



Arbeitshilfe

Klimawandel und kleine Gewässer



**Gewässer
Nachbarschaften
Bayern**

Impressum

Arbeitshilfe: Klimawandel und kleine Gewässer

Herausgeber:

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg
Tel.: 0821 9071-0
E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de
Internet: www.lfu.bayern.de

Konzept/Text:

LfU: Dr. Thomas Henschel, Werner Rehklaue, Dominik Bernolle, Thomas Grebmayer, Ulrich Kaul, Dr. Harald Morscheid, Daniela Rau, Maximilian Wolff, Lukas Zwosta, Dr. Gisela Kangler, Patrick Hübner
Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz: Dr. Andreas Kolbinger, Timo Krohn
Regierung der Oberpfalz: Raimund Schoberer

Praxisbeispiele von Beraterinnen und Beratern der Gewässer-Nachbarschaften Bayern

Wasserwirtschaftsamt Rosenheim: Dr. Thomas Bittl
Wasserwirtschaftsamt Weilheim: Britta Huber
Wasserwirtschaftsamt Hof: Michael Stocker, Hagen Rothemund

Praxisbeispiel eines Landschaftsplanungsbüros:

arc.grün Landschaftsarchitekten und Stadtplaner: Thomas Wirth

Redaktion:

LfU: Dr. Thomas Henschel, Werner Rehklaue, Julia Tenikl

Bildnachweis:

Text:

Robert Brandhuber: Abb. 2; Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft: Abb. 3, 4; Ländliche Entwicklung in Bayern: Abb. 5; Prof. Dr. Heiko Sieker: Abb. 6; Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz: Abb. 9; Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA-M-612): Abb. 15, 16; Hagen Rothemund: Abb. 17; Wasserwirtschaftsamt Ansbach: Abb. 18; Thomas Wirth, arc:grün: Abb. 19 - 22; Dr. Thomas Bittl: Abb. 23-26; Britta Huber: Abb. 27-35.

Vortrag:

Wasserwirtschaftsamt Hof: F. 1li.; Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz: F. 1r., 16; Armin Rieg: F. 4; Allianz Umweltstiftung: F. 7, 8; Thomas Berndt: F. 13li., 17li.; Wasserwirtschaftsamt Ansbach: F. 15, 25, 53li.; René Heinrich: F. 17r.; Polizeipräsidium Niederbayern: F. 19li.; Pressefoto Geiring: F. 19r.; Werner Rehklaue: F. 20, 54; Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL): F. 22li. o.; Robert Brandhuber: F. 22m. o., 22r. u., 30m. u.; Friedrich Nüßlein: F. 22m. u., F. 22r. u.; Wasserwirtschaftsamt Weilheim: F. 23li., 52r. o.; Thomas Grebmayer: F. 24li.; Langford (1990): F. 26li.; Landesfischereiverband Bayern: F. 26r.; Dr. Andreas Zehm: F. 27li., 27m. o.; Wasserwirtschaftsamt Regensburg: F. 27m. u.; Bundesamt für Naturschutz: F. 27r. u.; Thomas Atzenhofer: F. 28r. u.; Ulrich Kaul: F. 30li. o.; Anita Högenauer: F. 30m. o., 30r. o., 30r. u.; Markus Gandorfer: F. 30li. u.; Ländliche Entwicklung in Bayern: F. 31; Umweltplanung Bullermann Schnebele GmbH: F. 33r. u.; Sylva Orlamünde: F. 34li.; Dr. Andreas Rimböck: F. 34m., 34r.; MUST Städtebau: F. 35, 59; Wasserwirtschaftsamt Kempten: F. 37 l. o., l.u.; Raimund Schoberer: F. 38, 56; WWF Riverwatch: F. 39; Wasserwirtschaftsamt Hof: F. 46; Regierung der Oberpfalz: F. 48; Regierung von Unterfranken: F. 49; Werner Kottmaier: F. 52m.; Bayerische Landeskraftwerke: F. 53r. u.; Thomas Wirth, arc:grün: F. 61; Dr. Thomas Bittl: F. 62; Britta Huber: F. 63; Marco Linke: F. 64.

Alle weiteren Bilder und Karten: Bayerisches Landesamt für Umwelt

Stand:

30.08.2021 (EDV-technische Überarbeitung 2023)

Diese Publikation wird kostenlos im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Bayerischen Staatsregierung herausgegeben. Jede entgeltliche Weitergabe ist untersagt. Sie darf weder von den Parteien noch von Wahlwerbern oder Wahlhelfern im Zeitraum von fünf Monaten vor einer Wahl zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags-, Kommunal- und Europawahlen. Missbräuchlich ist während dieser Zeit insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken und Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zweck der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Publikation nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Staatsregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Den Parteien ist es gestattet, die Publikation zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden.

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte sind vorbehalten. Die publizistische Verwertung der Veröffentlichung – auch von Teilen – wird jedoch ausdrücklich begrüßt. Bitte nehmen Sie Kontakt mit dem Herausgeber auf, der Sie – wenn möglich – mit digitalen Daten der Inhalte und bei der Beschaffung der Wiedergaberechte unterstützt.

Diese Publikation wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Für die Inhalte fremder Internetangebote sind wir nicht verantwortlich.



BAYERN | DIREKT ist Ihr direkter Draht zur Bayerischen Staatsregierung. Unter Tel. 0 89 12 22 20 oder per E-Mail unter direkt@bayern.de erhalten Sie Informationsmaterial und Broschüren, Auskunft zu aktuellen Themen und Internetquellen sowie Hinweise zu Behörden, zuständigen Stellen und Ansprechpartnern bei der Bayerischen Staatsregierung.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	5
2	Klimawandel, was ist das?	8
2.1	Klima ist nicht nur Wetter!	8
2.2	Ursachen des Klimawandels	8
2.3	Der Blick in die Zukunft: Projektionen und Modellrechnungen	9
3	Folgen des Klimawandels für den Wasserhaushalt	11
3.1	Grundlagen	11
3.2	Wassertemperatur	11
3.3	Niederschläge	12
3.3.1	Mehr Starkregen	13
3.3.2	Längere Trockenperioden	14
3.4	Abfluss	14
3.4.1	Hochwasser	15
3.4.2	Niedrigwasser	16
3.5	Grundwasser und seine Bedeutung für Gewässer, Auen, Feuchtgebiete und Moore	17
4	Auswirkungen auf die (kleinen) Gewässer	18
4.1	In den Einzugsgebieten	19
4.2	Ufer und Sohle (Gewässerstruktur)	22
4.3	Chemie und Physik	24
4.4	Biologie und Ökologie	25
4.5	Freizeit und Erholung an Gewässern (Sozialfunktion)	27
4.6	Gewässer in Ortslagen	28
4.7	Gewässernutzungen	29
5	Anpassungsmaßnahmen	31
5.1	Maßnahmen in der Fläche	34
5.1.1	Landschaftsgestaltung und Erosionsschutz ► Folien 30, 31	34
5.1.2	Rückhalt in Auen	36
5.1.3	Rückhalt innerorts, Schwammstädte *	38
5.1.4	Wassersensible Siedlungsentwicklung	39
5.1.5	Speicher, dezentrale Rückhaltebecken *	40

5.1.6	Verbesserung der Abwasserreinigung *	41
5.2	Maßnahmen am Ufer	42
5.2.1	Maßnahmen im gesetzlichen Gewässerrandstreifen	43
5.2.2	Maßnahmen im Uferstreifen	47
5.3	Maßnahmen im Gewässer	50
5.4	Sofortmaßnahmen in Gewässern	54
5.5	Weitere Maßnahmen anderer Träger	57
5.5.1	Regelung der landwirtschaftlichen Entnahmen	57
5.5.2	Anliegermaßnahmen	58
5.5.3	Frühwarnsysteme Main und Donau *	59
5.5.4	Niedrigwasserinformationsdienst (NID)*	60
5.5.5	Niedrigwasseraufhöhungen durch Speicher *	62
5.5.6	Überleitungssystem: Überregionaler Wasserausgleich zwischen Donau-und Maingebiet	63
5.5.7	Erhöhte Anforderungen an Einleiter, Kühlwasser, Wasserkraft *	65
5.5.8	Klimaschutz durch Moorrenaturierungen*	66
6	Anlagen	68
6.1	Arbeitsblätter zur Arbeitshilfe	68
6.2	Praxisbeispiele	69
6.2.1	Breitbach, Stadt Iphofen, Landkreis Kitzingen	69
6.2.2	Braunau, Gem. Tuntenhausen, Landkreis Rosenheim	73
6.2.3	Hungerbach, Eglfing, Landkreis Weilheim-Schongau	76
6.3	Anlage Kap. 5.5	80
7	Literaturverzeichnis und weiterführende Literatur	89

1 Einleitung

Die Arbeitshilfe „Klimawandel und kleine Gewässer“ der Gewässer-Nachbarschaften

Klimaschutz und Klimawandel sind in aller Munde und in den Medien präsent. Was aber sind genau die Probleme für den Wasserhaushalt und die Gewässer in unseren Landschaften? Welche Auswirkungen hat der Klimawandel auf Bäche, Flüsse und Seen? Und was bedeutet das für Siedlungsbereiche und die Nutzung der Gewässer durch den Menschen? Was sind geeignete Anpassungsmaßnahmen, um besonders auch in und an kleinen Gewässern den Folgen des Klimawandels zu begegnen?

Antworten auf diese Fragen sind aus vielerlei Gründen erforderlich. Zudem schreibt das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) im § 6 Abs.1 Satz 5 fest, dass die Gewässerbewirtschaftung mit dem Ziel zu erfolgen hat, möglichen Folgen des Klimawandels vorzubeugen. Dieses Ziel richtet sich auch an die Kommunen als Träger der Unterhaltslast an ihren Gewässern. Es bestand daher ein großer Bedarf, „Neuland“ zu betreten und dieses Thema in einer Arbeitshilfe für die Gewässer-Nachbarschaften Bayern aufzugreifen.

Die vorliegende Arbeitshilfe hat nicht den Anspruch, den Erkenntnisstand wissenschaftlich und umfassend darzustellen, sondern fasst das Wesentliche aus der Fülle aktueller Hintergrundinformationen zusammen. Darauf aufbauend werden praktische Hilfen und Vorschläge angeboten.

Die Arbeitshilfe richtet sich an die Praktiker in den Kommunen, Zweckverbänden und Pflegeverbänden, die an Gewässern 3. Ordnung im Rahmen der Unterhaltung tätig sind, die Maßnahmen planen und umsetzen. Die von Beraterinnen und Berater der Gewässer-Nachbarschaften Bayern ausgewählten Praxisbeispiele verdeutlichen den Beitrag der naturverträglichen Gewässerunterhaltung zur Abpufferung der Auswirkungen des Klimawandels auf kleinere Gewässer. Weitere wasserwirtschaftliche Aufgaben der Kommunen werden knapp angesprochen, wenn es einen Bezug zum Thema gibt. Wichtige Maßnahmen, die der Staat und andere Akteure an und in Gewässern bei der Klimaanpassung umsetzen, runden das Angebot als Hintergrundinformationen ab.

Die Autorinnen und Autoren wünschen und hoffen, dass sie mit dieser Arbeitshilfe die besondere Bedeutung des Themas verdeutlichen können und sich daraus viele Anregungen für die tägliche Arbeit ergeben.

► Folie 2

Klimawandel und dessen Folgen - ein facettenreiches Thema

Eine Reihe von Gründen erschweren den Umgang mit dem Klimawandel:

So kann man z. B. das bekannteste sog. „Treibhausgas“ CO₂ (Kohlendioxid) nicht sehen, riechen oder spüren - nur messen. Und außerdem: Klima ist nicht gleich Wetter!

In Diskussionen fallen durchaus noch relativierende Aussagen wie „der Klimawandel ist bei uns noch kein Thema“, „nix Genaues weiß man nicht“ und „es wird schon nicht so schlimm kommen“.

Mehr und mehr setzt sich jedoch der gesellschaftliche Konsens durch, dass es sich nicht um ein zukünftiges Problem handelt: Der Klimawandel findet längst statt, weltweit und auch in Bayern, wir alle sind mitten drin. Dies zeichnet sich z. B. ganz allgemein seit Jahrzehnten in einem Anstieg der Durchschnittstemperaturen ab. Klimaprojektionen schätzen auch die künftige Entwicklung für Bayern so ein.

Wasserhaushalt und Gewässer sind v. a. mit folgenden Auswirkungen stark betroffen:

- Weil es immer wärmer wird, haben sich auch Flüsse, Bäche und Seen in den letzten 30 Jahren deutlich erwärmt, in Bayern im Durchschnitt um 1,5 °C. Die Erwärmung wird weitergehen: bis Mitte des 21. Jahrhunderts wird eine weitere Erhöhung um 0,6 °C erwartet, mit negativen Auswirkungen auf die Ökologie der Gewässer.

- Trockenjahre mit Dürren häufen sich, belasten den Stoffhaushalt und die Ökologie der Gewässer. Viele Nutzungen müssen in dieser Zeit eingeschränkt oder eingestellt werden. In Bayern sind in den letzten 20 Jahren vier Jahre viel zu trocken gewesen, so zuletzt 2018. In weiteren Jahren fiel zudem eine unterdurchschnittliche Niederschlagsmenge.
- Wetterextreme mit intensiven und/oder langandauernden Niederschlägen verursachen großräumige Flusshochwasser mit starken Überflutungen und hohen Schäden. In Bayern sind innerhalb von etwas mehr als 20 Jahren vier große Hochwasser mit Jährlichkeiten über HQ₁₀₀ aufgetreten, so zuletzt 2013.
- Kleinräumig auftretende Gewitterzellen, die in einem Gebiet als Starkregen niedergehen, führen zu räumlich begrenzten, aber starken Überschwemmungen und Sturzfluten. Bodenabschwemmungen und Stoffeinträge verschlammten die Gewässer und belasten so ebenfalls die Ökologie der Gewässer, Schäden an Infrastruktur und landwirtschaftlichen Nutzflächen sind auch hier die Folgen. Das sog. „wild abfließende Wasser“ führt selbst dort zu Hochwasserschäden, wo es sonst dauerhaft keine Gewässerläufe gibt. Allein im Mai 2016 sind in Bayern mehr als 50 solcher Einzelereignisse aufgetreten, besonders dramatisch im niederbayerischen Simbach am Inn. Auch jüngst im Juli 2021 haben Hochwasserereignisse Teile Bayerns betroffen, der Schwerpunkt lag bundesweit in Nordrhein-Westfalen und in Rheinland-Pfalz.

► Folien 3,4



Alle Zeichen sagen: aus Indizien und Einzelereignissen ist ein deutlicher Trend ablesbar. Der Klimawandel wird sich fortsetzen, mit Folgen in allen Lebensbereichen. Neben dem Klimaschutz (der Verminderung des Treibhausgasausstoßes) ist deshalb die Anpassung an den Klimawandel eine immer wichtiger werdende Aufgabe.

Umsetzungen in Politik und Verwaltung in Bayern

- Studien zur Klimaanpassung und Klima-Reports in Bayern;
- seit 2007 eigenes Klimaschutzprogramm, mit Finanzierungen und Förderprogrammen in dreistelliger Millionenhöhe.

- Gewässer-Aktionsprogramm Bayern 2030 (Kabinettsbeschluss 2018): Fortführung des bisherigen Hochwasserschutz-Aktionsprogramms mit stärkerer Betonung des ganzheitlichen Ansatzes beim Hochwasserschutz und unter Einbeziehung der Anpassungen an den Klimawandel; zudem engerer Verknüpfung mit Gewässerökologie sowie Freizeit- und Erholungsnutzung an Gewässern („Sozialfunktion“)
- Bündelung von rund 100 Einzelmaßnahmen in der bayerischen Klimaschutzoffensive im November 2010 in einem 10-Punkte-Plan
- „Bayernweiter Aktionsplan für die Bewässerung“ (Kabinettsbeschluss 2018)
- Verabschiedung des bayerischen Klimaschutzgesetzes im November 2020
- Dachmarke „Wasserzukunft Bayern 2050“: Ankündigung einer ganzheitlichen Wasserstrategie durch den Bayerischen Umweltminister (Regierungserklärung vom Oktober 2020), die auch das Thema Trockenheit aufgreift.

Fachliche Grundlagen für die Klimaanpassung in Bayern

- Bayern ist Gründungsmitglied der Kooperation „Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft“ ([KLIWA](#)). Darin erarbeiten der Deutsche Wetterdienst (DWD) und mehrere Bundesländer die wissenschaftlichen Grundlagen und geeignete Vorsorgemaßnahmen zur Klimaanpassung. Ergänzt werden diese durch verschiedene Forschungsprojekte im Bereich Wasser und Klimawandel.
- Die Bayerische Klimaanpassungsstrategie (BayKLAS) von 2016 zeigt für alle Lebensbereiche, Ressorts und Schwerpunktfelder detailliert die erforderlichen Maßnahmen auf. Darunter sind mehr als ein Dutzend Maßnahmen der Gewässerökologie im Handlungsfeld Wasserwirtschaft.
- Speziell für die Wasserwirtschaft sind Klimaanpassungsmaßnahmen umfangreich behandelt worden. Eine detaillierte Abschätzung der Länder Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) findet sich im sogenannten [LAWA-BLANO-Maßnahmenkatalog](#) (näheres siehe Kap. 5 und Anlage 6.3). Der 2020 erschienene Katalog verknüpft die Klimaanpassung mit den zur Umsetzung der EG-Richtlinien erstellten LAWA-Maßnahmenkatalog und bewertet, ob und wie die Maßnahmen einen Beitrag zur Anpassung an den Klimawandel haben. Damit kann bei der Maßnahmenplanung für einen guten Zustand der Gewässer die Wirkung der ausgewählten Maßnahmen unter dem Einfluss des Klimawandels, aber auch zur Anpassung an den Klimawandel berücksichtigt werden.

2 Klimawandel, was ist das?

2.1 Klima ist nicht nur Wetter!

„Wetter“ und „Klima“ müssen genau voneinander unterschieden werden: „Wetter“ beschreibt den aktuellen Zustand der Atmosphäre, d. h. alles, was in einem Zeitraum von Stunden bis Tagen vom Menschen erlebt und wahrgenommen werden kann (z. B. Sonnenschein, Wolken, Wind, alle Formen von Niederschlägen wie Regen, Schnee, Nebel). „Klima“ beschreibt dagegen die Verhältnisse in der Atmosphäre über einen längeren Zeitraum hinweg. Hier wird – etwas abstrakt - der mittlere Zustand von bestimmten Größen, wie z. B. die durchschnittliche Lufttemperatur (in einem Monat, in einer Jahreszeit) oder die durchschnittlichen jährlichen Niederschläge über längere Zeiträume (mindestens 30 Jahre) hinweg beschrieben. Während beim Wetter also das persönliche Empfinden durch den Menschen eine große Rolle spielt, steht beim Klima die Auswertung langjähriger Datenreihen im Vordergrund: „Wetter kann man fühlen – Klima ist Statistik!“ ► **Folie 6**

2.2 Ursachen des Klimawandels

► **Folien 7, 8**

Klimaänderungen haben in der Erdgeschichte immer wieder stattgefunden. Bei den Ursachen muss jedoch zwischen natürlichen und anthropogenen, also durch den Menschen hervorgerufenen Einflüssen unterschieden werden. Natürliche Ursachen sind z. B. Schwankungen der Sonnenaktivität, Vulkanausbrüche oder periodisch auftretende Veränderungen der Erdumlaufbahn um die Sonne. Zu den menschengemachten Ursachen gehört neben Landnutzungsänderungen (z. B. Waldrodung, Land- und Viehwirtschaft, Bebauung) vor allem die Verbrennung von fossilen Energieträgern (Kohle, Erdöl, Erdgas). Die menschlichen Aktivitäten haben zu einer fortschreitenden Erhöhung der Konzentration der klimawirksamen Gase in der Erdatmosphäre (Verstärkung des sog. „Treibhauseffekts“) geführt. Neben Kohlenstoffdioxid (CO₂) zählen v. a. Wasserdampf und Methan zu den sog. „Treibhausgasen“.

„Treibhauseffekt“

Die Vorgänge in der Erdatmosphäre haben eine grundsätzliche Ähnlichkeit mit dem, was sich der Mensch in einem Treibhaus zunutze macht: Die Sonne scheint ungehindert hinein, die entstehende Wärme kann aber nicht mehr vollständig entweichen.

Der natürliche Treibhauseffekt in der Atmosphäre macht Leben auf der Erde überhaupt erst möglich. Ohne ihn wäre es gleichbleibend -18°C kalt, mit Treibhauseffekt herrschen etwa +15°C Durchschnittstemperatur. Das funktioniert, weil die von der Sonne geschickte kurzwellige Strahlung beim Auftreffen auf die Erdoberfläche in langwellige Strahlung und damit in Wärme umgewandelt wird. Ein Teil der Wärme wird als sog. „Gegenstrahlung“ in der Erdatmosphäre zurückgehalten. Je höher die Konzentration der Treibhausgase in der Atmosphäre, desto stärker der Effekt. Die Erhöhung der Konzentration von Treibhausgasen durch menschliche Aktivitäten hat daher einen Temperaturanstieg zur Folge.

Dieser Effekt wird v. a. deshalb zum Problem, weil der gesamte Prozess und der Temperaturanstieg durch den menschengemachten Treibhauseffekt viel schneller ablaufen als vergleichbare natürliche Abläufe. Aus klimatologischer Sicht spricht man daher von „Klimawandel“.

Der Zusammenhang zwischen Erderwärmung und menschlichen Aktivitäten ist wissenschaftlich eindeutig erwiesen. Das hat z. B. der Weltklimarat (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC), belegt (zuletzt eindrücklich im August 2021), ein wissenschaftliches Gremium, welches alle sechs bis sieben Jahre den Kenntnisstand zum Klimawandel zusammenträgt. Er stellt fest, dass der menschliche Einfluss auf das Klimasystem die dominante Ursache des seit 1950 bereits beobachteten Erwär-

mungstrends ist. Grund hierfür sei die Freisetzung von Treibhausgasen, v. a. CO₂-aus der Verbrennung fossiler Energieträger und infolge von Landnutzungswechsel (z. B. Rodung der tropischen Regenwälder). Der Mensch verändert daher auch in dieser Hinsicht das gesamte Erdsystem tiefgreifend. Weiterführende Informationen hierzu bietet der [Klima-Report 2021](#) des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Verbraucherschutz.

2.3 Der Blick in die Zukunft: Projektionen und Modellrechnungen

Prognose vs. Projektion

Bei der Betrachtung des Wetters über einen kurzen zukünftigen Zeitraum spricht man von einer „Prognose“, bei langfristigen Aussagen zum Klima in der Zukunft von „Projektion“. Für die Wetterprognose („Vorhersage“) für die nächsten Tage ist es wesentlich, den aktuellen Zustand der Atmosphäre zu untersuchen. Natürliche Rahmenbedingungen (z. B. Schwankungen der Sonnenaktivität) und menschgemachte Veränderungen (z. B. Treibhausgasausstoß) spielen eine untergeordnete Rolle.

Bei Klimaprojektionen stehen die sich ändernden Rahmenbedingungen (z. B. Landnutzung, fossiler Energieverbrauch, Bevölkerungswachstum) im Vordergrund, die aktuelle Situation ist weniger wichtig. Es werden sog. „Szenarien“ betrachtet, d. h. mögliche Entwicklungen unter Annahme unterschiedlicher Rahmenbedingungen, weil immer auch unterschiedliche Entwicklungsrichtungen möglich und denkbar sind (z. B. Wie entwickelt sich die Menge der Treibhausgase in der Erdatmosphäre in den nächsten Jahrzehnten? Wie stark wird das Klimaschutzengagement in Gesellschaft und Politik sein? Welche tatsächliche Klimaveränderung ist darauf aufbauend jeweils tatsächlich zu erwarten?)

Globale Klimamodelle und Klimakennwerte für Bayern

► Folie 9

Für die Erstellung von Modellen zu zukünftigen Veränderungen durch den Klimawandel in Bayern werden globale Modelle (die die ganze Welt abdecken) auf einen regionalen Maßstab heruntergebrochen, um kleinräumigere Unterschiede herauszuarbeiten. Außerdem müssen geeignete Szenarien ausgewählt werden (z. B. „globale Erwärmung wird auf maximal 2,0 °C gegenüber dem vorindustriellen Klima begrenzt“ oder alternativ „Entwicklung ohne Klimaschutzmaßnahmen mit weiterhin stark steigenden Treibhausgasemissionen“).

Da nicht jedes Modell für jedes Szenario und jede Region gleich gut geeignet ist, wird eine Vielzahl von Simulationen betrachtet, um eine möglichst zutreffende Einschätzung zu erhalten (sog. „Ensemble-Ansatz“, am LfU „Bayern-Ensemble“). Dies ist insbesondere für ein naturräumlich vielfältiges Land wie Bayern unverzichtbar. Aus wasserwirtschaftlicher Sicht sind v. a. die Ergebnisse für Sommer- und Winterniederschläge sowie Starkregentage von besonderem Interesse. Voraussichtlich ab etwa Ende 2021 können unter anderem diese sog. „Klimakennwerte“ auch von externen Nutzern über das Bayerische Klimainformationssystem (BayKIS) abgerufen werden.

Abflussprojektionen

Um den Einfluss des Klimawandels auf das zukünftige Abflussgeschehen in Bayern zu untersuchen, wurden am Klima-Zentrum des LfU auch Wasserhaushaltsmodellierungen durchgeführt. Die Klimaprojektionen des „Bayern-Ensembles“ dienen hierbei als Eingangsdaten zur Erstellung von Abflussprojektionen.

Interpretation von Klimasimulationsergebnissen

Für die Beschreibung von Entwicklungen in der Zukunft wird ein 30-jähriger Vergleichszeitraum (sog. „Referenzperiode“) in der Vergangenheit gewählt, am LfU ist dieser 1971 bis 2000. Die Zukunft wird in eine „nahe“ (2021–2050), „mittlere“ (2041–2070) und „ferne“ (2071–2100) eingeteilt. Für den Vergleich

zwischen den Zeiträumen werden jeweils Mittelwerte gebildet und dann die zahlenmäßigen Unterschiede verglichen.

Ergebnisse für Bayern

Das LfU kam bei der Auswertung von Messdaten der Vergangenheit unter Anderem zu folgenden Ergebnissen: Das Klima in Bayern verändert sich stark. Die Temperaturen zwischen 1951 und 2019 weisen einen deutlichen Erwärmungstrend auf (Erhöhung der mittleren Jahrestemperatur von 1,9°C).

► Folien 10-11

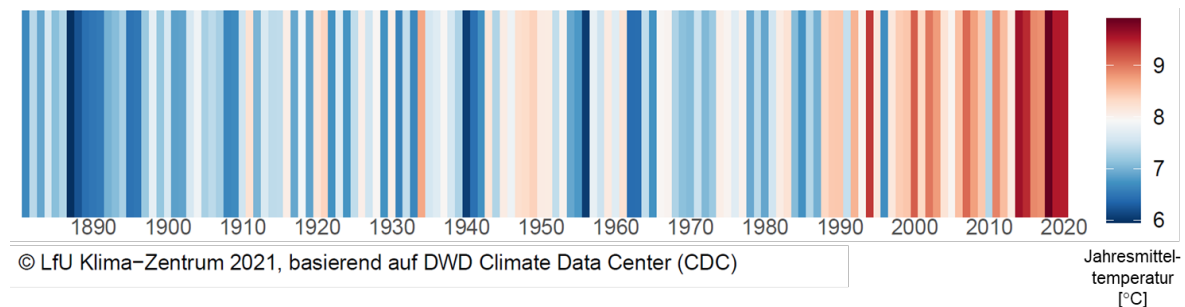


Abb. 1: Temperaturentwicklung in Bayern von 1881 bis heute

Jeder Balken entspricht einer Jahresdurchschnittstemperatur in Bayern, die farblich dargestellt ist.

Schlussfolgerungen:

- Warmjahre werden häufiger
- die Erwärmungen nehmen weiter zu
- die wärmsten Jahre seit Beginn der Aufzeichnungen treten fast ausschließlich in den letzten 20 Jahren auf

Ohne Klimaschutz würde sich diese Erwärmung bis Ende des Jahrhunderts sogar weiter beschleunigen. Die bayerische Mitteltemperatur würde um etwa 3,0-4,8°C (Spanne der Klimasimulationen) gegenüber dem Zeitraum 1971–2000 ansteigen. Im Falle der weltweit erfolgreichen Umsetzung des Pariser Übereinkommens könnte der Erwärmungstrend deutlich abgeschwächt werden. Spätestens ab 2050 würde die mittlere Jahrestemperatur Bayerns nicht mehr nennenswert ansteigen und gegen Ende des Jahrhunderts auf einem zukünftigen um 0,7-1,6°C erhöhten Niveau gegenüber dem Zeitraum 1971–2000 verbleiben.

Bei den Niederschlagsmengen wurde in der Vergangenheit eine leichte jahreszeitliche Umverteilung mit etwas geringeren Niederschlagsmengen im Sommerquartal (Juni–Aug.) und etwas höheren Niederschlagsmengen in Herbst-, Winter- und Frühjahrsquartal beobachtet. Insgesamt sind in Bayern jedoch zunehmende Extremwetterereignisse wie Starkregen und länger anhaltende Trockenheit zu erwarten. Weitere Informationen finden sich in Kap. 3.3 und 3.4.

3 Folgen des Klimawandels für den Wasserhaushalt

3.1 Grundlagen

► Folie 13

Das Klima verändert sich und der Wasserhaushalt in Bayern – sowohl an der Erdoberfläche als auch im Untergrund – reagiert darauf. Die Temperatur in Bayern nimmt unter dem Einfluss des Klimawandels zu und die Art und Weise des Niederschlages verändert sich (vgl. Kapitel 2.3).

Da der Wasserhaushalt von Temperatur und Niederschlagsgeschehen maßgeblich gesteuert wird, ergeben sich durch den Klimawandel weitreichende Folgen für den Oberflächenabfluss (Abflussregime, Hoch- und Niederwasserabflüsse), das Grundwasser (Grundwasserneubildung, Grundwasserstände) und ganz allgemein die Wasserqualität. Die Veränderungen betreffen sowohl die allgemeinen Verhältnisse als auch Extremereignisse und die zukünftige Entwicklung.

Wasser ist eine allgegenwärtige Lebensgrundlage. Kommt es aufgrund des Klimawandels zu Veränderungen des Wasserhaushaltes und zu veränderten Abflussverhältnissen (Hoch- und Niedrigwasser), geringerer Wasserverfügbarkeit oder geänderter Gewässertemperatur und -qualität, sind der Mensch und sein Umfeld in vielfältiger Weise betroffen. Als Beispiele sind die folgenden Bereiche zu nennen:

- Wasserwirtschaft (Wasserversorgung; Hochwasserschutz und Niedrigwassermanagement; Energieerzeugung; Verkehrsinfrastruktur – insbesondere Binnenschifffahrt etc.); Sozialfunktion von Gewässern (z. B. wertvolle Gesundheits- und Erholungsräume; Tourismus – veränderte Freizeitmöglichkeiten im Sommer und Winter)
- Land- und Forstwirtschaft (veränderte Standort- und Wachstumsbedingungen sowie Bedarf an Bewässerung etc.)

