

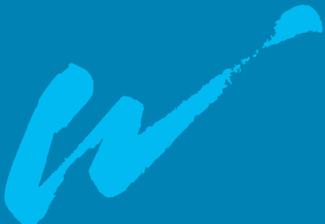


Abwasserentsorgung in Bayern

Schutz von Fließgewässern, Seen und
Grundwasser



Abwasser





Abwasserentsorgung in Bayern

Schutz von Fließgewässern, Seen und Grundwasser

IMPRESSUM

Abwasserentsorgung in Bayern Schutz von Fließgewässern, Seen und Grundwasser

Herausgeber:

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

Konzept/Text:

LfU, Claudia Hillinger, Veronika Erhart

Redaktion:

LfU, Claudia Hillinger

Bildnachweis:

s. Umschlagsseite

Stand:

Oktober 2023

Druck:

ALBERSDRUCK GmbH & Co. KG
Leichlinger Str. 11
40591 Düsseldorf
11/2023



Dieses Druckerzeugnis ist mit dem Blauen Engel ausgezeichnet.

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 Wahlwerbenden 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.

INHALT

Entsorgung von Abwasser – eine unverzichtbare Leistung der Daseinsvorsorge für Mensch und Umwelt	5
Wenn aus Wasser Abwasser wird	7
Abwasser aus Städten und Gemeinden ableiten	13
Abwasser aus Städten und Gemeinden behandeln	24
Abwasser aus Einzelanwesen behandeln	35
Abwasser aus Industrie und Gewerbe gezielt behandeln	39
Gewässerschutz – eine Bilanz	45
Wer zahlt was?	55
Blick in die Zukunft	60
Glossar	65
Literatur	67
Daten zur Abwasserentsorgung in Bayern	68
Bildnachweis	69



Entsorgung von Abwasser – eine unverzichtbare Leistung der Daseinsvorsorge für Mensch und Umwelt

Noch vor weniger als 150 Jahren starben in den großen bayerischen Städten viele Menschen, weil die unzureichenden hygienischen Verhältnisse die Ausbreitung von Epidemien begünstigten, beispielsweise der Cholera. Erst diese Katastrophen und das verbesserte Wissen über die Ursachen der Krankheiten veranlassten die Verantwortlichen, Pläne für eine systematische Kanalisierung auszuarbeiten. Zunächst dienten die Vorhaben der Ableitung von Regen- und Küchenwasser. Die Fäkalien jedoch wurden weiterhin in Abortgruben gesammelt. Diese mussten regelmäßig geleert und abgefahren werden. Erst Ende des 19. Jahrhunderts setzte sich in den großen Städten die Schwemmkanalisation durch. Die Toiletten erhielten nach und nach Spüleinrichtungen und das Abwasser wurde über die errichteten Kanäle den Fließgewässern zugeleitet.

Epidemien waren oftmals der Anlass für den Ausbau der Abwasserentsorgung.



*Bild links:
Straßengraben zur
Ableitung von Abwasser und
Regenwasser*

*Bild rechts:
Regen- und Küchen-
wasserableitungen*

*Bild oben:
Verschmutztes
Fließgewässer*

**Gewässerökologische
Probleme machten eine
weitergehende Abwas-
serreinigung notwendig.**

Eine gezielte Reinigung der Abwässer fand allerdings bis dahin kaum statt. Vielmehr glaubte man, dass genügend Verdünnung sowie die natürliche Selbstreinigungskraft der Fließgewässer ausreichen, die Verunreinigungen in den Gewässern gering zu halten. Doch schon bald wurde deutlich, dass die Gewässer den zunehmenden Abwassermengen nicht gewachsen waren und sich folglich die ökologischen Verhältnisse in den Flüssen und Bächen verschlechterten. Das führte in einem ersten Schritt dazu, dass feste Inhaltsstoffe im Abwasser durch verschiedene Sedimentations- und Abscheideprozesse entfernt wurden (mechanische Behandlung).

Mit der gezielten biologischen Abwasserreinigung in Kläranlagen wurde in den Großstädten noch vor dem 2. Weltkrieg begonnen. Eine biologische Reinigung des Abwassers fand beispielsweise bereits in den 1930er-Jahren in München in Abwasserfischeichen statt. Ab den 1950er-Jahren wurden die ersten technisch-biologischen Reinigungsanlagen, z. B. in Nürnberg oder in den 1970er-Jahren in Augsburg gebaut.

Der stetige Ausbau der Abwasserentsorgung verbesserte die hygienischen Verhältnisse wesentlich. Ab den 1980er-Jahren traten gewässerökologische Fragen in den Vordergrund und die weitergehende Reinigung der Abwässer wurde als erforderlich angesehen.

Mit Beginn der 1980er-Jahre stattete man wegen der → *Eutrophierung* insbesondere der stehenden Gewässer größere Kläranlagen mit einer → *Phosphatfällung* aus. Vor allem wegen der Nährstoffanreicherung in Nord- und Ostsee wurden ab Beginn der 1990er-Jahre diese Anlagen mit einer Stickstoffelimination nachgerüstet. Zu Beginn des 21. Jahrhunderts wurde die → *Desinfektion* von Abwässern an bestimmten Gewässern als freiwillige Leistung der Betreiber von Kläranlagen vom Freistaat gefördert. Heute wird das Abwasser von mehr als einer Million Einwohner mit dieser zusätzlichen Reinigungsstufe behandelt.

Mit dem Inkrafttreten der → *Europäischen Wasserrahmenrichtlinie* haben die Staaten Europas seit dem Jahr 2000 einen Ordnungsrahmen, der den Schutz der Gewässer im Zusammenwirken mit einer ausgewogenen und nachhaltigen Wassernutzung regelt und verbindliche Umweltziele festlegt. Grundwasser, Flüsse und Seen sollen spätestens bis 2027 in einem guten chemischen und ökologischen Zustand sein.

In Bezug auf die Abwasserentsorgung und -behandlung bedeuten diese Vorgaben aus der Wasserrahmenrichtlinie, dass das erreichte Niveau als Grundvoraussetzung für die künftigen Umweltziele gesichert und in einigen Bereichen weiter verbessert werden muss.





Wenn aus Wasser Abwasser wird

HERKUNFT UND MENGE DES ABWASSERS

Mit der Novellierung des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) vom 01. März 2010 wurde der Begriff „Abwasser“ erstmals rechtlich bundeseinheitlich definiert. In § 54 des WHG heißt es:

Abwasser ist

1. das durch häuslichen, gewerblichen, landwirtschaftlichen oder sonstigen Gebrauch in seinen Eigenschaften veränderte Wasser und das bei Trockenwetter damit zusammen abfließende Wasser (Schmutzwasser) sowie
2. das von Niederschlägen aus dem Bereich von bebauten oder befestigten Flächen gesammelt abfließende Wasser (Niederschlagswasser).

Als Schmutzwasser gelten auch die aus Anlagen zum Behandeln, Lagern und Ablagern von Abfällen austretenden und gesammelten Flüssigkeiten.

Die nach der Menge häufigsten Abwasserarten sind:

Häusliches Abwasser

besteht vor allem aus Toiletten-, Bade-, Putz- und Spülwasser. Die enthaltenen Stoffe sind hauptsächlich organisch und werden von → *Mikroorganismen* zum Großteil relativ leicht in einer biologischen Verfahrensstufe der Kläranlage abgebaut. In geringen Konzentrationen können jedoch beispielsweise Bestandteile bestimmter Arzneimittelwirkstoffe oder Kosmetika enthalten sein, die biologisch schlecht abbaubar sind.

Niederschlagswasser

von Dächern oder Straßen ist besonders bei Regenbeginn durch Sand, Staub, Schmutz, Öl oder Reifenabrieb verunreinigt. Im Winter sind zusätzlich Tausalze enthalten. Dazu kommt die Grundbelastung aus der Luftverschmutzung.

Fremdwasser

besteht aus Grund- oder Niederschlagswasser, das z. B. über undichte Kanäle eindringt, sowie aus Einleitungen von Hausdränagen. Es vermischt sich im Kanal mit Schmutzwasser oder Mischwasser und fließt gemeinsam zur Kläranlage.





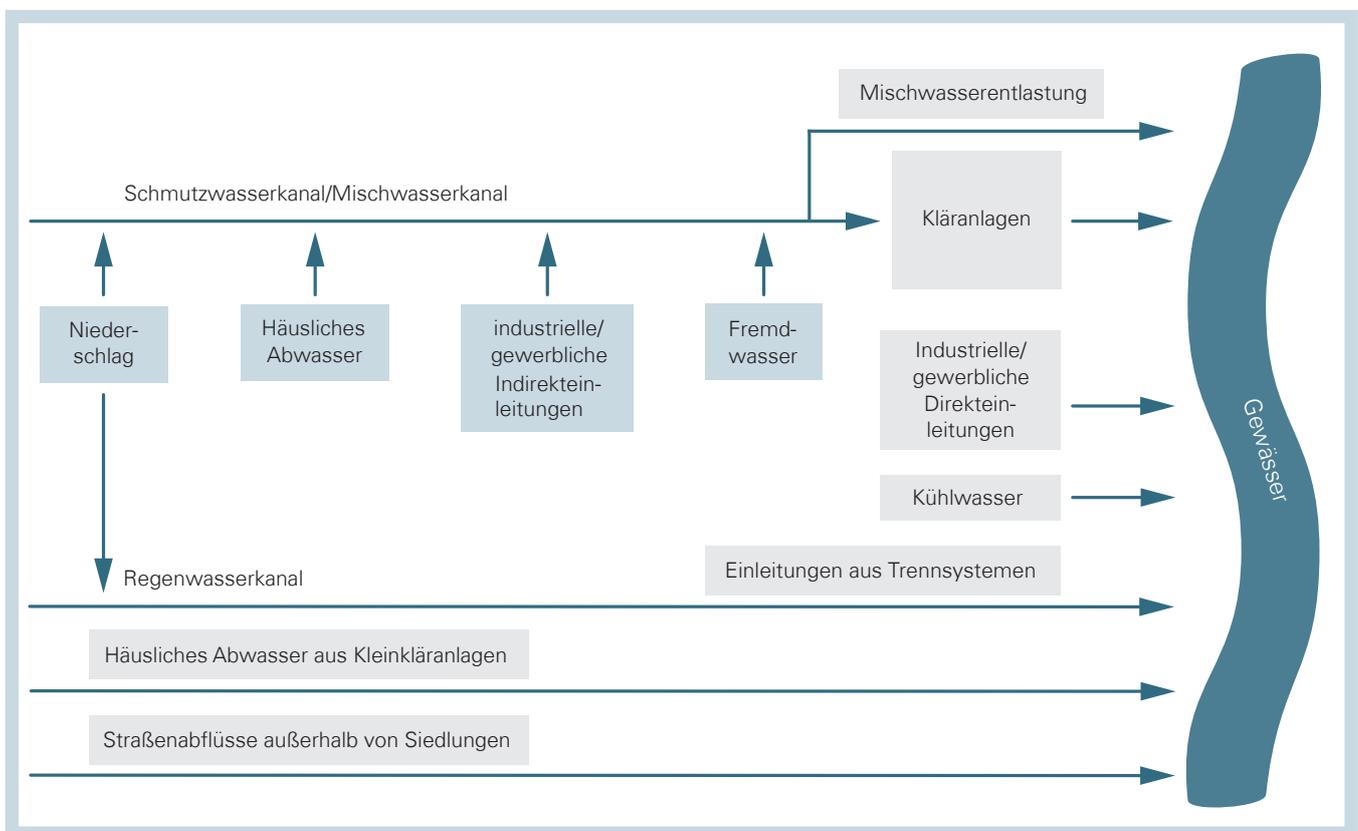
Industrielle und gewerbliche Abwässer

fallen insbesondere bei Produktionsprozessen an. Sie können viel stärker organisch belastet sein als häusliches Abwasser und außerdem einen größeren Anteil an Substanzen enthalten, die schwer oder überhaupt nicht abbaubar sind. Die Abwässer werden – teils nach einer Vorbehandlung – in die öffentliche Kanalisation geleitet und in der kommunalen Kläranlage gereinigt (→ *Indirekteinleitungen*) oder direkt am Industriestandort in eigenen Industriekläranlagen behandelt und anschließend einem Gewässer zugeleitet (→ *Direkteinleitungen*).

Kühlwasser

fällt bei Produktionsprozessen an, die eine Kühlung erfordern. Das eingesetzte Kühlwasser wird nach Gebrauch erwärmt abgegeben, sofern es nicht weiter genutzt werden kann.

Die nachfolgende Abbildung veranschaulicht die anfallenden Abwasserströme.



Verschiedene Abwasserarten werden gesammelt, falls notwendig, behandelt und in Flüsse, Seen oder ins Grundwasser abgeleitet.

Rund 1,7 Milliarden m³ Abwasser müssen pro Jahr in kommunalen Kläranlagen behandelt werden.

Mehr als 2 Milliarden Kubikmeter Abwasser pro Jahr sind behandlungsbedürftig. Davon werden rund 1,7 Milliarden Kubikmeter in kommunalen Kläranlagen und über 122 Millionen Kubikmeter in industriellen/gewerblichen Abwasserbehandlungsanlagen gereinigt. Hinzu kommt das Abwasser aus Mischwasserbehandlungsanlagen und Kleinkläranlagen. Außerdem wird Niederschlagswasser aus der → *Trennkantisation (Regenwasserkanal)* und über Straßenabflüsse direkt in ein Gewässer eingeleitet, das unter bestimmten Voraussetzungen ebenfalls behandlungsbedürftig ist.

Knapp 2,2 Milliarden Kubikmeter Kühlwasser werden jährlich aus Industriebetrieben und Wärmekraftwerken in Gewässer eingeleitet. Abgesehen von einer gezielten Rückkühlung besteht in der Regel kein Behandlungsbedarf.

ANFORDERUNGEN AN DIE ABWASSERBEHANDLUNG

Der Schutz unserer Gewässer ist in Deutschland schon lange rechtlich verankert. Da Gewässer nicht vor Grenzen haltmachen, werden Anforderungen an die Abwasserbeseitigung mehr denn je auch durch Vorgaben auf EU-Ebene geregelt. Der Europäische Rat und das Europäische Parlament erlassen hierfür entsprechende Richtlinien und Verordnungen, die von den Mitgliedstaaten im nationalen Umweltrecht zu berücksichtigen sind.

Die abwasserbezogenen Regelungen zum Gewässerschutz verfolgen einen kombinierten Ansatz. Es werden einerseits → *Emissionsstandards* definiert, die bei Abwassereinleitungen mindestens einzuhalten sind. Andererseits werden Qualitätsziele für den Gewässerzustand festgelegt, die durch Abwassereinleitungen nicht gefährdet werden dürfen. Daraus können sich wiederum strengere Anforderungen an die Abwasserbehandlung ergeben.

Dieser kombinierte Ansatz aus Emissionsstandards und → *Immissionsbetrachtung* ist im Wasserhaushaltsgesetz verankert. Die Schadstofffracht im Abwasser muss mindestens durch Verfahren nach dem Stand der Technik, die in der Abwasserverordnung (AbwV) für wichtige Abwasserherkunftsbereiche präzisiert werden, geringgehalten werden. Die AbwV regelt auch, dass die Verdünnung von Abwasser zum Zweck der Einhaltung von Emissionsstandards unzulässig ist, ebenso wie Verfahren, die zu vermeidbaren Verlagerungen von Umweltbelastungen in andere Umweltmedien führen würden.

Bei der Bewertung möglicher Auswirkungen von Abwassereinleitungen auf das aufnehmende Gewässer sind die Anforderungen an die Gewässereigenschaften sowie sonstige rechtliche Anforderungen zu berücksichtigen, die durch die Abwassereinleitung berührt werden können. Allgemein darf keine schädliche Gewässerveränderung entstehen, die dem Wohl der Allgemeinheit zuwiderlaufen würde, etwa im Hinblick auf den Schutz der Trinkwasserversorgung. Eine entsprechende Immissionsbetrachtung kann zu weitergehenden Anforderungen führen, die über die gesetzlichen Mindestanforderungen hinausgehen oder diese ergänzen. Beispielsweise können bei Einleitungen in stehende oder sehr langsam fließende Gewässer gezielte Maßnahmen zur Vermeidung einer Überdüngung (→ *Eutrophierung*) geboten sein.

Einleitungen in die öffentliche Kanalisation (→ *Indirekteinleitungen*) unterliegen der kommunalen Entwässerungssatzung. Sie enthält Benutzungsbedingungen, die im Wesentlichen dem Schutz des Kanal- und Kläranlagenbetriebs vor schädlichen Einleitungen dienen. Für bestimmte Abwasserherkunftsbereiche bei Industrie und Gewerbe ist darüber hinaus sicherzustellen, dass bestimmte Mindestanforderungen der AbwV an die Abwasserbeschaffenheit beispielsweise durch die Auswahl von Einsatzstoffen oder eine gezielte Abwasservorbehandlung eingehalten werden. Entsprechende Regelungen werden im Rahmen einer wasserrechtlichen → *Indirekteinleiter*genehmigung festgelegt.

Zusätzlich zur Einleitungserlaubnis bzw. -genehmigung ist für bestimmte Abwasserbehandlungsanlagen noch eine spezielle wasserrechtliche Anlagengenehmigung erforderlich. Dies gilt bei Kläranlagen, für die eine Umweltverträglichkeitsprüfung durchgeführt werden muss. Außerdem ist diese Anlagengenehmigung für Industriekläranlagen erforderlich, in denen Abwasser aus Tätigkeiten nach der Industrieemissionsrichtlinie behandelt wird, soweit sie nicht nach Immissionschutzrecht genehmigt werden.

Um unsere Gewässer langfristig und bestmöglich zu schützen, werden die wasserrechtlichen Zulassungen von Abwassereinleitungen und Abwasserbehandlungsanlagen regelmäßig sowie anlassbezogen überprüft und soweit erforderlich angepasst.

Für Abwasseranlagen ist der Stand der Technik vorgeschrieben.

Bild oben:
Kläranlage Ebsfeld
(9.950 EW Ausbaugröße)

Bild unten:
Naturnaher Gewässerlauf
der Sinn



ÜBERWACHUNG VON ABWASSERANLAGEN

Die Beseitigung von Abwasser ist in Bayern eine Pflichtaufgabe der Gemeinden. Für die ordnungsgemäße Entsorgung und Behandlung von Abwasser aus industriellen/gewerblichen Betrieben kann diese Pflicht unter bestimmten Voraussetzungen auf die Betreiber übertragen werden.

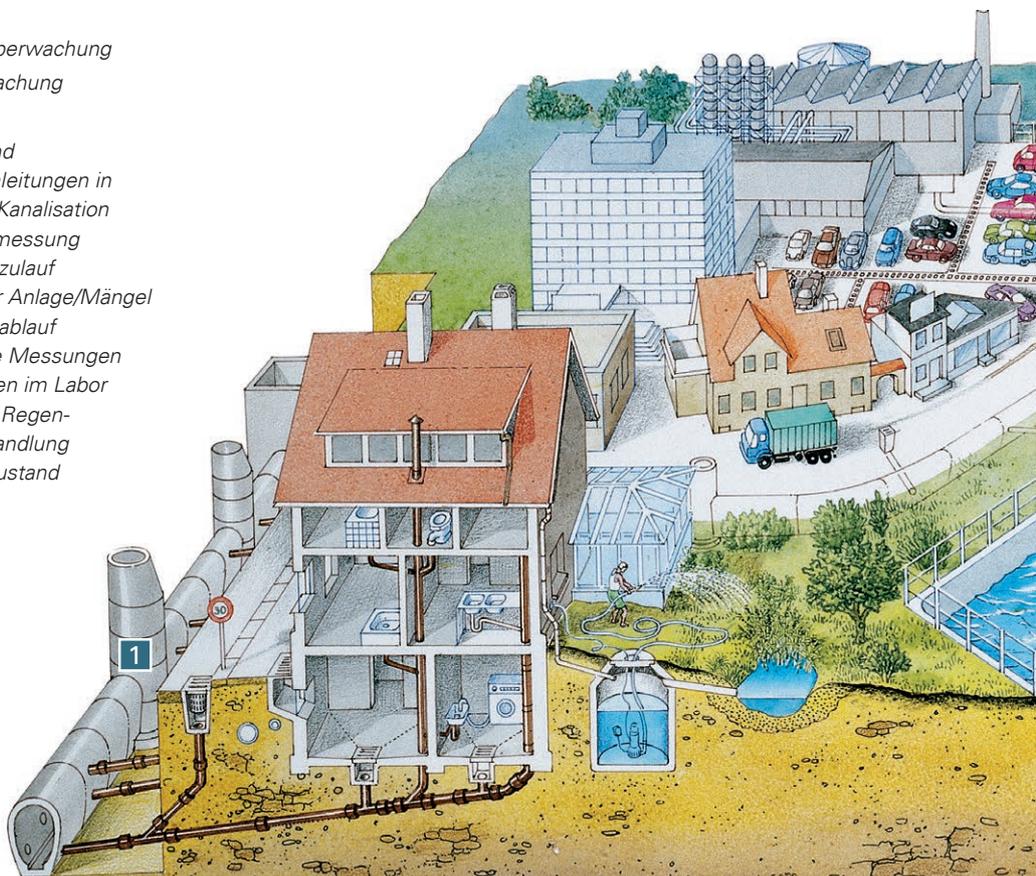
Zwei sich ergänzende Formen der systematischen Überwachung von Abwasseranlagen garantieren in Bayern einen hohen Stand bei der Abwasserentsorgung: die Überwachung durch den Einleiter selbst (Eigenüberwachung) und die Überwachung durch die Behörde (staatliche Überwachung).

