7780), 671–674. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1684-3>
- Yamamuro, M., Komuro, T., Kamiya, H., Kato, T., Hasegawa, H., & Kameda, Y. (2019). Neonicotinoids disrupt aquatic food webs and decrease fishery yields. *Science*, 366(6465), 620–623. <https://doi.org/10.1126/science.aax3442>

***Viel Spaß am Bach und herzlichen Dank  
für Ihr Engagement im FLOW-Projekt!***



Schülerinnen und Schüler beim Beprobieren des Lungwitzbachs/Sachsen. @ Julia v. Gönner, 2019.