3.2 Wassertemperatur

Der durch den Klimawandel verursachte Anstieg der mittleren Jahrestemperatur der Luft in Bayern (1,9°C zwischen 1951 und 2019) hat auch Folgen für die Wassertemperaturen:

Der Tempuraustausch zwischen Luft und Wasser hängt hauptsächlich von der Sonneneinstrahlung ab (Erwärmung durch eindringendes Sonnenlicht). Als **Faustzahl** gilt: die Wassertemperatur in kleinen Bächen nimmt um etwa 0,6°C pro Kilometer Fließstrecke zu (zit. nach Reinartz 2007).

Die Wassertemperatur in einem Oberflächengewässer gleicht sich zeitverzögert der Lufttemperatur an, sie wird jedoch auch von vielen weiteren Randbedingungen beeinflusst:

- Strahlung: Erwärmt durch eindringendes Sonnenlicht.
- Beschattung: Verhindert Erwärmung vor allem in kleinen Gewässern.
- Grundwasser: Kühlt durch unterirdischen Zustrom.
- Abflussmenge und Gewässertiefe: Je weniger Wasser vorhanden ist und je flacher ein Gewässer ist, desto schneller reagiert die Wassertemperatur auf äußere Einflüsse.
- Aufstau: Wirkt je nach Gewässertrübung, Stauzeit und Ausbildung des Querbauwerks unterschiedlich.
- Einleitungen: Abwassereinleitungen (mit durchschnittlichen Abwassertemperaturen von 16°C) wirken im Sommer kühlend, Wärmeeinleitungen verstärken die Wirkung.

Wirkungen des Klimawandels auf die Gewässertemperaturen: Ergebnisse

Das Ausmaß der durch den Klimawandel verursachten Erwärmung lässt sich durch Langzeitmessungen der Wassertemperaturen bewerten. In Bayern werden an einzelnen Flüssen und Pegeln an Donau, Isar und Main seit Anfang der 50er Jahre kontinuierlich die Wassertemperaturen gemessen. Statistische Auswertungen zum Langzeitverhalten der Wassertemperaturen aus Zeitreihen vom mindestens 30 Jahren liegen für 50 Messstellen in Bayern vor. Die Ergebnisse sind in einer [Broschüre](#) zusammengefasst:

Für Bayern gilt ganz allgemein:

- Die Wassertemperaturen (mittlere Jahrestemperaturen) nehmen in Bayern seit 1980 im Durchschnitt um 0,5°C in 10 Jahren zu. Sie steigen damit sogar noch etwas rascher und stärker an als die Lufttemperaturen.
- Dieser Trend gilt für alle Regionen, räumliche Unterschiede innerhalb Bayerns sind nicht zu erkennen.
- Die Fließgewässer werden tendenziell nicht nur wärmer, sondern weisen erhöhte Temperaturen auch über längere Zeit auf. Die Zeiträume hierfür verlängern sich seit Ende der 80er Jahre im Durchschnitt um einen Tag pro Jahr.
- Die Veränderungen der Wassertemperaturen sind vorrangig mit Veränderungen der Lufttemperaturen korreliert, nutzungsbedingte Einflüsse sind meist zweitrangig.

► Folie 14

Messdaten und Langzeitreihen der Wassertemperaturen bayerischer Fließgewässer sind im Internet abrufbar: <https://www.gkd.bayern.de/de/fluesse/wassertemperatur>

Hinweise für Gewässer dritter Ordnung

Kleine Bäche erwärmen sich im Verlauf unterhalb der Quelle sehr schnell. Entsprechend nähern sich auch Wasser- und Lufttemperatur dann schnell einander an. Die maximal erreichten Wassertemperaturen hängen dabei entscheidend von der Höhenlage und dem Beschattungsgrad sowie der Ausrichtung nach der Himmelsrichtung ab. Kleine und unbeschattete Tieflandbäche haben daher die höchsten täglichen Temperaturschwankungen.

Die Bachoberläufe und quellenahen Abschnitte sind besonders geeignet, der Gewässererwärmung bereits „an der Quelle“ zu begegnen und durch geeignete Anpassungsmaßnahmen gegenzusteuern, s. Kap. 5.2 und 5.3.

Die Temperaturveränderungen im Längsverlauf betreffen das gesamte Gewässersystem. Es können jedoch natürlicherweise auch kleinräumige Unterschiede auftreten, so z. B. bei Zusammenflüssen mit Nebengewässern. Reich strukturierte, mit ihrer Aue vernetzte Gewässer bieten kleinräumig ein vielfältiges Mosaik von Lebensräumen mit unterschiedlichen Wassertemperaturen. Einmündende kühlere Gewässer, vor allem aber ein intaktes und besiedelbares (Kies-)lückensystem (das sog. „hyporheische Interstitial“) sind wichtige Rückzugsräume für die Lebewelt im Gewässer.

3.3 Niederschläge

Das Klima innerhalb Bayerns zeigt deutliche Unterschiede. Um diese regionalen Unterschiede besser abbilden und bearbeiten zu können, erfolgte eine Unterteilung in sieben Klimaregionen, die sich bezüglich Temperatur und Niederschlag ähnlich sind. (s. auch [Klima-Report 2021](#), [Klima-Faktenblätter](#)). Die Bandbreite geht hier z. B. vom niederschlagsreicheren und kühleren Voralpenland bzw. den Alpen selbst bis zur deutlich trockeneren und wärmeren Mainregion.

Klima der Jahre 1971–2000

Um Niederschlagverhältnisse vergleichen zu können, ist ein Referenzzeitraum erforderlich. Für Bayern bieten sich hier die Jahre 1971–2000 an. Der mittlere Jahresniederschlag innerhalb dieser Periode betrug für Bayern 941 mm. Der größte Teil dieses Niederschlags fiel im Sommer, ansonsten ist die Verteilung über Herbst, Winter und Frühjahr relativ gleichmäßig.

Beobachteter Klimawandel 1951–2019

Im Gegensatz zur Mitteltemperatur, die im Zuge des Klimawandels im Zeitraum 1951–2019 deutlich anstieg, sind die Veränderungen der Niederschlagssummen eher gering ausgeprägt. So konnte für die jährlichen Niederschlagssummen in diesem Zeitraum kein eindeutiger Trend ermittelt werden. Beobachtet wurde dagegen eine leichte Umverteilung der innerjährlichen Niederschläge: die Sommer werden trockener, der Herbst, Winter und das Frühjahr werden nasser.

Zukünftige Veränderungen

Auch bei der Betrachtung der zukünftigen Entwicklung sind mögliche Änderungen der jährlichen Niederschlagssummen, im Gegensatz zur Temperatur, unsicher und eher gering ausgeprägt.

Auswirkungen auf den Wasserhaushalt

Niederschläge spielen eine entscheidende Rolle im Wasserkreislauf. Verändern sich diese im Zuge des Klimawandels, dann hat das auch weitreichende Folgen für den Wasserhaushalt. Mit welchen konkreten Folgen und Auswirkungen gerechnet werden muss, erläutern die folgenden Kapitel.

3.3.1 Mehr Starkregen

Was ist „Starkregen“?

Auf diese Frage gibt die wissenschaftliche Literatur keine allgemeingültige Antwort. Vereinfacht gesagt spricht man von Starkregen, wenn innerhalb einer Zeitspanne deutlich mehr Niederschlag fällt als normal. So wird zum Beispiel vom DWD vor Unwettern mit Starkregen gewarnt, wenn die Niederschlagsmengen 25 mm in einer Stunde oder 35 mm in 6 Stunden voraussichtlich überschritten werden.

Starkregenereignisse können anhand ihrer Ursachen unterschieden werden:

- weniger intensive, länger anhaltende und großflächige Niederschläge werden als „Landregen“ bezeichnet
- bei heftigen, örtlich begrenzten Schauern von kurzer Dauer spricht man von „konvektiven Niederschlägen“

► Folie 15

Starkniederschläge in der Vergangenheit

Auswertungen der Radarmessungen des DWD seit dem Jahr 2001 zeigen, dass Starkregenereignisse in Bayern überall auftreten und nicht vorhersagbar sind. In Europa gibt es einen Trend, dass die Häufigkeiten und die Intensitäten in den letzten Jahrzehnten zugenommen haben. Das ist auch für Bayern zu vermuten. Dafür gibt es jedoch bislang keine ausreichend belastbaren Daten, weil die kleinräumigen (konvektiven) Starkniederschläge schwierig zu erfassen und zu messen sind.

Starkniederschläge in der Zukunft

Global

Durch den erwarteten globalen Temperaturanstieg steigt die Verdunstung, und der globale Wasserkreislauf intensiviert sich. Forschungsergebnisse zeigen, dass damit die Intensität der Niederschläge zunimmt: Für die lokal auftretenden, Starkregenereignisse sind sogar um bis zu 14 % intensivere Niederschläge pro 1°C Erwärmung möglich.

Bayernweite Veränderungen

Grundsätzlich ist für Bayern ein ähnlicher Zusammenhang wie bei der globalen Betrachtung zu erwarten. Die bisherigen Erkenntnisse lassen eine Zunahme von Anzahl und Intensität der Starkniederschlagsereignisse erwarten. Diese können nicht nur Hochwasser an Fließgewässern nach sich ziehen. Vor allem die Zunahme von heftigen, örtlich begrenzten Schauern von kurzer Dauer kann vermehrt zu Überflutungen durch Oberflächenabfluss führen. Im Kap. 3.4 wird darauf näher eingegangen.

3.3.2 Längere Trockenperioden

In Kapitel 3.3 wurde beschrieben, dass es für die jährlichen Niederschlagssummen in Zukunft keine klare Tendenz gibt. Ist dies eine Entwarnung für die Sorge vor zukünftig sehr trockenen Bedingungen?

Leider nein. Warum ist das so? Ändern sich die jährlichen Niederschlagssummen kaum, steigt aber die Temperatur an, verdunstet mehr Wasser. Dies gilt insbesondere für das Sommerhalbjahr. Die Böden werden trockener, die Wasserspiegel sinken. Zusätzlich verstärkt wird dieser Effekt durch die Zunahme von Häufigkeit und Intensität von (lokalen) Starkregenereignissen, es kann weniger versickern. Beides zusammen genommen hat längere Trockenperioden zwischen den einzelnen Niederschlagsereignissen zur Folge. Dieses Phänomen beobachten wir schon heute, es wird sich aber in Zukunft weiter verschärfen.

Vergangenheit

Betrachtet man die Trockenheit im Referenzzeitraum von 1971–2000 für Bayern, so gab es im Mittel 10 Trockenperioden pro Jahr. Dabei wird eine Trockenperiode als Zeitraum definiert, in dem an mindestens 7 aufeinanderfolgenden Tagen weniger als 1 mm Niederschlag fällt. Phasen mit trockenen Wetterlagen sind in der Vergangenheit bereits deutlich häufiger und länger geworden.

Zukunft

Die Auswertungen der Klimaprojektionen am LfU zeigen, dass im Zeitraum der fernen Zukunft (2071–2100) ohne Klimaschutzmaßnahmen ein bis vier zusätzliche Trockenperioden pro Jahr in Bayern möglich sind. Phasen mit trockenen Wetterlagen werden öfter auftreten. Werden dagegen Maßnahmen zur Einhaltung der 2°C-Obergrenze umgesetzt, könnte dieser Anstieg auf maximal eine zusätzliche Trockenperiode pro Jahr begrenzt werden.

Auswirkungen auf den Wasserhaushalt

Eine Zunahme von Trockenperioden hat weitreichende Folgen für den Wasserhaushalt der Gewässer. So kann etwa der Abfluss an den Fließgewässern saisonal abnehmen (Kap. 3.4.2) oder die Temperatur des Gewässers ansteigen (Kap. 3.2).

3.4 Abfluss

Aussagen über die möglichen zukünftigen Veränderungen des Abflusses sind sehr wichtig für wasserwirtschaftliche Planungen. Deshalb wird im Klima-Zentrum des Landesamtes für Umwelt mit Hilfe von Wasserhaushaltsmodellen die zukünftige Abflussentwicklung in Bayern untersucht. Bisherige Auswertungen sind besonders interessant, wenn man die unterschiedlichen Jahreszeiten betrachtet:

- In der Sommerperiode (Mai-Oktober) ist vor allem südlich der Donau zukünftig mit einer Abnahme der Abflussmengen zu rechnen, was zu häufigeren Niedrigwassersituationen führt.
- Trockenperioden können von lokalen Starkregenereignissen unterbrochen werden, die örtliche Hochwasser verursachen.
- die jahreszeitliche Entwicklung und Verteilung der Abflüsse (sog. „Abflussregime“) ändern sich.

3.4.1 Hochwasser

Der Begriff Hochwasser wird immer dann verwendet, wenn normalerweise nicht mit Wasser bedecktes Land zeitweise überflutet wird. Wie der Name schon vermuten lässt, treten dabei außergewöhnlich hohe Wasserstände auf.

Hochwasser ist ein natürlicher Prozess, ein Naturphänomen, mit verschiedenen Gesichtern. Für Leib und Leben sowie Hab und Gut des Menschen kann es eine große Gefahr darstellen. Gleichzeitig hat es eine große Bedeutung für Natur und Landschaft. Es erreicht und verändert weite Flächen und schafft oder erhält damit besondere Lebensräume für unzählige, auf diese Veränderungen und Bedingungen angewiesene Arten in Fließgewässern und Auen (vgl. z. B. Kap. 5.1.2.).

Hochwasser ist nicht gleich Hochwasser. Es gibt verschiedene Arten und Ausprägungen, die sich hinsichtlich Entstehung und Ablauf unterscheiden lassen.

► Folien16, 17

Folgen des Klimawandels für den Wasserhaushalt 

Hochwasser: zwei Arten

<p>Entstehung: Länger anhaltender, großflächiger Regen</p>  <p>Auswirkungen: Hochwasser geht vom Gewässer aus</p>	<p>lokal begrenzter Starkregen</p>  <p>Auswirkungen: Hochwasser entsteht auf der Geländeoberfläche → kann überall auftreten</p>
--	--

Quelle: StMUV (2021, in Vorbereitung) 23

Kommt es (Bild links) zu Ausuferungen aus einem Gewässer oder Gewässerbett, handelt es sich um ein fluviales Hochwasser (lat. „vom Fluss“). Die Ausbreitung des Hochwassers geht vom Gewässer aus.

Beim sog. pluvialen Hochwasser (lat. „vom Regen“) geht die Überflutung direkt vom oberflächlichen Abfluss aus und ist zu den Gewässern hin gerichtet (Bild rechts). An den Gewässern 3. Ordnung sind es überwiegend Starkregenereignisse, die für die Entstehung von Hochwasser verantwortlich sind. An kleinen Gewässern und Gräben können jedoch beide Ereignisse auch zeitgleich auftreten und sich überlagern: Der dem Gewässer schnell zufließende Abfluss an der Geländeoberfläche führt dann auch im Gewässer zu schnell ansteigenden Hochwasserwellen und in extremen Fällen zu heftigen und plötzlich auftretenden Sturzfluten.

► Folien18-19

Ablauf und Wirkungen bei pluvialem Hochwasser:

- Starkregen tritt vor allem in den Sommermonaten auf, wenn feucht-warme Luft in kältere Luftschichten der Atmosphäre aufsteigt. Er tritt meist sehr plötzlich, ergiebig und räumlich begrenzt auf.
- Fallen große Mengen Regen in kurzer Zeit, kann das Wasser vom Boden nicht mehr aufgenommen werden und fließt entsprechend an der Oberfläche ab.
- Dieser Abfluss folgt der Topografie und wird als „wild abfließendes Wasser“ bezeichnet. Er sammelt sich in tiefer liegenden Bereichen und kann bereits vor dem Erreichen eines Gewässers beträchtliche Ausmaße annehmen.
- Das strömende Wasser entwickelt dabei große Kräfte, die starken Bodenabtrag (Erosion) zur Folge haben können und bei außergewöhnlichen Ereignissen auch schwere Gegenstände (zum Beispiel Siloballen, gelagertes Holz, Autos) mitreißen.
- Ein großer Anteil der transportierten Stoffe erreicht schließlich auch die Gewässer und kann dort erhebliche Schäden durch Verunreinigung und Ablagerung verursachen. Erodierete und ggf. auch belastete Feinstoffe setzen sich ab und verändern das Sohlgefüge (Kolmation) und schädigen die im Gewässer heimischen Tiere und Pflanzen.

► **Mehr Infos:** [Arbeitshilfe der Gewässer-Nachbarschaften: Umgang mit dem Hochwasser](#)

Durch die Veränderungen des Klimas und den Temperaturanstieg muss auch damit gerechnet werden, dass Starkregenereignisse zukünftig in ganz Bayern häufiger auftreten. Insbesondere kleine Gewässer und deren Einzugsgebiete werden daher voraussichtlich häufiger Hochwasser führen.

3.4.2 Niedrigwasser

Niedrigwasser ist, wie auch Hochwasser, eine natürliche Ausprägung des Abflussgeschehens im Verlauf eines oder mehrerer Jahre. Der Grund hierfür kann entweder geringer Niederschlag, wenig Grundwasserzufuhr und/oder starke Verdunstung sein. Auch in Bayern sind Niedrigwassersituationen grundsätzlich normal. Im Alpenraum tauchen diese vor allem im Winter auf, in Nordbayern sind sie eher für die Sommer- und Herbstmonate typisch. Bei Niedrigwasser liegen die Abflüsse des Fließgewässers deutlich unter dem mittleren Abflussniveau. Je nach Fließgewässer und Abflussregime spricht man ab unterschiedlichen Schwellenwerten von Niedrigwasser.

Natürliche Gründe für Niedrigwasser sind einerseits die aktuelle Witterung im Einzugsgebiet des Fließgewässers, das heißt des Wettergeschehens über Wochen bis Monate. Andererseits spielen auch die Gebietseigenschaften – die Geomorphologie, der Boden, das Grundwasser und die Vegetation – eine Rolle. Vor allem das vorherrschende Abflussregime und die Wasserspeicherkapazität von Boden und Vegetation haben darauf einen großen Einfluss.

Menschliche Aktivitäten wie Zuleitungen, Speicher oder Entnahmen haben ebenfalls einen starken Einfluss auf die Entwicklung von Niedrigwasser. In den letzten Jahrzehnten wirkt sich auch der Klimawandel immer stärker auf die Entwicklung des Niedrigwassers in den bayerischen Flüssen aus. Trockenere und wärmere Sommer lassen die Wasserstände sinken, was einen großen Einfluss auf viele gesellschaftliche Bereiche wie Binnenschifffahrt, Energiewirtschaft, Trinkwasserversorgung, Industrie, Naherholung und Landwirtschaft hat. Außerdem haben häufige Niedrigwasserstände auch Auswirkungen auf Gewässertemperatur und Gewässerökologie.

Bei der Betrachtung des Abflussgeschehens der vergangenen Jahre in Bayern ist zu beobachten, dass in den Wintermonaten Niedrigwasserereignisse seltener vorkamen, also mehr Wasser in den

Flüssen war. In den Sommermonaten ist eine Zunahme der Niedrigwasserereignisse, also eine angespanntere Abflusssituation erkennbar. Dazu passend zeigten die beiden Jahre 2018 und 2019 in weiten Teilen Bayerns ausgeprägte Niedrigwasserphasen. Sie zählten zu den abflussärmsten Jahren seit Beginn der Beobachtungen und an unterschiedlichen Pegeln in ganz Bayern wurden die niedrigsten Wasserstände seit Beginn der Messungen beobachtet. Weitere Informationen zu den Niedrigwasserphasen in 2018 und 2019 sind in einer [Broschüre](#) zusammengefasst.

Auswertungen zur künftigen Entwicklung und zur Einschätzung des Einflusses des Klimawandels auf die Niedrigwassersituation in Bayern, werden zurzeit vom Klima-Zentrum des Bayerischen Landesamtes für Umwelt mithilfe von Wasserhaushaltsmodellierungen erarbeitet. Detaillierte Ergebnisse dazu werden voraussichtlich Ende 2021 vorgestellt. Einen ersten Überblick gibt das LfU [hier](#).

3.5 Grundwasser und seine Bedeutung für Gewässer, Auen, Feuchtgebiete und Moore

► Folie 20

Vielfältige Wechselwirkungen in der Landschaft

Zwischen dem Grundwasser und den Oberflächengewässern bestehen vielfältige Wechselwirkungen, in die auch die Feuchtgebiete (Auen und Moore) einbezogen sind. Auch wenn die hydrogeologischen Verhältnisse im Einzelfall sehr komplex sein können, stehen Oberflächengewässer grundsätzlich in Interaktion mit dem oberflächennahen Grundwasser. Besonders deutlich zu erkennen ist dieser Wirkungszusammenhang in den Auen mit ihren Fließ- und Altgewässern sowie in Niedermooren und an Quellen. Grundwasser gestaltet auf diese Weise groß- und kleinräumig unsere Landschaft mit ihren Lebensräumen entscheidend mit.

Vielfalt der Lebensräume und Arten

Grundwasser ist insbesondere in Bach- und Flusstälern, in den Verlandungszonen von Stillgewässern und häufig auch in großräumigen Feuchtgebietskomplexen der wesentliche Faktor zur Ausbildung vielfältiger Lebensräume. Typisch für diese Prägung können sowohl regelmäßige natürliche Grundwasserschwankungen als auch gleichbleibend hochanstehendes Grundwasser sein.

Zu den grundwassergeprägten Lebensräumen zählen z. B. Feucht- und Nasswiesen, Flachmoore, Streuwiesen und Kalktuffquellen, aber auch Auen- und Bruchwälder, Großseggenrieder und Feuchtgebüsche. Hier prägt das oberflächennahe Grundwasser auch die Standort- und Lebensraumverhältnisse für Tiere und Pflanzen:

Wichtige Artengruppen in diesen Lebensräumen sind in den Gewässern selbst Fische, Krebse, Muscheln und Libellen. Unter diesen sind stets auch besonders gefährdete Arten (z. B. Bachmuschel, Steinkrebs, Azurjungfer). Auch in den angrenzenden Feuchtgebieten leben bekannte Vertreter gefährdeter Artengruppen, z. B. Orchideenarten in Kalkflachmooren und wiesenbrütende Vogelarten in Feuchtwiesen.

Auswirkungen des Klimawandels

Hier besteht ein grundsätzlicher Unterschied zwischen „Zu viel“ und „Zu wenig“ (Grund-)Wasser:

Hohe Grundwasserstände durch Flusshochwasser oder Starkregenereignisse sind für die Lebensräume und Arten mit Grundwasserbezug grundsätzlich weniger problematisch, da sie zumindest an einen vorübergehenden „Überfluss“ von Wasser gut angepasst. Vielfach sind für ihren Fortbestand und den Erhalt der typischen Lebensraumqualität sogar ausgeprägte Schwankungen erforderlich.

Niedrige/sinkende Grundwasserstände bergen jedoch große Gefahren für die Lebensräume der Feuchtgebieten und Gewässern: Am augenfälligsten wird dies z. B., wenn Quellschüttungen stark zurückgehen oder Quellen sogar ganz austrocknen. Problematisch wird es auch für Fließgewässer und angrenzende Feuchtlandsräume, wenn der Wassermangel durch ausbleibende Niederschläge immer weniger aus aufsteigendem oder seitlich zuströmendem Grundwasser ausgeglichen werden kann, sich die Gewässer zunehmend erwärmen und die Eutrophierung zunimmt.

Negative Auswirkungen auf den Stoffhaushalt und die Lebensraumqualität sind dann unvermeidlich. Die Gewässertemperaturen steigen und der Sauerstoffgehalt nimmt ab, Fische und andere Gewässertiere geraten verstärkt unter Temperaturstress und werden zudem anfälliger für andere Gefährdungen.

4 Auswirkungen auf die (kleinen) Gewässer

Trockenheit, Dürre, Niedrigwasser, Flusshochwasser, Starkregen und Sturzfluten- das sind schlagwortartig die wichtigsten Änderungen im Wasserhaushalt, die der Klimawandel hervorruft, s. Kap.3. Sie wirken sich auf den Zustand und die Bewirtschaftung der Bäche, Flüsse und Seen aus.

- Starkregen und Sturzfluten erhöhen die Stoffeinträge in die Gewässer, können zur Verschlammlung oder zu verstärkter Sohlerosion führen, die Sicherheit von Brückenbauwerken gefährden und die Eutrophierung verstärken.
- Häufigere und stärkere Hochwasser erhöhen das Risiko für Siedlungen, Straßen und andere Infrastruktureinrichtungen, für gewässerbegleitende Auen und Feuchtgebiete abseits davon sind sie jedoch förderlich.
- Trockenperioden im Sommer verringern die Wasserführungen und erwärmen die Gewässer. Beide Prozesse wirken sich gleichsinnig und vielfältig als Belastung auf den Stoffhaushalt und die Ökologie aus und schränken außerdem Nutzungen ein.

Folgen für den Zustand der Gewässer können regional sein:

- Gewässer mit kleinen Einzugsgebieten verlanden oder trocknen in warmen und niederschlagsarmen Sommern häufiger aus.
- Gefährdete Arten (z. B. Muscheln und Krebse) in Bachoberläufen sind besonders betroffen, auch die typischen Artengruppen der angrenzenden Feuchtgebiete (z. B. Amphibien) geraten massiv unter Druck.
- Feuchtlandsräume (z. B. Moore, Quellen und kleine Gewässer) sind von Dürreperioden besonders betroffen.
- Die Eutrophierung der Fließgewässer und Seen und die Gefahr von Blaualgenblüten in Seen, Weihern und Teichen nimmt zu.
- Die Wasserqualität verschlechtert sich tendenziell, die Zielerreichung der EG-Wasserrahmenrichtlinie wird erschwert (Zielvorgabe ist der „gute Zustand“ für natürliche Gewässer).
- Gebietsfremde Arten (Neobiota) breiten sich aus, wenn sie durch den Klimawandel und die Gewässererwärmung gefördert werden.
- Fische und andere Gewässertiere erleiden Temperaturstress und werden anfälliger gegen Krankheitserreger im Gewässer.

Folgen für die Bewirtschaftung der Gewässer können regional sein:

- Leistungseinbußen bei der Wasserkraftnutzung bei Niedrigwasserlagen.
- Verstärkte Engpässe / Entnahmestopps bei der Nutzung des Wassers zur Bewässerung landwirtschaftlicher Flächen. Höhere Lufttemperaturen, längere Vegetationszeiten und lange Dürreperioden steigern den Bedarf, während zugleich das Dargebot zurückgeht.
- Einschränkungen bei der Freizeit- und Erholungsnutzung bei wassergebundenen Aktivitäten (z. B. Paddeln, Baden).
- Stärkere Begrenzung der Entnahmen (z. B. Kühlwasser) und Verschärfung der Anforderungen an Einleitungen (z. B. Wärmeeinleitungen, Abwassereinleitungen).
- Überlastung der Kanalisation und der Abwasseranlagen durch Starkniederschläge.
- Häufigere Hoch- und Niedrigwasser und erhöhte Temperaturen können die Gewässerunterhaltung beeinflussen und erschweren.

4.1 In den Einzugsgebieten

► Folie 22

In Kapitel 3 wurde beschrieben, wie sich das Klima in Zukunft wahrscheinlich entwickeln wird. Schon jetzt hat der Deutsche Wetterdienst (DWD) festgestellt, dass die mittlere Jahrestemperatur in Bayern seit 1881 um 1,6 °C gestiegen ist. Dies wird als Hauptursache für einen deutlich früheren Vegetationsbeginn der Pflanzen angesehen.

In der Landwirtschaft erkennt man das daran, dass z. B. der Winterweizen seit Ende der 1980er Jahre im Frühjahr bereits 14 Tage früher in die Höhe wächst. Apfel und Raps blühen rund 20 Tage früher als noch vor 50 Jahren und auch der Mais lässt sich seit 1970 ca. eine Woche früher bestellen und reift dazu noch schneller ab. Die verlängerte Vegetationsperiode kann bei Gemüsebauern mehr Ernten ermöglichen. Die zunehmend milderen Winter mit weniger Frosttagen können aber auch zu Nachteilen führen, z. B. zur verstärkten Ausbreitung von Pilzen, Viren und Schadinsekten. Die Gefahr von Schädigungen der Pflanzen durch Spätfröste steigt durch den früheren Vegetationsbeginn ebenfalls.

Die Zunahme von Trockentagen und Trockenperioden wird die Böden zusammen mit einer steigenden Verdunstung trockener machen. Sinkt der Bodenwassergehalt unter einen kritischen Wert, ist eine ausreichende Versorgung der Pflanzen mit Wasser und Nährstoffen über die Wurzeln nicht mehr möglich. Die Pflanzen werden je nach Trockentoleranz anfälliger gegenüber Schädlingen und die Erträge in der Landwirtschaft sinken. Ausgetrocknete und unbedeckte Böden werden zudem anfälliger für Bodenerosion.



Abb. 2: Ausgetrockneter Boden (Foto: Robert Brandhuber)

Der wesentliche, vom Klimawandel beeinflusste Faktor für die Bodenerosion ist die Regenerosivität, der als sog. „R-Faktor“ in die Allgemeine Bodenabtragungsgleichung (ABAG) eingeht. Die Regenerosivität ist umso höher, je größer die Bewegungsenergie und somit die Wucht des Aufpralls des Regens auf den Boden ist. Eine Erhöhung führt in gleichem Maße zu einer Zunahme des Bodenabtrags bzw. der Bodenerosion. Verdoppelt sich also die Regenerosivität, so verdoppelt sich auch der Bodenabtrag, wenn dies nicht durch die Bewirtschaftung der Ackerflächen beeinflusst wird. In einem Gemeinschaftsprojekt der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), dem Deutschen Wetterdienst (DWD) und der Technischen Universität München (TUM) wurde die Veränderung der Regenerosivität anhand von Radardaten der Jahre 2001 bis 2017 neu berechnet (Abb. 3). Dabei zeigte sich eine mittlere Zunahme der Regenerosivität seit 1970 um 50 Prozent, bezogen auf die Ackerflächen Bayerns. Regional ist der Trend deutlich unterschiedlich ausgeprägt. Mit dem Klimawandel wird erwartet, dass Intensität und Häufigkeit von Starkregenereignissen noch weiter zunehmen werden (Kap. 3.3) und damit auch die Regenerosivität weiter deutlich ansteigt ([Klima-Report Bayern 2021](#)).