Eigenüberwachung

→ *Direkteinleiter* sowie Inhaber einer → *Indirekteinleiter* genehmigung sind zur Eigenüberwachung ihrer Abwasseranlagen und -einleitungen verpflichtet. Die Anforderungen sind in Bayern seit 1996 in der Eigenüberwachungsverordnung (EÜV) geregelt. Der Betreiber führt Messungen und Funktionskontrollen durch, dokumentiert die Ergebnisse, wertet sie aus und archiviert sie. Die gewonnenen Daten sollen einen ordnungsgemäßen Betrieb gemäß der EÜV und den Bestimmungen des Einleitungsbescheids gewährleisten. Neben der Kläranlage gehören zu den Abwasseranlagen auch die Kanalisation sowie die Bauwerke für die Misch- und Regenwasserbehandlung.

- Staatliche Überwachung
- Eigenüberwachung

- 1 Kanalzustand
- 2 Industrie- und öffentliche Kanalisation
- 3 Durchflussmessung
- 4 Kläranlagenzulauf
- 5 Zustand der Anlage/Mängel
- 6 Kläranlagenablauf
- 7 Betriebliche Messungen und Analysen im Labor
- 8 Misch- und Regenwasserbehandlung
- 9 Gewässerzustand

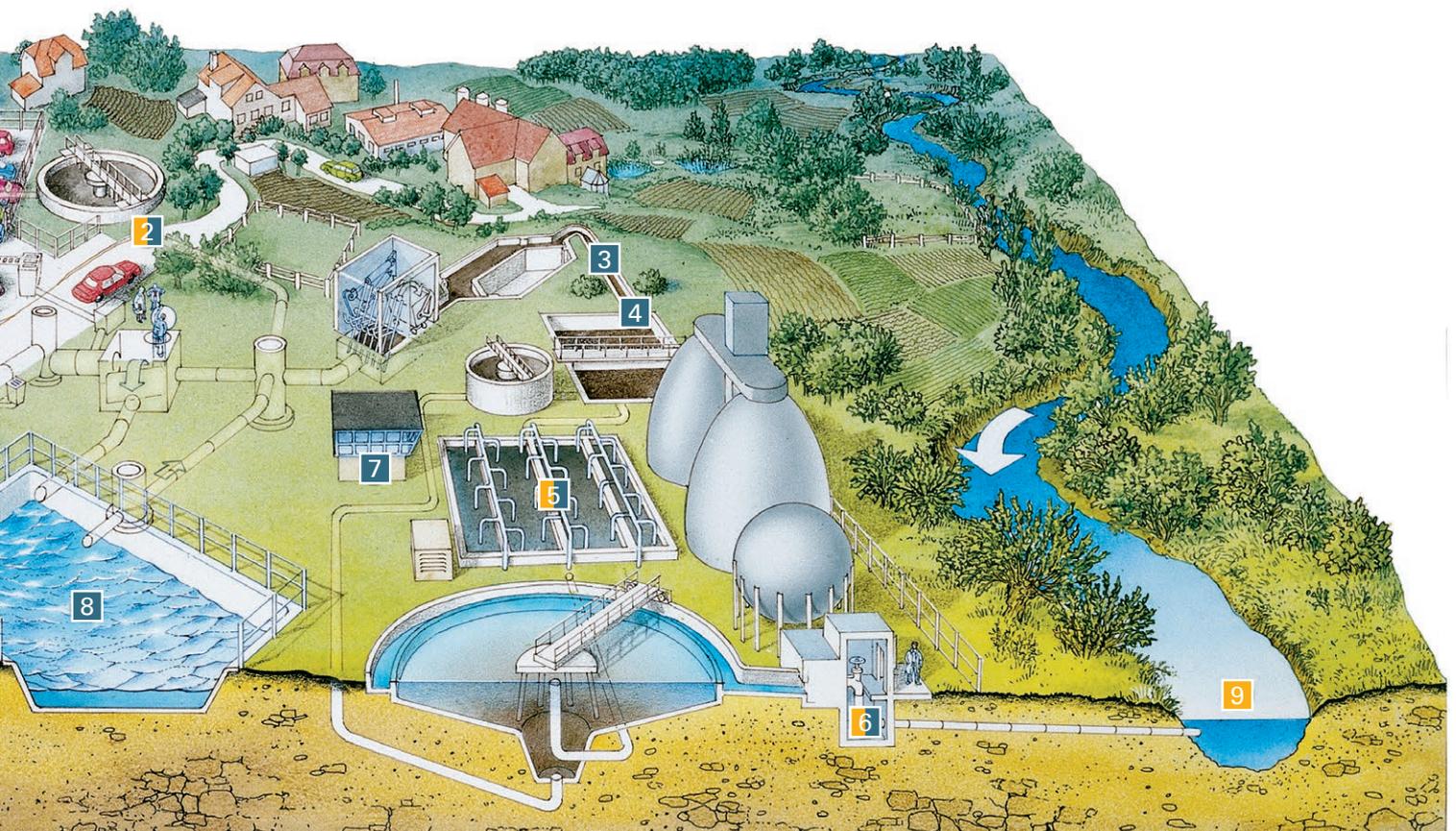


Überwachungsstellen der staatlichen Überwachung und der Eigenüberwachung

Staatliche Überwachung

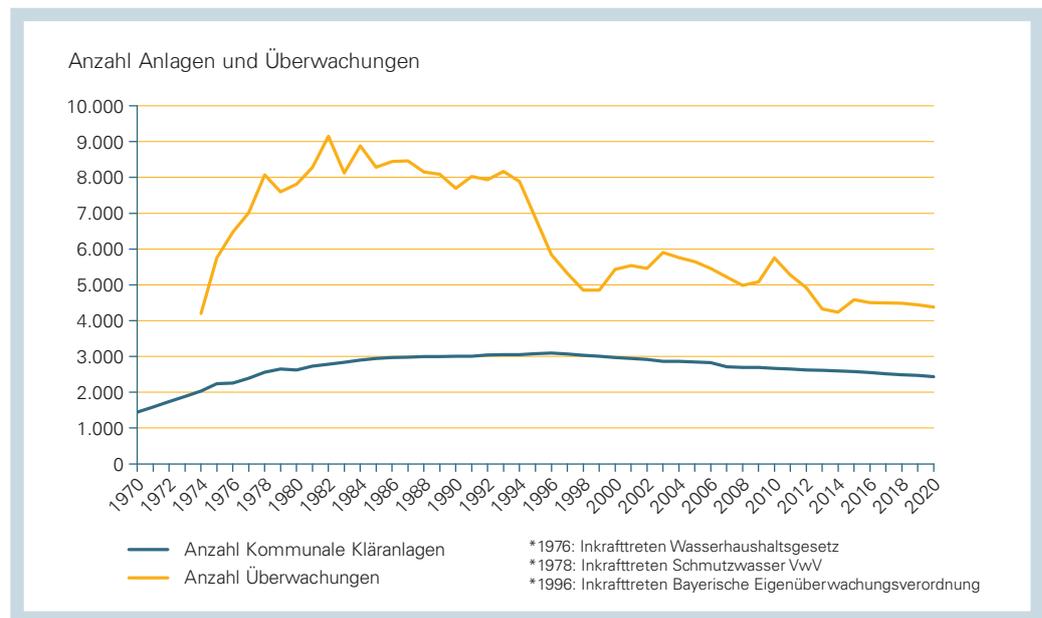
Die Durchführung der staatlichen oder amtlichen Überwachung von Abwasseranlagen ist Teil der → *technischen Gewässeraufsicht*, die vor Ort von den Wasserwirtschaftsämtern wahrgenommen wird. Sie hat bereits Tradition seit den 1950er-Jahren, als mit der systematischen Überwachung von Abwasseranlagen begonnen wurde. Seit 2012 werden zunehmend Private Sachverständige der Wasserwirtschaft als Verwaltungshelfer für die Kontrolle vor Ort eingesetzt. Die Überwachung erfolgt stichprobenartig und nach pflichtgemäßem Ermessen. Der amtliche Überwachende nimmt Abwasserproben für die Analyse der maßgeblichen Abwasserparameter und kontrolliert die Erfüllung von Bescheidsauflagen. Die dokumentierten Ergebnisse bilden auch die Grundlage für die jährliche Festsetzung der Abwasserabgabe. Zusätzlich überwacht die technische Gewässeraufsicht die Gewässer auch im Hinblick auf die möglichen Auswirkungen von Abwassereinleitungen. Dies geschieht im Wesentlichen durch die Wasserwirtschaftsämter, unter anderem nach den Vorgaben der → *Wasserrahmenrichtlinie*. Damit lassen sich Defizite erkennen und zielgerichtet Maßnahmen zur Verbesserung einleiten.

Die staatliche Überwachung erfolgt stichprobenartig.



Beispiel: Überwachung von kommunalen Kläranlagen

Statistiken zur Überwachung von Abwasseranlagen existieren seit etwa Mitte der 1970er Jahre. Mit zunehmender Kläranlagenanzahl sowie mit der Einführung von Mindestanforderungen an die Abwasserqualität im Jahr 1976 und der Einführung einer Abwasserabgabe im Jahr 1978 nahm auch die Anzahl der Überwachungen zunächst kontinuierlich zu. Mit Inkrafttreten der Bayerischen Eigenüberwachungsverordnung im Jahr 1996 konnte die staatliche Überwachung zurückgefahren werden, da seither die Anlagenbetreiber die Funktionsfähigkeit ihrer Abwasseranlagen regelmäßig prüfen und nachweisen. Die Wasserwirtschaftsämter und die Privaten Sachverständigen der Wasserwirtschaft führen parallel dazu pro Jahr mehr als 4.000 Überwachungen durch.



Anzahl der amtlichen Überwachungen an kommunalen Kläranlagen von 1974 bis 2020



Bild links:
Automatisches Proben-
nahmegerät am Ablauf
einer Kläranlage



Bild rechts:
Mikroskopische Analyse von
Abwasserproben im Rahmen
der Eigenüberwachung



Abwasser aus Städten und Gemeinden ableiten

Die wesentlichen Aufgaben der Siedlungsentwässerung sind

- die Gewässerbelastungen durch Ableitung und Behandlung des anfallenden Schmutzwassers und bei Bedarf des Regenwassers zu vermeiden und zu reduzieren sowie
- befestigte Flächen bei Niederschlägen angemessen zu entwässern.

Dabei wird immer wichtiger, die Folgen des Klimawandels zu berücksichtigen. Eine Zunahme von Starkniederschlägen sowie längere Hitze- und Trockenperioden sind Herausforderungen, mit denen zukünftig in der Siedlungsentwässerung umgegangen werden muss.

WASSERSENSIBLE SIEDLUNGSENTWICKLUNG

Um den zukünftigen Herausforderungen zu begegnen, muss bei der Siedlungsentwicklung der Umgang mit zu viel und zu wenig Regenwasser bedacht werden. Ziel ist der Erhalt oder die Annäherung an den natürlichen Wasserkreislauf und somit die Förderung der Verdunstung und Versickerung sowie die Verringerung des Oberflächenabflusses durch weniger Flächenversiegelung. Regenwasser soll außerdem bei Regenereignissen zurückgehalten und gespeichert werden, um in Trockenzeiten z. B. zur Bewässerung von Bäumen genutzt zu werden. Wird eine Siedlung nach diesen Prinzipien entwickelt oder umgestaltet, spricht man von einer wassersensiblen Siedlungsentwicklung oder auch vom Schwammstadtprinzip. Zur Umsetzung dieses Konzeptes eignen sich die Bausteine der naturnahen Regenwasserbewirtschaftung.

Eine wassersensible Siedlungsentwicklung ist ökonomisch und ökologisch vorteilhaft!



*In einer Schwammstadt wird
Regenwasser zurückgehalten
und gespeichert.*

BAUSTEINE DER NATURNAHEN BEWIRTSCHAFTUNG VON REGENWASSER

Für einen naturnahen Umgang mit Regenwasser gibt es vielfältige, bewährte Möglichkeiten:



Die wesentlichen Elemente
der naturnahen Regenwasser-
bewirtschaftung

- 1 (Dezentrale) Rückhaltung
- 2 Regenwasser-Nutzung
- 3 Versickerung
- 4 Oberirdische Sammlung
- 5 Verzögerte Ableitung



Dezentrale Rückhaltung

Die Rückhaltung von Regenwasser erfolgt am besten unmittelbar dort, wo es anfällt. Mit einer dezentralen Rückhaltung von Regenwasser wird die Verdunstung gefördert. Dazu eignen sich beispielsweise Gründächer und Grünfassaden.

Mit einem Gründach
lassen sich bis zu
70 Prozent des anfallenden
Niederschlags
zurückhalten!

*Gründach auf einem Garten-
häuschen mit verschiedener
Bepflanzung*



Regenwassernutzung

Regenwasser kann in Haushalt, Garten, Industrie und Gewerbe vielfältig genutzt werden. Im Durchschnitt bezieht jeder Einwohner Bayerns täglich 131 Liter Wasser aus dem öffentlichen Trinkwassernetz. Für Gartengießen oder Toilettenspülung, die knapp ein Drittel des durchschnittlichen Wasserbedarfs eines Haushalts ausmachen, könnte Regenwasser verwendet werden.

Für knapp ein Drittel
des täglichen Wasserbe-
darfs könnte Regenwasser
verwendet werden.

*Gelungene Regenwasser-
nutzung am Beispiel einer
Sportplatzbewässerung*

Die Versiegelung von Flächen sollte auf das unbedingt notwendige Maß beschränkt werden.

Wasserdurchlässige Bodenbefestigung



Versickerung

Versickerung kann gefördert werden, indem Flächen auf das unbedingt notwendige Maß eine Oberfläche befestigt werden muss, llichkeit, mit unterschiedlichen Belägen die zu erhalten. Dazu eignen sich beispielsweise gittersteine oder Kies-Splitt-Deckschichten. Wird das Regenwasser durch eine mindestens 20 bis 30 cm starke belebte Bodenzone versickert, wird es im Normalfall ausreichend gereinigt. Nur in begründeten Ausnahmefällen sollten unterirdische Versickerungsanlagen, z. B. Rigolen eingesetzt werden. In diesen Fällen ist auf eine angemessene Vorreinigung des zu versickernden Regenwassers zu achten.

Zentrale Rückhaltung zur verzögerten Ableitung

Wenn Regenwasser von größeren Flächen gesammelt wird, fällt gelegentlich mehr Wasser an, als das ableitende Gewässer aufnehmen kann. Mit entsprechenden Bauten, wie etwa einem Rückhaltebecken lässt sich Regenwasser zentral sammeln und verzögert einleiten. Zu diesem Zweck können z. B. auch alte Gräben reaktiviert werden.

Regenrückhaltebecken



GESAMTHEITLICHE UND FRÜHZEITIGE PLANUNG ALS KOMMUNALE GEMEINSCHAFTSAUFGABE

Wassersensible Siedlungsentwicklung ist eine kommunale Gemeinschaftsaufgabe. Eine umfassende Beteiligung und Abstimmung aller betroffenen Fachbereiche einer Stadt oder Gemeinde und beteiligter Planungsbüros ist sehr wichtig, da sich verschiedene Zuständigkeiten überlagern können. Ziele sind eine gesamtheitliche Betrachtung der Situation und ein gemeinsames Erarbeiten von Lösungen.

Eine möglichst frühzeitige Abstimmung, z. B. im Rahmen der Landschafts- und Bauleitplanung, und eine kontinuierliche Abwicklung der Planungsprozesse sind für den Erfolg entscheidend. Bei der Bebauungsplanung gibt es verschiedene Festsetzungsmöglichkeiten für Maßnahmen zur Bewirtschaftung von Regenwasser.



MULTIFUNKTIONALE FLÄCHENNUTZUNG

Vor allem bei zunehmender Flächenverdichtung und hohem Siedlungswachstum steht oft nicht ausreichend Platz für wassersensible Maßnahmen zur Verfügung. Hier kann eine Nutzung von Flächen für verschiedene Zwecke Chancen bieten. Man spricht von einer multifunktionalen Flächennutzung.

Beispielsweise kann eine Sport- und Spielfläche so gestaltet werden, dass nach Regenfällen ein kurzzeitiger Rückhalt von Regenwasser möglich wird. Auch Verkehrswege wie Straßen können multifunktional als Rückhalt und Notabflusswege genutzt werden.



Multifunktionale Fläche in einem Wohngebiet

VORTEILE DER WASSERSENSIBLEN SIEDLUNGSENTWICKLUNG

Die Vorteile der wassersensiblen Siedlungsentwicklung sind vielfältig:

- Förderung von Verdunstung und Versickerung
- Kosteneinsparung durch Wegfall oder eine kleinere Dimensionierung von Misch- und Regenwasserkanälen
- Entlastung der Kläranlage und dadurch geringere Betriebs- und Investitionskosten
- Verringerung von Überflutungen
- Verbesserung des Siedlungsklimas und der Aufenthaltsqualität
- Schaffung von neuen Lebensräumen und Förderung der Artenvielfalt

Ein absoluter Schutz vor Überflutungen bei extremen Regenereignissen kann durch die Maßnahmen der wassersensiblen Siedlungsentwicklung trotzdem nicht gewährleistet werden. Ergänzend sind daher bauliche Maßnahmen zur Überflutungsvorsorge vorzusehen.

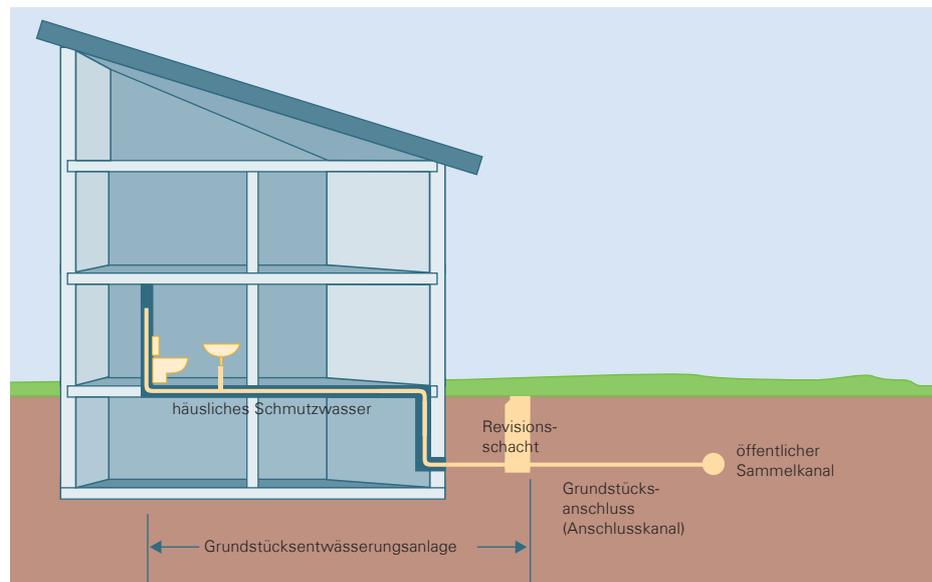
Die wassersensible Freiflächengestaltung in einem Gewerbegebiet trägt durch einen angelegten See zur Rückhaltung des Regenwassers unter anderem positiv zum natürlichen Wasserkreislauf, dem Siedlungsklima und der Aufenthaltsqualität bei.



PRIVATE GRUNDSTÜCKSENTWÄSSERUNG

Das in Gebäuden anfallende Schmutzwasser wird in Grundstücksentwässerungsanlagen (GEA) abgeleitet und über den Grundstücksanschluss dem öffentlichen Sammelkanal zugeführt. Dies gilt auch für gesammeltes Regenwasser, das nicht auf dem Grundstück genutzt oder versickert werden kann.

Damit bei einer Überlastung des Kanalnetzes kein rückgestautes Abwasser in das Gebäude eindringen kann, sind die betroffenen Entwässerungseinrichtungen gegen Rückstau zu sichern, z. B. Bodenablauf und Waschbecken im Keller.



Schema einer Grundstücksentwässerung

Für Bau, Betrieb und Unterhalt der GEA sind die Grundstückseigentümer verantwortlich. Konkrete Regelungen enthalten die kommunalen Entwässerungssatzungen.

Viele GEA und Anschlusskanäle befinden sich in einem schlechten Zustand, vor allem, wenn sie nicht von Fachfirmen gebaut und ungeprüft in Betrieb genommen wurden. Durch Undichtheiten kann Abwasser in den umgebenden Boden und das Grundwasser gelangen und diese verunreinigen. Bei hohem Grundwasserstand dringt das Grundwasser über die GEA in die öffentliche Entwässerungseinrichtung ein und führt zu einer zusätzlichen Belastung des Kanalnetzes und der Kläranlage.

Blick in einen Kanal: Wurzeln können zu Undichtigkeiten und Verstopfungen im Kanal führen.