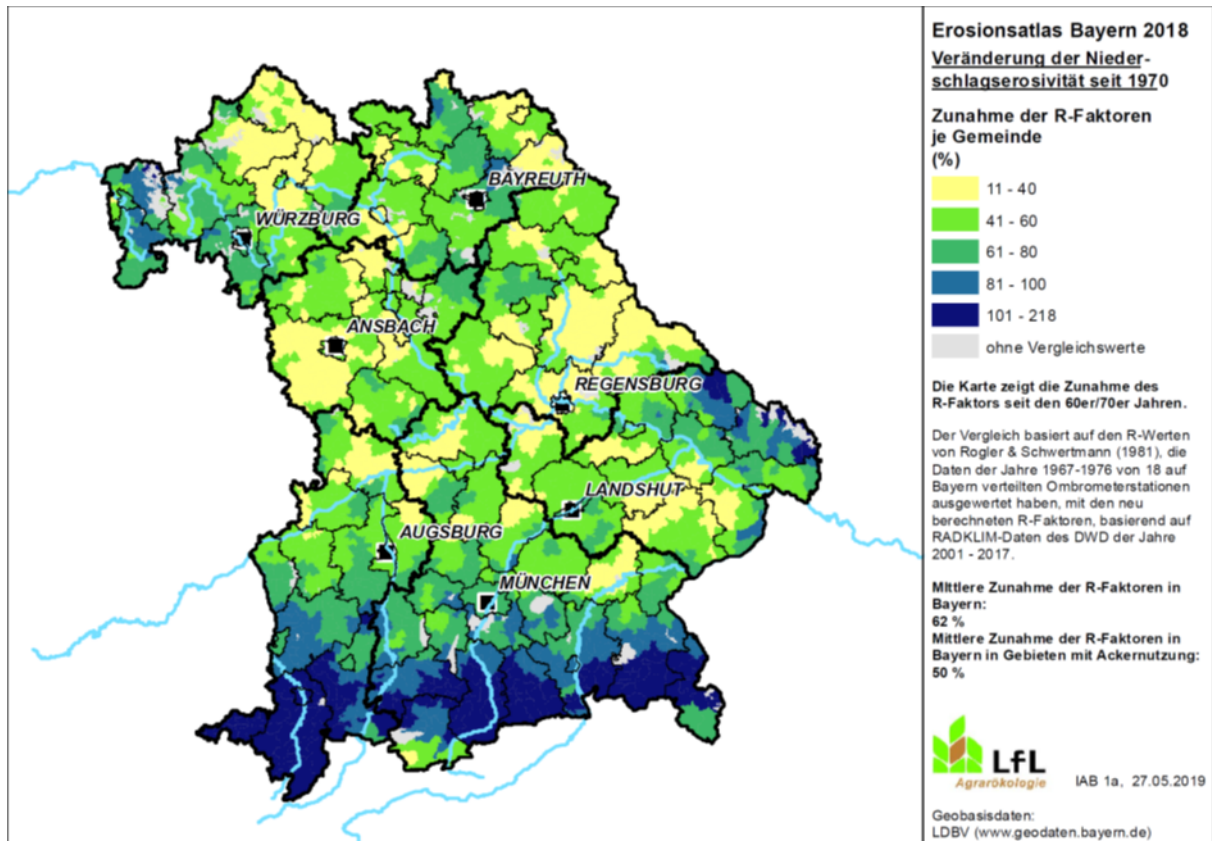


Abb. 3: Veränderung der Niederschlagserosivität in Bayern seit 1970

Ohne wirksame Gegenmaßnahmen wird der Abtrag fruchtbarer Böden in Zukunft allein aufgrund der zunehmenden Regenerosivität weiter drastisch zunehmen. Um dies zu verhindern, müssen Anpassungen im Sinne einer guten landwirtschaftlichen Praxis konsequent umgesetzt werden.

4.2 Ufer und Sohle (Gewässerstruktur)

► Folie 23

Unsere Flüsse und Bäche werden von Natur aus durch das fließende Wasser ständig umgestaltet, so dass sich immer wieder neue Strukturen bilden. Insbesondere bei Hochwasser erfolgen – je nach Gewässertyp unterschiedlich deutliche – grundlegende und sichtbare Umgestaltungen von Ufer und Sohle.

Feststoffe sind unverzichtbarer Bestandteil eines Fließgewässers und prägen das Gewässerbett. Die Lückenräume der Sohle (sog. „Interstitial“) bilden wertvolle Lebensräume, etwa für Fische, die auf Kies laichen. Hier ziehen sich zudem viele wirbellose Tiere bei Temperatur- und Trockenstress zurück.

Unter natürlichen Verhältnissen werden die Feststoffe ständig umgelagert und weitertransportiert. Dabei herrscht ein sog. „dynamisches morphologisches Gleichgewicht“, d. h. Eintiefungs- und Auflandungsprozesse halten sich die Waage.

Für viele Fließgewässer Bayerns ist eine hohe Dynamik mit regelmäßigen Hochwasserabflüssen eine wesentliche Voraussetzung für ihre jeweils typische Struktur- und damit Lebensraumvielfalt. Gewässerstrukturelemente, die die Lebensräume von Tieren und Pflanzen in und an Fließgewässern bestimmen (Kies- und Sandbänke, Anbrüche, Kolke etc.) ändern und erneuern sich immer wieder. Gewässerstrukturen können auch durch Maßnahmen der Gewässerentwicklung und des Wasserbaus (zum Beispiel Störsteine, Raubäume) angelegt werden.

Die Vielfalt an Naturräumen in Bayern hat zur Entstehung sehr unterschiedlicher Gewässertypen geführt (z. B. Fließgewässer der Kalkalpen, Fließgewässer der Granitregion etc.). Seit etwa zwei Jahrhunderten greifen Menschen v. a. durch Laufverlegungen, Begradigung, Längs- und Querverbauungen erheblich in die Fließgewässer ein.

Auf diese veränderten Gewässer treffen seit einigen Jahrzehnten weitere Veränderungen durch den Klimawandel. Sowohl häufiger und länger anhaltendes Hochwasser mit größeren Abflussspitzen als auch häufiger und länger anhaltendes Niedrigwasser haben entscheidende Auswirkungen auf die Morphologie (Gewässerstruktur). Die konkreten Auswirkungen können sehr unterschiedlich, aber erheblich sein: So kommt es z. B. in freien Fließstrecken zu Sohleintiefungen, während in Stauräumen und strömungsberuhigten Abschnitten Sediment auflandet.

Auswirkungen in Phasen mit erhöhten Niederschlägen und häufigerem/länger anhaltendem Hochwasser mit größeren Abflussspitzen

- Verschärfung der Eintiefung des Gewässers durch mehr Hochwasserereignisse: Das Sohlsubstrat wird durch starke Kräfte der sog. „Sohlschubspannungen“ abtransportiert. Die Tiefenerosion kann lokal bis zum sog. „Sohldurchschlag“ gehen, bei dem die Sohle kein gewässertypisches Geschiebe mehr aufweist. Dadurch bilden sich rasch tiefe Kolke in den tieferliegenden Bodenschichten, die insbesondere im Bereich von Brückenpfeilern oder unterhalb von Querbauwerken auftreten und deren Standsicherheit gefährden können.
- Beseitigung von Gewässerstrukturen mit Lebensraumfunktion: Natürlich vorkommende Uferbänke und Anlandungen werden öfter überströmt oder vollständig beseitigt. In Kombination mit einem harten Uferverbau wird das Gewässerbett dadurch einförmiger und der naturbedingte ständige Wandel geht nur noch „in eine Richtung“ (abnehmende Breiten- und Tiefenvariabilität). Besonders engere Fließstrecken werden vom Hochwasser förmlich „ausgeputzt“.
- Erhöhter Eintrag von Feinsedimenten durch erhöhte Niederschläge, besonders bei angrenzender Ackernutzung: In langsam fließenden Abschnitten oder Rückstaubereichen wird das Interstitial als

wichtiger Teillebensraum im Gewässer länger anhaltend verstopft und die Sohle zunehmend überlagert; es kommt zu einer sog. „unnatürlichen Kolmation“.

- Hochwasser und Niedrigwasser können sich auf die Gewässerstruktur erheblich auswirken.
- Beeinträchtigung der Funktionsfähigkeit von Fischaufstiegsanlagen: Erhöhte Abflüsse bei Hochwasser erschweren die Auffindbarkeit der Anlage für die Fische („Lockströmung“) und den Aufstieg für kleinere und „schwimmschwache“ Fische. Die Bauwerke selbst müssen intensiver unterhalten (gewartet) werden, weil sie durch die stärkere Durchströmung beschädigt, verklaust oder verlegt werden können.

► Folien 24, 25

Auswirkungen auf die (kleinen) Gewässer



Gewässerstruktur durch Hochwasser und Niedrigwasser



Foto: Griebmayer

Erhöhte Niederschläge
übermäßiger Eintrag von Feinsedimenten besonders bei umgebender Ackernutzung (unnatürliche Kolmation)



Foto: LfU

Weiter abnehmende Wasserstände
Kleine Fließgewässer sind vermehrt von Austrocknung gefährdet

21

© LfU / Arbeitshilfe Gewässer-Nachbarschaften Bayern

Auswirkungen in Phasen mit geringeren Niederschlägen (Trockenheit) und häufigerem/länger anhaltendem Niedrigwasser

- Abnahme der jeweils typischen Struktur- und damit Lebensraumvielfalt, durch die „erlahmte“ Abflusssdynamik: Wenn langanhaltend Niedrigwasser vorherrscht und regelmäßige Hochwasserereignisse fehlen, wird das Gewässerbett strukturell einförmiger, weil „sich nichts mehr rührt“.
- Reduzierung der Eigenentwicklung: Nicht nur die Dynamik im Gewässerbett selbst ist stark reduziert, auch Laufveränderungen (je nach Gewässertyp Krümmungen, Mäander oder Verzweigungen) bilden sich nicht oder weniger neu aus; das schränkt auch die Wirkung von Renaturierungsmaßnahmen ein.
- Reduzierung der Sohdynamik: Das Geschiebe wird selten oder gar nicht mehr bewegt, was insbesondere bei kiesgeprägten Fließgewässern weitreichende Folgen für viele Wasserlebewesen hat. Die Feinteile können die Lückenräume der Kiessohle vollständig zusetzen, die Sohle kann insgesamt verschlammen. Man spricht dann von „unnatürlicher Kolmation“ (-> Arbeitshilfe „Feinmaterialeinträge“).

- Unterbrechung der Durchgängigkeit von Querbauwerken: Niedrigwasser kann die Durchgängigkeit von Querbauwerken (Sohlrampen, aber auch Durchlässe und Verrohrungen) und Umgebungsgewässern beeinträchtigen. Auch bei normalen Abflüssen noch passierbare Hindernisse können durch die vergrößerte Wasserspiegeldifferenz unüberwindbar werden.
- Ausleitungsstrecken an Wasserkraftwerken: Hier besteht die Gefahr, dass das Mutterbett häufiger oder dauerhaft trockenfällt, sofern die Menge des ausgeleiteten Wassers nicht entsprechend reduziert wird.
- Vollständiges Austrocknen kleiner Fließgewässer: Bei besonders ungünstigen Verhältnissen kann dieser Effekt auch in naturnahen Gewässern eintreten.

4.3 Chemie und Physik

Die Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasserhaushalt sind vielfältig: Der folgende Abschnitt beschreibt die Auswirkungen auf Chemie, Physik und Stoffhaushalt von Bächen und Flüssen im Überblick.

Beispiele für Auswirkungen in Fließgewässern:

- Höhere Durchschnitts- und Höchsttemperaturen beeinflussen die Lebensbedingungen im Gewässer (Veränderung der Stoffumsätze und Eutrophierung, Lösungsverhalten für Sauerstoff, Säure/Basenverhältnis) mit der Gefahr der Verschlechterung des ökologischen Zustands.
- Sauerstoff (O₂) ist ein wichtiges Lebensmedium, an Land und im Wasser: Die Löslichkeit von Sauerstoff im Wasser nimmt mit steigender Temperatur ab. Der O₂-Sättigungswert beträgt bei 0 °C 14,6 mg/l, bei 20 °C 9,1 mg/l und sinkt bei 30 °C auf 7,5 mg/l. Hohe Wassertemperaturen bedingen somit, dass der am Tag von den Pflanzen produzierte Sauerstoff in größeren Teilen an die Luft abgegeben wird. Im Wasser bleibt dann wenig zurück und fehlt nachts.
- Bei höheren (zunehmenden) Wassertemperaturen verschlechtert sich tendenziell die Wasserqualität der Oberflächengewässer, bei zugleich trockenen Perioden mit geringer Wasserführung wird die Wirkung noch verstärkt, in Gewässerabschnitten mit Einleitungen von (geklärtem) Abwasser verschlechtern sich die Verdünnungsverhältnisse auch bei gleichbleibender Abwassermenge.
- Vermehrte Starkregenereignisse und häufigere Hochwasser erhöhen die Stoffeinträge: verstärkte Wassererosion trägt Boden- und Feinmaterial in die Gewässer, darunter auch Pflanzennährstoffe (insbesondere Phosphor).
- Damit können gerade in großen staubeeinflussten Strömen wie der Donau Massenentwicklungen von Planktonorganismen in den Stauhaltungen auftreten oder verstärkt werden. Dieser Prozess vergrößert die Tag-Nacht-Schwankungen im Stoffhaushalt: Tagsüber kommt es zu Sauerstoffübersättigungen durch Photosynthese und nachts wiederum zu Sauerstoffdefiziten durch Atmung. Insbesondere bei niedrigen Abflüssen und gleichzeitig hohen Wassertemperaturen treten dann ausgeprägte Sauerstoffdefizite auf, die zu einer Schädigung der Gewässerbiologie führen können.

Änderungen im Gewässer haben Auswirkungen auf den Betrieb von Anlagen am Gewässer und auf Gewässernutzungen. Dabei entstehen häufig Rückwirkungen auf die Gewässer selbst.

Die Auswirkungen auf Gewässernutzungen sind im Kap. 4.7. behandelt.

4.4 Biologie und Ökologie

► Folie 26

Fließgewässer lassen sich von der Quelle bis zur Mündung ins Meer anhand der vorherrschenden Gewässereigenschaften wie Temperatur, Abflussregime, Sauerstoffgehalt und Bodenbeschaffenheit in typische Fließgewässerzonen einteilen. Diese beherbergen im natürlichen Zustand eine charakteristische Lebensgemeinschaft, die an die vorherrschenden Bedingungen angepasst ist. Viele Arten (Spezialisten) haben besondere Ansprüche und eine enge Bindung an ihren Lebensraum und reagieren besonders empfindlich auf Veränderungen. Andere Arten (sog. „Generalisten“) tolerieren z. B. größere Temperatur- oder Abflussunterschiede und können dadurch verschiedenste Lebensräume besiedeln. Die Veränderungen des Stoffhaushalts durch den Klimawandel (vgl. Kap. 4.3) wirken sich auf jeden Fall in vielfältiger Weise auf die Arten und Lebensgemeinschaften aus, die langfristigen Folgen auf die Gewässerökologie sind jedoch noch nicht vollumfänglich bekannt. Einen umfangreichen Überblick gibt unter anderem [KLIWA \(2010\)](#). Wichtige Aspekte sind:

Wassertemperatur

Folgende Effekte auf die Biologie und Ökologie lassen sich beschreiben:

- Eine Zunahme sommerlicher Hitzewellen mit steigenden Wassertemperaturen und sinkenden Abflüssen bedeutet für viele Fische und Kleinlebewesen im Wasser eine erhöhte Belastung. Übersteigt die Wassertemperatur kritische Werte, sind die Folgen sichtbar (z. B. Fisch- und Muschelsterben durch Sauerstoffmangel oder Zunahme bestimmter Fischkrankheiten).
- Insbesondere in Quellbereichen, Bächen und kleinen Flüssen der Gebirgsregionen finden sich viele an kühle Gewässer angepasste Arten, die empfindlich auf Temperaturerhöhungen reagieren und oft ohnehin ein kleines Verbreitungsgebiet besitzen. Verändert sich die Lebensraumqualität infolge des Klimawandels, kann dies langfristig zu einem Rückgang der örtlichen Vorkommen oder zu einem völligen Verlust bestimmter Arten führen.
- Fische oder manche wirbellosen Tiere sind mobil und können in kühlere Oberläufe oder noch wasserführende Unterläufe wandern, um dem Temperaturstress oder dem Trockenfallen der Gewässer zu entgehen. Das setzt aber voraus, dass die Gewässer für sie durchgängig sind und nicht natürliche Barrieren oder künstliche Querbauwerke die Wanderung behindern.
- Die charakteristische Längszonierung der Fischgemeinschaften eines Fließgewässers wird durch den Klimawandel verändert. Das Verbreitungsgebiet kälteangepasster Fischarten wie z. B. Bachforelle und anderer „Lachs- und Forellenartiger“ wird sich tendenziell verkleinern und Richtung Oberlauf verschieben. Wärmetolerantere Arten wie viele Karpfenfische können ihren Lebensraum dagegen flussaufwärts vergrößern. Auch bei den Kleinlebewesen ist eine entsprechende Verschiebung der Lebensgemeinschaften zu erwarten.
- Während manche Arten sich also aktiv einen neuen Lebensraum suchen können, sind eingeschränkt oder nicht mobile Arten wie Muscheln, Schnecken und Wasserpflanzen an ihren Standort gebunden und brauchen deshalb Rückzugsräume. Geeignete Anpassungsmaßnahmen werden im Kap. 5.2. und 5.3. behandelt.
- Weiterhin wird angenommen, dass sich eingeschleppte Tier- und Pflanzenarten (sog. „Neobiota“) mit steigenden Wassertemperaturen besser etablieren oder weiter ausbreiten können. Viele von ihnen sind toleranter gegenüber Wärme als unsere heimischen Arten. Dies wird insbesondere dann zu einem Problem, wenn sie sich massenhaft vermehren und dadurch heimische, konkurrenzschwache Arten verdrängen.
- Eine Gewässererwärmung wirkt sich aber nicht nur auf die Artenzusammensetzung, sondern auch auf das Wachstum, die Entwicklung und Fortpflanzung von Arten aus. Von einem milderen Winter

und wärmeren Frühjahr profitieren z. B. viele Libellenarten und andere wärmebegünstigte Insekten durch frühere Paarungs- und Schlupfzeiten, die die Generationszahl pro Jahr erhöhen. Umgekehrt haben höhere Wassertemperaturen beispielsweise einen negativen Einfluss auf die Eientwicklung von kälteangepassten Fischarten wie Bachforelle und Äsche.

► **Folie 27**

► **Mehr Infos:** [Arbeitshilfe Gewässerunterhaltung und Naturschutz der Gewässer-Nachbarschaften](#)

Abfluss und Austrocknung

Neben der Temperatur haben auch das Abflussgeschehen und die daraus resultierenden Sauerstoffverhältnisse einen wesentlichen Einfluss auf die Besiedlung durch Organismen. Die veränderten Abflussverhältnisse (langanhaltende sommerliche Trockenperioden, aber auch eine Verschiebung der Abflüsse z. B. in alpin geprägten Gebieten Verkürzung der Schneebedeckung mit höheren Abflüssen im Winter und Abnahmen im Frühjahr und Sommer) steigern die Austrocknungsgefahr v. a. in kleinen, langsam fließenden und stehenden Gewässern.

Folgende Effekte auf die Biologie und Ökologie lassen sich beschreiben:

- Einige Arten sind an das zeitweise Trockenfallen ihres Lebensraumes angepasst.
- Für andere Arten kann das Trockenfallen lebensbedrohlich werden. So z. B. für wenig mobile Arten mit hohem Sauerstoffbedarf wie die Bachmuscheln oder viele Insektenlarven, die den Gewässerboden bewohnen und auf eine permanente Wasserführung angewiesen sind (s. Kap. 5.4).
- Neben den direkten Folgen wird von weiteren Folgeeffekten auf das Vorkommen und die Häufigkeit der Gewässerbewohner ausgegangen: Starkregen und anhaltende Trockenheit verstärken die Bodenerosion und damit den Eintrag von Feinsedimenten (s. Kap. 4.1). Diese „verkleben“ z. B. das gut durchströmte, sauerstoffreiche Lückensystem im Gewässergrund (sog. „Kolmation“), was zum Verlust von Laichplätzen (z. B. für die Bachforelle) und Lebensräumen vieler Kleinlebewesen führt.

4.5 Freizeit und Erholung an Gewässern (Sozialfunktion)

Lebendige Gewässer bieten Erholung und Erlebnisse

Menschen zieht es zum Wasser, denn lebendige Flusslandschaften ermöglichen eine intensive Begegnung mit der Natur. Ruhige Umgebung, Anregung der Sinne, faszinierende Erlebnisse: Natürliche oder naturnah entwickelte Bäche und Flüsse bieten nicht nur Lebensraum für eine Vielfalt von Tieren und Pflanzen, sie sind auch wertvolle Lebens- und Erholungsräume für uns selbst. Durch Aktivitäten im und am Gewässer lässt sich Stress abbauen und neue Energie schöpfen. Gewässerläufe und ihre Auen haben einen Eigenwert, zugleich erhöhen sie die Attraktivität von Städten und Regionen und tragen zur Wertschätzung unserer bayerischen Heimat bei. Sich in schöner Landschaft zu bewegen, kann auch eine gesundheitsfördernde und sogar eine therapeutische Wirkung haben. Von gut geplanten Renaturierungen profitiert somit nicht nur die Ökologie, sondern auch der Mensch. Der Klimawandel mit seinen Auswirkungen auf den Wasserhaushalt wirkt sich uneinheitlich auf die Freizeit- und Erholungsnutzung aus.

► Folie 28

Tab. 1: Auswirkungen auf Freizeit und Erholung in und an Gewässern

Bewertung	Wirkung
-	Stand- und Fließgewässer mit kleinen Einzugsgebieten verlanden beziehungsweise trocknen in warmen und niederschlagsarmen Sommern häufiger aus und sind dann für die Erholungsnutzung wenig(er) attraktiv.
+	Schönwetterperioden mit höheren Temperaturen machen den Aufenthalt an Gewässern noch attraktiver, verlängern den Zeitraum für die Nutzung und verstärken insgesamt die Nachfrage nach Naturerlebnissen.
+/-	Abflussarme Niedrigwasserlagen können den Gewässerzugang sowohl erleichtern als auch erschweren.
+	Bei abflussarmen Niedrigwasserlagen können Strukturen im Gewässer erreicht und genutzt werden, die unter Normalbedingungen nicht erreicht werden können (z. B. Kiesinseln im Flachwasserbereich).
-	Bei Niedrigwasser treten im Sommer an den trockenfallenden Uferabschnitten vermehrt Geruchsprobleme auf.
+	Erhöhte Wassertemperaturen machen v. a. sommerkühle Fließgewässer attraktiver für die Badenutzung und wassergebundene Freizeitaktivitäten.
-	Erhöhte Wassertemperaturen oder Nährstoffeinträge bei Starkregen können in Seen und gestauten Flussabschnitten vermehrt und verstärkt Algenblüten verursachen. Blaualgenblüten sind gesundheitsgefährdend für Badegäste, v. a. für Kinder.
-	Die Zunahme extremer Abflusslagen erhöht den Aufwand für die Unterhaltungsverpflichteten, insbesondere in der Verkehrssicherung (z. B. Absperrungen bei Uferanbrüchen, Wegfreihaltung, Warnhinweise ab außergewöhnlichen Gefahrenstellen).

(Bewertungen in Spalte 1: += förderlich 0= neutral / unbekannt und -= nachteilig)

4.6 Gewässer in Ortslagen

Besonderheiten

Städte sind den Auswirkungen des Klimawandels unmittelbarer als ländliche Räume ausgesetzt:

- Sie heizen sich stärker auf, kühlen nachts schlechter ab und bieten oft unzureichende Versickerungs- und Abflussmöglichkeiten für Starkniederschläge.
- Gleichzeitig sind dort viele Menschen und Nutzungsansprüche auf engem Raum.
- Städte speichern aufgrund der hohen Flächenversiegelung und der dichten Bebauung die Wärme auch über Nacht und heizen sich stärker auf als ihr Umland.
- Dies beeinträchtigt die nächtlichen Erholungsphasen und belastet Stadtbewohner wie auch Flora und Fauna in der Stadt.
- Der natürliche Wasserkreislauf wird verändert.

Abfluss und Entwicklung innerörtlicher Gewässer

Innerörtliche Gewässer sind deshalb oft gekennzeichnet durch:

- verringerte Abflusskapazität
- fehlende Überflutungsmöglichkeit in der Aue durch Überbauung
- Engstellen im Gewässerbett (z. B. Brücken)
- technischen Verbau mit stark veränderter Gewässerstruktur
- fehlenden Uferbewuchs und Beschattung (das führt zu stärkerer Erwärmung des Gewässers und zu Verkrautung)
- hydraulische Belastungen durch Niederschlags- und Mischwassereinleitungen
- verstärkten Hitzestress durch die überproportionale Aufheizung des urbanen Raums.

Starkregen und Hochwasser

Auch gegenüber Starkregen sind Städte besonders verwundbar. Die Versiegelung und Verdichtung der Böden verändern das Abflussregime von Niederschlagswasser stark. Niederschläge fließen größtenteils oberflächlich ab und werden sofort abflusswirksam. Die bereits beobachtete Zunahme der Häufigkeit und Intensität von Starkniederschlägen führt zu einer Zunahme von Hochwasserereignissen und Überschwemmungen sowie Beeinträchtigungen durch wild abfließendes Wasser in Siedlungsbereichen (sog. „urbane Sturzfluten“), vor allem auf stark versiegelten Flächen.

Trockenheit und Hitze

In Trockenzeiten steht das Wasser nicht mehr zur Verfügung, da kaum eine Speicherung stattfindet. Bei Trockenperioden ist deshalb mit sehr geringen Abflüssen zu rechnen, die ggf. noch durch die Entnahme von Wasser zur Bewässerung von Gärten weiter geschmälert werden. Geringe Abflüsse und höhere Wassertemperaturen führen bei innerörtlichen Gewässern zu Wasserqualitätsproblemen, die durch den Klimawandel noch verschärft werden.

4.7 Gewässernutzungen

Das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) regelt in § 9, was Benutzungen an Oberflächengewässern sind - sog. „Benutzungstatbestände“ sind demnach:

- das Entnehmen und Ableiten von Wasser aus oberirdischen Gewässern,
- das Aufstauen und Absenken von oberirdischen Gewässern,
- das Entnehmen fester Stoffe aus oberirdischen Gewässern,
- das Einbringen und Einleiten von Stoffen in Gewässer.

Darunter fallen unter anderem:

- Kommunale Abwasseranlagen
- Anlagen zur Regenwassersammlung und zur Regenwasserbehandlung
- Industriell-gewerbliche Direkteinleiter von Abwasser (z. B. aus Kühlsystemen von Kraftwerken und Kühlsystemen zur indirekten Kühlung von industriellen und gewerblichen Prozessen, die in Anhang 31 der Abwasserverordnung behandelt sind).
- Anlagen in und an Gewässern nach § 36 WHG (z. B. Stauanlagen)
- Wasserkraftanlagen.

Der vom Klimawandel beeinflusste Wasserhaushalt wirkt sich vielfältig auf diese Nutzungen aus.

Bei Produktionsprozessen in der Chemie-, Papier- und Lebensmittelindustrie wird oftmals Oberflächenwasser zur Kühlung verwendet, welches nach Verwendung erwärmt in die Gewässer rückgeführt wird. Gleiches gilt für Wärmekraftwerke in der Energiewirtschaft wie Gas-, Kohle-, Öl-, Biomasse-, Abfall- oder Kernkraftwerke. Insgesamt gibt es in Bayern aktuell etwa 40 Kraftwerke und Industriebetriebe mit bedeutenden Kühlwassereinleitungen. Grundsätzlich bedarf eine solche Wärmeeinleitung einer Begrenzung: In der jeweiligen wasserrechtlichen Erlaubnis sind die Aufwärmspannen und Maximaltemperaturen festgelegt. So soll verhindert werden, dass bei ungünstigen Abfluss- und Temperaturverhältnissen die Gewässerökologie übermäßig beeinträchtigt wird.

Beispiele für Auswirkungen auf die Siedlungsentwässerung und die Abwasserreinigung:

- Die Reinigungsleistung der Kläranlagen kann durch höhere Abwassertemperaturen und in Trockenperioden steigen. Im biologischen Reinigungsprozess könnten sich höhere Sommer- und Wintertemperaturen insbesondere fördernd auf die Nitrifikation auswirken. Dadurch wird fischgiftiges und sauerstoffzehrendes Ammonium in Nitrat umgewandelt (oxidiert).
- Längere Trockenperioden mit geringerer Wasserführung können jedoch auch zu Wasserqualitätsproblemen im Gewässer führen, weil das Abwasser dann nicht optimal verdünnt wird; das gilt vor allem für kleine Gewässer.
- Durch Starkregen können sich die Schwankungen des Abwasseranfalls verstärken (Regenwasseranfall bei Trennsystemen, Gesamtabwasseranfall bei Mischsystemen) und bauliche Anpassungen an die Sammlung, die Niederschlags- oder die Mischwasserbehandlung erforderlich machen.
- Häufigere und heftigere Starkregen auf bebauten Gebieten und befestigten Flächen erhöhen die diffusen Stoffeinträge in die Gewässer.

Beispiele für Auswirkungen auf die industriell-gewerbliche Anlagen und andere Nutzungen:

- In Trockenperioden können sich Engpässe für die Kühlwasserversorgung wegen der geringeren Wasserverfügbarkeit in Fließgewässern ergeben. Zugleich steigt der Kühlwasserbedarf durch höhere Luft- und Wassertemperaturen.
- Bei einer Zunahme der Wassertemperaturen könnte es zukünftig häufiger und länger zu Einschränkungen der Kühlwassernutzung kommen.
- Abflussextrême (sowohl Hoch- als auch Niedrigwasser), die durch den Klimawandel verstärkt auftreten, verschlechtern die Leistung von Wasserkraftwerken und verringern die Stromproduktion gegenüber Normallagen.
- Für die Binnenschifffahrt auf den Flüssen und Strömen sind die Wasserstände der Wasserstraßen von hoher Bedeutung. Die ohnehin vorhandenen jahreszeitlichen Schwankungen der Wasserstände könnten sich mit dem Klimawandel weiter verstärken und langfristig häufigere Einschränkungen beziehungsweise sogar die Einstellungen der Schifffahrt zur Folge haben. Neben der Frachtschifffahrt kann auch die Fahrgastschifffahrt betroffen sein. So musste z. B. im Sommer 2018 die Schifffahrt auf der Donau an der Weltenburger Enge eingestellt werden.

► **weitere Infos:**

Anpassungsmaßnahmen sind in den Kap. 5.1.4 und 5.5.6 und in der Anlage zu Kap. 5 knapp behandelt.

5 Anpassungsmaßnahmen

Anpassungsmaßnahmen- das Unvermeidbare beherrschen

„Es geht darum, das Unbeherrschbare zu vermeiden und das Unvermeidbare zu beherrschen“. Dieser Satz des weltweit renommierten Klimaforschers Prof. Hans Joachim Schellnhuber beschreibt eingängig das Ziel von Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel.

Von Anpassungsmaßnahmen auf die Änderungen des Wasserhaushalts sind viele Ressorts und Bereiche unmittelbar betroffen und berührt: Neben Wasserwirtschaft und Naturschutz sind dies z. B. auch Landwirtschaft, Wald- und Forstwirtschaft, Bodenschutz, Bauleitplanung, Städtebau, Verkehrs- und Energiewirtschaft sowie die Industrie.

In der konkreten Ausgestaltung geht es darum, diejenigen Maßnahmen zu finden, die die nachteiligen Wirkungen des Klimawandels auf den Wasserhaushalt abmildern oder sogar aufheben können. Umgesetzt werden sollen nach Möglichkeit nur Maßnahmen, die auch in der Zukunft geeignet und wirksam sind sowie keine nachteiligen Nebenwirkungen haben („no-regret-Maßnahmen“). Die Maßnahmenpalette muss dabei alle Änderungen des Wasserhaushalts im Blick haben, von Niedrigwasser, Dürre und Trockenheit bis zu Hochwasser, Sturzfluten und weiteren Naturrisiken.

Die Maßnahmen lassen sich folgenden Bereichen zuordnen:

- Vorsorgemaßnahmen (z. B. Flächenrückhalt)
- Bauliche Anpassungsmaßnahmen (z. B. Bemessungen im technischen Hochwasserschutz)
- Maßnahmen mit klimatischer Wirkung (z. B. Gewässerrenaturierungen)
- Technische und betriebliche Maßnahmen (z. B. Kläranlagen, Wasser-Speicherung)
- Rechtliche und administrative Maßnahmen (z. B. Erlaubnisse, Anforderungen an Gewässerbenutzungen)
- Flussgebietsmanagement, operationelle Maßnahmen (z. B. Warn- und Informationsdienste, Wärmelastpläne, Aktionsplan Bewässerung der Bayer. Klimaschutzoffensive 2019).