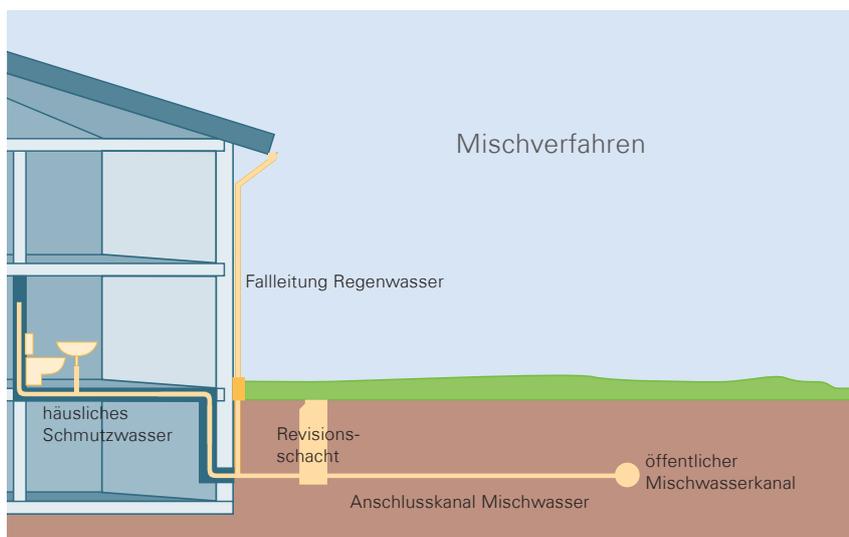
Die meisten Entwässerungssatzungen fordern daher eine regelmäßige Überprüfung der privaten Leitungen. In der Regel kommt dafür eine optische Inspektion mit einer Kanalkamera zum Einsatz. Aufgabe des Kanalnetzbetreibers ist, ihre Anschlussnehmer in geeigneter Form über die Bedeutung und Notwendigkeit regelmäßiger Inspektionen und bei Bedarf entsprechender Sanierungsmaßnahmen zu informieren sowie ihnen Beratung und Unterstützung anzubieten (z. B. Info-Material, Bürger-Infoveranstaltungen, Ansprechpartner). Im Idealfall organisieren und koordinieren die öffentlichen Netzbetreiber die Untersuchung und die Sanierungsplanung für die Grundstückseigentümer. Damit können Kosten gespart und eine ordnungsgemäße Durchführung sichergestellt werden.

ÖFFENTLICHE KANALISATION

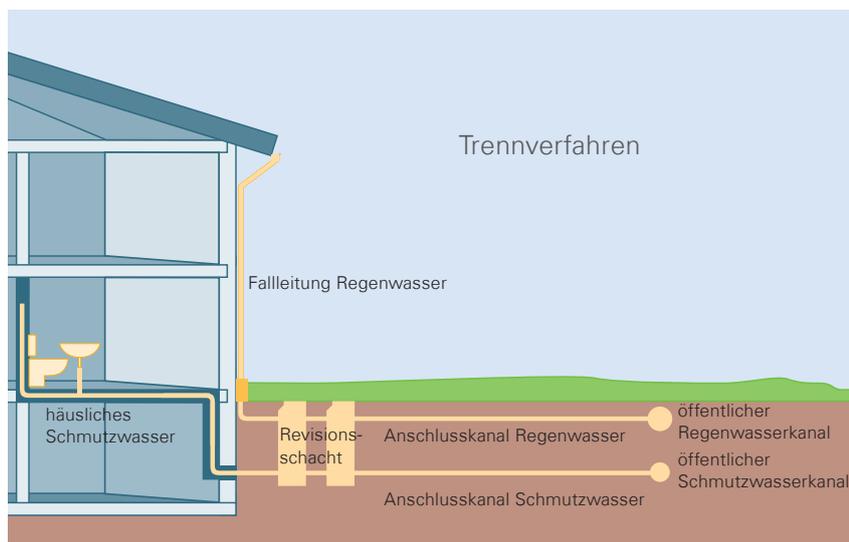
Verantwortlich für den Bau, den Betrieb und den Unterhalt der öffentlichen Kanalisation sind die Gemeinden und Städte. Das Kanalnetz ist in aller Regel der größte Vermögenswert der Kommunen.

Es wird zwischen zwei grundsätzlichen Entwässerungsverfahren unterschieden:
Beim Mischverfahren wird Regenwasser zusammen mit dem häuslichen und gewerblichen Abwasser im → *Mischwasserkanal* zur Kläranlage geleitet.

Siedlungsbereiche werden im Misch- oder Trennsystem entwässert.



Schema der Entwässerung im Mischsystem

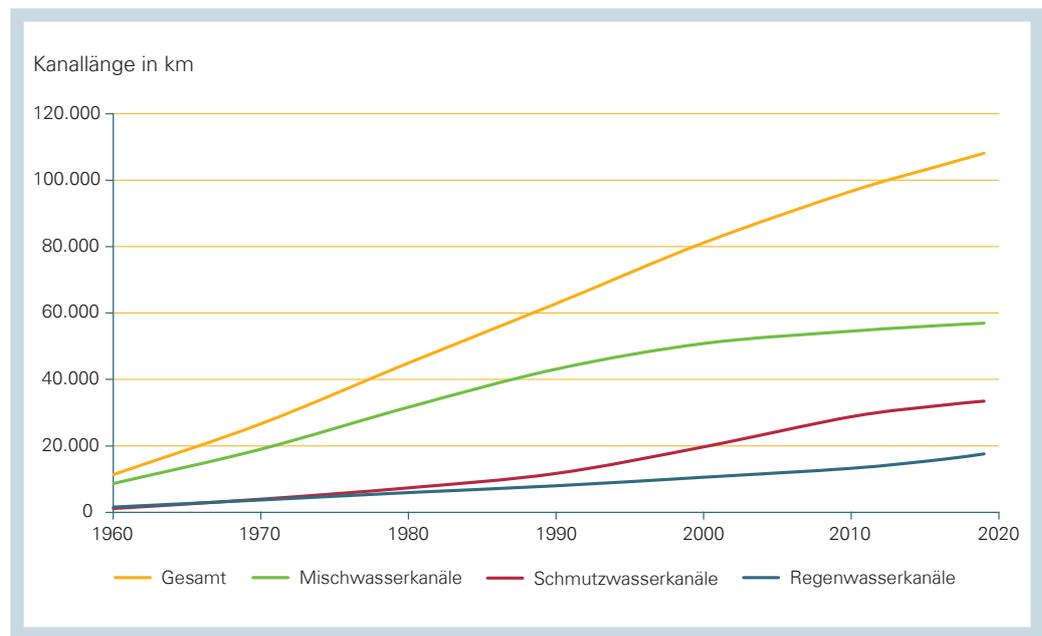


Schema der Entwässerung im Trennsystem

Beim → *Trennverfahren* werden Schmutz- und Regenwasser in getrennten Kanälen abgeführt. Schmutzwasser gelangt zur Kläranlage. Regenwasser wird zum nächsten Gewässer oder zu einer Versickerungsanlage abgeleitet. Vor der Einleitung in ein Gewässer ist je nach Verschmutzung eine Behandlung des Regenwassers erforderlich.

Regenwasser sollte nur dann im öffentlichen Kanal abgeleitet werden, wenn Rückhalt, Nutzung oder Versickerung auf den Grundstücken, auf denen es anfällt, nicht möglich sind. Deshalb werden auch modifizierte Kanalsysteme gebaut, bei denen nur behandlungsbedürftiges Regenwasser in den Kanal geleitet und der Kläranlage (→ *Mischsystem*) oder einer Behandlung (→ *Trennsystem*) zugeführt wird.

Aus Sicht des Gewässerschutzes hat das → *Trennverfahren* Vorteile gegenüber dem Mischverfahren. Deshalb wird im Wasserhaushaltsgesetz beim Bau neuer Kanalnetze dem Trennverfahren grundsätzlich Vorrang eingeräumt.



Entwicklung der Kanallängen
in Bayern (LfStaD 2019)

In Bayern werden Siedlungsbereiche überwiegend im Mischsystem entwässert.

Daten zur Kanalisation in Bayern

- Der Anteil der → *Trennkantisation* liegt bei etwa einem Drittel, derjenige der → *Mischkantisation* entsprechend bei etwa zwei Drittel der Kanallängen.
- Die Länge der öffentlichen Abwasserkanäle beträgt rund 108.000 Kilometer. Davon sind 10 Prozent Druckleitungen.
- Die privaten Abwasserleitungen in Bayern sind in der Summe rund zwei- bis dreimal so lang wie die öffentlichen Abwasserkanäle.
- Für jeden Einwohner werden im Mittel 8,60 m öffentlicher Kanal benötigt. Dieser Wert schwankt von etwa 1,5 m pro Einwohner in der Großstadt München bis rund 15 m pro Einwohner in kleinen ländlichen Gemeinden.
- Mehr als 97 Prozent der Bevölkerung Bayerns sind an die öffentliche Kanalisation angeschlossen.

Zustand der Kanalisation

Mehr als zwei Billionen Liter Abwasser werden Jahr für Jahr in der öffentlichen Kanalisation abgeleitet. Damit das Abwasser auf dem Weg zu den Kläranlagen nicht im Boden versickert oder bei hohem Grundwasserstand mit sauberem Wasser vermischt wird, müssen die Abwasserkanäle dicht sein. Die Verantwortung für den ordnungsgemäßen Zustand der öffentlichen Kanäle tragen die Gemeinden, Städte und Zweckverbände, die ihre Kanalnetze nach der Bayerischen Eigenüberwachungsverordnung (EÜV) regelmäßig zu überprüfen haben.

Die Instandhaltung der Kanalnetze ist eine wichtige Aufgabe der Kommune.

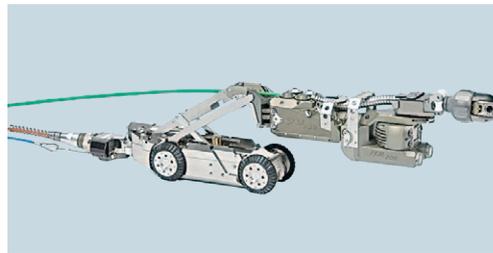


Bild links:
Optische Inspektion eines
begehbaren Kanals

Bild rechts:
Kanalkamera zur
Inspektion eines nicht-
begehbaren Kanals

Um einen Überblick über den Zustand der bayerischen Abwasserkanäle zu bekommen, erfolgen regelmäßig Erhebungen im Auftrag des Bayerischen Landesamts für Umwelt. Die Auswertung der Untersuchungsergebnisse von 330 repräsentativen Kanalnetzbetreibern und eine Hochrechnung auf ganz Bayern ergab zum Stand 2018 unter anderem Folgendes:

- Etwa 12 Prozent der Kanäle wurden nach der Inbetriebnahme bisher noch nie untersucht.
- Etwa 20 Prozent der Kanäle sind nach Abschätzung der Betreiber schadhaft und sind sofort bis mittelfristig zu sanieren.
- Knapp 9 Milliarden Euro wird die Sanierung der vorhandenen Kanalschäden kosten. Zusätzlich werden aufgrund der Netzalterung rund 0,9 Milliarden Euro pro Jahr benötigt.

Nicht nur aus Gründen des Boden- und Grundwasserschutzes, sondern vor allem zum Erhalt des hohen Vermögenswertes der Kanäle, sollte daher der Nachholbedarf an Kanaluntersuchungen und -sanierungen zügig abgearbeitet werden. Anders als für oberirdische Bauwerke gilt für die nicht sichtbaren Abwasserkanäle leider häufig das Motto „aus den Augen – aus dem Sinn“.

Fremdwasser

Wenn → *Fremdwasser* in den Kanal eindringt, wird das im Kanal fließende Abwasser verdünnt. Die größere Menge an Abwasser erfordert größere Kanäle und reduziert die Reinigungsleistung der Kläranlage.

Die Betreiber von Abwasseranlagen sind rechtlich verpflichtet sicherzustellen, dass die Anforderungen an die Qualität des in Kläranlagen gereinigten Abwassers nicht durch Verdünnung erreicht werden, beispielsweise durch Fremdwasser. Diese Vorgaben dienen nicht nur dem Schutz unserer Gewässer, sondern wirken sich auch positiv auf die Betriebskosten der Anlagenbetreiber aus.

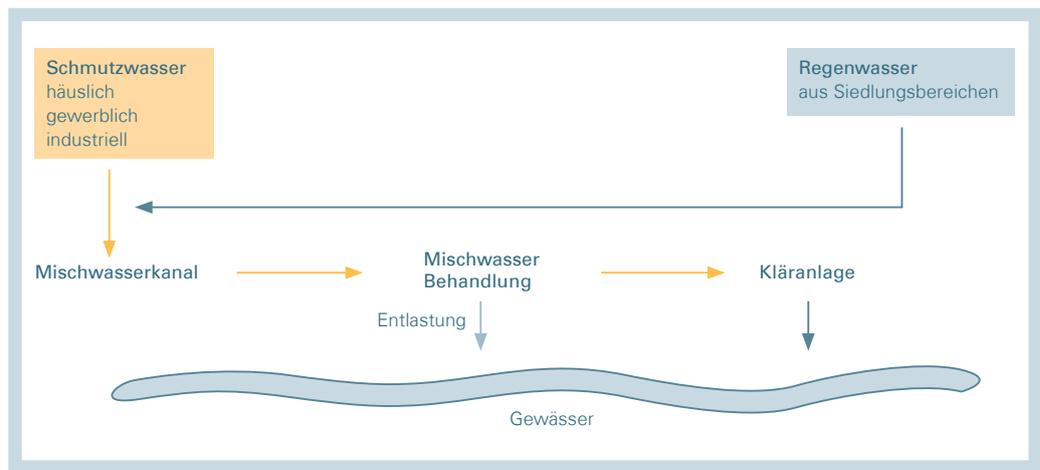
Im Jahr 2020 lagen von etwa 96 Prozent der kommunalen Kläranlagen in Bayern Daten zum Fremdwasseranteil vor. Demnach haben über 40 Prozent der Anlagen einen Fremdwasseranteil von mehr als 25 Prozent und rund 15 Prozent der Anlagen sogar einen Fremdwasseranteil größer 50 Prozent. Der nach den Abwassermengen der einzelnen Anlagen gewichtete mittlere Fremdwasseranteil liegt bei rund 24 Prozent.



Fremdwasser im Kanal

BEHANDLUNG VON MISCHWASSER

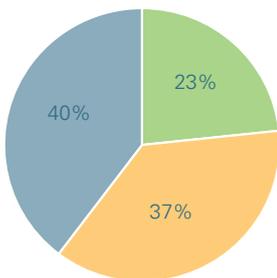
Bei starken Regenfällen fallen in der → *Mischkanalisation* große Wassermengen an. Um die Funktion der Kläranlage, die nur für eine bestimmte Abwassermenge ausgelegt ist, nicht zu beeinträchtigen, ist es erforderlich, einen Teil des anfallenden Mischwassers zwischenspeichern. In sogenannten Regenüberlaufbecken (RÜB) wird das auf der Kläranlage nicht aufnehmbare Mischwasser zunächst zurückgehalten. Wenn das Rückhaltevolumen eines RÜB erschöpft ist, wird stark verdünntes und durch die Absetzwirkung bei Durchlaufbecken mechanisch vorbehandeltes Mischwasser in ein Gewässer entlastet. Nach Regenende wird der gesamte zwischengespeicherte Inhalt eines RÜB der Kläranlage zur Reinigung zugeführt.



Systemskizze Mischsystem
mit Mischwasserbehandlung

In Bayern werden rund
7.700 Regenüberlauf-
becken betrieben.

In Bayern werden mehr als 7.700 Regenüberlaufbecken mit einem Gesamtvolumen von rund 3,9 Millionen Kubikmeter betrieben (Stand 2022). Sie sind so konstruiert, dass sie nur so viel Mischwasser weitergeben, wie die Kläranlage reinigen kann. Die häufigsten Beckenarten sind Fangbecken und Durchlaufbecken.



- Durchlaufbecken
- Fangbecken
- Stauraumkanäle

Regenüberlaufbecken nach
Beckenart in %

Funktionsprinzip Regenüberlaufbecken

Durchlaufbecken werden nach der Füllung weiter von Mischwasser durchströmt und wirken als Absetzbecken. Das entlastete Mischwasser ist so stark verdünnt und mechanisch vorbehandelt, dass es für die Gewässer keine Gefahr mehr darstellt.

Fangbecken speichern bei Regen ebenfalls das verschmutzte Mischwasser aus der Kanalisation. Das bei Vollfüllung nicht mehr aufnehmbare Mischwasser wird vor dem Becken in ein Gewässer entlastet.



*Bild oben:
Regenüberlaufbecken mit Blick
auf den Ablaufbereich*

*Bild unten:
Regenüberlaufbecken mit Blick
auf den Zulaufbereich*

Messeinrichtungen an Regenüberlaufbecken

Zur Überwachung des Betriebsverhaltens von Regenüberlaufbecken sind **Messeinrichtungen** ein wichtiges Instrument. Mit Ultraschall- oder Radarsonden kann die Füllhöhe eines Beckens am Überlaufbauwerk gemessen werden. So können Entlastungshäufigkeiten und die Dauer von Entlastungsereignissen erfasst sowie auf der Grundlage von Bauwerksdaten des Überlaufbereichs entlastete Wassermengen abgeschätzt werden. Zur Gewährleistung eines bestmöglichen Gewässerschutzes ist es erforderlich, RÜB mit geeigneten Messeinrichtungen auszustatten, die ermittelten Daten auszuwerten und Folgerungen für den Anlagenbetrieb zu ziehen.



Abwasser aus Städten und Gemeinden behandeln

STRUKTUR UND STAND DER ABWASSERBEHANDLUNG

97,3 Prozent der Einwohner Bayerns sind mittlerweile an zentrale kommunale Kläranlagen angeschlossen. Die verbleibenden Einwohner müssen das anfallende Abwasser in biologischen Kleinkläranlagen behandeln. Die Reinigungstechnik von biologischen Kleinkläranlagen ist heute vergleichbar mit der von zentralen Kläranlagen der gleichen Größenklasse. Das bedeutet: Das Abwasser aller Einwohner Bayerns wird gleichwertig behandelt, unter Berücksichtigung der gesetzlichen Anforderungen.

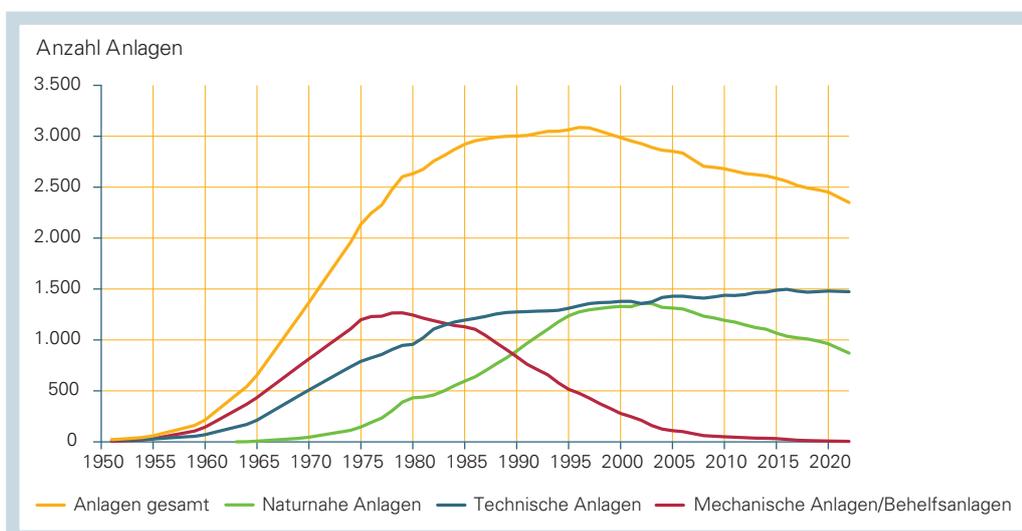
In Bayern waren zum Stand 2021, 2.439 Kläranlagen zur Behandlung von kommunalem Abwasser mit einer Gesamtausbaugröße von 27 Millionen → *Einwohnerwerten* (EW) in Betrieb. Die Gesamtausbaugröße setzt sich zusammen aus etwa 12,5 Millionen angeschlossenen Einwohnern (Einwohnerzahl = EZ) und rund 14,5 Millionen Einwohnerequivalenten (EGW) von Gewerbe, Industrie sowie Reserven.

Naturnahe Reinigungsverfahren kommen vor allem in ländlichen Gebieten zum Einsatz.

Die kommunale Abwasserentsorgung beruht in Bayern auf Grund der geografischen Verhältnisse und der Siedlungsstrukturen zum großen Teil auf dezentralen Lösungen. Vor allem in ländlichen Gebieten kommen viele kleine Kläranlagen mit naturnahen Reinigungsverfahren und mit weniger als 1.000 EW Ausbaugröße zum Einsatz. Dieser Größenklasse sind etwa 45 Prozent aller bayerischen Kläranlagen zuzurechnen. Sie reinigen jedoch insgesamt nur das Abwasser von rund zwei Prozent der bayerischen Bevölkerung.

Die Anzahl der kommunalen Kläranlagen in Bayern nimmt seit etwa 1995 stetig ab. Dies ist unter anderem damit zu erklären, dass kleinere, sanierungsbedürftige Anlagen (beispielsweise mechanische Anlagen/Behelfsanlagen) aufgelassen und ihre Einzugsgebiete an größere Sammelkläranlagen angeschlossen wurden. Für den Gewässerschutz ist diese Entwicklung positiv zu beurteilen, da durch die Stilllegung kleinerer Anlagen insbesondere sensible Oberläufe von Flüssen von Abwassereinleitungen befreit werden konnten.