Das Kapitel 5 dieser Arbeitshilfe stellt wesentliche Maßnahmen vor und legt den Schwerpunkt auf das, was Kommunen an ihren Gewässern selbst tun können. Die Gliederung entspricht der räumlichen Annäherung an das Gewässer: vom Umland (Einzugsgebiet, Kap. 5.1) über die Ufer (Kap. 5.2) zum Gewässer (Kap. 5.3). Sofortmaßnahmen, die bei Extremlagen ergriffen werden können, beschreibt Kap. 5.4. Die Kap. 5.5 und 5.6 fassen zusammen, was weitere Maßnahmenträger und Akteure beitragen können, von Anpassungen der Gewässeranlieger bis vom staatlichen Alarmplan.

Anpassungsmaßnahmen in der Wasserwirtschaft: eine Übersicht

In der [Bayerischen Klimaanpassungsstrategie](#) ist für 15 Handlungsfelder ausführlich beschrieben, welche Anpassungsmaßnahmen in Bayern erforderlich sind. Für jede einzelne Maßnahme ist außerdem bewertet, wie dringlich und wie wirksam die Maßnahmen sind, wer an der Umsetzung beteiligt ist und wie weit der Umsetzungsstand ist. Für das Handlungsfeld Wasserwirtschaft sind insgesamt fast 50 Maßnahmen einzeln aufgeführt, darunter 13 für den Bereich Gewässerökologie. Maßnahmen, die in der Klimaanpassungsstrategie in mindestens einem Handlungsfeld aufgeführt sind, sind in den folgenden Unterkapiteln mit einem * gekennzeichnet.

Für Deutschland hat eine [Expertengruppe der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser \(LAWA\)](#) die Auswirkungen des Klimawandels und die Anpassungsmöglichkeiten der Wasserwirtschaft ebenfalls eingehend untersucht.

► weitere Infos:

Für die Fließgewässer ist eine Auswahl dieser Maßnahmen in einer Tabelle zusammengestellt. Außerdem findet sich dort eine Auswahl von Anpassungsmaßnahmen anderer Handlungsfelder (z. B. Naturschutz), die im Zusammenhang mit Gewässern stehen. Dort ist auch die Zusammenstellung der LAWA-Expertengruppe eingestellt. Die Tabelle wird für die Beraterinnen und Berater im internen Bereich unter www.gn-bayern.de bereitgestellt.

Folgende Schlussfolgerungen der LAWA-Expertengruppe sind für die Praxis wichtig:

- Klimaanpassungsmaßnahmen im Bereich der Fließgewässer zielen hauptsächlich auf die Stärkung der natürlichen Ökosysteme ab, um die Widerstandsfähigkeit (Resilienz) gegenüber den Veränderungen zu erhöhen, die vom Klimawandel ausgelöst werden.
- Naturnah entwickelte und unterhaltene Bäche sind damit robuster gegenüber nachteiligen klimabedingten Veränderungen des Wasserhaushalts als ausgebaute und naturferne Gewässer oder Gewässerabschnitte.
- Möglichst natürliche Gewässerstrukturen mit bewachsenen Ufern, guter biologischer Durchgängigkeit und einem Mosaik vielfältiger Lebensräume schaffen Nischen und Rückzugsräume bei Stresssituationen.
- Eine intakte Gewässersohle mit einem biologisch funktionsfähigen Lückenlebensraum (Interstitial) ist dafür besonders wichtig. Nach Extremereignissen, z. B. Trockenfallen von Bachabschnitten, kann das Gewässer von dort aus wieder besiedelt werden.
- Maßnahmen, die bei der Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie geplant und durchgeführt werden, wirken auch im Sinne der hier genannten Punkte und damit auch im Sinne der Klimaanpassung.
- Anders als zum Beispiel im technischen Hochwasserschutz sind aus heutiger Sicht bei der naturnahen Gewässerentwicklung keine speziell und ausschließlich auf den Klimawandel abzielenden Anpassungsmaßnahmen erforderlich.

Die einzelnen Maßnahmen haben in Hinblick auf den Klimawandel eine durchaus unterschiedliche Wirksamkeit. Eine detaillierte Abschätzung der LAWA findet sich im sogenannten [LAWA-BLANO-Maßnahmenkatalog](#). Dort werden für mehr als 150 Maßnahmen jeweils zwei Fragen bewertet:

- Anpassungsmaßnahmen: Dient die Maßnahme auch der Anpassung an Veränderungen, die sich aus dem Klimawandel ergeben?
- Auswirkungsprognose: Hat der Klimawandel Auswirkungen auf die Wirksamkeit der Maßnahmen?

Für die Planung und Umsetzung von Maßnahmen im und am Gewässer sowie die Gewässerunterhaltung ist der erste Aspekt von größerer Bedeutung.

Der LAWA-Katalog wurde für diese Arbeitshilfe weiterbearbeitet und in einer Tabelle zusammengestellt. Die Tabelle soll ein praxisnahes Werkzeug sein, das Planungen unterstützt, indem es Antworten auf folgende Fragen gibt:

- Wie wirksam sind die einzelnen Maßnahmen bei der Anpassung an den Klimawandel?
- Auf welche der Änderungen im Wasserhaushalt und auf die Natur wirkt die Maßnahme?
- Welche dieser Maßnahmen sind im Rahmen der Unterhaltung an Gewässern dritter Ordnung umsetzbar?
- Welche der Maßnahmen kommen schwerpunktmäßig an den Flüssen und Strömen zum Einsatz?

► **Hinweise:** Die Ergebnisse sind im Anhang im Kap. 6.3 tabellarisch zusammengestellt

► **Erläuterungen:**

Bei den Praxisbeispielen im Kap. 6.2 dieser Arbeitshilfe ist die Anpassung an den Klimawandel entsprechend bewertet und eingearbeitet.

Beachte:

Die Tabellenübersicht ist eine Hilfe für Praktiker. Bei der Bewertung handelt es sich um eine Abschätzung. Die Anpassungswirkung im konkreten Einzelfall hängt von den Verhältnissen des Gewässers vor Ort und dem Gesamtumfang der dort durchgeführten Maßnahmen ab (Art und Anzahl der Maßnahmen, Umfang und Umgriff).

5.1 Maßnahmen in der Fläche

5.1.1 Landschaftsgestaltung und Erosionsschutz ► Folien 30, 31

Aufgrund des Klimawandels ist zu erwarten, dass einerseits häufiger längere Trockenwetterperioden auftreten und andererseits die Intensität des Niederschlags weiter zunimmt. Um sich an diese Verhältnisse anzupassen, sind schon jetzt entsprechend der guten fachlichen Praxis Aufbau und Erhalt einer guten Bodenstruktur sowie eines hohen Infiltrationsvermögens wesentliche Aufgaben im Ackerbau und im Eigeninteresse der Landwirte. Zudem müssen Bodenabträge möglichst vermieden werden, denn der Verlust wertvollen Bodens kommt langfristig teurer als effektiver Erosionsschutz. Wichtige Bewirtschaftungsmaßnahmen dazu sind u. a.

- Grünlanderhalt, Umwandlung von Acker in Grünland, Stilllegungen
- Vielgliedrige Fruchtfolgen
- Zwischenfruchtanbau
- Mulchsaat bei Reihenkulturen mit Saatbettbereitung
- „Direktsaat“ bei Reihenkulturen (Mulchsaat ohne Saatbettbereitung)
- Dauerhaft pfluglose Bewirtschaftung
- Bewirtschaftung quer zum Hang
- Verkürzung von Hanglängen
- Anlage von begrünten Abflussrinnen und Erosionsschutzstreifen
- Nachhaltige Humuswirtschaft
- Bodenschonendes Befahren der Felder zur Vermeidung von Bodenverdichtungen.

► **Mehr Infos:** [Arbeitshilfe „Zu viel Feinmaterial in den Gewässern?“ der Gewässer-Nachbarschaften](#)

Als weitere Anpassung an den Klimawandel können folgende Bewirtschaftungsmaßnahmen einen guten Beitrag leisten.

Überprüfen der Notwendigkeit von Entwässerungsmaßnahmen

Aufgrund zunehmender Trockenperioden gewinnt neben dem guten Infiltrationsvermögen auch der Wasserrückhalt in den Böden an Bedeutung. Es ist daher zu prüfen, ob Entwässerungsmaßnahmen weiterhin sinnvoll und notwendig sind.

Einbindung neuer Kulturen in die Fruchtfolge

Mittel- bis langfristig sollten die Sorten und Arten der verwendeten Kulturpflanzen auf die veränderte Verfügbarkeit von Wasser überprüft werden. Der Ersatz von weniger gut an den Klimawandel angepassten Arten durch standortangepasste und stressresistente Kulturen kann stabile Erträge trotz häufigerer ungünstiger Witterung sichern.

Schaffung von für das Kleinklima geeigneten Landschaftsstrukturen

Als Verdunstungsschutzmaßnahme kann - neben Mulchdecken - die Anlage von Gehölzstrukturen wie Hecken, Feldhaine und Feldgehölze als agroforstwirtschaftliches Element zur Klimaanpassung dienen. Die Integration mehrjähriger Gehölze in die Acker- und Grünlandnutzung kann zusätzlich zum Windschutz u. a. auch zu einem besseren Mikroklima und mehr Biodiversität beitragen.

Klimaanpassung bei Sonderkulturen

Der frühere Vegetationsbeginn der Pflanzen kann v. a. bei Obst und Wein zu Frostschäden führen. Durch den Anbau frostharter und frühreifer Sorten sowie die Entwicklung von Frostschutzmaßnahmen

lässt sich das Risiko verringern. Auch der Schutz der Pflanzen (v. a. Obstbäume, Beerensträucher und Reben) vor Strahlungsschäden, Hagel und Feuchte (v. a. Kirschen), z. B. durch Bedachungssysteme, Folien, Schutznetze ermöglicht stabile Erträge trotz häufigerer ungünstiger Witterung.

Nutzung neuer Düngungsformen/Applikationsverfahren

Ein effektives Nährstoffmanagement landwirtschaftlicher Kulturen bildet die Basis für die Vermeidung von Nährstoffverlusten. Hierzu müssen sowohl Zeitpunkt als auch Menge der Düngung an die angebaute Kultur, den vorhandenen Nährstoffvorrat im Boden und die Witterung individuell angepasst werden.

Ausbringtechniken, die Gülle direkt in den wachsenden Bestand einbringen, liefern einen wertvollen Beitrag zur Vermeidung von Nährstoffabschwemmung und -auswaschung und verringern zudem deutlich die Freisetzung von NH_3 (Ammoniak) in die Luft.



Abb. 4: [Link zum Video der LfL](#)

Stabilisierte Düngerformen oder zukunftsweisende GPS-gesteuerte Ausbringungsverfahren wie platzierte oder teilflächenspezifische Düngung, Depotdüngung im Wurzelraum oder Blattdüngung ermöglichen eine Effizienzsteigerung der eingesetzten Nährstoffe.

Effiziente Bewässerung (z. B. Tropfenbewässerung)

Für die Landwirtschaft muss eine trockenheitsangepasste Bewirtschaftung ohne Bewässerung die Regel sein. Nicht alle Wünsche nach Bewässerungswasser werden in Zukunft erfüllt werden können. Für Sonderkulturen wie z. B. den Gemüseanbau hat jedoch die Bewässerung eine hohe Bedeutung. Wesentlich ist ein sparsamer und nachhaltiger Umgang mit Wasser. Hierfür trägt auch die Landwirtschaft, wie letztlich wir Alle, eine große Verantwortung.

Landschaftsgestaltende Maßnahmen

Sehr wirkungsvoll können auch landschaftsgestaltende Maßnahmen sein. Ihr Ziel ist es, die Funktions- bzw. Nutzungsfähigkeit von Kulturlandschaften auf Dauer zu sichern, indem die ungebremsen Stoffausträge aus der Landschaft in die Gewässer durch Rückhaltesysteme für Wasser und andere Stoffe (Bodenteilchen, Nährstoffe – insbesondere Phosphor und Stickstoff - sowie für sonstige organische Fracht) in bedeutendem Maße verringert werden. Wie vorher bereits beschrieben steht aber an erster Stelle, die Stoffausträge möglichst am Entstehungsort zu verhindern. Ein dauerhaft wirksames Grundgerüst aus abflussbremsenden und stoffrückhaltenden Strukturen sichert ergänzend zu den anbautechnischen Methoden eine nachhaltige landwirtschaftliche Produktion und vermindert Stoffeinträge in die Fließgewässer.

Dazu gehören vor allem die Begrünung der Wasserwege und die Möglichkeiten zum Wasserrückhalt. Beispielhaft sind folgende Maßnahmen möglich:

- Anlage von begrünten Abflussmulden in natürlichen Geländesenken durch Nutzungsänderung
- Feuchtfelder zum Rückhalt von Erosionsmaterial
- Flächen mit Hangverrieselung zum Rückhalt von Erosionsmaterial
- Besondere Berücksichtigung von Erosionsschutz und Abflussdämpfung bei der Flureinteilung
- Abflussregulierende Maßnahmen im Rahmen des ländlichen Wegebaus.

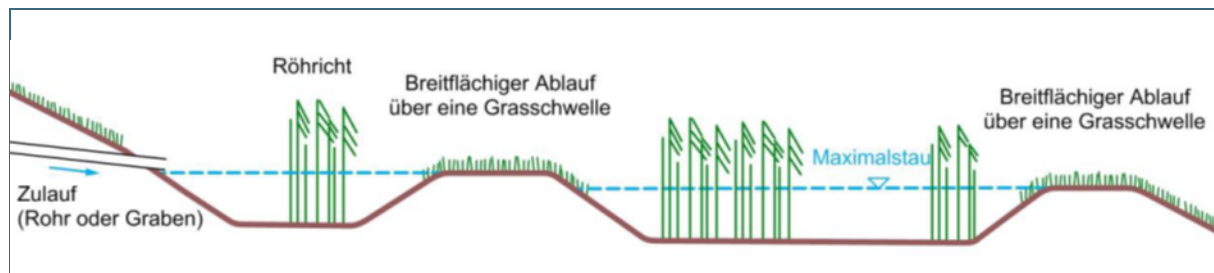


Abb. 5: Prinzipskizze zur Anlage von Feuchtfeldern

► **Mehr Infos:** [Arbeitshilfe „Zu viel Feinmaterial in den Gewässern?“ der Gewässer-Nachbarschaften](#)

Für die Beratung der Landwirte ist hier die Gewässerschutzberatung an den Ämtern für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (AELF) zuständig. Zusätzliche Aufwendungen können in bestimmtem Rahmen durch das Bayerische Kulturlandschaftsprogramm (KULAP) ausgeglichen werden. Ansprechpartner für landschaftsgestaltende Maßnahmen ist das zuständige Amt für ländliche Entwicklung (ALE). Besonders zu nennen ist hier auch die Initiative boden:ständig, die Gemeinden und Landwirten die notwendigen Hilfestellungen gibt, damit diese ihre Probleme beim Stoff- und Wasserhaushalt mit Blick auf den Klimawandel in Eigenverantwortung Schritt für Schritt angehen können.

5.1.2 Rückhalt in Auen

► **Folie 32**

Auen sind an Bächen und Flüssen angrenzende Landflächen, die auf besondere Weise mit den Fließgewässern zusammenhängen. Sie sind Lebensräume, die von der Gewässerdynamik abhängen, regelmäßige Überschwemmungen und wechselnde Grundwasserstände sind ihr prägendes Merkmal: Nur, wenn Bäche und Flüsse in ihre Auen ausufern können, entwickeln sich die typischen Lebensräume, die durch eine besonders hohe Artenvielfalt ausgezeichnet sind.

Naturnahe Auen sind deshalb auch als Anpassung an den Klimawandel wertvoll und in der [Bayerischen Klimaanpassungsstrategie](#) mehrfach als hoch wirksame Anpassungsmaßnahmen aufgeführt. Sie werden auch in der Wirkungsabschätzung für diese Arbeitshilfe positiv bewertet.

Leistungen der Auen bei Hochwasser

Wenn das Ausuferungsvermögen von Bächen und Flüssen gewahrt ist, verzögern die Auen den Hochwasserabfluss. Wasser wird in der umgebenden Aue zurückgehalten, das Ökosystem Auwald ist sogar auf diese wiederholten Überschwemmungen angewiesen. Bei lokalen Starkregenereignissen und bei kleineren Hochwasserereignissen können die höchsten Wasserstände durch funktionsfähige Auen deutlich abgesenkt werden.

Die Wirkung der Gewässer- und Auenentwicklung für den Hochwasserrückhalt in Oberläufen und kleineren Einzugsgebieten ist für den gesamten Unterliegerraum von Bedeutung, Maßnahmen in mehreren Teileinzugsgebieten können die Wirkungen verstärken.

Stößt bei sehr großen mehrtägigen Hochwasserereignissen das Fassungsvermögen von Auen an seine Grenzen, kann auch noch der verlängerte Lauf eines renaturierten Gewässerabschnitts einen Beitrag zur Abflussverzögerung leisten.

Leistungen der Auen bei Trockenheit und Niedrigwasser

Weniger bekannt ist, dass Auen auch bei Niedrigwasser und Trockenheit einen Zusatznutzen haben: Sie schützen, indem sie vorher gespeichertes Wasser in Trockenperioden über das Grundwasser dosiert abgeben. Sie wirken damit wie ein Schwamm, stabilisieren den Landschaftswasserhaushalt und gleichen Engpässe aus.

Leistungen der Auen im Naturschutz

Auen sind besonders artenreiche Lebensräume und „hot spots der Biodiversität“, die wesentlich zur Vernetzung beitragen. Viele der selten gewordenen Tier- und Pflanzenarten haben dort ihren angestammten Lebensraum, zum Amphibien oder Libellen.

Naturbelassene Auen sind selten geworden. Mit reaktivierten oder neu angelegten Bächen werden Auenlebensräume an den Fluss angeschlossen, mit dem Fluss verbundene Altarme oder alte Rinnensysteme neu belebt.

Maßnahmen zur Wiederherstellung von Auen und Auegewässern

- Primäraue (ursprüngliche Aue in natürlicher Höhenlage) naturnah wiederherstellen oder entwickeln, Auegewässer anlegen oder entwickeln, Flutrinnen aktivieren, Altgewässer anbinden
- Sekundärauen naturnah herstellen oder entwickeln.

In Fällen, in denen die Wiederherstellung der Dynamik und Überflutungen aus Gründen des Hochwasserschutzes und wegen bestehender Nutzungen nicht möglich sind, werden die Vorländer oder Teile davon flächig abgetragen, um eine Vernetzung von Gewässern und Aue auf einem tieferen Niveau zu erreichen. Diese Flächen bieten Platz für den Hochwasserabfluss und sind zugleich Entwicklungsflächen für neue Auenlebensräume. Sie bilden ein naturnahes Auenrelief auf begrenzter Fläche nach und werden als Sekundärauen bezeichnet.

Aue naturnah erhalten und pflegen

Die Rückverlegung von Deichen spielt an Gewässern dritter Ordnung nur eine geringe Rolle, weil die allermeisten Bäche nicht bedeicht sind. Allerdings können nach Hochwässern aus Sedimenten gebildete Verwallungen am Ufer (Uferrehnen) wie Deiche wirken und die Ausuferungen begrenzen.

Alle genannten Maßnahmen setzen voraus, dass ausreichende Flächen verfügbar sind und Konflikte bei der Nutzung angrenzender Flächen bereits im Planungsprozess geklärt und aufgelöst werden können. Gute Beispiele der Auenentwicklung an Bächen gibt es, sie sind aber rar.

► **Mehr Infos:** [Arbeitshilfe Uferstreifen der Gewässer-Nachbarschaften](#)

5.1.3 Rückhalt innerorts, Schwammstädte *

► Folien 33, 34

Da insbesondere der Versiegelungsgrad maßgeblichen Einfluss auf die Aufheizung der Städte hat, ist die Ausstattung der Städte mit sog. „Grüner und Blauer Infrastruktur“ für das Stadtklima besonders wichtig. Gewässerläufe können Kaltluftschneisen bilden und das Mikroklima in der Stadt verbessern, wenn sie über eine ausreichende Breite verfügen. Daher sollten v. a. offene Gewässer mit einer möglichst breiten Gewässertrasse/Aue zur Durchlüftung des urbanen Raums erhalten und entwickelt werden.

Die zu erwartenden Konflikte zwischen hohem Siedlungsdruck einerseits und den Auswirkungen des Klimawandels andererseits machen integrierte Lösungen für eine wassersensible Siedlungs- und Freiraumplanung in den Kommunen erforderlich:

- Strategisches und planerisches Ziel ist die Umgestaltung der Oberfläche nach dem Prinzip der „Schwammstadt“. Dabei wird das anfallende Niederschlagswasser durch die Reduzierung versiegelter Flächen und eine Erhöhung des Grünanteils wie in einem Schwamm gespeichert und in Trockenperioden wieder abgegeben. Durch die Verdunstungskühlung von Bäumen, Wasserflächen, Vegetation und Böden, die durch das gespeicherte Wasser ausreichend bewässert werden, kann so eine deutliche Reduzierung der Temperaturen in Siedlungen erreicht werden. Die Begrünung von Dächern und Fassaden unterstützt diese Kühlungseffekte.
- Regenwasserbewirtschaftung mit Flächenentsiegelung und dezentraler Versickerung (Flächen-, Mulden-, Rohr-, Rigolen- und in Ausnahmefällen auch Schachtversickerung)
- Anpassungsmaßnahmen zur Starkregenvorsorge: Einbeziehung von Verkehrs- und Freiflächen zur gefahrlosen Ableitung und Zwischenspeicherung des Wassers (sog. „Notwasserwege“)
- Multifunktionale Flächennutzung (z. B. Flutung von Freiflächen wie Parkplätze oder Sportanlagen mit kurzfristigem Einstau bei Starkregenereignissen)
- Anlage begrünter und versickerungsfähiger Rückhalteflächen, die Hochwasserspitzen von den innerstädtischen Gewässern fernhalten.

Für die Reaktivierung von Gräben und Bächen in Ortslagen gelten folgende Grundsätze:

- noch offene Gewässer und Grabensysteme erhalten
- Verrohrungen von Gewässerläufen freilegen, Querbauwerke beseitigen
- Gewässerprofile aufweiten
- zusätzliche Begrünung der angrenzenden Flächen mit schattenspendender Vegetation (verstärken den Kühleffekt)
- alte Gewässersysteme in Ortslagen teilweise wiederherstellen und freilegen.

► Mehr Infos: [Arbeitshilfe der Gewässer-Nachbarschaften Bayern: Entwicklung innerorts.](#)

[Broschüre des Umweltministeriums \(2021\)](#) mit Empfehlungen für die wassersensible Siedlungsentwicklung und ein klimaangepasstes Regenwassermanagement in Bayern.

Umweltinitiative [Stadt.Klima.Natur](#)

5.1.4 Wassersensible Siedlungsentwicklung

► Folie 35

Bei kommunalen Planungen ist es wichtig, den Umgang sowohl mit „zu viel“ als auch mit „zu wenig“ (Niederschlags-)Wasser zu bedenken. Siedlungsgebiete sollten wassersensibel gestaltet werden, so dass die Komponenten des natürlichen Wasserkreislaufs möglichst erhalten bleiben. Dabei wird Niederschlagswasser ortsnah zurückgehalten, verdunstet, gespeichert oder gedrosselt abgeleitet. Dies kann z. B. durch wasserdurchlässige Beläge, Gebäudebegrünung oder unterirdische Zisternen geschehen. Mit der wassersensiblen Siedlungsentwicklung soll versucht werden, so gut wie möglich den natürlichen Wasserhaushalt zum unbebauten Zustand zu imitieren. Das Niederschlagswasser soll nicht mehr schnell abgeleitet, sondern vor Ort gespeichert und zurückgehalten werden.

Die eingesetzten Bausteine sind dabei:

- Entsiegelung von befestigten Flächen (als wichtigstes Instrument)
- Gebäudebegrünung
- dezentrale Versickerung
- offene Ableitung und Notentwässerung (bei Starkregen)
- (multifunktionale) Rückhalteflächen, z. B. Eine Grünfläche, die bei Regen als Rückhalteraum genutzt wird.
- Regenwasserspeicherung und -nutzung

Eine wassersensible Siedlungsentwicklung hilft aber nicht nur, die Auswirkungen des Klimawandels in den Siedlungen zu mildern und dort ein lebenswertes sowie gesundes Leben zu ermöglichen, sondern sie hat auch Auswirkungen auf die Gewässer.

Je mehr versiegelt wird und je mehr Niederschlagswasser direkt abgeleitet wird, desto stärker wird das Gewässer mit hohen Abflüssen beaufschlagt. Wird aber versucht, die eben genannten Bausteine einzusetzen, so führt dies zu einer Speicherung und Verzögerung des Abflusses in die Gewässer. Damit wird nicht nur die Gefahr von Hochwasser, sondern auch von Niedrigwasser gemildert.

Diesen Zusammenhang zeigt die nachstehende Grafik anschaulich auf.

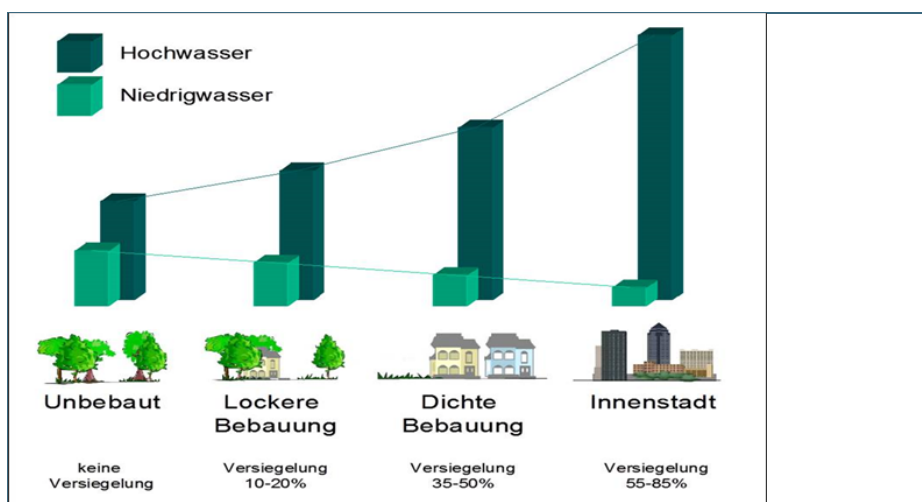


Abb. 6:
Gefahr von Hochwasser und Niedrigwasser bei verschiedenen Versiegelungsgraden

- Vorschlag für BeraterInnen und Berater: Koreferat zur wassersensiblen Siedlungsentwicklung (Schwammstadt) einplanen.

5.1.5 Speicher, dezentrale Rückhaltebecken *

► Folien 36, 37

Was ist ein Hochwasserrückhaltebecken?

Der dezentrale Rückhalt von Flusshochwasser ist eine wesentliche Aufgabe der Hochwasserrückhaltebecken (HRB): Bei Hochwasser wird möglichst der Scheitel der zufließenden Welle im Rückhaltebecken gespeichert, der andere Teil fließt unterhalb davon im Gewässer weiter. Ziel ist es, bei Hochwasser so viel Wasser vorübergehend zu speichern, dass der im Gewässer verbleibende Abfluss im Gebiet unterhalb des HRB keine Schäden verursachen kann. Der Rückhalteraum staatlicher und staatlich geförderter HRB wird in der Regel auf den statistisch 100-jährlichen Hochwasserabfluss (HQ₁₀₀) plus 15 % Klimazuschlag ausgelegt. Für diesen Bemessungsfall kann zum Schutz der Unterlieger Hochwasser in den Entstehungsgebieten und Oberläufen gezielt zurückgehalten werden.

Der Freistaat fördert die Kommunen

Die meisten dieser Becken werden von den Kommunen errichtet, unterhalten und betrieben. An den Gewässern 3. Ordnung haben die Kommunen bereits zahlreiche Hochwasserrückhaltebecken geplant und errichtet, zum großen Teil mit Förderung durch den Freistaat Bayern. Derzeit betreiben die bayerischen Kommunen rund 600 Hochwasserrückhaltebecken mit einem Rückhalteraum von insgesamt rund 22 Mio. m³.

Anlagenbeschreibungen

Die typischen „kleinen Becken“ haben einen Gesamtstauraum von weniger als 100.000 Kubikmetern und eine maximale Höhe des Absperrbauwerks von unter sechs Metern über der Geländesohle. Diese Anlagen bestehen aus einem Absperrbauwerk (in der Regel einem Damm mit den technischen Einrichtungen) und dem dazugehörigen Staubecken (dem Rückhalteraum). Sie werden meist im Hauptschluss betrieben, bei dem das Gewässer die Anlage durch das Durchlassbauwerk im Damm passiert.

Es werden folgende Arten von HRB unterschieden:

- Sog. „Trockenbecken“ werden nur im Betriebsfall zum Hochwasserschutz der Unterlieger eingestaut.
- Bei Dauerstaubecken ist ein Teil des Staubeckens ständig mit Wasser befüllt.

Bei Dauerstaubecken sind ökologische Gesichtspunkte für die Errichtung und den Betrieb besonders zu beachten: die biologische Gewässerdurchgängigkeit kann nur mit dem Durchlassbauwerk hergestellt werden, im Becken kann es zu Qualitätsproblemen durch Verschlammung oder Algenentwicklung kommen. Dauerstaubecken sind deshalb einerseits für die Kommunen oft aufwändiger in Betrieb und Unterhaltung, bieten andererseits aber Möglichkeiten der Freizeitnutzung.

Schulungsmöglichkeiten für das Betriebspersonal

Die Unterhaltung und der Betrieb von HRB erfordert Sachkunde und Erfahrung. Für das technische Betriebspersonal der Kommunen und anderer Träger werden deshalb regelmäßig mehrtägige Grundkurse zur Aus- und Fortbildung des technischen Betriebspersonals vom DWA-Landesverband angeboten, an denen die bayerische Wasserwirtschaftsverwaltung beteiligt ist.

5.1.6 Verbesserung der Abwasserreinigung *

Die Bayerische Klimaanpassungsstrategie (BayKLAS) gibt für die Abwasserreinigung und Entsorgung folgende Handlungsfelder an:

- Reinigung von kommunalen, industriellen und gewerblichem Abwasser, ggf. auch Aufbereitung und Wiederverwendung von Abwasser, v. a. bei Industrie und Gewerbe
- Überprüfung der Bemessungsansätze und Dimensionierung der wasserwirtschaftlichen Infrastrukturen wie Kanal- und Versorgungssysteme sowie Regenrückhaltebecken
- Schutz von Wasserversorgungsanlagen und abwassertechnischen Anlagen gegen Hochwasser und optimierte sowie flexible Steuerung der Entwässerungssysteme.

Für kommunale Abwasseranlagen werden die Anforderungen an die Reinigungsleistung über die gesetzlichen Mindestanforderungen hinaus erhöht, falls erforderlich. Die maßgeblichen Beurteilungskriterien sind in einem [Merkblatt](#) für die amtlichen Sachverständigen zusammengefasst. Die fachlichen Vorgaben für die Einleitung von Schmutz- und Niederschlagswasser enthalten zwar keine gesonderten Klima-Lastfallbetrachtungen, wenn die örtlichen Verhältnisse oder der Zustand des Gewässers es erfordern, müssen Abwasseranlagen aber weitergehende Anforderung einhalten. Das gilt z. B.