Planungsräume nach WRRL	Fluss- gebiete	Größenklasse nach Abwasserverordnung					Anzahl Anlagen	Summe Ausbau- größe in EW
		1	2	3	4	5		
		Ausbaugröße in Einwohnerwerten						
		> 1000	1.000– 5.000	5.001– 10.000	10.001– 100.000	> 100.000		
Altmühl	Donau	98	52	17	11		178	526.688
Donau (Lech - Naab)		64	50	11	21	1	147	1.130.881
Naab		80	65	15	22	2	184	1.122.822
Regen		35	42	5	11		93	468.947
Donau (Iller - Lech)		25	47	15	29	2	118	1.581.704
Iller		9	1	1	2	3	16	986.602
Lech		17	27	8	17	1	70	1.317.175
Wörnitz		47	19	3	5		74	252.042
Donau (Naab - Isar)		39	35	10	9	2	95	965.927
Isar		41	55	24	31	9	160	5.910.982
Inn		88	60	20	49	1	218	2.413.632
Donau (Isar - Inn)		49	33	7	12		101	434.991
Ilz		24	14	8	3		49	162.060
Donau (Inn - Staatsgrenze)		13	9	4	2	1	29	202.315
Gesamtanzahl		629	509	148	224	22	1.532	17.476.768
Bodensee	Rhein	11	6		5		22	222.462
Oberer Main		92	41	18	19	4	174	1.637.917
Regnitz		205	70	29	44	5	353	4.180.452
Unterer Main		141	90	27	44	4	306	2.792.723
Gesamtanzahl		449	207	74	112	13	855	8.833.554
Beraun	Elbe		1				1	1.000
Obere Moldau		1	2				3	5.850
Saale		13	8		2	1	24	380.894
Eger		9	6	1	7		23	259.470
Gesamtanzahl		23	17	1	9	1	51	647.214
Fulda	Weser		1				1	1.700
Gesamtanzahl Bayern		1.101	734	223	345	36	2.439	
Gesamtausbaugröße		405.704	1.997.680	1.704.550	10.281.302	12.570.000		26.959.236



Anzahl der kommunalen Klär-
anlagen – differenziert nach
Ausbaugröße und Planungs-
räumen nach der →EU-
Wasserrahmenrichtlinie,
(WRRL Stand 2021)

Entwicklungen der Anzahl
der kommunalen Kläran-
lagen – differenziert nach
Anlagenart

Standorte der kommunalen Kläranlagen



Ausbaugröße in Einwohnerwerten (EW)*

- 50–999
- 1000–5000
- >5000–10000
- >10000–100000
- >100000

Anlagenart

- Naturnahe Kläranlage
- Technische Kläranlage

- Sitz Bezirksregierung
- Kreisfreie Stadt
- Stadt
- Siedlungsfläche

- Fluss
- Kanal
- See

- Staatsgrenze
- Landesgrenze

- Amtsbezirksgrenze der Wasserwirtschaftsämler

*EW = Einwohnerwerte
Die Einwohnerwerte setzen sich zusammen aus der Einwohnerzahl und den Einwohnerequivalenzen aus gewerblichem und industriellem Abwasser

REINIGUNGSVERFAHREN

Je nach Abwasserzusammensetzung, Abwassermenge und Reinigungsziel kommen sowohl naturnahe als auch technische Reinigungsverfahren zum Einsatz. Für alle Verfahren gelten mindestens die Anforderungen nach dem Stand der Technik. Die früher noch verbreitete, ausschließlich mechanische Reinigung des Abwassers in kleinen Behelfsanlagen ist aus Bayern praktisch verschwunden. Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die eingesetzten Reinigungsverfahren und ihre Häufigkeit.

Anlagensystem		Größenklasse nach AbwV					Gesamt
		1	2	3	4	5	
Abwasserteichanlage – belüftet	Anzahl	48	50	3			101
	Ausbaugröße in EW	24.625	121.483	23.160			169.268
Abwasserteichanlage – unbelüftet	Anzahl	383	11				394
	Ausbaugröße in EW	110303	15200				125.503
Abwasserteichanlage mit technischer Zwischenstufe	Anzahl	135	108	4			247
	Ausbaugröße in EW	83748	205.110	30.500			319.358
Belebungsanlage	Anzahl	68	60	35	201	24	388
	Ausbaugröße in EW	20.597	179.355	284.500	7.329.632	5.754.500	13.568.584
Belebungsanlage mit gemeinsamer <i>Schlammstabilisierung</i>	Anzahl	122	382	163	105		772
	Ausbaugröße in EW	49.405	1144905	1.212.485	1.686.723		4.093.518
Mechanische Reinigungs- anlage / Behelfsanlage	Anzahl	1					1
	Ausbaugröße in EW	65					65
Mehrstufige biologische Kläranlage	Anzahl	10	6	4	27	12	59
	Ausbaugröße in EW	3.330	22.540	32.650	1.182.500	6.835.000	8.076.020
Pflanzenkläranlagen / Bepflanzter Bodenfilter / Hybridanlagen	Anzahl	47					47
	Ausbaugröße in EW	8.806					8.806
Rotationstauchkörperan- lage	Anzahl	91	25	1			117
	Ausbaugröße in EW	33.051	49.605	9.999			92.655
Tropfkörperanlage	Anzahl	28	76	18	11		133
	Ausbaugröße in EW	12.552	224.130	149.100	180.850		566.632
Gesamt	Anzahl	933	718	228	344	36	2.259
	Ausbaugröße in EW	346.482	1.962.328	1.742.394	10.379.705	12.589.500	27.020.409

Überblick über die eingesetzten
Reinigungsverfahren in
Bayern (Stand 2023)

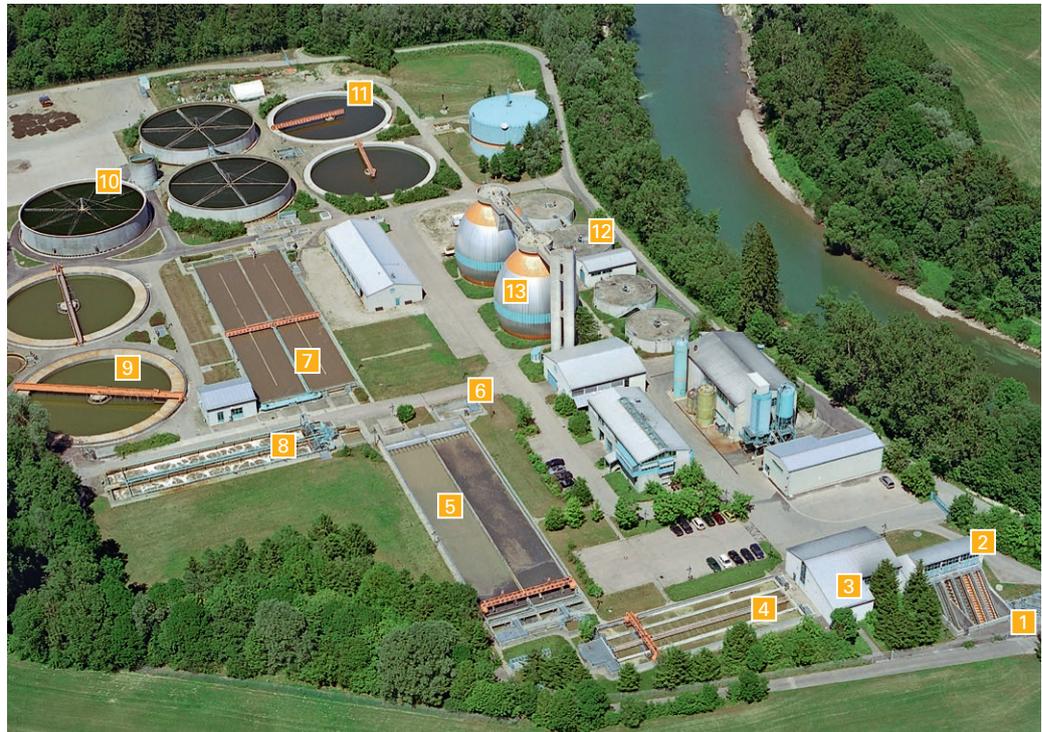
TECHNISCHE ANLAGEN

Das Abwasser wird in mehreren Stufen gereinigt. Zunächst wird das Wasser von groben Stoffen befreit (mechanische Reinigungsstufe). Mit **Rechen** werden Grobstoffe wie Textilien oder Toilettenpapier entfernt. Vor allem mineralische Feststoffe, die schwerer sind als Wasser, sinken im **Sandfang** zu Boden. Durch die geringe Fließgeschwindigkeit im **Vorklärbecken** setzen sich weitere Feststoffe ab. → **Mikroorganismen** bauen in der **Biologischen Stufe** der Kläranlage organisches Material und Pflanzennährstoffe ab. Dieser Teil kann in unterschiedlichen Varianten ausgeführt sein, z. B. als Belebungsbecken oder Tropfkörper. Im → **Nachklärbecken** setzen sich die Mikroorganismen aus der biologischen Stufe ab. Der Überstand wird als gereinigtes, klares Abwasser in Gewässer eingeleitet und gelangt so wieder in den natürlichen Wasserkreislauf.

Bei großen Kläranlagen werden der Schlamm aus der Vorklärung (= Primärschlamm) und überschüssiger Schlamm aus dem Nachklärbecken (= Überschussschlamm) zur weiteren Behandlung in den **Faulturm** gepumpt, wo im Faulprozess Gas für die Energiegewinnung entsteht.

Kläranlage von Kempten
(400.000 EW Ausbaugröße)

- 1 Geröllfang
- 2 Schneckenpumpwerk
- 3 Filterstufenrechen
- 4 Sandfang
- 5 Vorklärbecken
- 6 Phosphatfällung
- 7 Denitrifikationsbecken
- 8 Belebungsbecken
- 9 Zwischenklärbecken
- 10 Tropfkörper
- 11 Nachklärbecken
- 12 Schlammbehandlung
- 13 Faulbehälter



Belebungsanlage

Bei Belebungsanlagen ist die biologische Stufe als Belebungsbecken ausgeführt. Dort liegen die zur biologischen Reinigung notwendigen Mikroorganismen in hoher Dichte vor (Belebtschlamm). Durch eine Belüftung bleiben sie in Schwebelage und werden ausreichend mit Sauerstoff für eine optimale Reinigungsleistung versorgt. Im anschließenden Nachklärbecken wird der Belebtschlamm abgetrennt und zum Teil wieder in das Belebungsbecken zurückgeführt, zum Teil als Überschussschlamm ausgeschleust.

Dieser Anlagentyp weist eine sehr gute Reinigungsleistung auf. Das Verfahren wird standardmäßig bei allen größeren Kläranlagen und vermehrt auch bei kleineren Anlagen eingesetzt.



Belebungsanlage in Roding
(25.000 EW Ausbaugröße)

Tropfkörper- und Rotationstauchkörperanlagen

Bei diesen Anlagentypen erfolgt die biologische Abwasserreinigung durch Mikroorganismen, die als biologischer Rasen auf einem Trägermaterial aufwachsen. Der notwendige Sauerstoff stammt aus der Umgebungsluft, so dass eine energieaufwendige technische Belüftung entfällt.

Das Tropfkörperverfahren ist eines der ältesten Verfahren der biologischen Abwasserreinigung. Die zylindrischen, meist in Betonbauweise errichteten Reaktoren enthalten Träger- oder Aufwuchsmaterial, bestehend aus Lavabrocken oder Kunststoffelementen mit großer Oberfläche, über welches das Abwasser verrieselt wird.

Bei Rotationstauchkörpern besteht die Bewuchsfläche aus beweglich eingebauten Kunststoffscheiben, die wiederkehrend in das Abwasser eintauchen.



Tropfkörper der Kläranlage
Horgau (4.500 EW
Ausbaugröße)

NATURNAHE ANLAGEN

Auch bei naturnahen Anlagen werden die organischen Inhaltsstoffe durch → *Mikroorganismen* abgebaut. Diese natürlichen Selbstreinigungsprozesse erfolgen bei technischen Kläranlagen konzentriert und intensiviert durch entsprechende Verfahrenstechnik. Bei der naturnahen Abwasserbehandlung laufen diese Prozesse zwar kontrolliert, aber weitgehend unbeeinflusst ab. Der Flächenbedarf ist aus diesem Grund für solche Anlagen größer. Die naturnahe Abwasserbehandlung eignet sich demzufolge eher für kleine Ortschaften und Einzelanwesen. Zu den naturnahen Verfahren zählen Abwasserteichanlagen und Pflanzenkläranlagen.

Abwasserteichanlagen

Ein großer Vorteil der in Bayern weit verbreiteten Abwasserteichanlagen ist die relativ einfache Funktionsweise. In einem vorgeschalteten Absetzbecken sinken zunächst die Grobstoffe ab. Die biologische Reinigung erfolgt in den nachgeschalteten Teichen oder in technischen Zwischenstufen wie Tropf- oder Tauchkörper, die an manchen Anlagen zur Verbesserung der Reinigungsleistung eingesetzt werden. Bei unbelüfteten Abwasserteichanlagen wird der benötigte Sauerstoff überwiegend über die Wasseroberfläche eingetragen, zum Teil auch durch biogene Vorgänge (Algen und Wasserpflanzen). Der Flächenbedarf ist dadurch größer als bei den technisch belüfteten Abwasserteichen. Sowohl in den Absetzteichen als auch in den folgenden Teichen setzt sich Schlamm ab, der regelmäßig entfernt werden muss.

In Bayern gibt es rund
900 Abwasserteichanlagen.



Belüftete Abwasserteichanlage in Bayerbach bei Ergoldsbach (2.500 EW Ausbaugröße)

Pflanzenkläranlagen

Sogenannte Pflanzenkläranlagen bestehen aus einer Vorbehandlung und mit Röhricht bepflanzten oder unbepflanzten Filterbecken zur biologischen Reinigung. Die Filter mit sandig-kiesigem Material werden vom Abwasser durchströmt. Der Reinigungsprozess durch die Mikroorganismen findet auf den Oberflächen des Filtermaterials und den Pflanzenwurzeln statt. Pflanzenkläranlagen müssen fachgerecht errichtet und betrieben werden, damit die Leistungsfähigkeit der Anlage langfristig erhalten bleibt.



Pflanzenkläranlage Thann (180 EW Ausbaugröße)

ENTWICKLUNG DER ABWASSERBEHANDLUNG

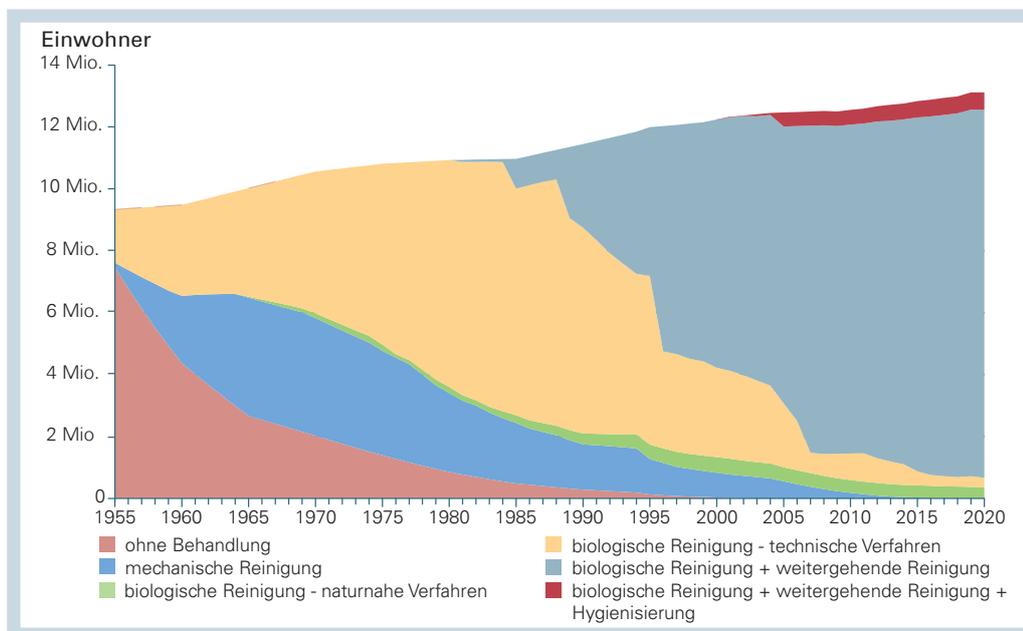
Reinigungsniveau

Das Bayerische Landesamt für Umwelt hat historische Daten zum Stand der Abwasserbehandlung ausgewertet. Die Grafik zeigt, ob und wie das Abwasser der gesamten Bevölkerung seit 1955 gereinigt wurde.

Erläuterung der Grafik:

In ländlichen und nicht erschlossenen Gebieten wurden die häuslichen Abwässer zunächst häufig in Gruben gesammelt, deren Inhalt von Zeit zu Zeit entsorgt wurde. Erst nach dem Ausbau einer öffentlichen Wasserversorgung fielen in den Haushalten größere Abwassermengen an. In den erschlossenen Gebieten ging dies im Wesentlichen einher mit dem Ausbau der Abwasserinfrastruktur. Dies geschah anfangs ohne oder nur mit mechanischer Reinigung. Der Ausbau der Sammelkanalisation wurde ab den 1950er-Jahren konsequent vorangetrieben. Das Abwasser wurde in der Regel in der Kanalisation gesammelt und einem nahen Fließgewässer zugeführt. Anfang der 1970er-Jahre waren dann bereits mehr als ein Drittel der damals 10,5 Millionen Einwohner Bayerns an biologisch reinigende Kläranlagen angeschlossen. Beginnend in den 1980er-Jahren wurde auch die weitergehende Reinigung des Abwassers ausgebaut. Mitte der 1990er-Jahre konnten aus dem Abwasser von 50 Prozent der bayerischen Bevölkerung bereits die Nährstoffe Phosphor oder Stickstoff weitgehend entfernt werden. Seit dem Jahr 2003 werden auch die zuvor nur mechanisch wirkenden Kleinkläranlagen mit einer biologischen Stufe bayernweit nachgerüstet.

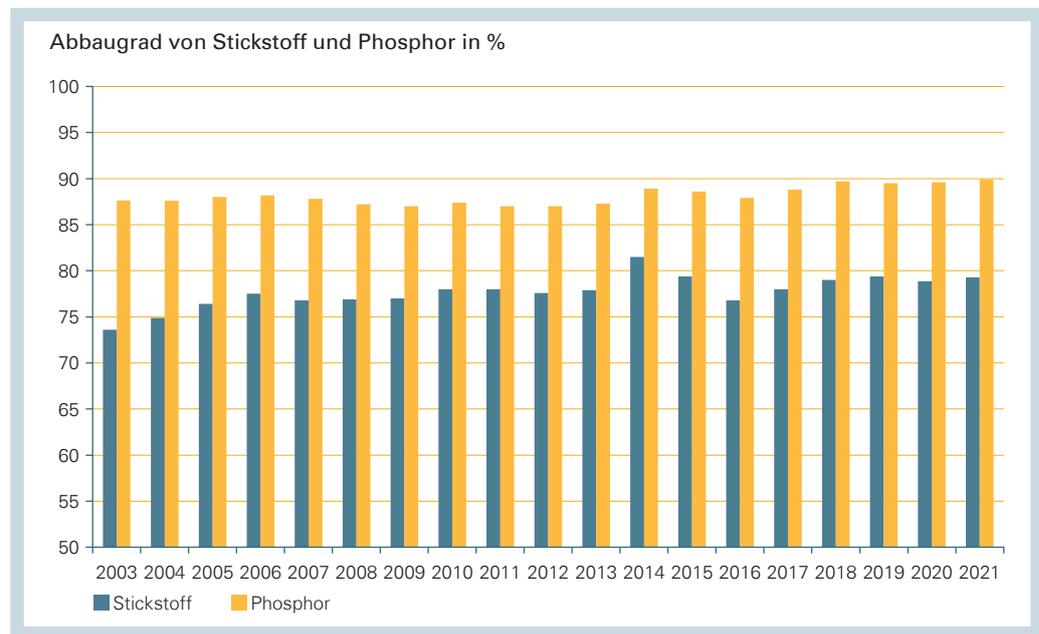
Heute wird in Bayern nahezu das gesamte Abwasser biologisch behandelt, rund 90 Prozent davon sogar weitergehend mit Phosphor- und Stickstoffelimination.



Reinigungsniveau des kommunalen Abwassers in Bayern von 1955 bis 2020

Abbaugrad

Die Reinigungsleistung einer Kläranlage lässt sich berechnen. Sie wird augenfällig, wenn man die Qualität des Abwassers im Zulauf mit der im Ablauf der Anlage vergleicht. Ausdrücken lässt sich die Differenz als prozentuale Verringerung der Schadstofffracht (Abbaugrad). Bei biologisch wirkenden Kläranlagen wird bayernweit in Bezug auf die biologisch leicht abbaubaren organischen Verbindungen ein Abbaugrad von etwa 95 Prozent erreicht. Auch bei den Nährstoffparametern Phosphor und Stickstoff konnten die bayerischen Kläranlagen ihre Reinigungsleistung stetig erhöhen. Etwa 90 Prozent des Phosphors und circa 79 Prozent des Stickstoffs werden in den Abwasserreinigungsanlagen eliminiert.