- wenn der ökologische Zustand der Wasserkörper die Zielvorgaben der EG-Wasserrahmenrichtlinie noch nicht erfüllt
- bei ungünstigem Mischungsverhältnis bei Niedrigwasser
- bei zu geringen Fließgeschwindigkeiten an der Einleitungsstelle
- wenn Mischwasserentlastungsanlagen das Gewässer hydraulisch zu stark belasten oder Erosionsgefahr an der Gewässersohle besteht.

Fallbeispiel eutrophierende Stoffe

Die Mehrheit der Gewässer im Netz der EG-Wasserrahmenrichtlinie (sog. „OWK“-Oberflächenwasserkörper) weist zu hohe Gehalte mit eutrophierenden Stoffen, v. a. Phosphor, auf. Die sog. „Biokomponenten“ (z. B. Algenaufwuchs) zeigen diese Belastungen an, der gute ökologische Zustand wird damit verfehlt. Dafür sieht der LAWA-Maßnahmenkatalog bei Nährstoffbelastungen durch Punktquellen unter anderem den technischen Ausbau kommunaler Kläranlagen zur Reduzierung der Phosphoreinträge vor. In der Anwendung dieser Anforderungen müssen z. B. mittelgroße Anlagen in Bayern (Abwasserreinigung für 2.000 bis 10.000 Einwohner), für die es keine gesetzlichen Mindestanforderungen zur Phosphorelimination gibt, ihr Abwasser behandeln und ihre Anlagen mit einer Phosphor-Reinigungsstufe nachrüsten. Auch in den kommenden Jahren werden auf dieser Grundlage zahlreiche weitere Maßnahmen bei allen Kläranlagen umgesetzt werden, um zum Erreichen des guten Zustands beizutragen. Das gilt für besonders empfindliche oder besonders belastete Gebiete, die als sogenannte „gelbe Gebiete“ in der Umsetzung der Düngeverordnung ausgewiesen sind. In diesen Gebieten sind auch weitere Maßnahmen der Landwirtschaft nötig.

5.2 Maßnahmen am Ufer

Klimawandel - Warum vermehrt Ufer Gehölze?

► Folie 38

Gewässer, insbesondere die Oberläufe von Fließgewässern und viele Bäche in Deutschland sind ursprünglich sommerkühle und sauerstoffreiche „Waldgewässer“. Zentrale fachliche Basis der Bewertung der Gewässerstruktur und - darauf aufbauend - der Bewertung der biologischen Gewässerqualität sind die Fließgewässertypen ([Hydromorphologische Steckbriefe der deutschen Fließgewässertypen](https://www.umweltbundesamt.de) (umweltbundesamt.de). Die Typen 2 (Seiten 31 ff), 5 (Seiten 75 ff) und 6 (Seiten 97 ff) sind bei Bayerns kleinen Gewässern am häufigsten vertreten und deren Steckbriefe –insbesondere die Habitatskizzen- sind allgemein bekannt.

Die in diesen Gewässern nach EG-Wasserrahmenrichtlinie für eine „gute“ Bewertung maßgeblichen Gewässerorganismen reagieren sensibel auf zu wenig Sauerstoff, zu viel Wärme und fehlende Habitate. Daher werden selbst bei sonst guter Bewertung Gewässer ohne ausreichende Gehölzsäume, Totholzstrukturen und insbesondere Beschattung nicht den guten ökologischen Zustand nach EG-Wasserrahmenrichtlinie erreichen können.

Daher ist es im Hinblick auf den Klimawandel besonders wichtig, Gehölze – bei ganz kleinen Gewässern auch Hochstaudenfluren – zu erhalten oder zu etablieren. Dabei gilt: möglichst nahe am Gewässer, denn dann schaffen die Wurzeln Habitate im Gewässer und sorgen für eine ausreichende Beschattung, das herabfallende Laub stellt eine wichtige Nahrungsbasis für Pflanzenfresser im Gewässer dar. Zudem sind Gehölze als Lieferanten für Totholz im Gewässer wichtig.



Abb. 7: Gewässer in „grüner Flur“ aber ohne Beschattung: großes Defizit, da Gefahr der starken Erwärmung (Foto: Raimund Schoberer)



Abb. 8: Ideal: Sommerkühles Gewässer mit strukturreicher Sohle, Totholz und Gehölzen (TYP 5) (Foto: Raimund Schoberer)

Gewässer lebendig durch Sauerstoff – Beschattung ist wichtig!

Bei der Erwärmung gehen die Sauerstoffgehalte im Wasser zurück, wie im Kap. 4.3 erläutert. Mit der Verstärkung und fallweisen Verschärfung dieses Effekts durch den Klimawandel ist weiterhin zu rechnen, die Beschattung von Gewässern kann das wirksam abmildern.

► Folie 39

Viele Gewässerorganismen leiden zudem, wenn die Temperaturen für sie zu hoch werden. Schon bei rund 25 °C wird es für empfindliche Organismen „eng“ (s. Folie 39). Auch hier hilft eine ausreichende Beschattung.

Klimawandel - Sind unsere Bäume am Gewässer klimatolerant?

Wälder werden durch Hitze und Trockenheit geschwächt und gerade in Beständen mit standortfremden Fichten oder Kiefern haben Schadinsekten wie z. B. der Borkenkäfer „freie Bahn“. Im Bereich der Forstwirtschaft bedeutet Klimawandel Waldumbau im großen Umfang bis hin zum möglichen dauerhaften Verlust von Wäldern auf zu trockenen Standorten. Doch wie schaut es mit dem Bewuchs entlang der Gewässer aus? Auf was müssen wir uns einstellen, wie können/müssen wir hier reagieren?

Die Praxishilfe „[Klima – Boden – Baumartenwahl](#)“ der Bayer. Landesanstalt für Wald- und Forstwirtschaft (LWF) fasst anschaulich zusammen, wie die Baumarten durch den Klimawandel beeinflusst werden. Sie zeigt, dass gerade die Erle, aber auch die Weide in unseren Breiten vom Klimawandel (Wärme) profitieren können; trockenfallen dürfen die Gewässer bzw. der Untergrund allerdings nicht, sollen die Bäume keinen Schaden nehmen. Was im Wald gilt, gilt auch an Gewässern: hilfreich ist immer ein Arten-Mix von Erlen, Weiden, Traubenkirschen, Eschen und weiteren Gehölze der Weichholzaue und z.T. der Hartholzaue. Nadelgehölze sind an Gewässern weitgehend standortfremd. Bäume tragen durch Ihre Verdunstung zu einem günstigen Mikroklima am Gewässer bei und schützen dadurch zusätzlich vor Gewässererwärmung.

Klimawandel - Gehölzpflege an Gewässern

Bei Gehölzarbeiten sollte immer darauf geachtet, dass Gehölze nur abschnittsweise im notwendigen Umfang zurückgenommen werden.

- Wenn möglich auch im Rahmen der Unterhaltung Gehölze fördern (WHG §39 Abs.1). Dort heißt es in Satz 2: „Zur Gewässerunterhaltung gehören insbesondere... die Erhaltung der Ufer, insbesondere durch Erhaltung und Neuanpflanzung einer standortgerechten Ufervegetation“
- Bibervorkommen sind insbesondere an Gewässern mit ausgelichtetem Gehölzbestand „schwierig“. Vielfach werden Gehölze nur aufkommen oder im Bestand erhalten, wenn diese ausreichend durch „Drahtosen“ oder „Wöbra“ (ein mechanisches Schälschutzmittel gegen das Abnagen der Rinde) geschützt werden. Wichtig dabei: mindestens jährliche Nachkontrolle, ob alles passt; insbesondere auch, ob die Bäume innerhalb der Drahtosen noch genügend Raum zu Wachsen haben.

Klimawandel - Naturnahe Gestaltung von Gewässern

- Gewässer nicht zu breit anlegen. Dadurch werden diese gerade im Sommer zu warm
- Sehr großen Einsatz für einen möglichst baldigen Gehölzsaum zeitigen.

5.2.1 Maßnahmen im gesetzlichen Gewässerrandstreifen

Die allermeisten Maßnahmen, die dazu beitragen, dass unsere Bäche für die Folgen des Klimawandels gewappnet sind, benötigen Flächen, die zugunsten unserer Gewässer umgestaltet oder extensiviert werden müssen. Die dafür benötigten Grundstücke sind aber ein begrenztes Gut. Im Jahr 2019 betrug die Bevölkerungsdichte in Deutschland rund 235 Einwohner pro Quadratkilometer. Das ist der fünfthöchste Wert innerhalb der Länder der Europäischen Union. Dementsprechend intensiv genutzt ist unsere Landschaft, was die Gewässer miteinschließt.

Insbesondere dann, wenn intensiv genutzte Äcker bis an die Böschungsoberkannte des Gewässers heranreichen, ist die Beeinträchtigung unserer Bäche und Flüsse besonders groß. So kann bei Regen abgeschwemmter Ackerboden samt Dünge- und Pflanzenschutzmitteln ungefiltert in das Gewässer gelangen. Die negativen Auswirkungen dieses Eintrages werden durch den Klimawandel noch einmal verstärkt. Ist das Gewässer erwärmt, wird z. B. der Stoffwechsel der Wasserpflanzen stark beschleunigt. Eingebrachenes Phosphat aus der Landwirtschaft wird dann besonders schnell verarbeitet. Die Folge sind übermäßige Algenblüten und damit verbundene Sauerstoffschwankungen im Gewässer.

Die Anlage von Gewässerrandstreifen mit ihren Puffer- und Filterwirkungen zu den angrenzenden Flächen ist deshalb ein wichtiges Instrument, um den Folgen des Klimawandels entgegen zu wirken.

Seit dem Jahr 2009 sind die Gewässerrandstreifen im Bayerischen Wassergesetz als Empfehlung enthalten. Durch das Volksbegehren „Rettet die Bienen“ wurden sie verbindlich und müssen seit dem 1. August 2019 an fast allen Gewässern in Bayern umgesetzt werden. Die gesetzlichen Vorgaben umfassen ein Verbot von Acker- oder gartenbaulicher Nutzung auf einer Breite von 5 Metern für die Gewässer in kommunaler Zuständigkeit. Das bedeutet im Umkehrschluss, dass z. B. auch weiterhin eine intensive Grünlandbewirtschaftung auf den betroffenen Flächen möglich ist. Die Kulisse der Gewässerrandstreifen kann unter www.umweltatlas.bayern.de Gewässerbewirtschaftung eingesehen werden.

In der Praxis ist die gesonderte Bewirtschaftung des schmalen Gewässerrandstreifens oftmals nicht wirtschaftlich. Für die Landwirte lohnt es sich deshalb, über alternative Nutzungsformen nachzudenken. So kann nicht nur der Bewirtschaftungsaufwand reduziert werden. Auch Fördermittel stehen bereit, um den ökologischen Nutzen dieser Flächen auszubauen. Denn Gewässerrandstreifen können mehr, wenn sie über die gesetzlichen Verpflichtungen hinaus gezielt naturnah gestaltet und nicht nur als Grünland genutzt werden.

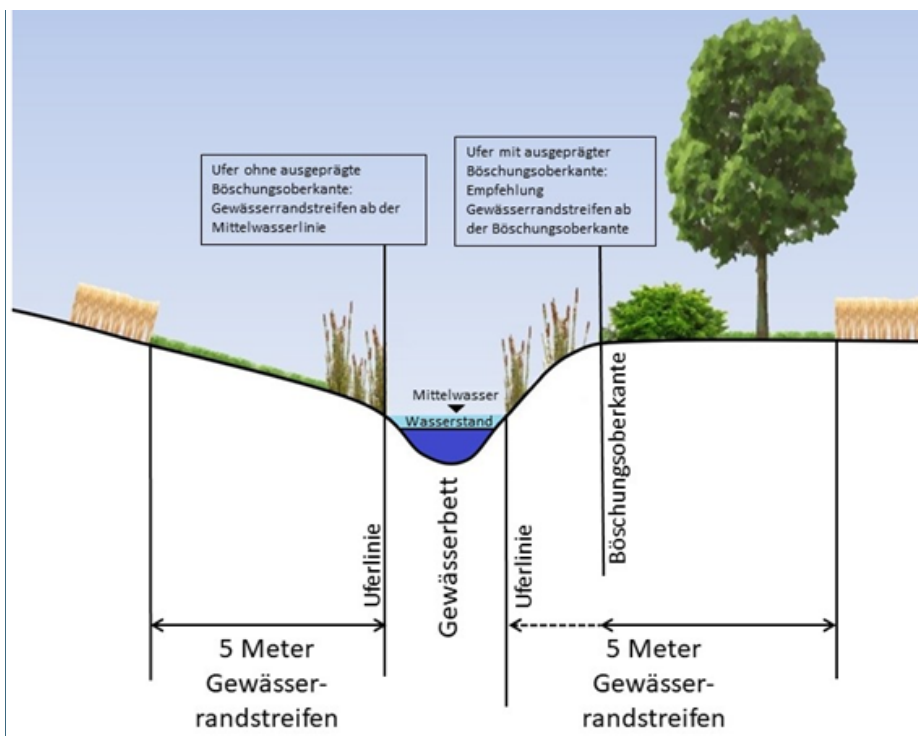


Abb. 9:
Schematische Darstellung Gewässerrandstreifen

Wie bereits in den vorherigen Kapiteln beschrieben, kann ein natürlicher, standortgerechter Pflanzenbewuchs in Ufernähe viel dazu beitragen, unsere Gewässer hinsichtlich des Klimawandels und der Artenvielfalt zukunftsfähig zu machen. Oft ist es schon ein deutlicher Gewinn, wenn sich nur die Uferböschung ungestört entwickeln kann. Die Hochstauden, Sträucher und Bäume, die sich dann ohne menschliches Zutun einstellen, wirken insbesondere an kleinen Gewässern wie ein Schutzmantel gegen die klimawandelbedingte Erwärmung des Gewässers und liefern zusätzliche Strukturen für die Artenvielfalt.

Umsetzungsbeispiele

► Folien 40, 41

Die folgende Kaskade zeigt vier unterschiedliche Zustände des Gewässerrandstreifens und bewertet diese hinsichtlich der Auswirkungen auf das Gewässer.

Beispiel 1 (Abb. 10): Nur wenig positive Auswirkungen auf das Gewässer hat die Erfüllung des gesetzlichen Mindeststandards, bei der die intensive Grünlandbewirtschaftung bis an das Gewässer heranreicht:

- Im Gegensatz zur Ackernutzung wird jedoch der Stoffeintrag aus landwirtschaftlichen Flächen etwas abgepuffert.
- Die Erwärmung des Gewässers wird nicht verhindert.
- Eine hohe Artenvielfalt kann sich in diesem Lebensraum nicht entwickeln.

Beispiel 2 (Abb. 11): Das Zulassen von Staudenbewuchs und Röhricht auf der Uferböschung ist dagegen ein deutlicher Zugewinn für das Gewässer:

- Die Pufferfunktion gegen Stoffeintrag aus landwirtschaftlichen Flächen wird verbessert.
- Der Erwärmung des Gewässers wird durch mehr Beschattung zumindest ein wenig entgegengewirkt.
- Die Hochstaudenflur hat bei ungestörter Entwicklung eine hohe Artenvielfalt und ist wichtiger Lebensraum für die Tiere am Gewässer.



Abb. 10: gesetzlicher Gewässerrandstreifen



Abb. 11: Gewässerrandstreifen mit Hochstaudenfluren

Beispiel 3 (Abb. 12): Gut ist das Zulassen einzelner Gehölze auf einem extensiv genutzten Gewässerrandstreifen:

- Die Pufferfunktion gegen Stoffeintrag aus landwirtschaftlichen Flächen ist nun deutlich erhöht.
- Der Erwärmung des Gewässers wird wegen der Beschattung durch die Gehölze entgegengewirkt.
- Der gesamte Gewässerrandstreifen dient nun als potentieller Lebensraum und erhöht die Artenvielfalt.

Beispiel 4 (Abb. 13): Den größten Vorteil hat das Gewässer, wenn der Gewässerrandstreifen nicht mehr bewirtschaftet wird:

- Die mögliche Pufferwirkung des 5 Meter breiten Streifens gegen Stoffeintrag aus landwirtschaftlichen Flächen wird optimal ausgenutzt.
- Der Erwärmung des Gewässers wird durch maximale Beschattung deutlich entgegengewirkt.
- Die ungestörte Entwicklung der Natur fördert eine hohe Artenvielfalt für Tiere und Pflanzen im und am Gewässer.



Abb. 12: Gewässerrandstreifen mit extensiver Nutzung



Abb. 13: Uferstreifen mit Gehölzen

Der optimale Fall ist es, wenn über den Gewässerrandstreifen hinaus weitere Flächen im Uferstreifen zur Verfügung stehen. Dann kann der Bach sich in begrenztem Umfang selbst entwickeln.

► Folie 42

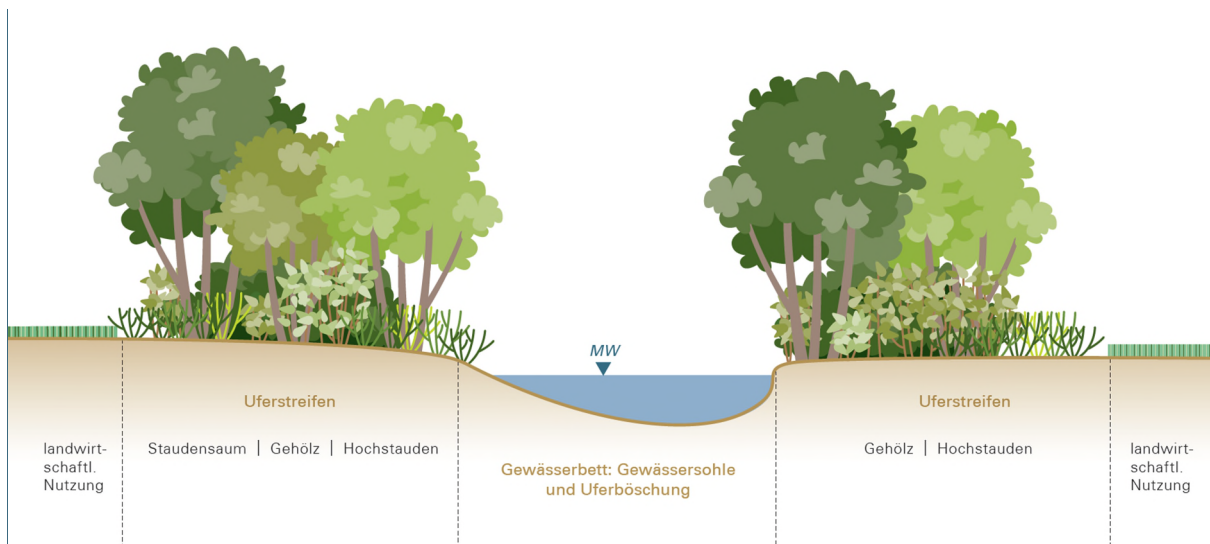


Abb. 14: Uferstreifen erlauben dem Bach, sich in begrenztem Umfang selbst zu entwickeln

Um den Bewirtschaftern die Entscheidung für eine naturnahe Gestaltung der Gewässerrandstreifen zu erleichtern, gibt der Freistaat Bayern finanzielle Anreize. Förderrichtlinien wie das Vertragsnaturschutzprogramm (VNP), die Richtlinien für Zuwendungen zu wasserwirtschaftlichen Vorhaben

(RZWAs) oder das Kulturlandschaftsprogramm (KULAP) beinhalten zahlreiche Möglichkeiten für Landwirte und Kommunen, die Wirkungen des Gewässerrandstreifen bestmöglich zu nutzen. So wird den Folgen des Klimawandels entgegengewirkt, der ökologische Zustand der Gewässer verbessert sich und es entstehen keine wirtschaftlichen Einbußen. Ein Gewinn für alle!

► Weiterführende Informationen im Internet zu den angeführten Themen:

Arbeitshilfe Gewässerrandstreifen: [Gewässerrandstreifen - LfU Bayern](#)

Zuwendungen zu wasserwirtschaftlichen Vorhaben: [Förderung wasserwirtschaftlicher Vorhaben in Bayern, Förderung von Maßnahmen an Gewässern dritter Ordnung - LfU Bayern](#)

Vertragsnaturschutzprogramm: [Bayerisches Vertragsnaturschutzprogramm – Verpflichtungszeitraum 2021 bis 2025 - Maßnahmenübersicht \(bayern.de\)](#)

Kulturlandschaftsprogramm: [Bayerisches Kulturlandschaftsprogramm – Maßnahmen Verpflichtungszeitraum 2021 bis 2022 \(bayern.de\)](#)

5.2.2 Maßnahmen im Uferstreifen

Uferstreifen umfassen Teile der Aue ab der Mittelwasserlinie, soweit diese eine funktionale Einheit mit dem Gewässer bilden sowie Geländestreifen entlang des Gewässers, mit besonderer Bedeutung für dessen Unterhaltung und naturnahe Entwicklung (siehe Abb. 15). Landseitig werden Uferstreifen von einer Nutzung begrenzt, die nicht gewässerökologischen Belangen dient und somit die funktionale Einheit unterbricht (z. B. eine Straße). Der Uferstreifen ist in der Regel ungenutzt. Die Verwertung des Aufwuchses schließt die betreffende Fläche nicht als Uferstreifen aus, insofern ihre Pflege nach gewässerökologischen Gesichtspunkten erfolgt. Eine intensive Nutzung (z. B. Ackerbau, Bebauung oder Infrastruktur) steht der Uferstreifenfunktion entgegen. Die Mindestbreite für funktionsfähige Uferstreifen ist in erster Linie von der (natürlichen) Breite des Fließgewässers abhängig.

Im Gegensatz zum im WHG § 38 definierten und rechtlich festgelegten "Gewässerrandstreifen" umfasst der Uferstreifen somit die aktuell vorhandenen bzw. verfügbaren Flächen von gewässerökologischer Bedeutung.



Abb. 15: Gewässerrandstreifen-Uferstreifen-Gewässerentwicklungskorridor: Skizze zu den Begriffsbestimmungen (Quelle: aus DWA M-612)

Die Flächen für Gewässerrandstreifen sowie Uferstreifen und Gewässerentwicklungskorridor basieren auf unterschiedlichen Kriterien. Während der „Gewässerrandstreifen“ eine rechtliche Festlegung ist, erlauben die Begriffe „Uferstreifen“ und „Gewässerentwicklungskorridore“ eine planerische Gestaltung und Bemessung der gewässernahen Bereiche.

Als Entwicklungskorridor wird der Teil der Aue bezeichnet, der in Abhängigkeit vom Fließgewässertyp und der Gewässergröße eine natürliche, eigendynamische morphologische Gewässerentwicklung ermöglicht. Er beinhaltet den Uferstreifen als grundsätzlich nutzungsfreies Kernelement, beansprucht i. d. R. aber zusätzliche Flächen, maximal die gesamte Aue. Die über den Uferstreifen hinausgehenden Flächen können bis zur Inanspruchnahme durch das Gewässer durch die Laufverlagerung land- oder forstwirtschaftlich genutzt werden.

Die ökologische Bedeutung von Uferstreifen hängt maßgeblich von deren struktureller Vielfalt und Breite sowie den Standortverhältnissen und den darauf stattfindenden Nutzungsformen ab. Generell gilt: Ein ausgewogenes Verhältnis von Offenlandlebensräumen und Gehölzstrukturen – von Licht und Schatten – bietet für eine Vielzahl von Organismen die günstigsten Voraussetzungen.

Die zuvor im Kap. 5.1.2. bereits bei den Gewässerrandstreifen beschriebenen positiven Wirkungen auf die Gewässer sind aufgrund der größeren Breite der Uferstreifen stärker ausgeprägt. So können Uferstreifen mit Biotopqualität entsprechend ihrer Ausdehnung als zentrale Ausbreitungsachsen und Wanderkorridore oder Rückzugsgebiete für Tiere und Pflanzen wirken. Aber auch kleinflächige Strukturelemente können als Trittsteine einen wertvollen Beitrag zum Erhalt der Biodiversität leisten. Flächen entlang von Fließgewässern sind in idealer Weise als Verbindungsflächen oder Verbindungselemente im Sinne des gesetzlichen Auftrags zur Bewahrung, Wiederherstellung und Entwicklung funktionsfähiger ökologischer Wechselbeziehungen geeignet (§ 21 BNatSchG; Biotopverbund, Biotopvernetzung). Um den Klimawandel entgegenzuwirken, ist v. a. die Beschattung durch Ufergehölze hervorzuheben. Durch sie ist der Beschattungseffekt am effektivsten.

Die nachfolgende Tabelle bewertet die Wirksamkeiten im Vergleich.

Tab. 2: Gewässerrandstreifen- Uferstreifen- Gewässerentwicklungskorridore: Wirksamkeitsvergleich

	Gewässerrandstreifen (WHG) (*)	Uferstreifen	Entwicklungskorridor (inkl. Uferstreifen)
Gewässerentwicklung / -struktur	-	+	++
Lebensraum für Pflanzen und Tiere	-	+	+
Biotopvernetzung	-	++	++
Abstands-, Puffer-, Filterwirkung	o	+	+
Energiehaushalt	-	++	++
Landschafts- und Ortsbild	-	+	++
Freizeit und Erholung	-	o	+
Wasserabfluss	-	-	-
natürlicher Rückhalt	-	o	+

- keine wesentliche Wirkung o mäßig positive Wirkung + gute Wirkung ++ sehr gute Wirkung
 (*) = gesetzliche Mindestanforderungen
 (Art. 16 Bayer. Naturschutzgesetz sowie Art. 21 Bayer. Wassergesetz)

In Tabelle 2 ist die Wirkung des Gewässerrandstreifens mit den gesetzlichen Mindestforderungen im Vergleich zum Uferstreifen und zum Entwicklungskorridor dargestellt. Im vorherigen Kap. 5.2.1 ist zusätzlich beschrieben, wie man den Gewässerrandstreifen wirkungsvoller gestalten kann. Grundsätzlich ist es so, dass die für Gewässer- und Uferstreifen beschriebenen Pufferwirkungen im flachen Gelände wesentlich effektiver sind als im hügeligen. Sowohl Dränungen als auch ausgeprägte Geländemulden, die auf Gewässer- und Uferstreifen zulaufen, vermindern das Rückhaltevermögen für Stoffeinträge erheblich. Gewässer- und Uferstreifen sind daher kein Ersatz für Maßnahmen auf der landwirtschaftlich genutzten Fläche wie z. B. Erosionsschutzmaßnahmen (s. Kap. 5.1).

Planung von Uferstreifen

Die Planung von Uferstreifen ist meist Bestandteil von Gewässerentwicklungskonzepten (GEK). Das Vorgehen, die Bearbeitungsschritte und die Beteiligung im Rahmen der fachlichen Abstimmung sind im LfU Merkblatt Nr. 5.1/3 Gewässerentwicklungskonzepte geregelt. Für Gewässer dritter Ordnung werden Gewässerentwicklungskonzepte i. d. R. gemeindeweise aufgestellt. Aussagen zu Lage, Ausdehnung und ggf. Beschaffenheit von notwendigen Uferstreifen finden sich in den Maßnahmenhinweisen und Angaben zum Flächenbedarf; sie sind meist auch im Plan verortet. Da GEK mittel- bis langfristige Planungen sind, kann es notwendig werden, für die Umsetzung Priorisierungen vorzunehmen und überschaubare Umsetzungsphasen zu bestimmen, die nach und nach abgearbeitet werden.

Ein Hilfsmittel hierzu können die Umsetzungskonzepte (UK) Hydromorphologie der Wasserrahmenrichtlinie sein, in denen ggf. räumlich und zeitlich bereits stärker konkretisierte Hinweise zu Uferstreifen zu finden sind.

Es ist deshalb für die Kommunen sinnvoll, diese Planungen für ihre Gemeindegebiete aufzustellen, wenn das bislang noch nicht geschehen ist. Die Wasserwirtschaft fördert die Aufstellung.

► **Mehr Infos:** Arbeitshilfe [„Wege zu wirksamen Uferstreifen“ der Gewässer-Nachbarschaften](#)

Um den Bewirtschaftern die Entscheidung für eine naturnahe Gestaltung der Gewässer- und Uferstrandstreifen zu erleichtern, gibt der Freistaat Bayern finanzielle Anreize. Die [Arbeitshilfe „Uferstreifen“](#) gibt dazu detaillierte Infos.

Förderrichtlinien wie das Vertragsnaturschutzprogramm (VNP), die Richtlinien für Zuwendungen zu wasserwirtschaftlichen Vorhaben (RZWAs) oder das Kulturlandschaftsprogramm (KULAP) bieten zahlreiche Möglichkeiten für Landwirte und Kommunen.



Abb. 16:
Längsvernetzung – naturnahe Gewässerabschnitte mit entsprechendem Uferbewuchs übernehmen bei ausreichender Größe die Funktion von Trittsteinbiotopen (Foto: aus DWA-M 612)

5.3 Maßnahmen im Gewässer

► Folien 43, 44

Natürliche und naturnahe Fließgewässer sind grundsätzlich robuster gegenüber Veränderungen als stark veränderte und genutzte Gewässer. Dies gilt auch für die klimabedingten Veränderungen der Abflussverhältnisse mit ihren Auswirkungen auf das Gewässerbett: Maßnahmen, die eine natürliche, eigendynamische Gewässerentwicklung unterstützen, stärken auch die Widerstandsfähigkeit (Resilienz) gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels.

Die fortlaufende Umsetzung der sog. „hydromorphologischen Maßnahmen“ aus dem Maßnahmenprogramm gemäß EG-Wasserrahmenrichtlinie bietet – neben anderen Maßnahmen der Gewässerentwicklung – weitreichende Synergieeffekte. Dies gilt gerade auch für die kleinen Gewässer: Es lohnt sich daher, stets zu berücksichtigen, wie sich dabei auch die Wirkungen des Klimawandels auf das Gewässer reduzieren lassen. Die abstrakt formulierten Zielsetzungen der Richtlinie („guter ökologischer Zustand“ bzw. „gutes ökologisches Potential“) können wie folgt konkret umgesetzt werden:

Gewährleistung des gewässertypischen Abflussverhaltens und des erforderlichen Mindestabflusses

- Häufig wiederkehrende erhöhte Abflüsse beeinflussen vor allem begradigte und eingeeigte Gewässer negativ (Eintiefung mit Erosion von Sohle und Ufer). Naturnahe Gewässer dagegen werden durch eigendynamische Entwicklung breiter, wenn Uferbefestigungen entfernt bzw. nach Erosion nicht wieder errichtet werden. Die Eintiefung wird verlangsamt oder gestoppt.
- Aus gewässerökologischer Sicht gilt es stets, den Bächen und Flüssen möglichst viel Raum für eine naturnahe Entwicklung zu geben, damit eine naturgemäße Ausuferung möglich wird und die Sohle wieder in gewässertypischer Höhe liegt. Falls eine solche Eigenentwicklung aus Hochwasserschutzgründen nicht zugelassen werden kann, sollte wenigstens das Profil an die erhöhten Abflussspitzen angepasst werden.
- Meist reicht es aus, den Uferverbau stellenweise zu entfernen, sodass das nächste Hochwasser eine eigendynamische Entwicklung einleitet. Damit dies auch bei vermehrten niedrigen Abflüssen gelingt, sollte der Verbau bis unter dem Böschungsfuß entnommen werden.
- Aufweitung und Sohlhebung im Rahmen einer naturnahen Umgestaltung des Gewässers haben einen weiteren positiven gewässerökologischen Nebeneffekt: Feinsedimente können vermehrt in die Aue ausgetragen werden, ihrer übermäßigen Anreicherung im Gewässer („unnatürliche Kolmation“) und am Ufer wird vorgebeugt.
- Wichtig ist auch bei Einleitungen (zum Beispiel Abschlagen aus Regenwasser) darauf zu achten, dass höhere Abflüsse nicht zusätzlich verschärft werden. Abflussspitzen, lassen sich etwa durch Gewässeraufweitungen oder Regenrückhaltebecken vermindern.

Anpassungsmaßnahmen



Maßnahmen im Gewässer



Foto: LfU

Uferverbau entfernen, Ufer abflachen
 ▶ Das nächste Hochwassers kann eine eigendynamische Entwicklung einleiten!



Foto: LfU

Aufweitung
 ▶ Feinsedimente können vermehrt in die Aue ausgetragen werden!

- Durch Entfernung des Uferverbaus schafft sich der Bach bei Hochwasser ein neues Bett und kann sich mehr in die Breite entwickeln, durch Aufweitungen können Feinsedimente bei Hochwasser vermehrt in die Aue ausgetragen werden.
- Bei Niedrigwasser ist unbedingt darauf zu achten, dass in Ausleitungsstrecken der ökologisch erforderliche Mindestwasserabfluss eingehalten wird. Die Ausleitungsmenge in den Mühlkanal/Kraftwerkskanal muss vorübergehend oder dauerhaft reduziert werden. Andernfalls sind die Lebensräume von Fischen und allen anderen Lebewesen im Mutterbett akut gefährdet.
- Eine regelmäßige Umlagerung der Sedimente ist bei den allermeisten Gewässern Bayerns zur Erhaltung ihrer typischen Lebensraumqualitäten notwendig. Daher sollte insbesondere auch in Ausleitungsstrecken der Abfluss mindestens ein bis zwei Mal im Jahr so hoch sein, dass er diese Umlagerungsvorgänge bewirkt. Insbesondere in kiesgeprägten Gewässern droht sonst der Verlust der Lebensraumqualität im Porensystem der Gewässersohle („Interstitial“) durch Kolmation. Außerdem bleibt die Gewässersohle auf diese Weise durchlässig für den Austausch von Oberflächen- und Grundwasser in Trockenperioden.

Maßnahmen zur Herstellung / Verbesserung der Durchgängigkeit

- Für Fische und andere Wasserlebewesen kann es bei niedrigeren Wasserständen überlebenswichtig sein, in Lebensräume mit günstigeren Bedingungen auszuweichen (stromaufwärts in kühlere Quellbereiche, stromabwärts in dann noch wasserführende größere Gewässer oder in strukturreichere Abschnitte mit tiefen Gumpen etc.). Auch der Rückweg muss anschließend wieder möglich sein.
- Da bei Niedrigwasser die Durchgängigkeit von Querbauwerken zusätzlich beeinträchtigt sein kann, müssen diese nach Möglichkeit vollständig beseitigt werden. Wo dies nicht möglich ist, sollten sie baulich angepasst werden.

Wenn sich herausstellt, dass Fischaufstiegs- und Fischabstiegsanlagen bei Niedrigwasser nicht mehr funktionieren, sind auch sie entsprechend anzupassen. Es können auch Anpassungen erforderlich werden, wenn fortlaufend höhere Abflüssen vorherrschen, die kleinere und „schwimmschwache“ Fischarten an einer Passage hindern.

► **Mehr Infos** Arbeitshilfe „[Durchgängigkeit im Rahmen der Unterhaltung](#)“

Maßnahmen zur Verbesserung der Gewässerstruktur und der Habitate

Die Gewässerstruktur mit wesentlichen Merkmalen wie Lauform (gestreckt, gewunden, verzweigt), Tiefenvariation (Kolke, Furten, Bänke etc.), Sohlsubstrat sowie Ausprägung der Uferbereiche kennzeichnet ein Fließgewässer. Sie bestimmt auch entscheidend die Lebensbedingungen von Tieren und Pflanzen in und am Gewässer.

- Entscheidend für die Ausbildung von Strukturen und den Erfolg von Maßnahmen ist ein genügend großer Entwicklungsraum für ein Gewässer. Ohne Uferverbau und ufernahe intensive Nutzung ist eine typgemäße Entwicklung möglich. Erhöhte Abflüsse tragen auf natürliche Weise zum Erfolg von Uferrückbauten bei.
- Im Hinblick auf vermehrtem Niedrigwasser kann es sinnvoll sein, gezielt Strömunglenker, wie Flussholz (Totholz) einzubauen, um eine Seitwärtsbewegung des Gewässers anzustoßen. Eine durch gezielt eingebrachte Störelemente dauerhaft wasserführende Rinne gewährleistet auch im extremen Niedrigwasserfall ausreichend Lebensraum für Fische und andere Lebewesen.
- Nur bei Strecken, an denen keine Eigenentwicklung zugelassen werden kann, sollten die Ufer örtlich begrenzt möglichst mit ingenieurb biologischen Methoden gesichert werden.
- Im ufernahen Bereich ist die Pflanzung von Gehölzen bzw. das Zulassen der Eigenbesiedlung (Sukzession) zu empfehlen. Eine dauerhaft hochwüchsige Vegetation beschattet den Wasserlauf. Dies hat angesichts der längeren und intensiveren Sonneneinstrahlung eine wichtige Bedeutung, den Anstieg der Wassertemperatur zu begrenzen.
- Ein genügend großer Entwicklungsraum wirkt auch unmittelbar als Hochwasserschutz: Kann ein Fließgewässer seine naturnahe Lauflänge entwickeln, so besteht eine typgemäße Vielfalt an Fließgeschwindigkeiten, insbesondere auch längere beruhigte Bereiche, Altarme oder andere Retentionsräume. Hochwasserereignisse werden abgemildert.

Maßnahmen zur Verbesserung der (Quer-)Vernetzung

Bei anhaltend niedrigeren Abflüssen kann die Verbindung zu Altarmen, Altwässern und Seitengewässern verloren gehen. Zur Verbesserung beziehungsweise Wiederherstellung der Quervernetzung (Durchgängigkeit) in die Altarme, Altwässer und Seitengewässer können entsprechende bauliche Anpassungen erforderlich werden.

Maßnahmen zur Verbesserung des Geschiebehaushaltes

Natürlicherweise zeichnen sich die Bäche und Flüsse der meisten Fließgewässertypen Bayerns durch vielfältige und sich häufig ändernde Sohlen und Ufer bedingt durch einen spezifischen Transport von Feststoffen (Kies, Sand, Holz) aus.

- Die Entfernungen von Ufer- und Sohlverbauungen mit nachfolgender Eigenentwicklung trägt zur Stabilisierung des Feststoffhaushaltes bei. Durch Seitenerosion holt sich das Fließgewässer in Mangelsituationen Sedimente zurück, der Geschiebehaushalt und die Sohle stabilisieren sich. Sand und Kiesbänke können wieder neu entstehen, weil sich Eintiefungen und Anlandungen ausgleichen.
- Kann mit diesen Maßnahmen die Eintiefung nicht gestoppt werden, wird eine Sohlstützung erforderlich. Zu empfehlen sind naturnahe Grundswellen, die bei ausreichender Geschiebeführung die Sohlage stabilisieren oder wieder anheben. Dabei ist darauf zu achten, dass an den Grundswellen keine Höhendifferenz in der Sohle beim Einbau entsteht oder sich im Laufe der Zeit ein Absturz entwickelt, da dies ein Hindernis für die Durchgängigkeit wäre.

► **Mehr Infos:** [Arbeitshilfe der Gewässer-Nachbarschaften: Feinmaterialeintrag](#)

Wenn die Breite des Gewässers und die Lage seiner Sohle dem erhöhten Abfluss angepasst sind, kann sich wieder eine gewässertypische Breiten- und Tiefenvarianz mit entsprechender typspezifischer Vielfalt an Lebensräumen entwickeln.

- Querbauwerke behindern oder unterbinden meist den Feststofftransport. Während sich oberhalb Feststoffe ansammeln, fehlen diese unterhalb. Verlandungsbereiche und Sohleintiefungen sind die Folge. Hochwasserwellen können Feststoffe über Querbauwerke transportieren. Dies funktioniert bei Sohlrampen und -gleiten, vielfach aber nicht bei Wehren. Daher sollten diese möglichst umgebaut werden. Ist dies nicht möglich, kann das Geschiebe umgesetzt werden (Feststoffe werden im Oberwasser ausgebagert und im Unterwasser wieder eingebracht).
- Wird ein Defizit an Geschiebe durch kommerzielle Entnahmen (Kiesgewinnung etc.) verursacht, sind diese zu reduzieren oder einzustellen.

Maßnahmen zur Reduzierung der Wasserentnahmemengen

- Nicht nur bei Fließgewässern in Regionen mit künftig weniger Niederschlag und dementsprechend geringerem Abfluss ist darauf zu achten, die Wasserentnahmen – beispielsweise für Gewerbe, Land- und Fischereiwirtschaft – auf ein für das Gewässer verträgliches Maß zu reduzieren.
- Dazu können technische Maßnahmen beitragen, wie Verfahren zur wassersparenden Bewässerung oder Wasserentnahmen aus Oberflächengewässern ausschließlich in abflussreichen Zeiten. Teiche in naturschutzgerechter Intensität zu bewirtschaften (unter anderem kein jährliches Ablassen, sondern mehrjährige Bespannung der Teiche) ist ebenso hilfreich.

► **Internetlink:** [Wasserentnahmen für die Bewässerung](#)

5.4 Sofortmaßnahmen in Gewässern

► Folie 45

In Extremsituationen mit niedrigen Wasserständen und hohen Wassertemperaturen kann es notwendig werden, sogenannte Sofortmaßnahmen zu ergreifen, um möglichst schnell und effektiv potenzielle Schäden an den Lebensgemeinschaften von Pflanzen und Tieren im Gewässer zu verhindern oder zu minimieren. Die Soforthilfen umfassen eine Reihe von Maßnahmen mit dem Ziel gewässerökologisch kritische Zeiträume kurzfristig zu überbrücken bis eine Entspannung der Situation eintritt. Soforthilfen sollten immer die letzte Option darstellen! Besser sind vorbeugende langfristige Maßnahmen wie die Beschattung durch Ufervegetation und die Verbesserung bzw. Wiederherstellung einer naturnahen Gewässerstruktur.

Zusätzlich zu offensichtlichen Maßnahmen zur Verminderung kritischer Wassertemperaturen bzw. der Erhöhung niedriger Sauerstoffwerte in Fließgewässern können folgende Soforthilfen eingeleitet werden:

Abfluss erhöhen / Wasserentnahme reduzieren:

Durch eine Erhöhung des Abflusses wird die Gewässererwärmung reduziert, da größere Wassermengen Wärme langsamer aufnehmen (Pufferwirkung). Außerdem erhöht sich durch eine größere bespannte Gewässerfläche der nutzbare Lebensraum für Gewässerorganismen und somit auch die Möglichkeit für diese, günstigere und geschützte Rückzugsorte aufzusuchen. Eine kurzfristige Erhöhung des Abflusses lässt sich durch eine Reduzierung der Wasserentnahme z. B. durch die Landwirtschaft und Privathaushalte erreichen. Zudem können Wasserkraftwerke oder Teiche durch gezielte Steuerung kurzfristig den Abfluss erhöhen.

Die damit auch verbundene Verringerung der Wasserfläche in den Rückstaubereichen verkleinert zudem die Abschnitte mit reduzierter Fließgeschwindigkeit, die stärker von der Sonne erwärmt werden.

Wärmeeinleitungen reduzieren:

In kritischen Phasen sind Wärmeeinleitungen zu reduzieren oder ganz einzustellen. Die Gewässernutzung in Form von Wasserentnahmen und der Wiedereinleitung von erwärmtem Wasser wird allgemein im Rahmen wasserrechtlicher Bescheide geregelt, sodass insbesondere durch die Vorgabe maximal zulässiger Wassertemperaturen und Aufwärmspannen eine Schädigung der Gewässerökologie ausgeschlossen wird.

► **Mehr Infos:** Alarmpläne (Kap. 5.5.3)

Sauerstoff einbringen:

Mit steigenden Wassertemperaturen nimmt die Sauerstoffsättigung des Wassers ab. Während tagsüber Pflanzen und Algen im Gewässer Sauerstoff produzieren, fallen im Laufe der Nacht durch den Sauerstoffverbrauch aller Organismen Sauerstoffsättigung und -gehalt ab. Die niedrigsten Sauerstoffwerte werden in der Regel in den frühen Morgenstunden erreicht und können dann für die Organismen problematisch werden. Bei Sauerstoffdefiziten kann das betroffene Gewässer künstlich belüftet werden. Diese Maßnahme gilt nur für künstliche Stillgewässer, z. B. Teichanlagen.

Dabei wird Sauerstoff aus der Umgebungsluft in das Wasser eingebracht. Ist die Lufttemperatur höher als die Wassertemperatur, so ist allerdings Vorsicht geboten, da sich das Gewässer durch die warme Luft weiter erwärmen kann. Dies führt wiederum zu einer noch weiter verringerten Sauerstoffaufnahme-Kapazität des Wassers. In der Praxis haben sich Schaufelradpaddler aufgrund geringer Beschaffungs- und Betriebskosten und gleichzeitig gutem Sauerstoffeintrag bewährt.

Künstliche Beschattung:

Beschattung kann zu einer deutlichen Reduktion der Wassertemperatur führen. So kann bereits ein beschatteter Bereich von 400 Meter eine Reduktion der Wassertemperatur um etwa 2 C° bewirken (s. Folie 34). Zur künstlichen Beschattung haben sich Beschattungsnetze aus dem Gemüseanbau bewährt. Neben einem guten Beschattungswert sind diese Beschattungsnetze relativ kostengünstig, leicht zu installieren, luftdurchlässig und dadurch wenig windanfällig. Es ist dabei sinnvoller, einzelne längere Abschnitte intensiv zu beschatten als viele kurze Bereiche. Bereiche mit geringerer Fließgeschwindigkeit sind dabei zu bevorzugen, da hier das Wasser eine längere Verweilzeit aufweist und mehr Zeit zum Abkühlen hat. Ein weiterer positiver Effekt der künstlichen Beschattung ist, dass mobile Wasserorganismen, die durch hohe Wassertemperaturen und/oder Sauerstoffmangel bereits gestresst sein können, diese Bereiche als Rückzugsort nutzen können. Fische sind zudem z. B. in überbespannten Bereichen besser vor ihren Fressfeinden (z. B. Vögel) geschützt. Beim Rückbau ist unbedingt darauf zu achten, dass keine Netzteile in der Landschaft verbleiben.

Wassersport reduzieren:

In kritischen Phasen kann eine kurzfristige Reduktion der Nutzung durch Freizeit- und Sportaktivitäten im oder direkt am Fließgewässer - wie z. B. Baden, Kanu-/Kajaksport oder der Angelfischerei - empfehlenswert sein. Durch die Freizeitnutzung erhöht sich der Stress auf die bereits belasteten Gewässerorganismen, die durch die Nutzung zu Flucht oder Ausweichreaktionen genötigt werden. Meist stellt die Freizeitnutzung des Gewässers genau in den kritischen Zeiträumen ein großes Konfliktpotential dar. Erhöhte Wassertemperaturen gehen in der Regel mit gutem Wetter und dem Bedürfnis der Bevölkerung nach Abkühlung in den Gewässern einher.

Rückzugsorte schaffen:

Kleine Zubringer von Fließgewässern weisen aufgrund der kürzeren Distanz zu ihrer Quelle im Allgemeinen kühleres Wasser auf als die Gewässer, in die sie münden. Im unmittelbaren Mündungsbereich und stromabwärts des Zuflusses kann sich so bis zur vollständigen Durchmischung eine Fahne kühlen Wassers ausbilden. Ähnlich verhält es sich in Bereichen von kühlen Grundwasseraufstößen aus dem Gewässerbett. In beiden Fällen können durch Vertiefungen in der Gewässersohle, künstliche Rückzugsorte mit niedrigerer Wassertemperatur als in der Umgebung geschaffen werden. Gerade aquatische Organismen wie Fische finden sich hier bei Bedarf dank ihrer guten Sensorik ein. Eine größere Wassertiefe bietet neben einer räumlichen Vergrößerung des Rückzugsorts einen erhöhten Schutz vor Fressfeinden und verringert somit zusätzlichen Stress in kritischen Phasen.

Evakuierung:

In besonders kritischer Situation muss abgeschätzt werden, wie hoch die Überlebenschancen der betroffenen Gewässerorganismen liegen und ob diese selbstständig in der Lage sind zu flüchten bzw. geeignete Lebensräume aufzusuchen. Die Entscheidung für eine solch drastische und aufwändige Maßnahme sollte unbedingt unter Berücksichtigung der Wetterprognose erfolgen. Bei einer absehbaren Besserung der Situation durch kühlere Lufttemperaturen und Niederschlag ist auf eine Evakuierung zu verzichten, da diese mit zusätzlichem Stress für die Organismen einhergeht. Um Stress zu reduzieren, sollten Fische aus kritischen Bereichen in der Dämmerung bzw. nachts abgefischt- und in kühleres, sauerstoffreiches Wasser bzw. geeignete, angebundene kühlere Seitengewässer umgesetzt werden. Zudem ist die Entsorgung von bereits verendeten Organismen zu klären.

Gewässerspezifische Frühwarnsysteme und Notfallkonzepte sind ein wichtiges Werkzeug zur Implementierung und Umsetzung der Maßnahmen, da Verantwortlichkeiten und Handlungsschritte klar definiert werden. Dies ermöglicht im Notfall ein rasches, abgestimmtes Agieren und spart Zeit. Ein solches Notfallkonzept sollte auf dokumentierten Daten vorangegangener Ereignisse basieren. Daraus ergibt sich eine bessere Situationseinschätzung sowie eine stetige Optimierung der Strategie aufgrund

neu gewonnener Erkenntnisse. Die Alarmpläne Donau und Main können in diesem Zusammenhang beispielhaft genannt werden (vgl. Kap. 5.5.3).

Praxisbeispiel: Sofortmaßnahmen zum Schutz der Flussperlmuschel

► Folie 46

Im Hitzesommer 2018 fiel die südliche Regnitz in weiten Bereichen zwischen Huschermühle und dem Ortseingang von Regnitzlosau trocken. Zum Schutz der naturschutzfachlich wertvollen Flussperlmuschelbestände wurden durch ein breites Bündnis aus Vertretern des Wasserwirtschaftsamts Hof, dem ortsansässigen Fischereiverein, Mitgliedern des BUND und engagierten Bürgerinnen und Bürgern in den Sommern 2019–2020 gezielt Sofortmaßnahmen ergriffen und umgesetzt. Flussperlmuscheln wurden in kritischen Bereichen händisch aufgelesen und in nicht versiegte Wasserzuläufe der Huschermühle verbracht. Zudem wurden vom Wasserwirtschaftsamts Hof auf Grundlage der 2018 gesammelten Erfahrungen an kritischen Stellen der südlichen Regnitz u. a. künstliche Rückzugsorte geschaffen. Hierzu wurden an gut erreichbaren Stellen leicht durchströmte Vertiefungen wie Gumpen und Kolke angelegt. Folgende bauliche Maßnahmen wurden realisiert:

- Lokaler, kleinräumiger Einstau durch gezieltes Setzen von mit Dolomitsteinen gefüllte Drahtschotterkästen (Gabionen). Dolomitsenkung senkt zudem den pH-Wert, was für die Wasserqualitätsansprüche der Muscheln förderlich ist.
- Schüttung von abgestuftem Kies zur Bachbettverengung, dieser Kies kann in der südlichen Regnitz verbleiben.
- Installation einer betonierten Stauhilfe, die situationsabhängig durch das Setzen von hölzernen Staubrettern aktiviert werden kann.
- An Grundstücken, die dem Wasserwirtschaftsamt gehören, wurden im Böschungsbereich tiefe Gumpen als Rückzugsraum angelegt. Zum Schutz gegen Hitze und Fraßdruck durch Reiher wurden diese mit Raubäumen abgedeckt.



Abb. 17: Schüttung von abgestuftem Kies zur Bachbettverengung und Schaffung eines tieferen Bereichs (Bild: Hagen Rothemund)

Achtung: Ein künstliches Anstauen darf nur kleinräumig eingesetzt werden um kritische Zeiträume zu überbrücken. In tiefen, langsam fließenden Bereichen kommt es zu einer verstärkten Sedimentation, welche sich negativ auf die Entwicklung von Muschellarven und Jungtieren auswirken kann! Außerdem muss beachtet werden, dass die Bereiche Stromabwärts durch den Aufstau nicht trockenfallen.

5.5 Weitere Maßnahmen anderer Träger

5.5.1 Regelung der landwirtschaftlichen Entnahmen

Die Entnahmen von Wasser für Bewässerungszwecke unterliegen, wie jede andere Wasserentnahme, den geltenden Wassergesetzen und damit den Grundsätzen einer nachhaltigen und umweltgerechten Bewirtschaftung der vorhandenen Wasserressourcen. Die Vorgaben der Bewirtschaftungsziele der EG-Wasserrahmenrichtlinie und gegebenenfalls weiterer Umweltziele sind bei der Entnahme von Wasser einzuhalten. Es besteht bei Brauchwasserentnahmen ein genereller Vorrang für die Trinkwasserversorgung. Die Summationswirkung bereits vergebener Wasserrechte ist ebenfalls zu berücksichtigen.

Grundsätzlich gilt in Bayern bei knappem Wasserangebot folgende Priorisierung für die Herkunft von Bewässerungswasser:

- gesammelter Niederschlag
- oberirdische Gewässer bei ausreichend hohen Abflüssen, insbesondere zur Speicherung in Zeiten hoher Abflüsse für eine spätere Nutzung in den Bedarfszeiten
- Uferfiltrat
- oberflächennahes Grundwasser.

Gegebenenfalls ist eine kombinierte Nutzung mehrerer Wasserquellen sinnvoll. Tiefere Grundwasservorkommen sollen nicht für die Bewässerung, sondern in erster Linie als Trinkwasser genutzt werden.

Wasserentnahmen betreffen Oberflächengewässer sowohl bei direkter Entnahme als auch indirekt bei Grundwasserentnahmen, da diese die Quellschüttungen beeinträchtigen oder den ausgleichenden Zustrom von Grundwasser in die Oberflächengewässer mindern können. In Fließgewässern, deren Wasserführung stark vom Grundwasserzustrom abhängt, macht sich das besonders bemerkbar.

Zur Vermeidung von nachhaltigen Schäden an der Gewässerbiologie in Oberflächengewässern, muss stets eine Mindestwasserführung gewährleistet sein. Der Vorsorgegrundsatz und die Vorgaben der EG-Wasserrahmenrichtlinie bzw. des WHG § 33 sind zu beachten und im Einzelfall zu prüfen. Die Vorgaben dienen zudem dem Schutz von Wald und Natur und auch der langfristigen Wasserverfügbarkeit für die Landwirtschaft. Die aktuellen Vorgaben für die Begutachtung sind unter <https://www.lfu.bayern.de/wasser/bewaesserung/index.htm> aufgeführt. Die Begutachtung erfolgt durch den amtlichen Sachverständigen, d. h. durch das örtlich zuständige Wasserwirtschaftsamt.

Oberhalb des ersten Pegels eines Gewässers werden i.d.R. keine Entnahmen gestattet, weil die Gewässer hier vergleichsweise klein sind und die natürliche Abflussmenge nicht zuverlässig ermittelt werden kann. Auch Quellpegel und „Sturzflutenpegel“ sind als Bezugspegel nicht bzw. nur in Ausnahmefällen geeignet. **Praktische Konsequenz: Bäche und Oberläufe sind daher in aller Regel zur Wasserentnahme für die Bewässerung nicht geeignet.**

In Bayern gilt die Vorgabe, dass Wasser aus Oberflächengewässern nicht in Niedrigwasserphasen entnommen werden soll, da sich dann die ohnehin kritische gewässerökologische Situation weiter zuspitzen würde. Wasserentnahmen aus Fließgewässern in Zeiten hinreichender Abflüsse zur Füllung von Speicherbecken und Bereitstellung für die Bewässerung in abflussarmen Zeiten stellen daher das bevorzugte Konzept für die Zukunft dar.

5.5.2 Anliegermaßnahmen

► Folie 47

Anlieger mit einem Grundstück am Bach sind wichtige Partner für die Wasserwirtschaft und die unterhaltsverpflichteten Kommunen: Sie können auf den privaten Grundstücken mithelfen, damit Bäche und Flüsse in ihrem Naturhaushalt geschont werden und sich möglichst naturnah entwickeln können.

Anlieger können einen Beitrag leisten, um die Folgen des Klimawandels abzumildern, indem sie insbesondere:

- stoffliche Belastungen von den Bächen fernhalten und z. B. den Eintrag von Rasenschnitt vermeiden
- Mindestabstände für Ausbringung und Lagerung beachten, zum Beispiel Düngemittel oder in Hinblick auf Hochwasser auch Materialien, die zu Verklausungen führen können
- durch fachgerechte Gehölzpflege auf den eigenen Grundstücken zu den geeigneten Zeitpunkten die erforderlichen Maßnahmen naturschonend durchführen und dabei die Schutz- und Schonzeiten beachten
- Gewässer nicht aufstauen oder naturfern ausbauen
- Uferbefestigungen nur mit Genehmigung und nur naturnah ausführen, dabei den Abflussquerschnitt nicht einengen und die hydraulische Leistungsfähigkeit erhalten.
- Grabenverrohrungen auf Privatgrundstücken freihalten

► **mehr Infos:** Eine [Broschüre für Gewässeranlieger](#) gibt dazu Tipps.

Der Anlieger- und Eigentümergebrauch ist im § 26 des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) geregelt.

Die Entnahme von Bachwasser zur Gartenbewässerung fällt unter diesen Anliegergebrauch. Besonders in Trockenzeiten und wenn die Bäche nur wenig Wasser führen, sollte jedoch auf die Entnahme verzichtet werden. Wenn die Lage es erfordert, kann die Gemeinde die Wasserentnahme für diese Zeit sogar untersagen. In jedem Fall gilt: die Wasserentnahme mit Pumpen ist nicht erlaubt.

5.5.3 Frühwarnsysteme Main und Donau *

► **Folie 48 (Donau)** oder **Folie 49 (Main)**. Tipp: je nach Region auswählen.

Die sog. „Gewässerqualitätswarndienste“ sind öffentliche Melde- und Warnkonzepte, die bei sehr geringen Abflüssen und kritischen Wasserqualitätswerten (v. a. hohe Temperaturen, niedriger Sauerstoffgehalt) zum Einsatz kommen, um gewässerökologische Schädigungen zu vermeiden. Dabei steht die Vorsorge im Vordergrund. Ziel ist es, ökologisch kritische Zustände frühzeitig zu erkennen, Gewässernutzer und Öffentlichkeit zu sensibilisieren sowie bei Bedarf Maßnahmen zu ergreifen.

Welche Alarmpläne Gewässerökologie gibt es in Bayern?

Die folgenden Alarmpläne werden von der Wasserwirtschaftsverwaltung (Regierungen, Wasserwirtschaftsämter, Landesamt für Umwelt, Umweltministerium) betrieben:

- Der Alarmplan Main Gewässerökologie bezieht sich auf den gesamten staugeregelten, schiffbaren bayerischen Main von Bamberg bis Kahl am Main. Die rund 320 Kilometer Fließstrecke sind in zwei Meldebereiche unterteilt. Federführend für die Umsetzung ist die Regierung von Unterfranken. Der erste Alarmplan ist 2012 entwickelt worden und in Kraft getreten. 2019 wurde eine aktuelle Fassung veröffentlicht.
- Der Alarmplan bayerische Donau Gewässerökologie gilt für die gesamte bayerische Donau von Neu-Ulm bis Jochenstein. Die rund 370 Kilometer Fließstrecke sind in vier Meldebereiche unterteilt. Federführend für die Umsetzung ist die Regierung der Oberpfalz. Der Alarmplan trat 2020 in Kraft.

Wie funktionieren die Alarmpläne?

Alle Meldebereiche werden mit einer automatischen Messstation überwacht, an der kontinuierlich Wassertemperatur und Sauerstoffgehalt gemessen werden. Weichen die Messergebnisse vom Normalzustand (den in den Meldebereichen festgelegten Schwellenwerten) ab, werden zunächst Kontrollmessungen zur Plausibilisierung durchgeführt.

Erreichen Wasserqualitätsparameter wie Temperatur oder Sauerstoffgehalt einen für die Gewässerökologie kritischen Wert, wird der Alarmplan ausgelöst. Dann wird nach einem dreistufigen Bewertungssystem (Ampel-System) gewarnt:

- „Vorwarnung“: Es werden gewässerökologisch kritische Verhältnisse erwartet.
- „Warnung“: Es treten gewässerökologisch kritische Verhältnisse auf. Betroffene Behörden, Einleiter und Öffentlichkeit werden informiert.
- „Alarm“: Die gewässerökologischen Verhältnisse lassen eine deutliche Beeinträchtigung der aquatischen Fauna bis hin zu Fischsterben erwarten. Weitergehende Maßnahmen werden veranlasst.

Für die Auslösung der Warnstufen „Warnung“ bzw. „Alarm“ wird eine Expertengruppe eingeschaltet, die eine Lagebewertung vornimmt und kurzfristig ergänzende Untersuchungen und Messungen einbezieht.

Welche Abhilfemaßnahmen werden ergriffen?

Je nach Meldestufe werden verschiedene Maßnahmen eingeleitet, die auch zu Einschränkungen in der Gewässernutzung führen können. Das betrifft zum Beispiel gewerbliche Wärme- und Nährstoffleitungen oder Wasserentnahmen. Im Alarmfall dürfen unter Umständen auch keine Baggerarbeiten und Schlammräumungen im Fluss durchgeführt werden, Sanierungs- oder Reparaturarbeiten an Abwasseranlagen müssen verschoben werden, bis die Warnung aufgehoben werden kann. Davon sind auch Aufgaben betroffen, die von den Kommunen wahrgenommen werden, der räumliche Umgriff sind die jeweiligen Meldebereiche. Bei der Warnstufe „Alarm“ kann der Sauerstoffgehalt im Fluss gezielt

gestützt und verbessert werden, zum Beispiel durch Turbinenbelüftung und Wehrüberfall an Kraftwerken.

Wie wird informiert?

- Im Alarmfall wird die Öffentlichkeit gezielt über die Medien informiert.
- Die zuständigen Kreisverwaltungsbehörden gehen auf die Anlagenbetreiber oder Nutzer zu.
- Die Wasserwirtschaftsämter verstärken in diesem Zeitraum die Überwachungen und Kontrollen im Rahmen der technischen Gewässeraufsicht.