Entwicklung der Abbaugrade
für Stickstoff und Phosphor
in Bayern

Hinweis: Seit 2009 werden
bei der Berechnung des
Abbaugrads alle kommunalen
Kläranlagen berücksichtigt,
vorher nur ab 2.000 EW
Ausbaugröße.

KLÄRSCHLAMM

Klärschlammbehandlung

Nach der Abwasserbehandlung wird das gereinigte Abwasser in ein Gewässer eingeleitet. Zurück bleibt Klärschlamm, der als sogenannter Rohschlamm in der mechanischen Reinigungsstufe (unter anderem Rechen) und der biologischen Stufe (Belebung) anfällt. Rohschlamm besteht aus Feststoffen und Wasser.

Aufgrund der im Rohschlamm noch enthaltenen organischen Verbindungen neigt er zur **sauren Gärung** und damit zur Geruchsbildung. Für seine weitere Handhabung muss daher der Gehalt an organischen Verbindungen mit Hilfe von mikrobiellen Stoffwechselprozessen vermindert werden. Bei kleinen und mittleren Kläranlagen kann diese Stabilisierung bereits im Belebungsbecken unter Luftzufuhr erreicht werden (aerobe Stabilisierung), bei größeren Anlagen durch eine anaerobe Stabilisierung im Faulbehälter (Vergärung). Dabei entstehen Faulgas (60–70 Prozent Methan) und **stabilisierter Schlamm**.

Faulgas wird auf der
Kläranlage in Strom und
Wärme umgewandelt.

Faulgas wird auf der Kläranlage in Strom und Wärme umgewandelt. Die gewonnene Energie deckt im Mittel ungefähr die Hälfte des auf einer Kläranlage benötigten Stroms sowie die gesamte erforderliche Wärmeenergie.

Stabilisierter Schlamm hat einen hohen Wassergehalt und einen entsprechend niedrigen Feststoffanteil. Ein wichtiger Schritt bei der Schlammbehandlung ist deshalb das Entfernen des Wassers zur Volumenverminderung. Zur Entwässerung werden Zentrifugen, Schneckenpressen, Bandfilterpressen und Kammerfilterpressen eingesetzt.

Zur weiteren Volumenverminderung kann der entwässerte Schlamm in einem weiteren Schritt zusätzlich getrocknet werden. Ein mögliches Verfahren für kleinere Anlagen ist die solare Klärschlamm-trocknung in gewächshausähnlichen Hallen.



Bild oben links:
Faulbehälter der Kläranlage
Rödental

Bild oben rechts:
Solare Klärschlamm-trock-
nungsanlage der Kläranlage
Penzing-Weil

Bild unten:
Zentrifugen zur Klärschlamm-
mentwässerung auf der
Kläranlage Regensburg

Klärschlamm Entsorgung

Zur Entsorgung des entwässerten oder getrockneten Klärschlamm stehen im Wesentlichen drei Wege zur Verfügung:

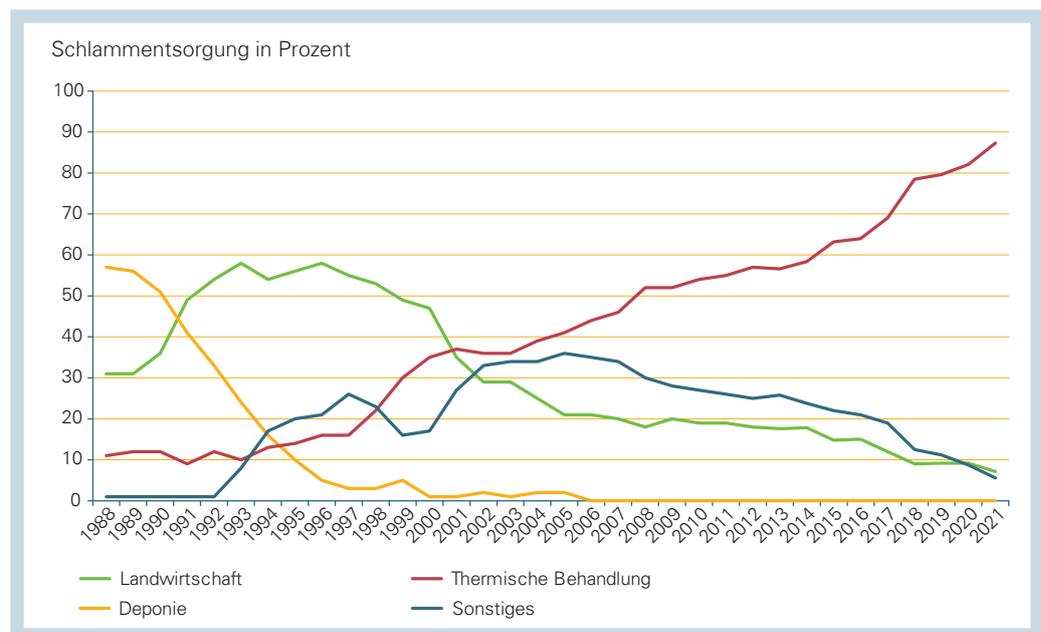
- Thermische Behandlung (z. B. in Klärschlammverbrennungsanlagen, Zementwerken)
- Verwertung in der Landwirtschaft
- Verwertung im Landschaftsbau und bei Rekultivierungsmaßnahmen (z. B. im Braunkohleletaubau)

Klärschlamm enthält noch Schadstoffe, aber auch Nährstoffe mit Düngewirkung, insbesondere erhebliche Mengen an Phosphor, der für alle Lebensvorgänge unentbehrlich ist. Die Klärschlammverordnung (AbfKlärV) gibt daher vor, dass die bodenbezogene Klärschlammverwertung (Landwirtschaft, Landschaftsbau) für große Kläranlagen beendet wird. Phosphor soll aus dem Klärschlamm beziehungsweise nach dessen Verbrennung aus seiner Asche zurückgewonnen werden und kann dann schadlos für Düngezwecke verwendet werden.

Phosphor soll aus dem Klärschlamm zurückgewonnen werden.

Klärschlamm wird heute überwiegend thermisch behandelt bzw. energetisch verwertet.

Im Jahr 2021 wurden circa 270.000 Tonnen Klärschlamm-Trockenmasse von kommunalen bayrischen Kläranlagen abgegeben. Davon wurden noch 7 Prozent landwirtschaftlich und 6 Prozent landschaftsbaulich verwertet, 87 Prozent wurden thermisch behandelt. Eine Deponierung von Klärschlamm ist seit einigen Jahren nicht mehr zulässig.



Klärschlamm Entsorgung von 1988 bis 2021



Abwasser aus Einzelanwesen behandeln

Die Behandlung von häuslichem Abwasser erfolgt überall dort in sogenannten Kleinkläranlagen (KKA), wo ein Anschluss an eine öffentliche Kläranlage technisch nicht möglich oder nicht wirtschaftlich ist. Langfristig ist dies für rund 400.000 Bürger bzw. 3 Prozent der bayerischen Bevölkerung der Fall. Auf Dauer bleiben daher circa 83.000 private KKA in Bayern bestehen.



*Bild links:
Abwasser von Einzelanwesen wird oft in einer Kleinkläranlage behandelt*

Bild rechts: Kleinkläranlagen liegen unscheinbar im Untergrund

KKA müssen nach den Vorgaben der Abwasserverordnung des Bundes die gleichen gesetzlichen Mindestanforderungen erfüllen wie kommunale Kläranlagen der gleichen Größenklasse. Dies ist nur mit einer biologischen Behandlungsstufe möglich. KKA mit lediglich mechanischer Behandlungsstufe mussten nachgerüstet oder erneuert werden.

Insgesamt hat der Freistaat Bayern die Bürger bei der Nachrüstung sowie dem Anlagenneubau bis Ende 2014 mit 187 Millionen Euro unterstützt. KKA sind in Bayern größtenteils an den Stand der Technik angepasst.

Kleinkläranlagen brauchen eine mechanische und biologische Behandlungsstufe, um die Mindestanforderungen des Gesetzgebers zu erfüllen.

BEHANDLUNGSVERFAHREN

Aus der Vielzahl der zur Verfügung stehenden Systeme kann das jeweils geeignete Behandlungsverfahren in eigener Entscheidung durch Bauherrin und Bauherrn beziehungsweise dem Planungsbüro ausgewählt werden.

Bild links: Kleinkläranlage als bepflanzter Filter

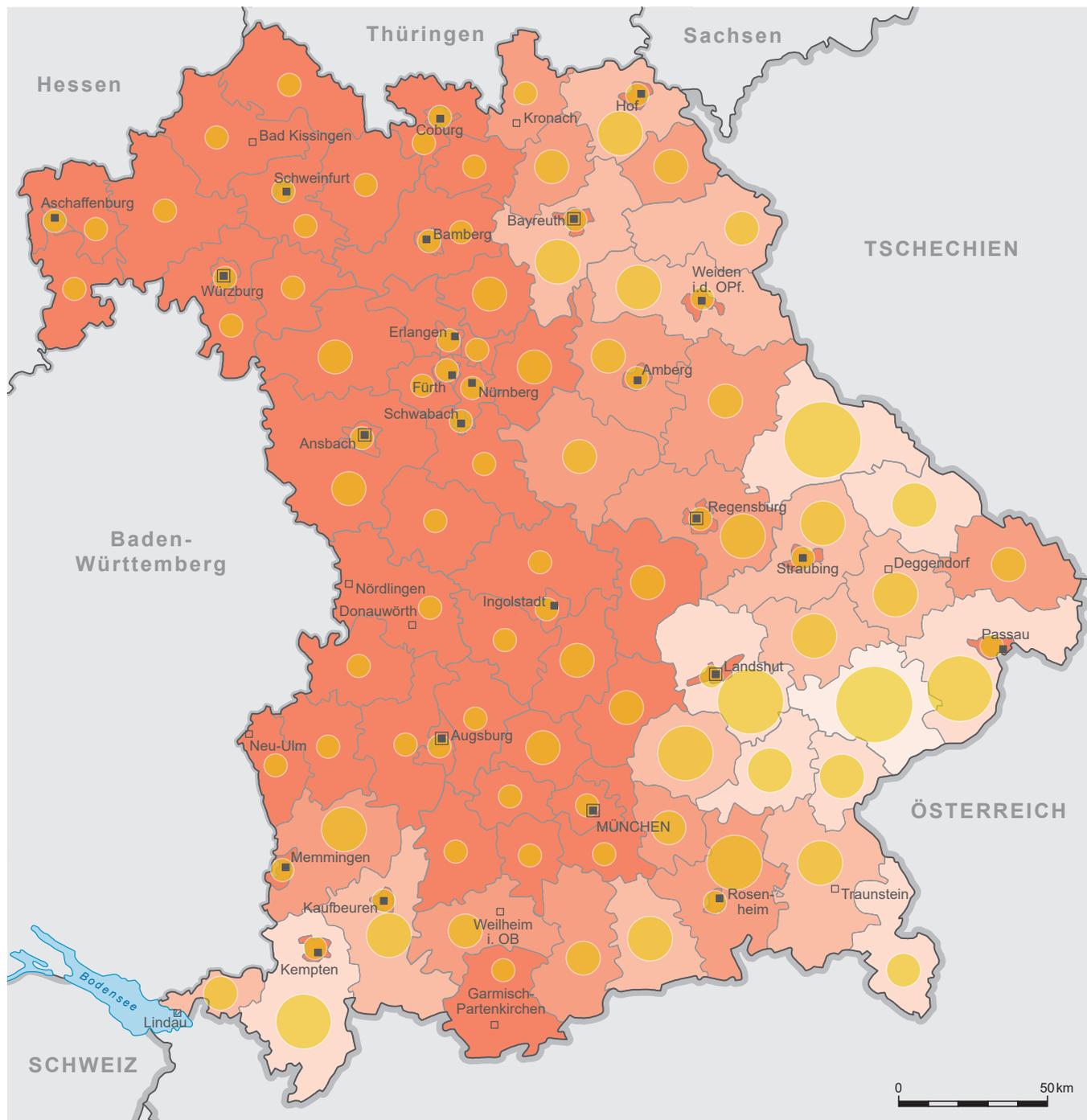
*Bild rechts:
Technische Kleinkläranlage*



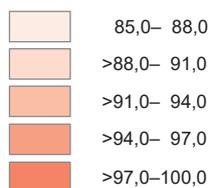
LEISTUNGSFÄHIGKEIT

Die technischen Weiterentwicklungen der letzten Jahre ermöglichen eine weitergehende Behandlung des Abwassers, die über die Mindestanforderungen (Abbau von Kohlenstoffverbindungen) hinausgeht. Heute gibt es KKA, die auch Nährstoffe wie Ammonium- und Nitrat-Stickstoff oder Phosphor aus dem Abwasser entfernen oder sogar mit einer zusätzlichen → *Hygienisierungsstufe* gesundheitsgefährdende Keime und Bakterien reduzieren. Diese Anlagen kommen zum Schutz der Gewässer in sensiblen Bereichen zum Einsatz, z. B. wenn gereinigtes Abwasser in ein empfindliches Oberflächengewässer mit geringer Wasserführung oder im Einzugsgebiet eines Sees eingeleitet werden soll.

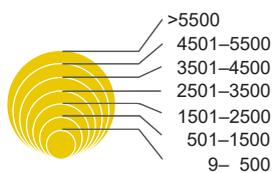
Anschlussgrad und regionale Verbreitung von Kleinkläranlagen in Bayern



Anschlussgrad an kommunale Kläranlagen in Prozent



Anzahl Kleinkläranlagen



- Sitz Bezirksregierung
- Sitz Kreisverwaltung bzw. kreisfreie Stadt
- Stadt
- Staatsgrenze
- Landesgrenze
- Regierungsbezirksgrenze
- Landkreisgrenze

Stand: 2019
 Fachdaten:
 Bayerisches Landesamt für Statistik
 Bayerisches Landesamt für Umwelt
www.lfu.bayern.de

WARTUNG UND BETRIEB

Zur langfristigen Sicherstellung der geforderten Reinigungsleistung ist neben einer sorgfältigen Planung und dem richtigen Einbau vor allem die gewissenhafte Kontrolle der KKA durch den Betreiber (Eigenkontrolle) und eine sorgfältige Wartung wichtig. Funktionsstörungen müssen frühzeitig erkannt und die Gründe für die Fehlfunktion ermittelt und abgestellt werden. Dies kann in der Regel nur ein abwassertechnisch kompetenter Wartungsbetrieb.

Bild links: Probenahme durch einen Fachkundigen

Bild rechts: Ausrüstung für eine Probenahme



ÜBERWACHUNG

Mit der Übertragung von Aufgaben auf den „Privaten Sachverständigen in der Wasserwirtschaft“ (PSW) werden die zuständigen Behörden von Routineaufgaben entlastet.

Eine regelmäßige Überprüfung der KKA durch eine unabhängige, neutrale Institution ist unverzichtbar. In Bayern haben diese Aufgabe die „Privaten Sachverständigen in der Wasserwirtschaft (PSW)“ übernommen. Sie überwachen alle zwei bis vier Jahre, ob die Anlagen funktionstüchtig sind und Eigenkontrolle sowie Wartung ordnungsgemäß durchgeführt wurden.

Die PSW übernehmen außerdem im Verfahren für eine Einleitungserlaubnis die Begutachtung der Planungsunterlagen für die Kleinkläranlage sowie die Bauabnahme nach ihrer Errichtung.



Abwasser aus Industrie und Gewerbe gezielt behandeln

DIE INDUSTRIE BRAUCHT UND VERBRAUCHT WASSER

Wasser ist für die Industrie ein wesentliches Produktionsmittel. Es wird zum Waschen und Reinigen von Einsatzstoffen und Produkten und zur Instandhaltung der Produktionsanlagen gebraucht. Auch zur Gewinnung von Stoffen durch physikalische Aufschlussverfahren wie Kochen, Auflösen, Extrahieren oder Destillieren wird Wasser oder Dampf benötigt. Bei vielen chemischen Prozessen dient es als Reaktionsmedium. Oft ist es Bestandteil der hergestellten Produkte. Daneben wird Wasser für Kühlzwecke, als Löschmittel und zur Energiegewinnung eingesetzt. Gebrauchtes Wasser wird als Abwasser durch Einleiten in ein öffentliches oder privates Kanalnetz oder in ein Gewässer beseitigt. Verbrauchtes Wasser verlässt den Betrieb auf anderen Wegen, z. B. gebunden im Produkt oder als Wasserdampf, und bleibt so dem Gewässer am Standort vorenthalten.

WELCHES ABWASSER FÄLLT BEI INDUSTRIEBETRIEBEN AN?

Bei einem größeren Industriebetrieb fallen typischerweise die folgenden Abwasserarten an:

Produktionsabwasser

Das Abwasser aus den eigentlichen Herstellungsprozessen ist je nach Industriezweig sehr unterschiedlich zusammengesetzt. Es kann z. B. leicht abbaubare Stoffe und Nährstoffe enthalten (Lebensmittelindustrie), schwer abbaubare Stoffe (chemische und pharmazeutische Industrie), Schwermetalle (Metallverarbeitende Industrie) oder Kohlenwasserstoffe (Raffinerien, Kfz-Betriebe).

Brauchwasser

Für viele Herstellungsverfahren wird Wasser mit definierter Qualität benötigt. Es wird durch Aufbereitungsverfahren aus Oberflächen- oder Grundwasser erzeugt. Die dabei abgetrennten Störstoffe und gegebenenfalls Aufbereitungschemikalien werden mit dem Abwasser abgegeben.

Kühlwasser

Viele Produktionsprozesse erfordern eine Kühlung. Das eingesetzte Kühlwasser wird nach Erwärmung und gegebenenfalls gezielter Rückkühlung in ein Gewässer abgegeben, sofern es nicht weiter genutzt werden kann.

Sanitärabwasser

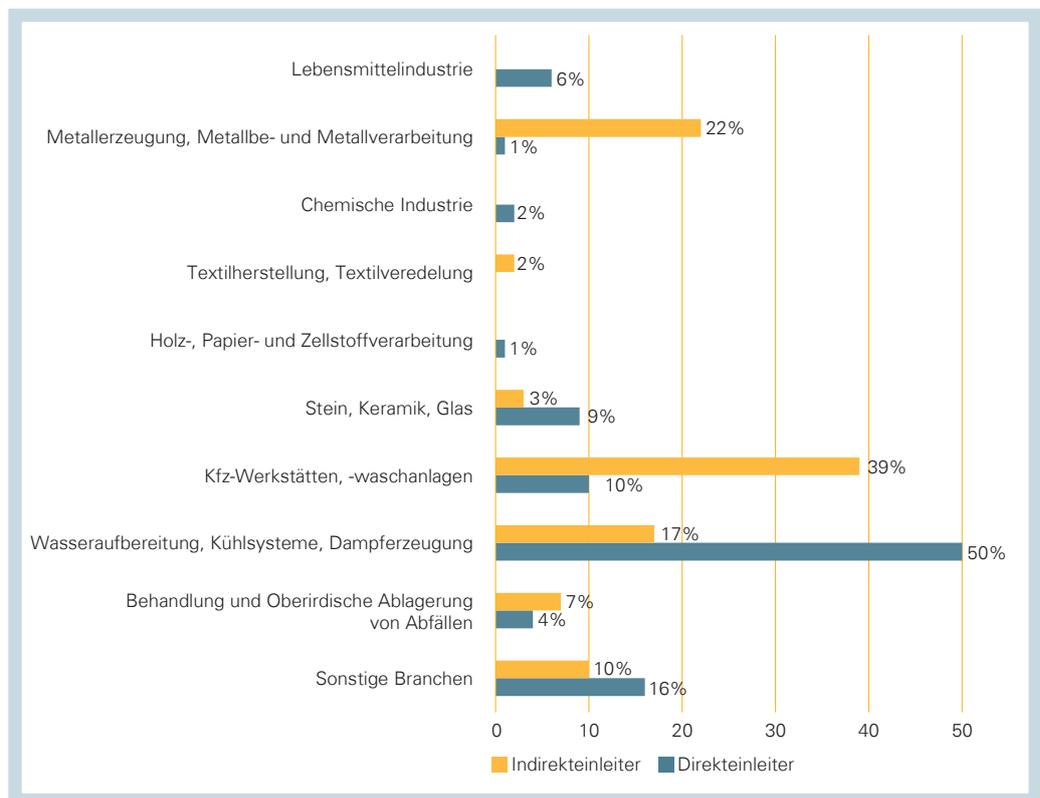
Das Abwasser aus Toiletten, Duschen, Verpflegungseinrichtungen und Ähnlichem entspricht kommunalem Abwasser.

Niederschlagswasser

Der von befestigten Flächen abfließende Niederschlag kann je nach Flächennutzung produktionsbedingt verunreinigt sein und muss dann einer Behandlung zugeführt werden.

ZAHLEN ZUR INDUSTRIEABWASSERBEHANDLUNG

In Bayern existieren etwa 900 direkt in Gewässer einleitende Industrie- und Gewerbebetriebe (→ *Direkteinleiter*) und circa 1.700 wasserrechtlich genehmigungspflichtige, in öffentliche Kanalisationen einleitende Betriebe (→ *Indirekteinleiter*). Etwa 350 der Industrie-Standorte fallen unter die Richtlinie über Industrieemissionen (integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung (IE-Richtlinie, kurz IED)). Die IED stellt unter anderem besondere Anforderungen an die Genehmigungsverfahren.



Industriell/gewerbliche Indirekt- und Direkteinleitungen nach Herkunftsbereichen des Abwassers

Etwa die Hälfte der Direkteinleitungen stammen aus dem Herkunftsbereich der Wasseraufbereitung, Kühlsysteme und Dampferzeugung, etwa sechs Prozent aus der Lebensmittelindustrie und rund neun Prozent aus den Herkunftsbereichen Steine und Erden und Herstellung von Keramik und Glas. Bei den Indirekteinleitungen stammt der Großteil aus den Bereichen Metallerzeugung, -bearbeitung, und -verarbeitung sowie aus dem Bereich Kfz-Werkstätten oder Kfz-Waschanlagen. Ein einzelner Betrieb kann Abwasser aus verschiedenen Herkunftsbereichen einleiten.

Standorte von industriell/gewerblichen Direkteinleitern



Abwässer aus folgenden Branchen

- | | | | |
|-------------------------------------|--|--|---------|
| ● Chemische Industrie | ● Oberirdische Ablagerung von Abfällen | ■ Sitz Bezirksregierung | — Fluss |
| ● Holz-, Papier- und Zellstoff | ● Stein, Keramik, Glas | ■ Sitz Kreisverwaltung bzw. kreisfreie Stadt | — Kanal |
| ● Kraftwerke | ● Kühlwasser | □ Stadt | ● See |
| ● Lebensmittelindustrie | ● Mineralölhaltiges Abwasser | — Staatsgrenze | |
| ● Metallherzeugung und -bearbeitung | ● Wasseraufbereitung | — Landesgrenze | |
| ● Sonstiges | | — Regierungsbezirksgrenze | |

Stand: 2020
 Bayerisches Landesamt für Umwelt
 www.lfu.bayern.de

MASSNAHMEN DES BETRIEBLICHEN WASSERMANAGEMENTS

Das betriebliche Wassermanagement soll die Versorgung mit Wasser in ausreichender Menge und Qualität sowie eine effiziente Abwasserbehandlung sicherstellen. Um Auswirkungen auf die Umwelt über den Abwasserpfad insgesamt so gering wie möglich zu halten, werden produktionsintegrierte und nachsorgende Maßnahmen kombiniert (Abwasserbehandlung).

Produktionsintegrierte Maßnahmen

Bereits durch gezielte Auswahl von Einsatzstoffen kann der Schadstoffeintrag in Gewässer gering gehalten werden, beispielsweise durch den Verzicht auf schlecht abbaubare Komplexbildner bei der Papierherstellung und der Textilveredelung.

Produktionsverfahren können gewässerschonend und gleichzeitig kosteneffizient gestaltet werden. Die chlorfreie Bleiche von Papier und Zellstoff vermindert unter anderem den Eintrag von Organohalogenverbindungen in das Abwasser. Durch optimierte Spül- und Aufbereitungstechniken wird bei Galvanikbetrieben der Stoffeinsatz sowie der Schwermetalleintrag ins Abwasser minimiert und der Wassereinsatz im Vergleich zu der früher üblichen Verfahrensweise um ein Vielfaches verringert. Auch können in bestimmten Fällen abwasserfreie Verfahren eingesetzt werden, wie etwa bei der Pulverbeschichtung in Lackierbetrieben.

Erhebliche Einsparungen können durch die Aufreinigung und Wiederverwendung von Betriebsmitteln erzielt werden, beispielsweise von Reinigungslauge in der Getränkeindustrie und von Lösemitteln in der chemischen Industrie. Das gleiche gilt für die Rückgewinnung von Wertstoffen aus entsprechend hoch belasteten Abwässern.

Durch Wiederverwendung von Abwasser in der Produktion (Kreislaufführung) kann in der Papierindustrie eine Wassereinsparung von etwa 99 Prozent erreicht werden (Wassereinsatz früher: 1.000 m³/t Papier; heute: 8,6 m³/t Papier). Erwärmtes Kühlwasser kann z. B. in der Textilfärberei als Prozesswasser weiterverwendet oder sein Wärmeinhalt für Heizprozesse genutzt und so die Energiebilanz des Betriebs optimiert werden.

Im Sinne einer medienübergreifenden Optimierung muss darauf geachtet werden, dass Verfahren zur Begrenzung der Schadstofffracht im Abwasser nicht zu unzulässigen Belastungen über die Abluft oder den Abfall oder zu unnötig hohem Energieverbrauch führen.



Spülwassereinrichtung in
einem Galvanikbetrieb

**Produktionsintegrierte
Maßnahmen können
den Abwasseranfall um
ein Vielfaches reduzie-
ren.**

Abwasserbehandlung

Die erforderlichen Verfahren und Behandlungsstufen richten sich nach der Zusammensetzung des Abwassers und dem Behandlungsziel, das heißt ob das gereinigte Abwasser im Betrieb weiterverwendet, einer kommunalen oder privaten Kläranlage zur abschließenden Behandlung zugeleitet oder direkt in ein Gewässer eingeleitet werden soll.

Biologisch gut abbaubare Stoffe werden in einer biologischen Kläranlage behandelt. Es kommen aerobe Verfahren mit Luft- oder Sauerstoffzugabe und anaerobe Anlagen mit Sauerstoffausschluss zum Einsatz. Für schwer abbaubare Stoffe können oxidative Verfahren (z. B. Ozonbehandlung), adsorptive Verfahren (z. B. Aktivkohle) oder Filtrationsverfahren (z. B. Membranfiltration) jeweils in Kombination mit biologischen Verfahren eingesetzt werden.

Insbesondere zur Elimination anorganischer Schadstoffe, wie Schwermetallverbindungen, werden chemisch-physikalische Verfahren eingesetzt, also Prozesse wie Fällung, Flockung, Filtration, Sedimentation, Ionenaustausch und Neutralisation. Sie können in Kombination mit biologischen Verfahren angewendet werden.

Kühlwasser und erwärmtes Abwasser können aus den unterschiedlichsten Bereichen anfallen. Dabei werden folgende Kühlsysteme unterschieden:

- Frischwasserkühlung im Durchlauf
- Frischwasserkühlung im Ablauf
- Kreislaufkühlung

Zur Verminderung schädlicher Wärmeeinträge durch Kühlwassereinleitungen können Rückkühlverfahren (Kühltürme) im Ablauf oder im Kreislauf eingesetzt werden. Der Wasserbedarf verringert sich bei der Kreislaufkühlung auf etwa zehn Prozent im Vergleich zur Durchlaufkühlung. Allerdings müssen dabei Chemikalien zur Kühlwasserkonditionierung verwendet werden, die mit dem Kühlwasser abgeleitet werden.

Verschmutztes Niederschlagswasser wird entweder zusammen mit dem Prozessabwasser behandelt oder in separaten Einrichtungen gereinigt, z. B. in Ölabscheideranlagen.

Beispiel: Wassermanagement der Papierindustrie

Die Papierindustrie ist ein wichtiger Industriezweig in Bayern. In Bayern werden aus Altpapier, Holz und Zellstoff pro Jahr etwa vier Millionen Tonnen Papier hergestellt. Die wichtigsten Papiersorten sind Zeitungspapier, Verpackungskarton, Hygienepapiere und Spezialpapiere.



Abwasserbehandlungsanlage
im Chemiepark Trostberg



Papierfabrik der UPM GmbH,
Werk Schongau

Wasser ist für die Papierherstellung unerlässlich. Heute wird es im Produktionsprozess intensiv im Kreislauf geführt. Andernfalls wären zur Herstellung von einer Tonne Papier circa 1.000 m³ Wasser nötig. Heute liegt der Wassereinsatz aufgrund des optimierten Wassermanagements im Durchschnitt nur noch bei etwa 8,6 m³/t.

Bei der Abwasserbehandlung werden zunächst ungelöste Faserstoffe aus dem Abwasser entfernt. Dies geschieht meist durch Rechen- und Absetzanlagen. Die abgetrennten Faserstoffe werden in die Papierproduktion zurückgeschleust. Das Abwasser mit oftmals biologisch gut abbaubaren Inhaltsstoffen wird anschließend in einer biologischen Abwasserbehandlungsanlage geklärt. Es kommen Verfahren mit Luft- oder Sauerstoffzugabe (aerobe Verfahren) und Verfahren unter Sauerstoffausschluss (anaerobe Verfahren) zum Einsatz. Um auch schwer abbaubare Stoffe zu eliminieren, können weitergehende Reinigungsstufen nachgeschaltet werden (z. B. Ozonbehandlung oder Membranfiltration).

*Bild links:
Ozonreaktoranlage in
der Büttenpapierfabrik
Gmund GmbH & Co. KG,
Gmund/Tegernsee*



*Bild rechts:
Kläranlage der Gebr.
Lang GmbH Papierfabrik,
Ettringen*





Gewässerschutz – eine Bilanz

Gewässerschutz verlangt mehr als die Reinigung von Abwasser. Die Abwasserreinigung ist eine Grundvoraussetzung für ökologisch intakte Gewässer. Die Ziele des Gewässerschutzes lassen sich in fünf zentrale Punkte zusammenfassen:

- Verminderung der Abwasserströme
- Fachgerechtes Sammeln und Ableiten der in Siedlungsgebieten anfallenden Abwässer
- Bestmögliche Behandlung des Abwassers
- Vermeidung oder Reduzierung des Einsatzes gewässerrelevanter Schadstoffe
- Erreichen und Sicherung einer möglichst guten Qualität der Oberflächengewässer und des Grundwassers

Abwasserbehandlung ist die Grundvoraussetzung für ökologisch intakte Gewässer.

ABWASSERANFALL

Je weniger Abwasser anfällt, desto weniger kann es zur Belastung in den Gewässern beitragen. Dieser einfache Sachverhalt ist Basis für viele innovative Entwicklungen oder gesetzliche Vorgaben. Diese führten zu nachfolgenden Gewässerschutzstrategien:

- Verringerung des spezifischen Wasserverbrauchs der Einwohner Bayerns
- Offene oberirdische Regenwasserableitung
- Verringerung des Wassereinsatzes in der Industrie, z. B. durch Kreislaufführung
- Verstärkter Regenwasserrückhalt und -versickerung in Neubaugebieten
- Reduzierung der → *Fremdwassermengen* in der öffentlichen Kanalisation



Offene oberirdische Regenwasserableitung

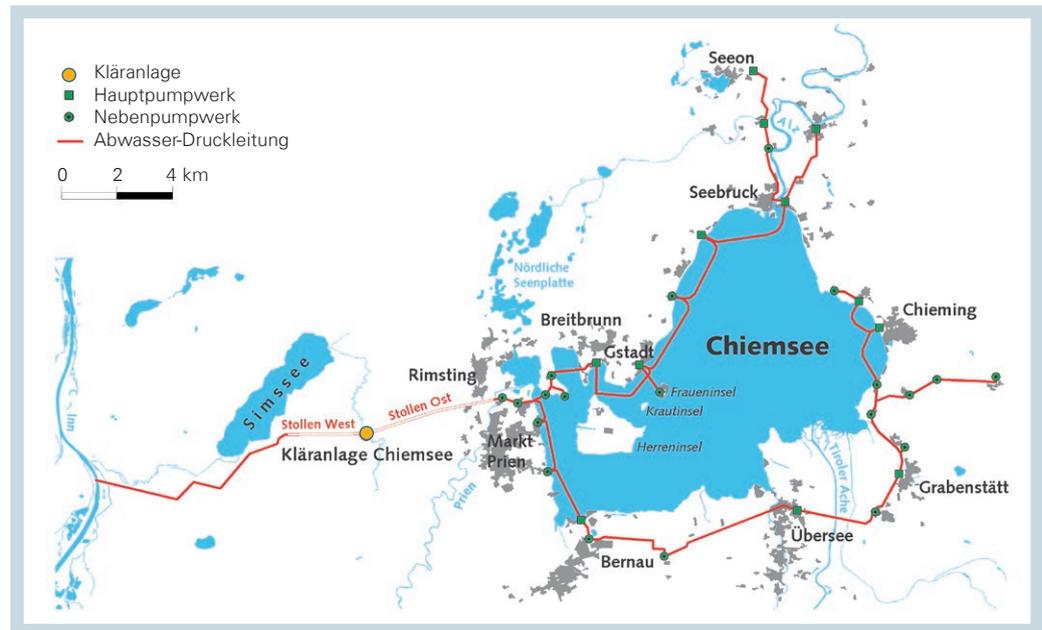
DASEINSVORSORGE

Mehr als 108.000 Kilometer öffentliche Kanäle mit über 13.000 Anlagen zur Misch- und Niederschlagswasserbehandlung sowie rund 20.000 Pumpwerke sammeln Abwässer und gewährleisten deren fachgerechte Behandlung. Diese technische Infrastruktur sorgt dafür, dass Gewässer und Kläranlagen hydraulisch nicht überlastet werden und Einträge von Schad- und Nährstoffen sowie Krankheitserregern in die Gewässer gemindert werden. Die Nutzungsdauer dieser Bauwerke erstreckt sich oft über mehrere Generationen. Um sie und die damit verbundene Entsorgungssicherheit zu erhalten, ist ein kontinuierlicher Wartungsaufwand erforderlich.

Abwasserinfrastruktur ist Garant für seuchenhygienisch unbedenkliche Verhältnisse.

Beispiel: Ringkanalisation

Zum Schutz der Seen vor Abwassereinleitungen haben sich vor allem → *Ringkanalisationen* bewährt. Dabei werden sämtliche Abwässer der Anliegergemeinden in Kanälen gesammelt, die rund um einen See geführt werden (manchmal auch im See), um sie in einer Kläranlage am Seeablauf zu behandeln. Die erste Ringleitung der Welt wurde ab 1957 für den Tegernsee gebaut. Die technisch schwierigste und aufwendigste Ringkanalisation mit abschnittsweise im See verlegten Druckleitungen wurde von 1986 bis 1990 am Chiemsee realisiert. Heute sind an mehr als 20 Seen mit insgesamt 250 Quadratkilometer Oberfläche über 300 km Ringkanäle in Betrieb.



Ringkanalisation Chiemsee

ABWASSERBEHANDLUNG UND STOFFEINTRÄGE – EMISSIONSBETRACHTUNG

Organische Stoffe

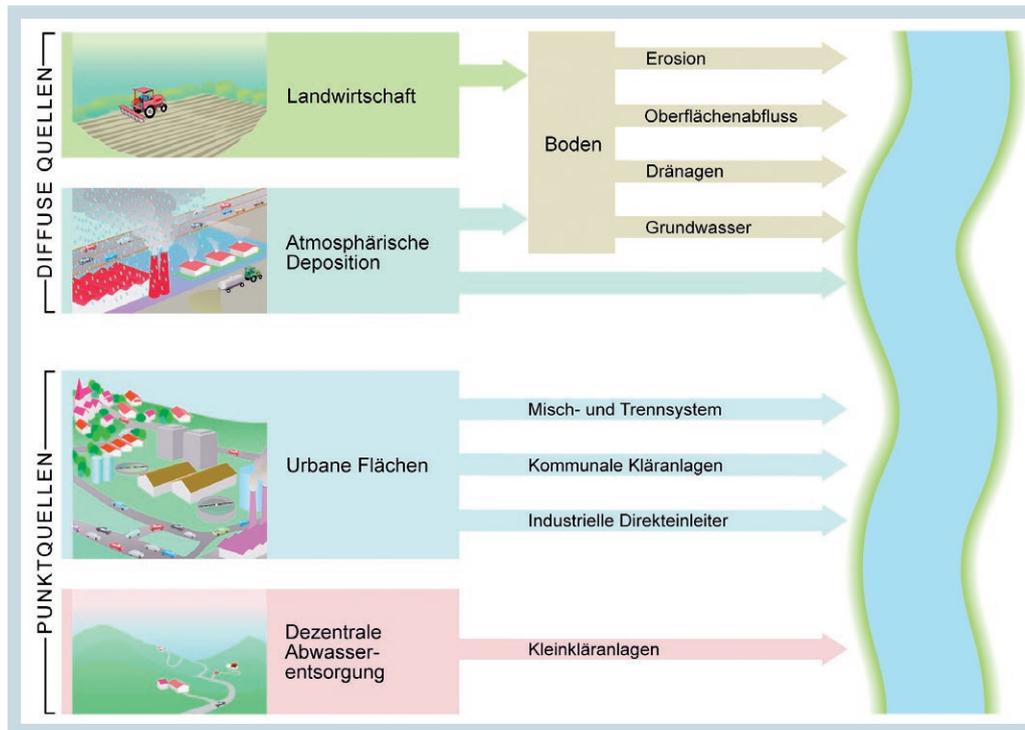
Unbehandeltes häusliches Abwasser enthält organische Stoffe, die bei Einleitung in ein Gewässer durch biologische Abbauprozesse zu niedrigen Sauerstoffkonzentrationen führen können. Dies kann Fische und Gewässerlebewesen gefährden. In den letzten Jahrzehnten ist die Belastung der Gewässer mit sauerstoffzehrenden Stoffen durch die Ausrüstung von Kläranlagen nach dem Stand der Technik zwischenzeitlich auf ein unbedenkliches Maß zurückgegangen.

Nährstoffeinträge

In oberirdischen Gewässern sind vor allem die Nährstoffe Stickstoff und Phosphor für das pflanzliche Wachstum verantwortlich. Dabei ist Phosphor der entscheidende Faktor. Bei erhöhter Konzentration und Verfügbarkeit führen Nährstoffe vor allem in langsam fließenden oder stehenden Gewässerabschnitten zu überhöhtem Algen- und Pflanzenwuchs. Ab einem bestimmten Belastungsgrad können Gewässer ihre natürliche Funktion nicht mehr erfüllen und keinen guten ökologischen Zustand erreichen.

Nährstoffeinträge in
Gewässer stammen aus
punktuellen und diffu-
sen Quellen.

Die Quellen der Nährstoffeinträge sind seit langem bekannt. Sie stammen zum einen aus den Einleitungen von kommunalen Kläranlagen (→ *Punktquellen*) und zum anderen werden sie diffus über die Luft und den Boden eingetragen oder bei Regen eingeschwemmt. Mit Hilfe von EDV-gestützten Modellen (z. B. → *MONERIS*) lassen sich verschiedene Eintragsfrachten flächenbezogen berechnen und vergleichend darstellen.



Mögliche Eintragsquellen von Nährstoffen in Oberflächengewässer

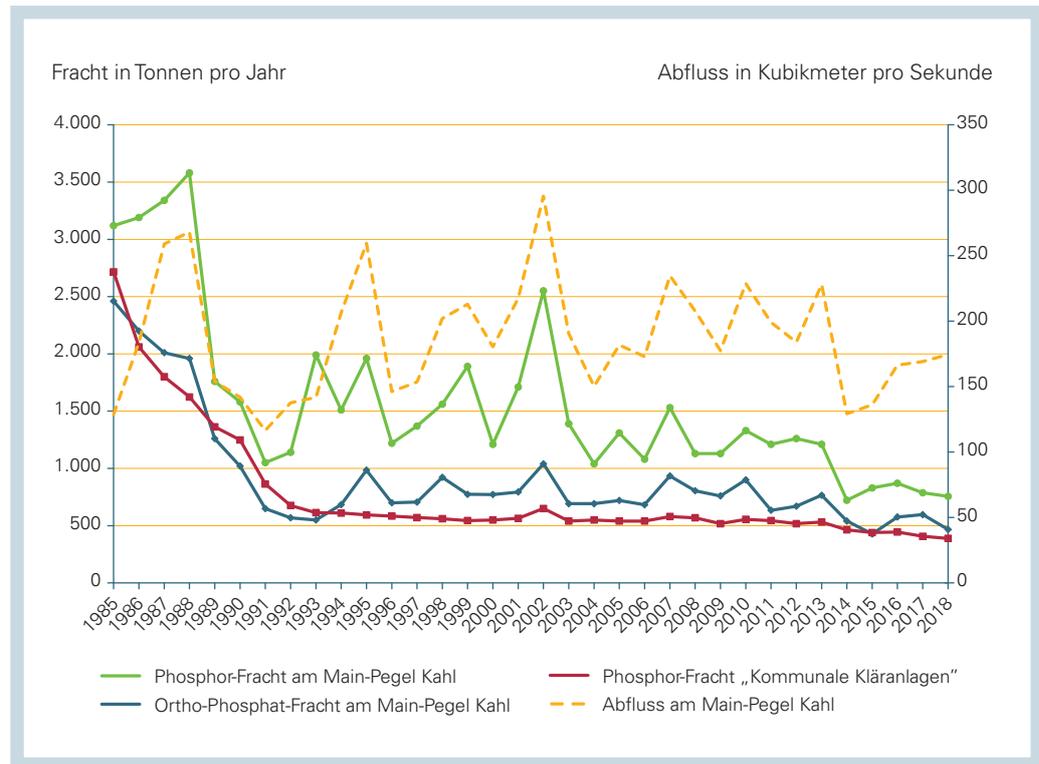
Seit Beginn der 1980er-Jahre wurde die technische Nachrüstung von Kläranlagen zur Stickstoff- und Phosphorelimination vorangetrieben. Mittlerweile findet bei mehr als 90 Prozent des anfallenden Abwassers eine Nährstoffelimination statt. Diese Anstrengungen zeigen im Gewässer Wirkung.