► mehr Infos:

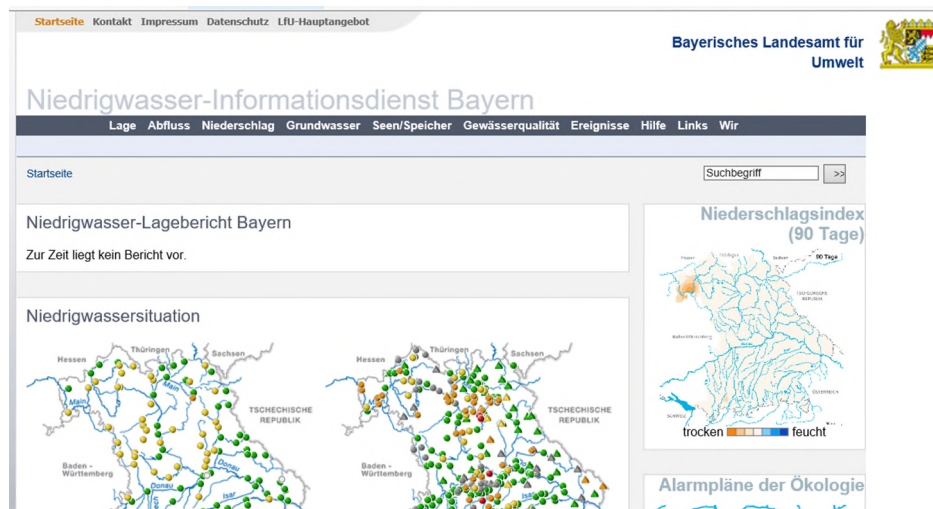
Zu Messergebnissen der automatischen Messstationen und dem aktuellen Zustand im Alarmplan: www.nid.bayern.de

Faltblatt der federführenden Regierung der Oberpfalz zum [Alarmplan bayerische Donau Gewässerökologie](#)

Broschüre der federführenden Regierung von Unterfranken zum [Alarmplan Main Gewässerökologie](#)

5.5.4 Niedrigwasserinformationsdienst (NID)*

► Folie 50



Startseite des Internetangebots (www.nid.bayern.de)

Der NID ist die zentrale Informationsplattform für Bayern. Er wurde im Internet im Jahr 2008 gestartet und seitdem schrittweise weiter ausgebaut. Vorbild und „Muster“ war die Internetseite des Hochwassernachrichtendienstes (HND), die 10 Jahre zuvor online ging. Anders beim HND, der auf Schnelligkeit und Prognosen ausgerichtet ist, geht es beim NID um die kontinuierliche Beobachtung der Niedrigwasserlagen über einen Zeitraum von oft mehreren Wochen hinweg.

Die Startseite www.nid.bayern.de zeigt eine interaktive Bayernkarte, es können alternativ auch voreingestellte Teileinzugsgebiete aufgerufen werden. Auf diesen Karten können Themenfelder mit aktuellen Messwerten geladen werden,

Datengrundlagen für den NID

- ❖ Mehr als 90 Niederschlagsmessstationen
- ❖ Über 180 Pegel an Flüssen
- ❖ Über 100 Messeinrichtungen für die Wassertemperatur
- ❖ Über 35 Wasserstands-Messstationen an staatlichen Speichern und an Seen
- ❖ Rund 400 Grundwassermessstellen und Quellmessstellen

Besondere Kennzeichen des NID:

- Alle im NID gezeigten Inhalte (z. B. aktuelle Messdaten) werden im Zusammenhang mit Niedrigwasser interpretiert, die Bewertungskriterien dafür sind vielfach für den NID entwickelt worden.
- Sämtliche Ergebnisse weisen (analog zu dem Meldestufen im Hochwassernachrichtendienst) eine Farbsignatur auf, die Auskunft über die aktuelle Lage im Zusammenhang mit Niedrigwasser geben.
- Aus der Niederschlagsentwicklung an den Messstellen wird ein Dürreindex ermittelt und als Hintergrundkarte farblich dargestellt.
- Bei den staatlichen Wasserspeichern wird nicht nur die Speicherganglinie dargestellt, sondern jeweils auch gezeigt, wie groß der Anteil des Betriebsraums ist, der aktuell für die Niedrigwasseraufhöhung zur Verfügung steht.
- Bei der Gewässerqualität können die Wassertemperaturen online abgerufen werden, außerdem die jeweils aktuellen Ergebnisse der automatischen Gütemessstationen und der Alarmpläne an Main und Donau, s. 5.3.1
- Bei länger anhaltenden Trockenperioden wird ein zusammenfassender Niedrigwasserlagebericht erstellt und im Internet veröffentlicht.

► mehr Infos: [LfU- Veröffentlichung zu Niedrigwasser in Bayern](#)

5.5.5 Niedrigwasseraufhöhungen durch Speicher *

► Folien 51, 52

Eine Niedrigwasseraufhöhung kann durch eine geregelte Wasserabgabe aus künstlich errichteten Speichern oder durch eine Überleitung von Wasser aus benachbarten Flussgebieten, die weniger unter Niedrigwasserabflüssen leiden, erfolgen. Sie dient dazu, einen festgelegten Mindestabfluss aufrechtzuerhalten und damit gewässerökologische Belastungen abzumildern oder ein gänzlichliches Trockenfallen von Gewässerlebensräumen zu verhindern. Vor allem an kleineren Gewässern kann der natürliche Abfluss so gering werden, dass Gewässernutzungen, wie z. B. Einleitungen von Kühlwasser und geklärtem Abwasser, das Gewässer stark belasten und Schädigungen im Gewässerökosystem drohen. Eine Verdünnung mit gespeichertem Wasser kann dann sehr wichtig werden. Speicher haben damit eine ausgleichende Funktion.

Staatliche Speicheranlagen stellen zudem Rückhalteraum bereit, der bei Hochwasser genutzt wird. Er schützt die Unterlieger, indem Wasser darin zurückgehalten und nach Ablauf des Hochwassers dosiert wieder abgegeben wird. Insgesamt stehen mit diesen Anlagen rund 200 Millionen m³ Rückhalteraum für den Hochwasserschutz zur Verfügung.

Im Einsatz sind:

- 25 staatliche Speicher
- 19 staatliche Hochwasserrückhaltebecken
- 2 Flutpolder.

Mit dem Drachensee (Landkreis Cham), dem Goldbergsee (Stadt Coburg) sowie dem Flutpolder Weidachwiesen (Landkreis Oberallgäu) sind seit 2009 drei neue Anlagen in Betrieb gegangen. Der Flutpolder Riedensheim (Landkreis Neuburg-Schrobenhausen) befindet sich seit 2020 im Probetrieb.

Die vorhandenen Speicher haben vielfach auch die Funktion der Niedrigwasseraufhöhung: In Trockenzeiten kann mehr als die Hälfte der staatlichen Speicher dafür eingesetzt werden, wofür dann ein Gesamtvolumen von rund 150 Millionen m³ Wasser zur Verfügung steht.

Niedrigwasseraufhöhung mit staatlichen Speichern – Beispiele:

- Sieben staatliche Speicher haben die Niedrigwasseraufhöhung als Hauptfunktion. Beispiele sind der Rottachsee im Allgäu und die Förmitztalsperre in Oberfranken, die mit Mindestwasserabgaben im Sommer die Wasserführung der Saale stützt.
- Bei sechs der staatlichen Speicher ist die Niedrigwasseraufhöhung eine weitere wichtige Funktion. Der größte und bekannteste Speicher dieser Art ist der Sylvensteinspeicher an der Isar. In den Trockenjahren der Vergangenheit (z. B. 2003, 2015, 2018) konnten die Anforderungen an den Isarabfluss nur durch gezielte Abgaben eingehalten werden.
- Überleitungssystem zwischen den Flussgebieten von Donau und Main (s. Kap. 5.5.6).

► mehr Infos: [Internetseite staatliche Wasserspeicher](#) (mit Einzelbeschreibungen der Speicher)

5.5.6 Überleitungssystem: Überregionaler Wasserausgleich zwischen Donau- und Maingebiet

Bayern ist ein wasserreiches Land. Das Wasserdargebot ist jedoch durch starke regionale Unterschiede geprägt: Während die Alpen und das gesamte Donaeinzugsgebiet reichlich Niederschläge erhalten, ist das fränkische Regnitz-Main-Gebiet von Natur aus wesentlich trockener. Zudem wird das zur Verfügung stehende Wasser im Norden Bayerns wegen der höheren Bevölkerungs- und Industriedichte stärker beansprucht.

Das Überleitungssystem ist eines der größten Wasserbauprojekte Bayerns und dient dem erklärten Ziel der Bayerischen Staatsregierung, gleichwertige Lebensverhältnisse im ganzen Land zu schaffen. Aus dem wasserreichen Donaauraum überwinden rund 150 Mio. m³ Wasser im jährlichen Durchschnitt die europäische Wasserscheide in das wasserärmere Regnitz-Main-Gebiet. Das Donau-Main-Überleitungssystem ist damit auch Bayerns größtes und bedeutendstes System zur Niedrigwasseraufhöhung. Hier wird in abflussschwachen Zeiten Wasser aus dem Donaauraum für die Regnitz und den Main bereitgestellt.

Ziele der Überleitung

Das Überleitungssystem trägt dazu bei, im fränkischen Raum ausgewogene wasserwirtschaftliche Verhältnisse zu schaffen und verbessert die regionale Wirtschaftsstruktur.

- Die Anhebung der Niedrigwasserführung von Rednitz, Regnitz und Main in sommerlichen und herbstlichen Trockenperioden verbessert und stabilisiert die Wasserqualität dieser Flüsse.
- Durch die Einleitung in Altmühl- und Brombachsee wird die Hochwassergefahr im Tal der mittleren Altmühl vermindert.
- Mit dem fränkischen Seenland ist ein attraktives Naherholungs- und Urlaubsgebiet entstanden, von dem starke wirtschaftliche Impulse für die gesamte Region ausgehen.

Das System im Überblick

► Folie 53



Abb. 18:
Das Überleitungssystem im Überblick

Seit dem Landtagsbeschluss im Jahr 1970 wurde an dem Großprojekt fast drei Jahrzehnte lang geplant und gebaut. Der Bau des gesamten Überleitungssystems einschließlich des Grunderwerbs kostete rund 450 Mio Euro. Die Überleitung erfolgt auf zwei voneinander unabhängigen Wegen:

- Aus der Altmühl oder Donau werden über den Main-Donau-Kanal mit Hilfe von Pumpwerken an den Schleusen der Südrampe des Kanals im Mittel ca. 125 Mio m³ pro Jahr in den Rothsee gefördert (Kanalüberleitung).
- Aus der Altmühl wird über den Altmühl- und Kleinen Brombachsee Hochwasser in den Großen Brombachsee übergeleitet - im Mittel pro Jahr rund 25 Mio m³ (Brombachüberleitung). Das im Rothsee bzw. Großen Brombachsee gespeicherte Wasser fließt bei Bedarf über die teilweise umgestalteten Gewässer in das Regnitz-Main-Gebiet.

Spektakuläre Wasserbautechnik

- Der Main-Donau-Kanal verbindet die Donau bei Kelheim mit dem Main bei Bamberg. Der ursprünglich als reine Wasserstraße geplante Kanal wird zwischen Kelheim und Rothsee bzw. Schwarzach-Ausleitung auch als Transportweg für das Überleitungswasser genutzt. Pumpwerke an den fünf südlichen Schleusen heben das Wasser über die Europäische Wasserscheide bis zum Rothsee und überwinden fast 70 Meter Höhenunterschied.
- Altmühlüberleiter: Ein Stollen von 2,7 km Länge unterquert die Europäische Wasserscheide. Der Freisiegelstollen hat einen Innendurchmesser von fast 6 Metern und ein Abflussvermögen von 70 m³/s.
- Die Brombachüberleitung ist vor allem dann gefordert, wenn eine Wasserabgabe mit der Kanalüberleitung wegen Niedrigwasser in der Donau nicht möglich ist. Sie besteht aus insgesamt vier Seen und vielen Einzelbauwerken und ermöglicht es, Hochwasser aufzufangen, für die Niedrigwasseraufhöhung zwischenzuspeichern und unter der Europäischen Hauptwasserscheide durchzuleiten.

Leistungen und Wirkungen

Durch die Wasserzugabe wird der Abfluss der Regnitz unterhalb von Nürnberg, der in Trockenzeiten bis unter 10 Kubikmeter pro Sekunde (m³/s) zurückgehen kann, im Sommer fast verdreifacht, im Winter mehr als verdoppelt. Selbst am Main unterhalb von Bamberg stammt noch rund ein Drittel des Abflusses in Trockenzeiten aus Überleitungswasser.

Das Fränkische Seenland: attraktives Erholungsgebiet mit wertvollen Naturflächen

Rothsee, Altmühlsee und Brombachsee bieten mit zusammen rund 20 Quadratkilometer Wasserfläche ideale Voraussetzungen für Freizeit und Erholung. Alle Wasser- und Uferflächen sind in öffentlichem Eigentum. Rund 80 Kilometer Betriebswege sind für Fußgänger und Radfahrer freigegeben. Das Fränkische Seenland umfasst acht Naturschutzgebiete und über 700 Hektar ökologisch wertvolle Flächen. Im Altmühlsee entstand ein Naturschutzgebiet von rund 200 Hektar Größe, dessen Kern eine 125 Hektar große Flachwasser- und Inselzone bildet. Über 200 verschiedene Vogelarten sind auf der Vogelinsel zu Hause.

Das Überleitungssystem: „Lebensversicherung“ in Zeiten des Klimawandels

Der Klimawandel wird die Gegensätze im Wasserdargebot zwischen Nord- und Südbayern noch verschärfen, s. Kap.3. Die Überleitung wird dadurch zur wasserwirtschaftlichen „Lebensversicherung“ für Mittel- und Unterfranken, da sie auch in Zukunft Wasser für die Ökologie in den Gewässern des Regnitz-Main-Gebiets bereitstellt und damit hilft, die Voraussetzungen zu sichern, um einen guten Zustand der Gewässer zu erhalten. ► mehr Infos: [Broschüre „Wasser für Franken: Die Überleitung Donau-Main“](#)

5.5.7 Erhöhte Anforderungen an Einleiter, Kühlwasser, Wasserkraft *

Die Einleitung von Wärme in ein Gewässer bedarf einer wasserrechtlichen Erlaubnis (Bescheid). Dieser regelt u.a. die zulässigen Einleittemperaturen, die Wasserentnahme- und Abgabemengen, die Aufwärmspannen und Maximaltemperaturen für das Kühlwasser, das Gewässer und die Wärmefracht. Eine flexible Steuerung der Wärmeeinleitungen einschließlich zeitweiser Leistungseinschränkungen stellt sicher, dass die Vorgaben des Bescheids auch bei ungünstigen Bedingungen mit geringem Abfluss und erhöhter Wassertemperatur eingehalten werden können. Industrie und Energiewirtschaft sind gesetzlich verpflichtet, im Rahmen der EU- Umweltrichtlinien EG-Wasserrahmenrichtlinie und FFH-Richtlinie sowie der Oberflächengewässerverordnung ökologische Mindeststandards bei der Wärmeeinleitung zu berücksichtigen und der Erfüllung der Umweltziele nicht entgegenzustehen.

Verschärft sich durch den Klimawandel die ökologische Gefährdung (z. B. durch steigende Temperaturen oder Trockenheit), so können Industrie und Energiewirtschaft gezwungen sein, sich an diese neue Gefährdungslage anzupassen. Hierzu gibt es z. B. folgende Möglichkeiten:

- Einsatz wassersparender Technologien in Kraftwerken wie z. B. Kühltürme mit Nass- und Trockenkühlung
- verstärkte Nutzung von abgegebener Restwärme, sog. „Prozesswärmenutzung“. Die Prozesswärme kann anstatt in Gewässer abgeleitet zu werden auch einer weiteren Nutzung (z. B. für die Wärmeversorgung, Fernwärmenetze, Stromerzeugung) zugeführt oder über die Luft abgeleitet werden.

Das Landesamt für Umwelt (LfU) erstellt fließgewässerspezifische Wärmelastpläne und stellt diese zur Verfügung. Unter Berücksichtigung der gesetzlichen gewässerökologischen Mindeststandards können diese als Entscheidungsgrundlage herangezogen werden, um für betriebliche Wärmeeinleitungen in Industrie und Energiewirtschaft den optimalen Einsatz von Kühlsystemen zu ermöglichen. Ein Problem kann u. a. dadurch entstehen, wenn mehrere Wärmeeinleiter ein Gewässer gemeinsam nutzen: Selbst, wenn jeder einzelne nur die gemäß Bescheid zulässige sog. „Aufwärmspanne“ ausschöpft, können durch die Summe an Einleitungen trotzdem Gewässertemperaturen erreicht werden, die über die zulässigen Maximaltemperaturen der Einzelbescheide hinausgehen und nachhaltige ökologische Schäden anrichten können.

Dies kann durch Wärmelastpläne verhindert werden, da sie eine Verteilung der eingeleiteten Wärmefrachten ermöglichen. Ein zusätzliches Werkzeug stellen fließgewässerspezifische Alarmpläne dar, wie sie mittlerweile für Donau und Main existieren (vgl. Kap. 5.5.3). Auch wenn jeder wasserrechtliche Bescheid ein Einzelfall ist, muss aus ökologischer Sicht das Gewässer als Ganzes betrachtet werden.

Wärmelastpläne: Steuerungsinstrumente für Wärmeeinleitungen

Wärmelastpläne sind ein übergeordnetes Steuerungsinstrument bei Wärmeeinleitungen in Flüssen. Sie werden in Bayern vom Landesamt für Umwelt erstellt und zur Verfügung gestellt. Wärmelastpläne sind Modellansätze, in die Tausende von hydraulischen und ökologischen Daten einfließen. Diese zeigen für Donau, Main, Isar und Mittlerer Isarkanal auf, welchen Einfluss Wärmeeinleiter, insbesondere bei gewässerökologisch relevanten Extremsituationen wie z. B. bei Niedrigwasser, auf die Wassertemperatur haben. Damit können aktuelle Wärmeimmissionen sowie die Wärmeimmissionen bei bestimmten Planungszuständen bewertet und bei der Standortwahl für Kraftwerke berücksichtigt werden. Eine Abschätzung der Wärmeimmissionen dient auch den Genehmigungsbehörden zur besseren Beurteilung der Auswirkungen von Wärmeeinleitungen und zur Festlegung der wasserrechtlichen Anforderungen an die Wärmeeinleitungen.

Die Steuerung der Maßnahmen wird unterstützt durch den Einsatz der Gewässerqualitätswarndienste für Main und Donau und der Niedrigwasserinformationen.

Wasserkraftnutzung

Um die absehbar zunehmenden Abflussschwankungen durch Hochwasser und Niedrigwasserabflüssen für die Energieerzeugung besser nutzen zu können, ist eine Effizienzsteigerung der Anlagen anzustreben. Ein verbesserter Wirkungsgrad kann durch die Anpassung von Turbinen oder durch gestaffelte Maschinengruppen erreicht werden.

5.5.8 Klimaschutz durch Moorrenaturierungen*

► Folie 54

Leistungen von Mooren für Natur, Landschaft und Wasserhaushalt

Moore haben viele wichtige Funktionen: Die humusreichen, organischen Böden sind Wuchsorte für besonders angepasste Pflanzengesellschaften und Lebensraum für seltene Tier- und Pflanzenarten. Dazu gehören z. B. die vom Regen abhängigen Hochmoore, in denen sich durch die nassen Standortverhältnisse viel organische Substanz in Torfschichten anreichert oder Niedermoore, die z. B. in den Landschaften des Alpenvorlandes traditionell als Streuwiesen genutzt wurden und werden.

Intakte (Hoch-)moore nehmen große Wassermengen auf: Daher können sie bei Starkregenereignissen Abflüsse verzögern und v. a. in kleineren Gewässern Hochwasserereignisse abmildern. Umgekehrt können sie in Trockenphasen ebenfalls puffernd wirken: Zurückgehaltenes Wasser wird verzögert in umgebende Lebensräume und Fließgewässer abgegeben und mindert die Austrocknung.

Handlungserfordernisse beim Klimaschutz

Als effektiver Kohlenstoffspeicher (CO₂) haben sie auch beim Klimawandel eine herausragende Bedeutung - obwohl nur 3 % der Fläche Bayerns mit Mooren bedeckt sind! Umgekehrt werden große Mengen klimaschädliches CO₂ in die Atmosphäre abgegeben, wenn Moorböden intensiv genutzt und dafür entwässert werden. Bei der sog. „Moorsackung“ lösen sich die Torfmoore als wirksame CO₂-Speicher buchstäblich „in Luft auf“ und tragen zum Treibhauseffekt bei.

Wenn die Moore aber schrumpfen, sind einerseits Feuchtlebensräume (z. B. Moore, Quellen und kleine Gewässer) und ihre Bewohner (z. B. Fische, Krebse, Libellen, Amphibien) besonders von Dürreperioden bedroht; andererseits verschlechtern Abflussverschärfungen durch die verminderte Rückhalteleistung die Lebensverhältnisse in kleinen Gewässern.

Es ist daher aus vielen Gründen erforderlich, diese Prozesse zu stoppen und umzukehren.

Klimaschutzoffensive in Bayern

Damit Maßnahmen im Detail dauerhaft und erfolgreich zum Klimaschutz beitragen, sind sie in eine Gesamtstrategie der Bayerischen Staatsregierung mit drei Säulen eingebettet:

- Minderung des Treibhausgas-Ausstoßes in Bayern,
- Anpassung an die Folgen des Klimawandels und verstärkte Forschung zu Umwelt- und Klimaschutz. Dabei werden alle Bereiche mit einbezogen – von Wäldern, Mooren und Wasser über Innovationen, Energie und Mobilität bis hin zur Vorbildfunktion des Staates sowie
- der Förderung des kommunalen Klimaschutzes.

Gesetzliche Vorgabe: Das Bayerische Klimaschutzgesetz (BayKlimaG)

Die gesamtgesellschaftliche Verpflichtung in Bezug auf Gewässer und Moore kommt u.a. in Art. 3 zum Ausdruck: Absatz 2 nimmt den Staat in die Pflicht - „Staatliche Grundstücke, insbesondere Wald- und Moorflächen sowie Gewässer in staatlicher Unterhaltlast, werden in Übereinstimmung mit den Zielen

dieses Gesetzes bewirtschaftet“. Absatz 3 bezieht die Kommunen sinngemäß mit ein: „Den kommunalen Gebietskörperschaften wird empfohlen, entsprechend der Abs. 1 und 2 zu verfahren“.

Klimaschutz durch Moorschutz in Bayern

Das Klimaschutzprogramm 2050 (KLIP 2050) der Bayerischen Staatsregierung sieht daher die Fortsetzung und Ausweitung umfangreicher Maßnahmen vor. Zentrale Punkte sind:

- „Moorwildnisprogramm“ = Renaturierung entwässerter Moore: Die seit 2008 laufenden Maßnahmen in größeren Moorkomplexen, in kleineren Moore mit vollständiger Renaturierung und zahlreiche kleinräumigere Wiedervernässungen werden fortgesetzt und durch erweiterte Fördermöglichkeiten (Europäischer Fonds für regionale Entwicklung –EFRE, Bayerischer Naturschutzfond sowie Naturschutzgroßvorhaben des Bundes) forciert.
- „Moorwaldprogramm“ = Erhalt der Kohlenstoff-Speicher in den Moorböden und im Moorwald. Zielkulisse sind hier v. a. die Moore im Staatswald, da Belangen des Naturschutzes, des Klimaschutzes, des Wasserschutzes und des Bodenschutzes hier besonderes Gewicht zukommt und bei der Maßnahmenumsetzung vergleichsweise weniger Zielkonflikte zu erwarten sind.
- „Moorbauernprogramm“ = Umwandlung von ackerbaulich genutzten Niedermooren in Grünland. Mit freiwilligen Vereinbarungen werden klimaschutzrelevante Landnutzungsänderungen und Flächenstilllegungen unterstützt. Neben einer erhöhten Prämie für die Umwandlung von Acker in Grünland besteht die Möglichkeit der Kombination mit einer extensiven Nutzung.
- Bodenmanagement für den Moorschutz = Flächenerwerb und Grundstückstausch in der Ländlichen Entwicklung: Damit werden die Voraussetzungen für den nachhaltigen Schutz, Erhalt und eine ggf. notwendige naturschutzfachliche Optimierung der Flächen geschaffen werden.
- CO₂-Speicher Auen = Beitrag zur Bindung klimarelevanter Treibhausgase: Wesentlich sind hier v. a. Reaktivierung des natürlichen Rückhalts, die Wiedervernässung von Feuchtgebieten oder die Wiederaufforstung innerhalb eines Einzugsgebiets.

6 Anlagen

6.1 Arbeitsblätter zur Arbeitshilfe

- ▶ **Folie 56:** zu Kap.5.2: Verbesserungsmöglichkeiten zur Bepflanzung im Fallbeispiel diskutieren,
- ▶ **Folie 57, 58:** zu Kap 5.2.1: Fallbeispiele Gewässerrandstreifen-Uferstreifen: Gewinn und Nutzen anhand der Fallbeispiele diskutieren
- ▶ **Folie 59** zu Kap.5.1.4: Wassersensible Siedlungsentwicklung – animierte Folie durchgehen.

Leitfrage: welche der Maßnahmen stehen im Zusammenhang mit innerörtlichen Bächen bzw. Stillgewässern?

6.2 Praxisbeispiele

6.2.1 Breitbach, Stadt Iphofen, Landkreis Kitzingen

► Folie 61

Ausgehend vom Landschaftsplan der Stadt Iphofen, entstand ein übergreifendes Gewässerentwicklungskonzept für alle Gew. III auf den Gebieten der Städte Iphofen, Kitzingen und Markbreit, der Gemeinden Mainbernheim und Willanzheim und des Marktes Einersheim,

Hauptziele des Projektes auf den Gebieten der Stadt Iphofen sowie der Gemeinden Mainbernheim und Willanzheim waren der ökologische Gewässerausbau mit Schaffung von Hochwasserrückhalte-räumen und Maßnahmen der Gewässerentwicklung am Breitbach mit seinen Nebengewässern (v. a. Moorseebach, Kirchbach, Zettelbach, Dornheimer Dorfbach).

Das Gesamtprojekt umfasste ein Entwurfskonzept, einen Ausführungsplan für die Umsetzung der Baumaßnahmen sowie die Aufstellung eines langfristigen Pflegekonzepts. Besonderes Augenmerk wurde auf die Bürgerbeteiligung durch transparente und intensive Information der Grundstückseigen-tümer und Bürger gelegt.

Tab. 3: Wirksamkeitsbewertung der Maßnahmen am und im Breitbach

Wasserhaushalt					Natur	
Gewässer-erwärmung	Trockenheit	Niedrig Wasser	Flusshochwasser	Sturzfluten	Biotop-verbund	Arten-vielfalt
+	+	+	++	+	++	++

++= große vorteilhafte Wirkung += vorteilhafte Wirkung 0= neutrale oder nicht bekannte Wirkung
 --= nachteilige Wirkung

Die Maßnahme trägt in einem kleinräumigen System effizient dazu bei, Abflussextrême zu mildern und in einer intensiv landwirtschaftlich genutzten Landschaft ein gewässergebundenes Biotopver-bundsystem aufzubauen. Bereits kurz nach der Umsetzung war die Wirkung bis zu einem Hochwas-serabfluss von HQ5 eindeutig nachweisbar.

Eckdaten

Gewässer III. Ordnung

- Abflussverhältnisse: Vogtsmühle: 4,85 l/s (HQ1), 12,18l/s (HQ5); 30,78 l/s (HQ100)
- Einzugsgebiet: ca. 40 km²
- Länge: 84,7 km, davon im Planungsgebiet: 41,8 km
- Renaturierungsstrecke: 6,4 km (insgesamt 11 Teilabschnitte) mit 70.000 m³ Retentionsraum
- Besonderheiten: Interkommunales Gewässerentwicklungskonzept als Planungs- und Umsetzungsinstrument, Einbindung örtlicher Landwirte beim Bodenmanagement

Wasserrahmenrichtlinie:

FWK 2_F143 „Breitbach mit Nebengewässern; Thierbach; Sonderhofener Mühlbach“

Beschreibung der Ist Situation

In der intensiv landwirtschaftlich genutzten Landschaft mit z.T. stark begradigten Bachläufen führten bereits kleinere Starkregen zu Hochwasserproblemen, insbesondere auch an den alten Mühlenstandorten.

Die damit verbundenen Stoffeinträge und die vielfach fehlenden oder lückigen Gehölzsäume beeinträchtigten die Lebensraumqualität der Gewässerläufe.

Was war Anstoß/Anlass/Grund für die Maßnahme?

Die Problemstellungen wurden im Landschaftsplan für die Stadt Iphofen aufgegriffen. Durch die Maßnahme sollte die Hochwasserproblematik gemindert und die gewässerökologischen Bedingungen aufgewertet werden. Darüber hinaus sollten Naherholungsmöglichkeiten geschaffen werden.

Beschreibung Maßnahme

In 11 Abschnitten wurde eine breite Palette von Maßnahmen umgesetzt. Diese umfassten v. a.

- Renaturierung von begradigten Gewässerabschnitten mit ökologischer Aufwertung von Ufer und Aue; Entfernung von Verbauungen, Verbesserung der Durchgängigkeit an Wehranlagen
- Schaffung von Retentionsräumen durch Aufweitungen der Gewässerläufe, Schaffung von Rückhaltemulden mit Drosseldurchlässen oder Bodenabtrag
- Schaffung von Pufferzonen und Verringerung des Nähr- und Schadstoffeintrags: Abrücken der intensiven Nutzung vom Gewässerlauf, nachfolgend entweder Zulassen von Sukzession/Entwicklung von Ufergehölzsäumen oder Umwandlung der Galeriewälder in Auwald oder Ausmagerung mit Oberbodenabtrag und standortgerechter Einsaat
- Erhaltung der offenen Talaue mit Bewirtschaftung durch Landwirte
- Verbesserte Erreichbarkeit und Zugänglichkeit/Wegeverbindungen
- **Rechtsverfahren:** wasserrechtliches Genehmigungsverfahren (Plangenehmigung vom 14.05.2010)
- **Zeitlicher Ablauf:** Aufstellung Landschaftsplan Stadt Iphofen 2005 -2006; Aufstellung Gewässerstrukturkartierung und Gewässerentwicklungskonzept Stadt Iphofen/Markt Einersheim 2007 Maßnahmenumsetzung 2010/2011
- **Grunderwerb:** ca. 5,5 ha Grunderwerb / Grundstückstausch durch die Gemeinde

- **Beteiligte:** Stadt Iphofen, Gemeinden Mainbernheim und Willanzheim, Untere Naturschutzbehörde beim Landratsamt Kitzingen, Wasserwirtschaftsamt Würzburg (jetzt Wasserwirtschaftsamt Aschaffenburg), Landschaftspflegeverband Kitzingen, örtliche Landwirte und Ortsobmänner des BBV

Unterhaltung der umgesetzten Maßnahmen

Grundlage ist ein Pflegekonzept (Maßnahmenblatt pro Gewässerabschnitt) für die langfristige Unterhaltung. Dieses beinhaltet einen Lageplan, ein Beispielbild (=Zielzustand), eine Auflistung der Flurstücke, Eigentümer und Pächter, die Entwicklungsziele auf Grundlage des GEK, die empfohlenen Pflegemaßnahmen sowie Angaben zum Pflegeumfang.

Das Konzept sieht jeweils einen abgestuften Plan vor:

- gewässernahe Bereichen: möglichst geringer Pflegeaufwand, Röhricht-/ Auwaldentwicklung, Pflege ggf. in mehrjährigen Abständen
- Pufferstreifen im Übergang zu landw. Nutzung. Mahd alle 1-2 Jahre
- landwirtschaftliche Nutzung in der Aue: extensive Grünlandnutzung; Orientierung der Pflegezeitpunkte an VNP, in Zusammenarbeit mit Landwirten oder LPV

Kosten, Finanzierung, Träger

- Gesamtkosten: 971.263 € brutto Gesamtkosten, Förderungen in Höhe von 670.946 (Konjunkturprogramm II- Förderung wasserwirtschaftlicher Maßnahmen an Gewässern dritter Ordnung); Träger: Stadt Iphofen
- Veranschlagte Kosten: 1,23 Mio.; durch Bodenmanagement konnten die Kosten reduziert werden

„Was noch zu sagen wäre“

Das Projekt konnte nur gelingen, weil ein aktiver Landschaftspflegeverband als Bindeglied zwischen der sehr umsetzungsbereiten Kommune und den aufgeschlossenen Landwirten vor Ort das Bodenmanagement organisierte. In enger Abstimmung mit den Naturschutzbehörden und dem Wasserwirtschaftsamt gelang es, kurze Transportwege, effektiven Hochwasserschutz und pragmatische Lösungen mit den Landwirten zu finden. Das führte dazu, dass die tatsächlichen Kosten um rund 200.000 € niedriger lagen als die Kostenschätzung.