Naab bei Duggendorf
(Landkreis Regensburg)

Beispiel: Main

Von 1985 bis Mitte der 1990er-Jahre reduzierte sich die Phosphor-Fracht, überwiegend als gelöstes ortho-Phosphat, aus kommunalen Kläranlagen im Main-Einzugsgebiet um rund 80 Prozent von 2.500 Tonnen pro Jahr auf etwa 500 Tonnen pro Jahr. Gleichzeitig sank die Fracht an ortho-Phosphat im Main um etwa 80 Prozent. Die Maßnahmen an den Kläranlagen haben zu einer erheblichen Entlastung des Mains beigetragen.



Phosphorfrachten am Pegel Kahl/Main sowie Eintragsfrachten aus kommunalen Kläranlagen im Main-Einzugsgebiet

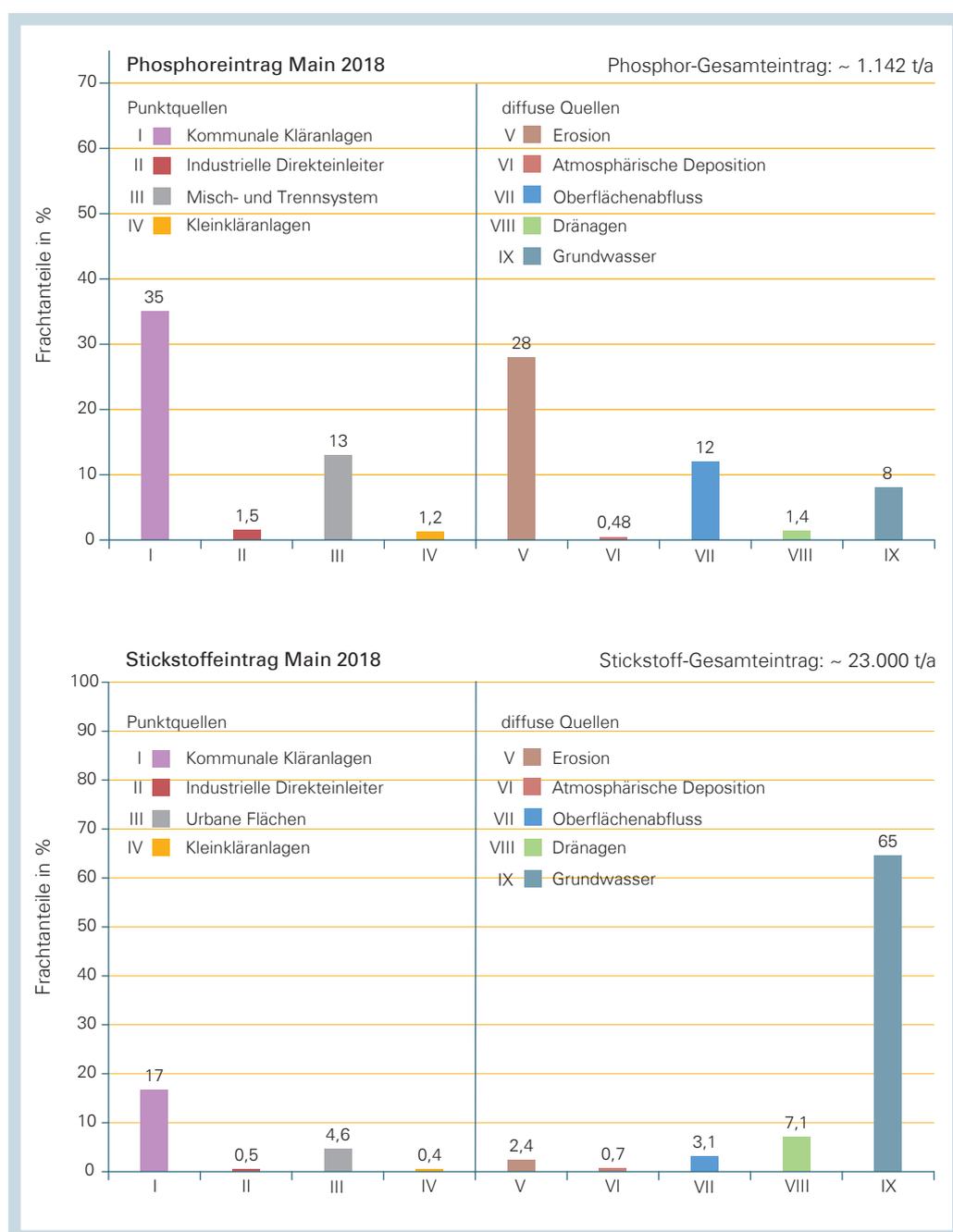
Am Verlauf der Gesamt-Phosphor-Fracht im Main – im Vergleich zum → *Abfluss* am Pegel Kahl – erkennt man deutlich, dass das Abflussgeschehen frachtbestimmend wirkt. Die Phosphoreinträge sind offensichtlich stark vom Niederschlag abhängig und werden vom Eintrag aus der Fläche dominiert (deutlich sichtbar im Nassjahr 2002). Ein ähnliches Verhalten ist auch an der Donau festzustellen.



Main bei Kleinheubach

Nach dem Rückgang der → *punktuellen Einträge* überwiegen sowohl beim Phosphor als auch insbesondere beim Stickstoff die → *diffusen Einträge* deutlich. Beim Phosphor stammt davon ein erheblicher Teil aus der Erosion und aus dem Oberflächenabfluss. Beim Stickstoff findet der Haupteintrag in Form von Nitrat-Stickstoff über den Grundwasserstrom statt. Bei Niederschlägen wird überschüssiger Stickstoff in Form von Nitrat von im Wesentlichen landwirtschaftlich genutzten Flächen ins Grundwasser ausgewaschen.

Neue Erkenntnisse zeigen, dass trotz der schon erreichten Reduktion in vielen Fließgewässern die Phosphorkonzentrationen für die Erreichung des guten ökologischen Zustandes weiterhin zu hoch sind. Zusätzliche Maßnahmen sind notwendig, um die diffusen und punktuellen Einträge weiter zu reduzieren, z. B. im Bereich der landwirtschaftlichen Bodenbearbeitung und Bodennutzung oder bei der Abwasserbehandlung.



Grafik oben:
Mittlere Phosphoreinträge im
Main-Einzugsgebiet 2018
Grafik unten:
Mittlere Stickstoffeinträge im
Main-Einzugsgebiet 2018



UV-Anlage Kläranlage
Bad Tölz

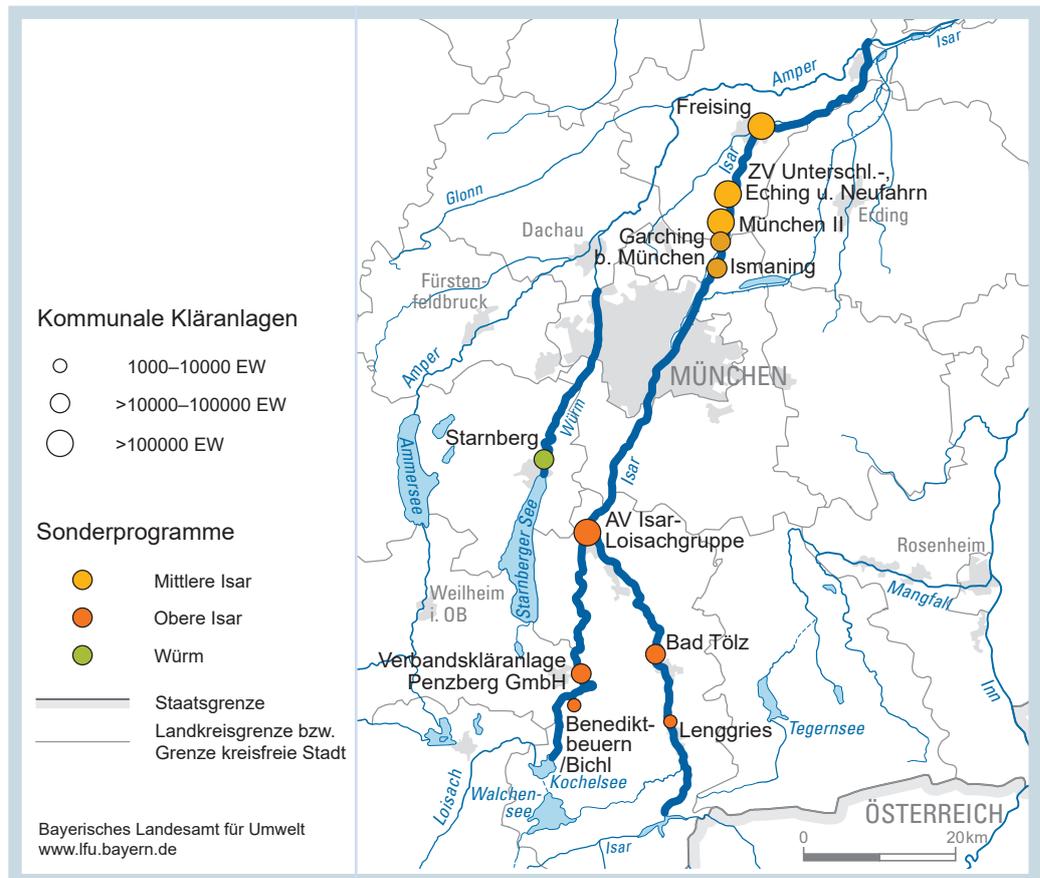
Vereinfachtes Fließschema
einer Kläranlage mit UV-
Anlage

Gesundheitsschädliche Mikroorganismen

In Kläranlagen gereinigtes Abwasser erreicht keine Badegewässerqualität. Dies ist unter anderem darauf zurückzuführen, dass mit den üblichen Reinigungsverfahren eine ausreichende Reduzierung der Keim-Belastung im Ablauf von Kläranlagen nicht möglich ist. Hierzu sind zusätzliche → *Desinfektionsstufen* notwendig, UV-Anlagen als nachgeschaltete Reinigungsstufe können dies leisten. Durch die Bestrahlung des gereinigten Abwassers mit UV-Licht werden die meisten gesundheitsschädlichen → *Mikroorganismen* getötet oder in ihrer Vermehrung gehindert.



UV-Anlagen wurden auf bayerischen Kläranlagen an den Flüssen Isar, Loisach und Würm errichtet. Ziel dieser freiwilligen, vom Freistaat Bayern finanziell geförderten Maßnahme, ist die Verringerung der hygienischen Belastung während der Badesaison im Sommer. Die Flüsse Isar und Würm in der Millionenmetropole München weisen inzwischen eine im Vergleich zu anderen europäischen Hauptstädten hervorragende Wasserqualität auf.



Kläranlagen mit Abwasser-
desinfektion an Isar, Loisach
und Würm

GEWÄSSERZUSTAND – IMMISSIONSBETRACHTUNG

In oberirdischen Gewässern sind bei Abwassereinleitungen vor allem die biologisch leicht abbaubaren organischen Stoffe, die Nährstoffe Stickstoff und Phosphor sowie chemische Schadstoffe für die Gewässerökologie von Bedeutung. Im Grundwasser gilt es darüber hinaus, den Eintrag von Krankheitserregern zu unterbinden.

Die Ermittlung des Zustands eines Gewässers ist eine komplexe Aufgabe. In Oberflächengewässern wird hierzu neben dem chemischen Zustand nahezu die gesamte aquatische Lebensgemeinschaft an den Messstellen untersucht und bewertet. Dazu gehören Fische, höhere Wasserpflanzen und Aufwuchsalgen (Makrophyten und Phytobenthos) sowie wirbellose Tiere und deren Larven (Makrozoobenthos (MZB)) und auch die Algen des Freiwassers (Phytoplankton). Die Bewertung jeder dieser biologischen Qualitätskomponenten, kurz „Biokomponenten“, erfolgt in der Regel mit mehreren verschiedenen Modulen oder Teilkomponenten. Sie beziehen sich auf die Arten der Gewässerorganismen und deren Häufigkeit. An zwei Biokomponenten werden im Folgenden exemplarisch die abwasserbürtigen Einflüsse auf den Gewässerzustand erläutert.

Ökologischer Zustand – Biokomponente Makrozoobenthos (MZB) „Modul Saprobie“ (Gewässergüte)

Während noch Anfang der 1980er-Jahre gelegentlich Schaumberge und Fischsterben an unseren Gewässern festzustellen waren, ist die Wasserqualität heute um ein Vielfaches besser. Die Anstrengungen von Kommunen, Gewerbe- und Industriebetrieben, unterstützt vom Freistaat Bayern, zeigen hier große Erfolge. Die Belastung mit leicht abbaubaren organischen Stoffen, die vor allem aus häuslichem Abwasser stammen, ist erheblich zurückgegangen. Das ist besonders der guten Kooperation zwischen dem Freistaat, den bayerischen Kommunen und der Industrie zu verdanken, die schnell und frühzeitig dafür gesorgt hat, dass Abwasser umfassend gereinigt und Schadstoffeinträge gedrosselt wurden. In den Einzugsgebieten der großen Seen wurden → *Ringkanalisationen* gebaut, die das Abwasser um die empfindlicheren Seeökosysteme herumleiten.

Die Veränderung der Abwasserbelastung zeigte sich in der stark rückläufigen organischen Belastung unserer Gewässer über die letzten Jahrzehnte, die mit der damals für Fließgewässer üblichen Bewertung der Gewässergüte mit MZB und weiteren belastungsanzeigenden Kleinstlebewesen ermittelt wurde. Während im Jahr 1973 fast ein Viertel der Fließgewässer stark verschmutzt war (frühere Gewässergüteklasse III und schlechter), betrug deren Anteil im Jahr 2001 nur noch 1,2 Prozent.

Mit Einführung der → *Wasserrahmenrichtlinie* wurde in den Mitgliedstaaten der EU die Bewertungsmethode verändert: Seither erfolgt die Ermittlung des Gewässerzustands bezogen auf die jeweiligen Gewässertypen – denn es macht einen Unterschied, ob ein Gebirgsbach oder Tieflandfluss untersucht wird. Statt der früheren 7-stufigen Gütebewertung (siehe Karte Seite 52) gibt es heute eine 5-stufige Zustandsbewertung mit etwas anderer Farbdarstellung (siehe Karte Seite 53). Nach der neuen Bewertungsmethode weisen zum Beispiel fast 90 Prozent der Fließgewässer mit einem Einzugsgebiet größer zehn Quadratkilometer eine gute oder sehr gute Zustandsklasse des MZB-Moduls → *Saprobie* auf.



Probennahme von Organismen mit einem Kescher in der Sächsischen Saale, im Kontext einer gewässerbiologischen Untersuchung

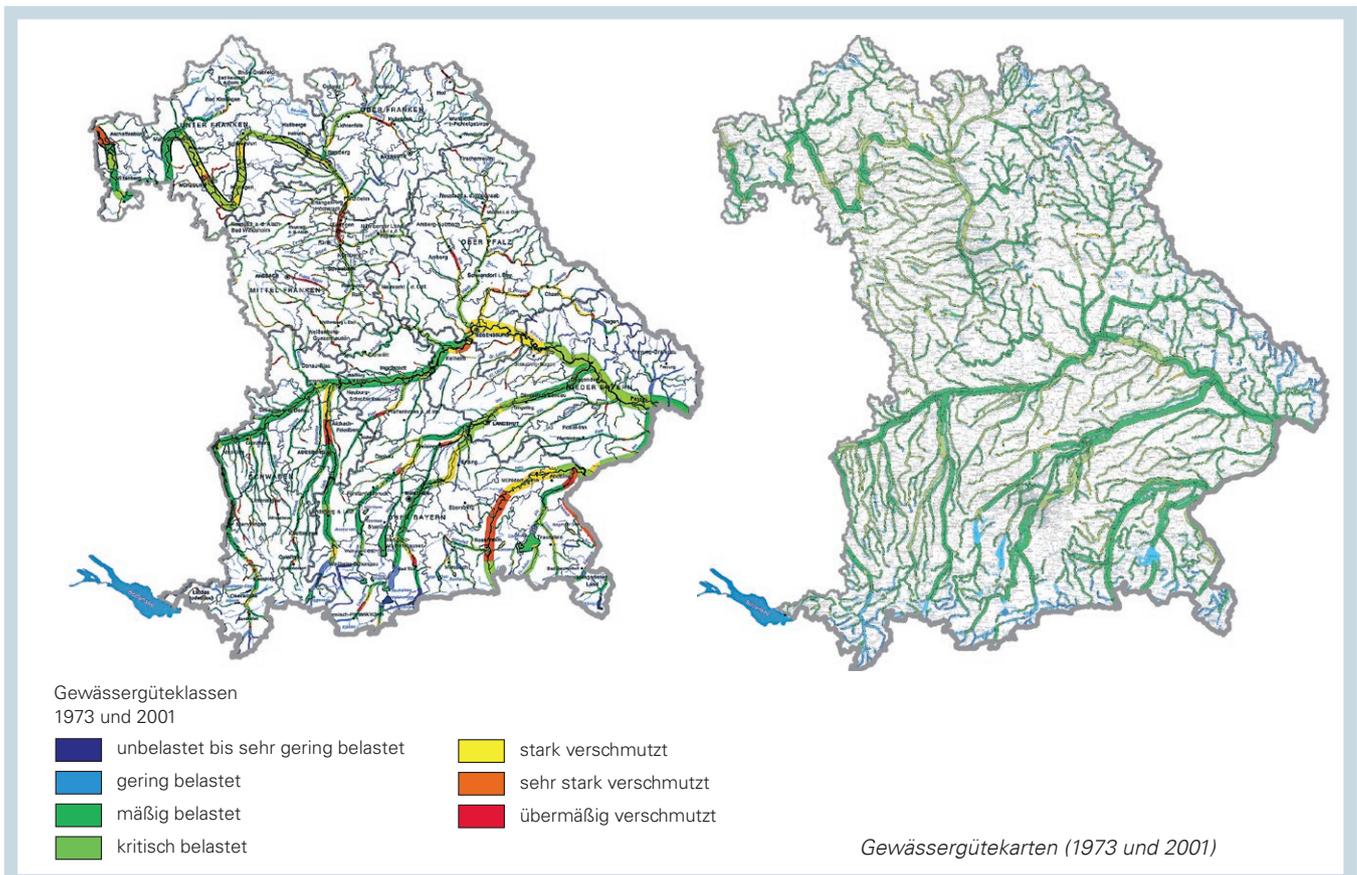
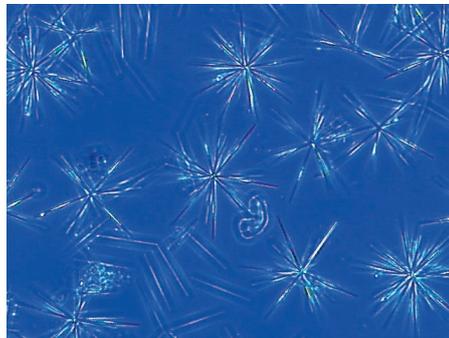
Ökologischer Zustand – Biokomponente „Makrophyten & Phytobenthos“ (Nährstoffbelastung)

Die Nährstoffbelastung eines Gewässers wird vor allem mit den pflanzlichen Organismengruppen ermittelt. Diese bestehen zum einen aus Makrophyten (höhere Wasserpflanzen) und Phytobenthos (auf dem Sediment aufwachsende Algen, in Seen wird diese Teilkomponente durch die sogenannten Aufwuchs-Kieselalgen repräsentiert), zum anderen aus Phytoplankton (freischwebende Algen, zumeist nur in Seen von Relevanz). Die Algengruppen reagieren besonders sensibel auf Nährstoffbelastungen, insbesondere auf leicht bioverfügbare Phosphorkomponenten. Während beispielsweise Aufwuchs-Kieselalgen wegen ihrer schnellen Vermehrung innerhalb weniger Wochen mit der Zusammensetzung der Arten auf Veränderungen der Nährstoffkonzentration reagieren können (Kurzzeitindikatoren), benötigen Makrophyten mindestens eine Vegetationsperiode (einen Sommer) um Individuen auszubilden. Neue, auf veränderte Bedingungen angepasste Arten können frühestens im Folgejahr, zumeist aber nach mindestens zwei Sommern auskeimen (Langzeitindikatoren).