Ansprechpartner bei Fragen

Thomas Wirth, arc.grün Landschaftsarchitekten und Stadtplaner, Kitzingen; www.arc-gruen.de

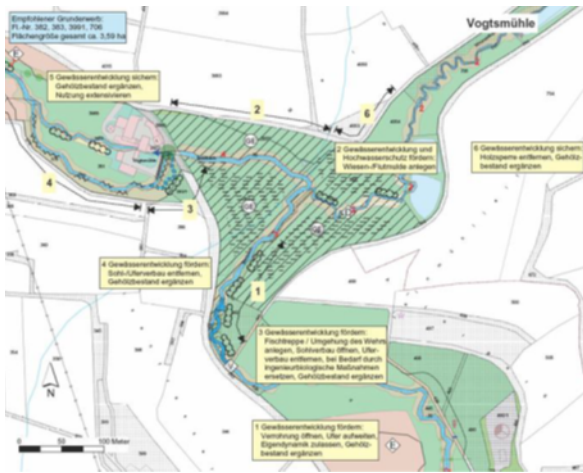


Abb. 19: Ausschnitt aus dem Gewässerentwicklungskonzept: Schwerpunktbereiche Herrgottsmühle, Nierenmühle, Schwarzmühle und Vogtmühle



Abb. 20: Zettelbach (Abschnitt): Ökologische Aufwertung des begradigten Seitengewässers und Abrücken der landwirtschaftlichen Nutzung vom Gewässer



Abb. 21: Schaffung von Naherholungsbereichen



Abb. 22: Partielle Umwandlung der Galeriewälder in Auwald

6.2.2 Braunau, Gem. Tuntenhausen, Landkreis Rosenheim

► Folie 62

Wie wirksam wird die Maßnahme für die Klimaanpassung eingeschätzt?

Tab. 4: Wirksamkeitsbewertung der Maßnahmen an und in der Braunau

Wasserhaushalt					Natur	
Gewässer- erwärmung	Trockenheit	Niedrig Wasser	Flusshochwasser	Sturzfluten	Biotop- verbund	Arten- vielfalt
+			++		+	++

++= große vorteilhafte Wirkung += vorteilhafte Wirkung 0= neutrale oder nicht bekannte Wirkung
 - -= nachteilige Wirkung

Eckdaten

Gewässer III. Ordnung

- Abflussverhältnisse: MNQ = 0,3 m³/s, MQ = 0,6 m³/s, (Mündung zur Glonn, berechnet)
- Einzugsgebiet: ca. 24 km²
- Länge: ca. 10 km
- Renaturierungsstrecke: ca. 600 m
- Besonderheiten: Gewässertyp 3.1: Bäche der Jungmoränen des Alpenvorlandes; Reliktvor-kommen der Bachmuschel (*Unio crassus*)

Wasserrahmenrichtlinie:

FWK 1_F550 Glonn (zur Mangfall) von Lenzmühle mit Braunau und Moosbach

Beschreibung der Ist Situation

Die Braunau wurde Anfang des 20. Jahrhunderts über lange Abschnitte begradigt und mit einem gleichförmigen Trapezprofil ausgebaut. Zur Sohlstabilisierung des Bachbettes wurden Absturzbauwerke errichtet, die die biologische Durchwanderbarkeit unterbrechen. Die landwirtschaftliche Nutzung reicht vielerorts bis an das Gewässer heran.

Was war Anstoß/Anlass/Grund für die die Maßnahme?

Anlass war die Zielverfehlung gemäß EU-Wasserrahmenrichtlinie als Folge massiver hydromorphologischer Defizite. Durch die Maßnahme an der Braunau sollte ein Beitrag zum Erreichen des guten Zustands des Wasserkörpers geleistet werden. Darüber hinaus sollte die Erlebbarkeit des Gewässers und die Bedeutung für die Naherholung gesteigert werden.

Beschreibung Maßnahme

Über eine Länge von 600 m wurde das monotone Trapezprofil durch ein vielseitiges Gewässerbett mit Ausbuchtungen, Steilufern und Gumpen ersetzt. Strömungsvielfalt und Substratqualität wurden durch Einbau von Buhnen und Totholz sowie durch Einbringung von Kies verbessert. Weitere Maßnahmen wie die Anbindung eines Seitengrabens (laterale Vernetzung), Aktivierung eines alten Mäanders und die Modellierung von Geländemulden (ca. 2300 m³ zusätzlicher Retentionsraum) steigern die Habitatvielfalt und schaffen wichtige Rückzugsräume bei erhöhten Abflüssen. Südseitige Uferabschnitte werden der Eigenentwicklung überlassen, so dass aufkommendes Ufergehölz einer Temperaturerhöhung

entgegenwirkt. Flächen oberhalb der Uferlinie werden als artenreiche Magerstandorte entwickelt. Ein vom Gewässer abgerückter Weg zur Gewässerunterhaltung und die Anlage von Sitzgelegenheiten laden zum Besuch ein (Naherholung).

- **Rechtsverfahren:** Der Gewässerausbau wurde im Jahr 2013 vom Landratsamt Rosenheim plangenehmigt.
- **Zeitlicher Ablauf:** Die Maßnahme wurde 2015 abgeschlossen.
- **Grunderwerb:** Durch die Gemeinde wurde für die Verwirklichung der Maßnahme Grund erworben (ohne Förderung nach RZWas).
- **Beteiligte:** Gemeinde Tuntenhausen

Unterhaltung der umgesetzten Maßnahme

Für die Gewässerunterhaltung ist die Gemeinde Tuntenhausen zuständig. Der Erhalt der Offenlandstandorte erfordert eine regelmäßige Unterhaltung. Im Uferbereich wird Sukzession (Ufergehölz) zugelassen, um eine Beschattung des Gewässers langfristig zu gewährleisten.

Kosten, Finanzierung, Träger

Gesamtkosten: ca. 170 T€

Finanzierung: Förderung der Maßnahme nach RZWas mit 75 % sowie 25 % Eigenanteil der Gemeinde Tuntenhausen (Grunderwerb nicht mitgerechnet)

Ansprechpartner bei Fragen

Gemeinde Tuntenhausen (Tel. 08067 9070-0)

Wasserwirtschaftsamt Rosenheim (Tel. 08031/305-01)



Abb. 23: Braunau: Neu angelegter Altarm als Lebensraum für Stillwasserarten und Rückzugsraum bei Hochwasser



Abb. 24: Braunau: Sitzgelegenheiten laden zum Verweilen ein



Abb. 25: Braunau: Aufweitungen oberhalb der Mittelwasserlinie entlasten bei Hochwasser das Gewässerbett und verringern so die Drift von Jungfischen; eine Ringelnatter überquert den Bach (im Vordergrund)



Abb. 26: Braunau: Ein südseitig aufkommender Gehölzsaum sorgt langfristig für Beschattung und Totholzeintrag

6.2.3 Hungerbach, Eglfing, Landkreis Weilheim-Schongau

► Folie 63

Eckdaten

Gewässer III. Ordnung

- Einzugsgebiet: 4,80 km²
- Länge: 3,55 km
- Renaturierungsstrecke: insgesamt 1,8 km
- Besonderheiten: kleiner Bach, künstlich begradigt, verläuft in einer Talaue durch landw. Flächen, mündet in einen Dorfweiher, wo er auch versickert

Beschreibung der Ist Situation

Der auf Grund seiner geringen Schleppkraft und Dynamik relativ stark mäandrierende Bach wurde in den 1960er Jahren im Zuge der Flurbereinigung begradigt. Er durchläuft eine 70 – 150 m breite Talaue und endet in einem Dorfweiher, anschließend versickert der Bach komplett. Die angrenzenden Flächen werden intensiv landwirtschaftlich genutzt. Das Gefälle beträgt etwa 0,3 - bis 0,5 %. Es befindet sich ein Truppenübungsplatz in der Nähe, der als FFH-Gebiet ausgewiesen ist.

Was war Anstoß/Anlass/Grund für die die Maßnahme?

Im Rahmen der Bürgerbeteiligung zur Anordnung eines Neuordnungsverfahrens der Ländlichen Entwicklung im Jahre 2003, wurde die Verbesserung des Landschaftsbilds, der Hochwasserschutz und die Naherholung entlang dem Hungerbach/Dorfweiher, mit höchster Priorität beurteilt. Entlang des Bachs und insbesondere in der Senke am Ende des Bachlaufes (um den Dorfweiher) führten regelmäßig wiederkehrende und langanhaltende Überschwemmungen zu Problemen.

Beschreibung Maßnahme

Die Teilnehmergemeinschaft Eglfing, plante ein Gesamtpaket an Maßnahmen, um die Hochwasserproblematik zu verringern. Gleichzeitig sollte Landschaftsbild und Naherholungsmöglichkeiten verbessert werden. Neben der Bachrenaturierung durch eine Aufweitung und Uferabflachung mit Niedrigwassergerinne wurde der Dorfweiher erweitert, das Rückhaltevolumen deutlich vergrößert und mit einem Sedimentbecken versehen. Darüber hinaus erfolgte die Anlage einer Versickerungsmulde, einer Fußgängerbrücke, der Neubau von Unterhaltungswegen und einer Löschwasserentnahmestelle. Zudem wurden Bänke aufgestellt und Wander-, bzw. Radwege ausgeschildert.

- **Rechtsverfahren:** Plangenehmigung 14.02.2014
- **Zeitlicher Ablauf:** Die Umsetzung der Maßnahme erfolgte 2014/2015. Neuordnungsverfahren der Ländlichen Entwicklung und Vorplanungen von 2004-2014.
- **Grunderwerb:** erfolgte im Rahmen eines Neuordnungsverfahrens der Ländlichen Entwicklung; ca. 2,14ha, Kosten ca. 65.000 €
- **Beteiligte:** Amt für Ländliche Entwicklung Oberbayern, Gemeinde Eglfing, Wasserwirtschaftsamt Weilheim, Staatliches Bauamt Weilheim, Landkreis Weilheim - Schongau

Unterhaltung der umgesetzten Maßnahme

Die bisherige und zukünftige Gewässerunterhaltung liegt bei der Gemeinde Eglfing.

Wie wirksam wird die Maßnahme für die Klimaanpassung eingeschätzt?

Tab. 5: Wirksamkeitsbewertung der Maßnahmen am und im Hungerbach

Wasserhaushalt					Natur	
Gewässer-erwärmung	Trockenheit	Niedrig Wasser	Hochwasser	Sturzfluten	Biotop-verbund	Arten-vielfalt
-	0	+	++	+	++	++

++= große vorteilhafte Wirkung += vorteilhafte Wirkung 0= neutrale oder nicht bekannte Wirkung
 -= nachteilige Wirkung

Kosten, Finanzierung, Träger

- Gesamtkosten: 470.000 € (Gesamtmaßname) ohne Planungskosten und Grunderwerb, Renaturierung Bach und Weiher mit Wegebau, Löschwasserentnahmestelle und Straßenentwässerung
- Finanzierung: Amt für Ländliche Entwicklung, Gemeinde Eglfing, Staatliches Bauamt

Ansprechpartner bei Fragen

Amt für Ländliche Entwicklung Oberbayern, Infanteriestraße 1, 80797 München

Gemeinde Eglfing, Hauptstr. 20, 82436 Eglfing

Wasserwirtschaftsamt Weilheim, Pütrichstr. 15, 82362 Weilheim



Abb. 27: Schaffung von ca. 12.000 m³ Retentionsraum (Hochwasser während der Bauzeit)



Abb. 28: Schaffung von ca. 12.000 m³ Retentionsraum (Hochwasser während der Bauzeit)



Abb. 29: Gemarkungsgrenze: links; Nachbargemeinde; rechts Eglfing



Abb. 30: Gemarkungsgrenze: links; Nachbargemeinde; rechts Eglfing



Abb. 31: Strukturen im Gewässer, auch magere trockene Böschungen



Abb. 32: Ufergehölze durch Eigendynamik



Abb. 33: Gewässeraufweitung mit
Niedrigwasserrinne- Bau-
phase



Abb. 34 Gewässeraufweitung mit
Niedrigwasserrinne:-nach
Fertigstellung



Abb. 35: Gewässeraufweitung mit
Niedrigwasserrinne – nach
3 Jahren

6.3 Anlage Kap. 5.5

Die Übersicht zeigt, ob und in welchem Umfang die einzelnen Maßnahmen eine Anpassung an den Klimawandel und dessen Folge auf Wasserhaushalt und Natur haben.

► **Folie 60**

Anmerkungen:

Die Bezeichnungen (Spalte 1-3) und die Wirkungsabschätzung in der Spalte 5 sind dem [LAWA/BLANO-Maßnahmenkatalog Anlage B \(2020\)](#) entnommen. Ergänzende Maßnahmcodierungen für Bayern sind dem [LAWA/Bayern-Katalog](#) entnommen und gekennzeichnet (*Kursivschrift*).

In Spalte 4 sind Maßnahmen mit x gekennzeichnet, die schwerpunktmäßig im Rahmen von Unterhaltungsmaßnahmen umgesetzt werden können. (x) kennzeichnet Maßnahmen die ggfs. im Rahmen des (genehmigungspflichtigen) Gewässerausbaus umgesetzt werden.

Die LAWA-Bewertung in Spalte 5 ist dreistufig, mit ja, m=möglich, n=nein. Sie gilt jeweils für die unter einem LAWA-Code erfasste Maßnahme.

Die Wirkungsbewertung für die Arbeitshilfe für die einzelnen Bereiche des Wasserhaushalts (Spalte 6) und der Natur (Spalte 7) ist eine Experteneinschätzung, die von den Autoren für diese Arbeitshilfe entwickelt worden ist.

Um die Systematik nachvollziehbar zu machen, sind dabei folgende Fallgestaltungen berücksichtigt:

- LAWA-Maßnahme als Gesamtmaßnahme ohne weitere Untersetzung in Spalte 3 (z. B. Nr. 501): Gesamtbewertungen in der jeweiligen Zeile
- LAWA-Maßnahme mit Untersetzung durch BY-Maßnahmen kursiv (z. B. Nr. 65): die BY-Einzelmaßnahmen (Spalte 3) werden gesondert bewertet. Die LAWA- Gesamtmaßnahme wird wie die am besten bewertete BY-Einzelmaßnahme eingestuft (best-case-Bewertung)
- LAWA-Maßnahmen mit Untersetzung durch LAWA- Einzelmaßnahmen in Spalte 3 (z. B. Nr. 71): die Einzelmaßnahmen werden jeweils einzeln bewertet.

Wirkungsbewertung:	++= große vorteilhafte Wirkung	+= vorteilhafte Wirkung
	0= neutrale oder nicht bekannte Wirkung	- -= nachteilige Wirkung

LAWA/ BLANO Nr.	Maßnahmen- bezeichnung	Maßnahmen Erläuterung/Beschreibung	U	Wirkungsabschätzung: Maßnahme unterstützt die Anpassung an den Klimawandel								
				5	6					7		
1	2	3	4		Wasserhaushalt					Natur		
				LAWA	Gewässer	Trockenheit	Niedrigwasser	Flusshochwasser	Starkregen		Biotopverbund	Artenvielfalt
47, 48, 49	Reduzierung der Wasserentnahme	z.B. wassersparende Bewässerung, mehrjährige Bespannung der Teiche		ja	++	++	++	0	0			
61	Mindestabfluss	ausreichende Wassermenge im Mutterbett bereitstellen		ja	++	+	+	0	0		++	++
		Dotationsabfluss in Umgebungsgewässern gewährleisten			++	+	+	0	0		++	+
65	Natürlicher Rückhalt		(x)	ja	++	++	+	+	+		++	++
65.1 BY		<i>Deiche verlegen</i>			0	+	0	+	0		+	+
65.2 BY		<i>Strukturelle Maßnahmen zur Förderung des natürlichen Rückhalts (z.B. Gewässersohle anheben, Uferrehne abtragen, Flutrinnen aktivieren)</i>	x		0	+	+	+	+		+	+
65.3 BY		<i>Feuchtgebiete wieder vernässen, Moorschutzprojekte, Wiederaufforstung im EZG</i>	x		++	++	+	+	+		++	++
68	Durchgängigkeit (Maßnahmen an Rückhaltebecken)	Umgebungsgewässer		m	+	0	+	0	0		++	+
		Fischaufstiegsanlage			+	0	+	0	0		+	+

Fortsetzung Tabelle

LAWA/ BLANO Nr.	Maßnahmen- bezeichnung	Maßnahmen Erläuterung/Beschreibung	U	Wirkungsabschätzung: Maßnahme unterstützt die Anpassung an den Klimawandel								
				5	6					7		
1	2	3	4		Wasserhaushalt					Natur		
				LAWA	Gewässer	Trockenheit	Niedrigwasser	Flusshochwasser	Starkregen		Biotopverbund	Artenvielfalt
69	Durchgängigkeit (Maßnahmen an Wehren und Abstürzen)			m	++	0	++	+	0		++	+
69.1 BY		Wehr/Absturz/Durchlassbauwerk rückbauen			++	-	+	+	0		0	+
69.2 BY		Wehr/Absturz/Durchlassbauwerk ersetzen durch ein passierbares BW (z.B. Sohlgleite)			++	0	+	+	0		++	+
69.3 BY		Passierbares BW (Umgebungsgewässer, Fischauf- und/oder -abstiegsanlage) an einem Wehr/Absturz/ Durchlassbauwerk anlegen			+	0	++	+	0		+	+
69.4 BY		Umgebungsgewässer/Fischauf- und/oder -abstiegsanlage an einem Wehr/Absturz/ Durchlassbauwerk umbauen/ optimieren			++	0	++	+	0		++	+
69.5 BY		sonstige Maßnahmen zur Verbesserung der Durchgängigkeit (z.B. Sohlrampe umbauen/ optimieren)			++	0	+	+	0		++	+
69.6 BY		Längsdurchgängigkeit in Buhnenfeldern schaffen (Verbindung untereinander)			+	0	0	+	0		++	+

Fortsetzung Tabelle

LAWA/ BLANO Nr.	Maßnahmen- bezeichnung	Maßnahmen Erläuterung/Beschreibung	U	Wirkungsabschätzung: Maßnahme unterstützt die Anpassung an den Klimawandel								
				1	2	3	4	5	6			7
				Wasserhaushalt					Natur			
				LAWA	Gewässer	Trockenheit	Niedrigwasser	Flusshochwasser	Starkregen		Biotopverbund	Artenvielfalt
70	Habitatverbesserung (eigendynamische Entwicklung initiieren)			ja	++	+	++	+	0		++	++
70.1 BY		Flächenerwerb zur eigendynamischen Entwicklung			++	++	+	+	0		++	+
70.2 BY		Massive Sicherungen (Ufer/Sohle) beseitigen/reduzieren	(x)		++	+	++	+	0		++	++
70.3 BY		Ergänzende Maßnahmen zum Initiieren eigendynamischer Gewässerentwicklung (z. B. Strömunglenker einbauen)	x		++	+	+	0	0		+	+
71	Habitatverbesserung im Profil (ohne Änderung der Linienführung)	Totholz einbauen	x	ja	+	0	+	-	-		++	++
		Störsteine einbauen	x		+	0	+	0	0		+	+
		Kieslaichplätze anlegen	x		+	0	+	+	0		+	++

Fortsetzung Tabelle

LAWA/ BLANO Nr.	Maßnahmen- bezeichnung	Maßnahmen Erläuterung/Beschreibung	U	Wirkungsabschätzung: Maßnahme unterstützt die Anpassung an den Klimawandel								
				Wasserhaushalt					Natur			
1	2	3	4	5	6					7		
				LAWA	Gewässer	Trockenheit	Niedrigwasser	Flusshochwasser	Starkregen		Biotopverbund	Artenvielfalt
72	Habitatverbesserung im Gewässer (bauliche Maßnahmen, mit Laufveränderung)			ja	+	+	+	0	0		+	+
72.1 BY		<i>Gewässerprofil naturnah umgestalten</i>	x		+	+	+	0	0		+	++
72.2 BY		<i>Naturnahen Gewässerlauf anlegen (Neuanlage oder Reaktivierung)</i>			+	+	+	0	0		++	+
72.3 BY		<i>Punktuelle Maßnahmen zur Habitatverbesserung mit Veränderung des Gewässerprofils (z.B. Kiesbank mobilisieren)</i>	x		+	+	+	0	0		+	++
72.4 BY		<i>Auflockern starrer/monotoner Uferlinien</i>			+	+	+	0	0		+	+
73	Habitatverbesserung im Uferbereich		x	ja	++	+	0	0	0		++	+
73.1 BY		<i>Ufergehölzsaum herstellen oder entwickeln</i>	x		++	+	+	0	+		++	+
73.2 BY		<i>Hochstaudenflur/Röhricht herstellen oder entwickeln</i>	x		+	+	0	0	0		++	+
73.3 BY		<i>Ufervegetation erhalten, naturnah pflegen</i>			+	+	0	0	0		++	+

Fortsetzung Tabelle

LAWA/ BLANO Nr.	Maßnahmen- bezeichnung	Maßnahmen Erläuterung/Beschreibung	U	Wirkungsabschätzung: Maßnahme unterstützt die Anpassung an den Klimawandel								
				5	6					7		
1	2	3	4		Wasserhaushalt					Natur		
				LAWA	Gewässer	Trockenheit	Niedrigwasser	Flusshochwasser	Starkregen		Biotopverbund	Artenvielfalt
74	Habitatverbesserung und Auenentwicklung			ja	+	++	+	++	+		++	++
74.1 BY		Primäraue naturnah wiederherstellen			+	++	+	++	+		++	++
74.2 BY		Primäraue naturnah entwickeln			+	++	+	++	+		++	++
74.3 BY		Auegewässer/Ersatzfließgewässer neu anlegen			+	+	+	++	+		++	++
74.4 BY		Auegewässer/Ersatzfließgewässer entwickeln	x		+	+	+	++	+		++	++
74.5 BY		Sonstige Maßnahmen zur Auenentwicklung und zur Verbesserung von Habitaten (z. B. Gewässersohle anheben, Uferrehne abtragen, Flutrinne aktivieren)			+	++	+	++	+		++	++
74.6 BY		Aue naturnah erhalten/pflegen	x		+	+	+	++	+		++	++
74.7 BY		Sekundäraue naturnah herstellen oder entwickeln			+	-	+	+	+		+	+
75	Anschluss von Seiten- gewässern und Altarmen (Quervernetzung)			ja	++	+	++	+	0		++	++
75.1 BY		Altgewässer anbinden			+	+	+	+	0		++	++
75.2 BY		Durchgängigkeit in die Seitengewässer verbessern	x		++	+	++	+	0		++	++

Fortsetzung Tabelle

LAWA/ BLANO Nr.	Maßnahmen- bezeichnung	Maßnahmen Erläuterung/Beschreibung	U	Wirkungsabschätzung: Maßnahme unterstützt die Anpassung an den Klimawandel								
				Wasserhaushalt					Natur			
1	2	3	4	5	6					7		
				LAWA	Gewässer	Trockenheit	Niedrigwasser	Flusshochwasser	Starkregen		Biotopverbund	Artenvielfalt
77	Verbesserung des Geschiebehauhalts			ja	+	+	0	+	0		+	+
77.1 BY		<i>Sediment-, Nährstoff- und Schadstoffrückhaltungen im Hauptgewässer anlegen</i>			0	0	0	+	0		+	+
77.1 BY		<i>Sediment-, Nährstoff- und Schadstoffrückhaltungen an den Seitengewässern anlegen</i>			+	+	0	+	0		+	+
77.3 BY		<i>Geschiebe aus Stauanlagen, Auflandungsstrecken einbringen/umsetzen</i>			0	0	0	+	0		+	+
77.4 BY		<i>Geschiebedurchgängigkeit herstellen</i>			0	0	0	+	0		++	+
77.5 BY		<i>Maßnahmen zur Erschließung von Geschiebequellen</i>			0	0	0	0	0		+	+
85	Reduzierung anderer hydromorphologischer Belastungen			m	+	+	+	+	+		+	+
85.1 BY		<i>Gewässerbegleitende Wege oder Leitungen vom Flusslauf abrücken</i>			0	0	0	+	0		+	0
85.2 BY		<i>Vorbereitende und sonstige Maßnahmen (z.B. Vereinbarungen zu einer angepassten Nutzung von Flächen/Anlagen abschließen)</i>			0	0	0	0	0		0	0
85.3 BY		<i>Gewässerbett entschlammen</i>	x		+	+	+	+	+		+	+

Fortsetzung Tabelle

LAWA/ BLANO Nr.	Maßnahmen- bezeichnung	Maßnahmen Erläuterung/Beschreibung	U	Wirkungsabschätzung: Maßnahme unterstützt die Anpassung an den Klimawandel								
				1	2	3	4	5	6			
				Wasserhaushalt					Natur			
				LAWA	Gewässer	Trockenheit	Niedrigwasser	Flusshochwasser	Starkregen		Biotopverbund	Artenvielfalt
94	Maßnahmen zur Eindämmung eingeschleppter Spezies	gebietsfremde Arten bekämpfen		m	0	0	0	0	0		+	+
		Förderung autochthoner Pflanzengesellschaften	x		0	0	0	0	0		+	+
95	Reduzierung der Belastungen aus Freizeit- und Erholungsnutzungen (zum Schutz sensibler Bereiche)	Besucherlenkung		m	0	0	0	0	0		+	++
		Verbote und Regelungen			0	0	0	0	0		+	+
100	Reduzierung der Nährstoffeinträge	Gesetzl. Gewässerrand- streifen nach BayNatSchG BayWG oder WHG		ja	0	0	0	0	0		+	0
		Uferstreifen anlegen			++	+	0	+	+		++	+
		Nutzungsbeschränkungen			0	+	0	+	0		+	+
		Weitergehende Maßnahmen, Förderungen			0	+	0	+	0		+	+

Fortsetzung Tabelle

LAWA/ BLANO Nr.	Maßnahmen- bezeichnung	Maßnahmen Erläuterung/Beschreibung	U	Wirkungsabschätzung: Maßnahme unterstützt die Anpassung an den Klimawandel								
				Wasserhaushalt						Natur		
1	2	3	4	5	6					7		
				LAWA	Gewässer	Trockenheit	Niedrigwasser	Flusshochwasser	Starkregen		Biotopverbund	Artenvielfalt
311	Gewässer- und Auenentwicklung (HWRM, wie 74)			ja	+	+	+	++	+		++	++
313	Regenwassermanage- ment (HWRM)	Wasserrückhalt schaffen, z.B. kommunale Anlagen		ja	0	+	+	+	++		0	0
314	Wiedergewinnung natürlicher Rückhalte- flächen (HWRM, wie 65)			ja	++	++	+	+	+		++	++
320	Freihalten des Abfluss- querschnitts durch Gewässerunterhaltung und Vorlandmanagement (HWRM)	Abflussrinnen schaffen		ja	+	0	-	+	0		0	0
		Abflusshindernisse in der Gewässerunterhaltung beseitigen			+	0	-	+	0		0	0
501	Erstellung von Konzeptionen	GEK, UK erstellen und fortschreiben		m	+	+	+	+	+		+	+
506	Freiwillige Kooperationen	Gewässer-Nachbarschaften		m	+	+	+	+	0		+	+

7 Literaturverzeichnis und weiterführende Literatur

- Bayerisches Landesamt für Umwelt, Arbeitshilfen der Gewässer-Nachbarschaften Bayern, <https://www.lfu.bayern.de/wasser/gewaessernachbarschaften/themen/index.htm>
- Bayerisches Landesamt für Umwelt: LAWA-Maßnahmenkatalog; Bayern-Katalog 2015, https://www.lfu.bayern.de/wasser/wrri/bewirtschaftungsplaene_1621/hintergrunddokumente/doc/lawa_by_massnahmenkatalog.pdf
- Bayerisches Landesamt für Umwelt: Niedrigwasser in Bayern - Grundlagen, Veränderung und Auswirkungen (2017), https://www.bestellen.bayern.de/shoplink/lfu_was_00124.htm
- Bayerisches Landesamt für Umwelt: Niedrigwasser 2018 und 2019- Analysen und Auswirkungen für Bayern (2020), https://www.bestellen.bayern.de/shoplink/lfu_was_00198.htm
- Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (Hrsg.) (2019): Anlage zur MRat-Vorlage des StMUV „Klimaschutzoffensive - Maßnahmenpaket“ Langfassung https://www.stmuv.bayern.de/themen/klimaschutz/klimaschutzgesetz/doc/klimaschutzoffensive_lang.pdf
- Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (Hrsg.) (2016): Bayerische Klima-Anpassungsstrategie, https://www.bestellen.bayern.de/shoplink/stmuv_klima_009.htm
- Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (Hrsg.) (2015): Klimaschutzprogramm Bayern 2050, https://www.bestellen.bayern.de/shoplink/stmuv_klima_006.htm
- Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (Hrsg.) (2021): Klima-Report Bayern 2021: Klimawandel, Auswirkungen, Anpassungs- und Forschungsaktivitäten, https://www.bestellen.bayern.de/shoplink/stmuv_klima_012.htm
- Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (Hrsg.) (2018): Wasser für Franken? Die Überleitung Donau-Main, https://www.bestellen.bayern.de/shoplink/stmuv_wasser_013.htm
- Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (Hrsg.) (2020): Wassersensible Siedlungsentwicklung; Empfehlungen für ein zukunftsfähiges und klimaangepasstes Regenwassermanagement in Bayern, https://www.wwa-wen.bayern.de/doc/wassersensible_siedlungsentwicklung.pdf
- Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (2017): Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft. Bestandsaufnahme, Handlungsoptionen und strategische Handlungsfelder (2017), https://www.umweltministerkonferenz.de/documents/top_29_wasserwirtschaft_bericht_1532603521.pdf
- Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (2020): LAWA Blanco Maßnahmenkatalog, LAWA-Arbeitsprogramm Flussgebietsbewirtschaftung https://www.lawa.de/documents/lawa-blano-massnahmenkatalog_2_1595486344.pdf
- Reinartz, R. & Bohl, E. (2007): Auswirkungen der Gewässererwärmung auf die Physiologie und Ökologie der Süßwasserfische Bayerns. Literaturstudie im Auftrag des LfU Bayern, https://www.nid.bayern.de/files/docs/Auswirkungen_der_Gewaessererwaermung-Literaturstudie_LFU_Bayern_Datum.pdf
- Senckenberg Gesellschaft für Naturforschung (2009): KLIWA - Einfluss des Klimawandels auf die Fließgewässerqualität – Literaturobwertung und erste Vulnerabilitätseinschätzung, https://www.kliwa.de/download/Literaturstudie_Gewaesserqualitaet.pdf

WWF (2009): Die mögliche Wirkung des Klimawandels auf Wassertemperaturen von Fließgewässern, https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/Wirkung_des_Klimawandels_auf_Wassertemperaturen_von_Fliessgewaessern..pdf