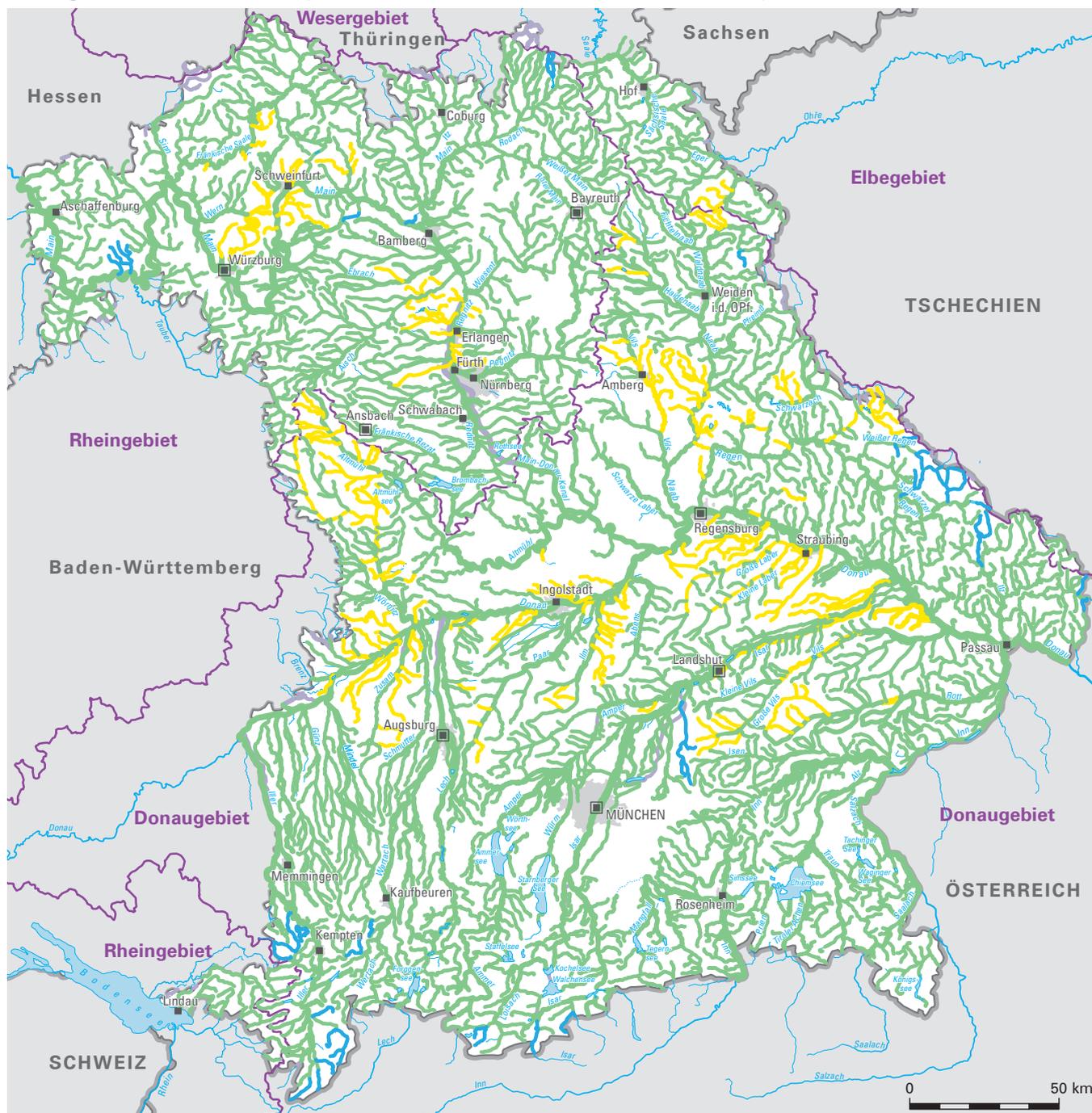
Bild links: Makrophyten

Bild Mitte: freischwebende
Kieselalgen des Phytoplanktons

Bild rechts: Phytobenthos



Biologische Qualitätskomponente Makrozoobenthos – Modul Saprobie



Ökologischer Zustand/ Ökologisches Potenzial Fließgewässer

Makrozoobenthos – Modul Saprobie

- | | |
|---|---|
| — sehr gut | — Hauptwasserscheide |
| — gut | Sitz Bezirksregierung |
| — mäßig | Stadt |
| — unbefriedigend | Siedlungsfläche |
| — schlecht | Staatsgrenze |
| — nicht klassifiziert | Landesgrenze |

Bayerisches Landesamt für Umwelt
www.lfu.bayern.de

Fachdaten: Bewirtschaftungspläne 2022 - 2027
Geobasisdaten: DLM 1000, © GeoBasis-DE/BKG 2017 (Daten verändert)

Mehr als die Hälfte der Fließgewässer Bayerns zeigen Symptome eines zu hohen Nährstoffgehalts.

Neue Erkenntnisse zeigen, dass trotz der schon erreichten Erfolge in vielen Fließgewässern und Seen die Phosphorkonzentrationen für die Erreichung des guten ökologischen Zustandes noch zu hoch sind. Beispielsweise zeigen mehr als die Hälfte der Fließgewässer Bayerns Symptome eines zu hohen Nährstoffgehalts. Der ökologische Zustand dieser Gewässerabschnitte ist mäßig oder unbefriedigend.

Zusätzliche Maßnahmen sind notwendig, um die → *punktuellen* und → *diffusen Einträge* weiter zu reduzieren, z. B. bei der Abwasserbehandlung und im Bereich der landwirtschaftlichen Bodenbearbeitung und Bodennutzung.



Naab bei Kallmünz
(Landkreis Regensburg)

Abwasser

Wer zahlt was?

Gewässerschutz kostet Geld, das letztlich verursachergerecht von den Abwasserproduzierenden aufzubringen ist – den Bürgern und den Industrie- und Gewerbebetrieben. Es ist gut angelegtes Geld, da es dem Schutz unserer Umwelt dient.

KOSTEN DER ABWASSERENTSORGUNG

Nach dem Kommunalabgabengesetz sind die Kommunen verpflichtet, die Abwasserentsorgung kostendeckend sicherzustellen. Der Aufwand für die Abwasserbeseitigung wird durch einmalige Beiträge und laufende Gebühren (in Euro je Kubikmeter Abwasser) finanziert. Gewinne dürfen die Gemeinden hiermit nicht erzielen. Ebenso wenig darf die Gemeinde Mittel aus dem allgemeinen Haushalt zuschießen.

Abwasserentsorgung muss kostendeckend durch Beiträge und Gebühren finanziert werden.

Die Kosten der Abwasserentsorgung unterscheiden sich in fixe und variable Kosten.

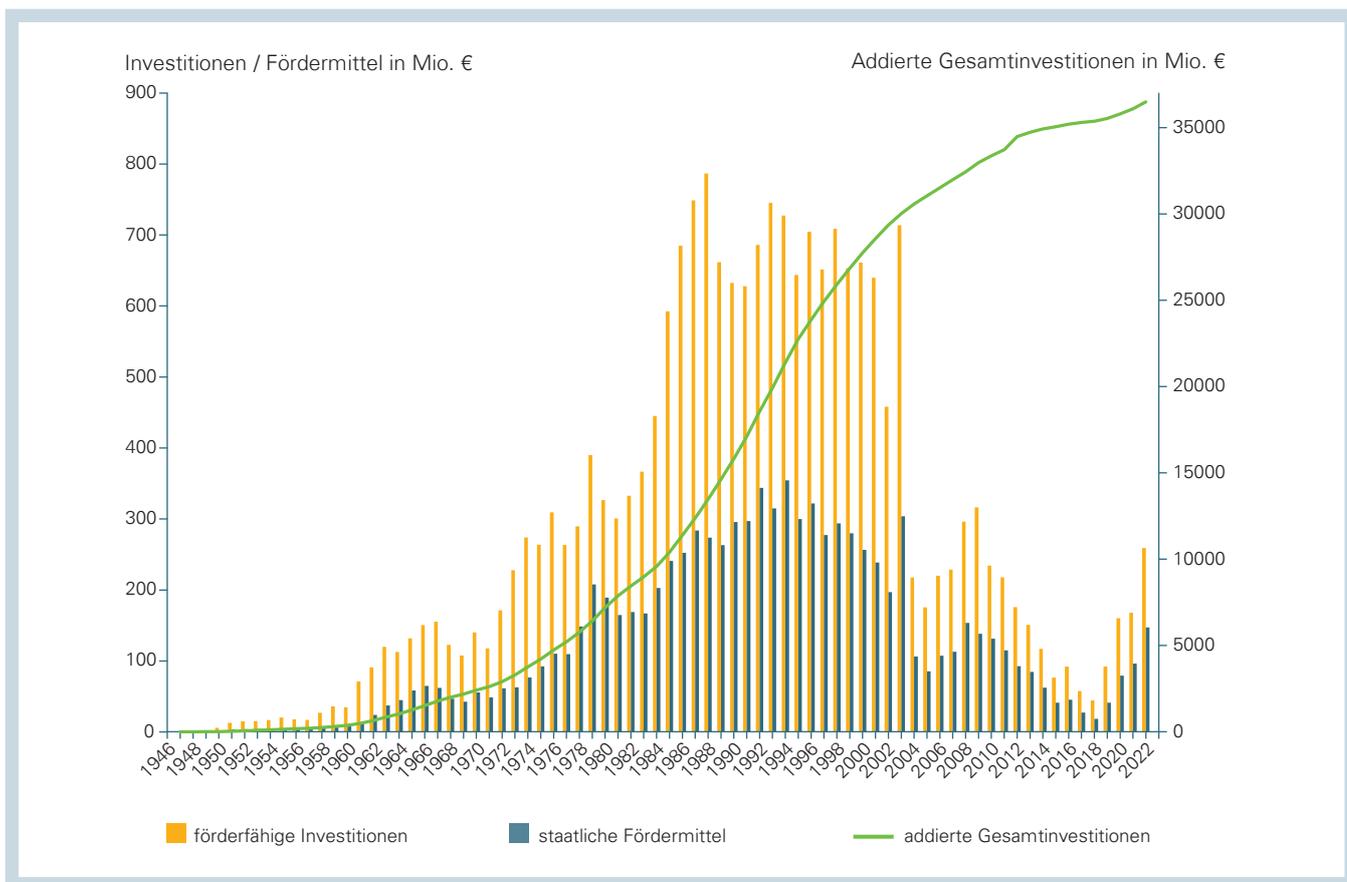
Fixe Kosten fallen unabhängig von den eingeleiteten Abwassermengen an. Bei der Abwasserentsorgung ist ihr Anteil mit in etwa 70 bis 80 Prozent der Gesamtkosten besonders hoch. Solche fixe Kosten umfassen etwa die Finanzmittel für den Unterhalt der Infrastrukturanlagen wie Rohrleitungen, Becken oder Pumpenanlagen sowie die Personalkosten. Die kalkulatorischen Kosten – Abschreibungen und die Verzinsung des Anlagenkapitals – fallen ebenfalls unter die Fixkosten.

Variable Kosten entstehen abhängig von der Abwassermenge. Ihr Anteil beträgt bei der Abwasserentsorgung circa 20 bis 30 Prozent der Gesamtkosten. Zu diesen Kosten gehören die Betriebskosten (z. B. Strom- und Betriebsmittelverbrauch, Verwaltung, Klärschlamm Entsorgung) und die staatlich erhobene Abwasserabgabe.

INVESTITIONEN UND STAATLICHE FÖRDERUNG

Die Bürgerinnen und Bürger bezahlen im Vergleich zu anderen Bundesländern in Bayern am wenigsten für die Abwasserentsorgung. Ein Grund dafür liegt in der langjährigen Förderung kommunaler Abwasseranlagen durch den Freistaat. Bis 31. Dezember 2015 unterstützte der Freistaat Bayern die Kommunen beim erstmaligen Bau von kommunalen Abwasseranlagen mit Zuwendungen („Ersterschließung“). Seit 1. Januar 2016 werden die Sanierung von Abwasseranlagen in Härtefällen sowie ergänzende Maßnahmen zur Umsetzung der → *EG-Wasserrahmenrichtlinie* bei kommunalen Kläranlagen gefördert. Die um die staatliche Förderung verminderten Kosten müssen die Städte und Gemeinden in Form von einmaligen Erschließungsbeiträgen und laufenden Abwassergebühren auf die angeschlossenen Nutzer umlegen. Ziel der Förderung ist insbesondere, unzumutbar hohe Gebühren- und Beitragsbelastungen für die Bürgerinnen und Bürger zu vermeiden.

Bayern unterstützt die Kommunen in Härtefällen.



Entwicklung der Investitionen und Fördermittel für kommunale Abwasseranlagen in Bayern

Von 1946 bis Anfang 2022 wurden in Bayern insgesamt 37 Milliarden Euro von den Städten und Gemeinden in den Bau von Abwasseranlagen investiert. Der Freistaat Bayern hat zu den förderfähigen Investitionen im gesamten Zeitraum 9,4 Milliarden Euro an staatlichen Fördermitteln ausbezahlt.

Mit einer eigenen Förderrichtlinie (RZKKA) wurde in Bayern von 2003 bis 2014 auch die Nachrüstung von auf Dauer bestehenbleibenden Kleinkläranlagen (Hauskläranlagen) mit insgesamt 187 Millionen Euro an Zuwendungen gefördert.

ABWASSERENTGELTE – BEITRÄGE UND GEBÜHREN

Für die Nutzung der öffentlichen Infrastruktur entstehen Kosten, die von den angeschlossenen Gemeindemitgliedern getragen werden müssen. Die Entgelte für die Abwasserentsorgung bestehen aus:

- Beiträgen, die einmalig erhoben werden zur (gegebenenfalls nur teilweisen) Deckung der Kosten für die Herstellung der Anlagen (Anschlussbeiträge)
- Gebühren, die laufend erhoben werden für die Benutzung der öffentlichen Einrichtungen (mengenabhängige Abwassergebühren und teils Grundgebühren)

Anschlussbeiträge

In erschlossenen Gebieten ist die Kommune verpflichtet, das anfallende Abwasser zu entsorgen. Hierfür werden – ähnlich wie beim Stromanschluss – Beiträge für die Erstellung der öffentlichen Infrastruktur fällig (z. B. Kanäle, Leitungen, Kläranlage).

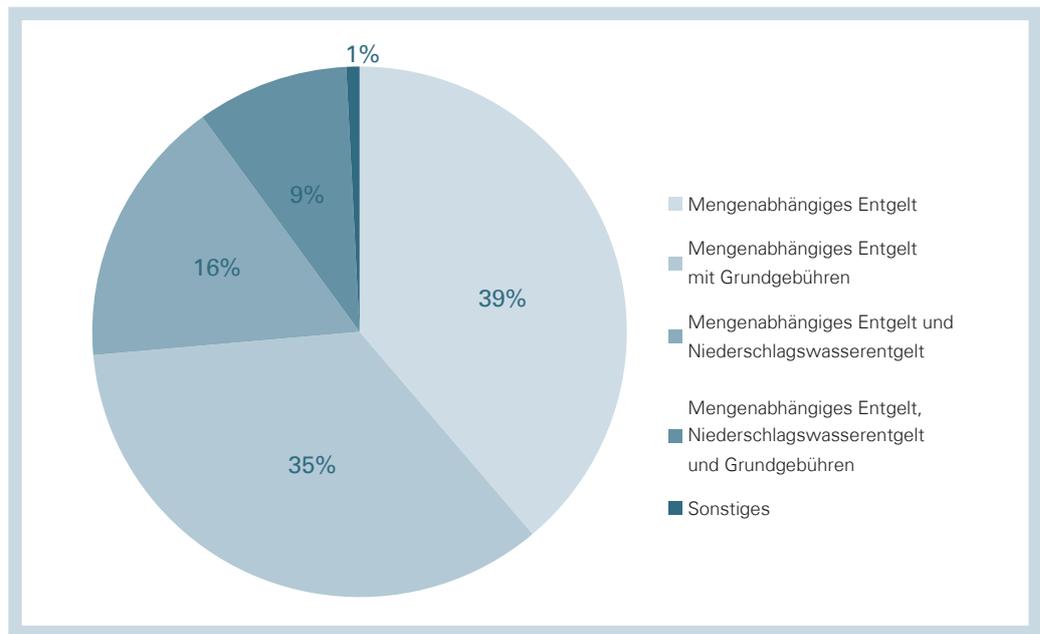
Abwassergebühren

Die Gebühren können grundsätzlich aus zwei Komponenten bestehen:

- feste verbrauchsunabhängige Komponente (Grundgebühr)
- variable verbrauchsabhängige Komponente (Mengengebühr oder Flächengebühr)

Die verbrauchsunabhängige Grundgebühr wird für die Inanspruchnahme der Lieferungs-, Abnahme- und Betriebsbereitschaft der öffentlichen Wasserversorgungs- und Entwässerungseinrichtung von den Grundstückseigentümern pro Anschluss erhoben.

Die verbrauchsabhängige Gebührenkomponente wird über den Frischwasserbezug berechnet (Frischwassermaßstab), der durch Wasserzähler gemessen wird. Gegebenenfalls müssen zu der gemessenen Frischwassermenge weitere Wassermengen hinzugezählt werden, z. B. Niederschlagswasser oder eventuell Wasser aus Eigenbrunnen oder Zisternen, wenn sie nach dem Gebrauch als Abwasser eingeleitet werden. Dabei können die Mengen an Niederschlagswasser über den Maßstab der angeschlossenen versiegelten Flächen anteilig verrechnet werden. Ein wertvolles Instrument zur Motivation der Grundstückseigentümer für einen naturnahen Umgang mit Regenwasser ist die getrennte Gebührenerhebung für Schmutz- und Niederschlagswasser. Bei dieser sogenannten gesplitteten Abwassergebühr werden die Schmutzwassergebühren nach den verbrauchten Kubikmetern an Frischwasser berechnet und die Niederschlagswassergebühren getrennt davon („gesplittet“) anhand der versiegelten Fläche, die an die öffentliche Kanalisation angeschlossen ist. Bei der Niederschlagswassergebühr kann der Hauseigentümer Geld sparen, indem er Entsiegelungsmaßnahmen durchführt und das Niederschlagswasser auf dem Grundstück zurückhält, versickern lässt oder zur Regenwassernutzung speichert. Diese Gebührenart muss von der Kommune gewählt werden, wenn die Kosten der Niederschlagswasserbeseitigung 12 Prozent der Gebührenkalkulation zugrunde gelegten Gesamtkosten der Entwässerungseinrichtung übersteigt.



Verteilung der Arten von Abwassergebühren (nach LfStad 2019)

Bei den Abwassergebühren ist die Erhebung von einer ausschließlich mengenabhängigen Gebühr mit 39 Prozent die häufigste Tarifkonstellation, gefolgt von den Gemeinden mit mengenabhängiger Gebühr und Grundgebühr mit 35 Prozent. 16 Prozent der Gemeinden erheben eine mengen- und flächenabhängige Abwassergebühr.

Durchschnittlich 2,01 Euro pro Kubikmeter Frischwasser sind für die Abwasserentsorgung zu entrichten.

Die mengenabhängige Gebühr für die Abwasserentsorgung in Abhängigkeit vom Frischwasserbezug beträgt in Bayern durchschnittlich 2,01 Euro je Kubikmeter. Die mengen- und flächenunabhängigen Gebühren liegen bei durchschnittlich 49,24 Euro im Jahr. Hinzu kommen in manchen Gemeinden noch die Gebühren für Regenwasser.

Es sind regional unterschiedliche Preissteigerungen zu verzeichnen. Da nach Einschätzungen der wichtigsten Fachverbände auch in den kommenden Jahren erheblicher Sanierungsbedarf bei den Abwasserentsorgungseinrichtungen besteht, ist auch in Zukunft von weiteren Erhöhungen auszugehen.

Bei einem unmittelbaren Vergleich der Entgelte ist zu berücksichtigen, dass die Entsorgung von Abwasser unter sehr unterschiedlichen Rahmenbedingungen zu leisten sind. Einflussgrößen wie geographische oder hydrogeologische Besonderheiten, demographische Struktur, Infrastruktur, Tourismus und Kalkulationsansätze der Verwaltung können daher selbst bei unmittelbar benachbarten Gemeinden zu erheblichen Differenzen führen.

Der auf der Basis verbrauchsabhängiger Gebühren berechnete durchschnittliche Gesamtpreis für Trink- und Abwasser lag in Bayern im Jahr 2019 bei insgesamt 3,66 Euro je Kubikmeter. Als durchschnittliche Kosten für Trinkwasserversorgung und Abwasserentsorgung für einen Modellhaushalt mit vier Personen ergeben sich in Bayern 630 Euro im Jahr. Die niedrigsten Kosten entstehen in Oberbayern mit 570 Euro im Jahr, die höchsten in Oberfranken mit 749 Euro pro Jahr. Im Bundesvergleich gehört Bayern zu den Bundesländern mit dem niedrigsten Gebührenniveau für die Trinkwasserversorgung und Abwasserbeseitigung.

ABWASSERABGABE

Für das Einleiten von Abwasser in Gewässer ist laut Abwasserabgabengesetz durch die → *Direkteinleiter* eine Abgabe an das Bundesland zu entrichten. Die Abwasserabgabe richtet sich in ihrer Höhe nach der eingeleiteten Schadstofffracht. Je geringer die erlaubten Abwassereinleitungsmengen und Schadstoffkonzentrationen im Abwasser sind, desto weniger Abwasserabgabe ist zu bezahlen. Die Abgabe schafft demnach einen finanziellen Anreiz, die Abwasserreinigung stetig zu verbessern, zumal bestimmte Investitionen unter vorgegebenen Voraussetzungen mit der geschuldeten Abgabe verrechnet werden können.

Niederschlagswasser aus Regenwasserkanälen bleibt abgabefrei, wenn die Anforderungen der Einleitungserlaubnis erfüllt sind. Niederschlagswasser aus → *Mischkanalisationen* ist nur dann abgabefrei, wenn ausreichend Speichervolumen zur Mischwasserbehandlung vorhanden ist und die Anforderungen der Einleitungserlaubnisse der Kläranlage und der Entlastungsbauwerke eingehalten werden.

Bei der öffentlichen Abwasserentsorgung ist diese Abgabe in die von den Gemeindemitgliedern zu zahlende Abwassergebühr eingerechnet. Auch direkt einleitende Industrie- und Gewerbebetriebe entrichten Abwasserabgabe. Das Aufkommen der Abwasserabgabe ist vom Bundesland zweckgebunden für Maßnahmen zu verwenden, die der Erhaltung oder Verbesserung der Gewässergüte dienen.

Die Abwasserabgabe ist ein Instrument zur stetigen Verbesserung der Abwasserreinigung.



Blick in die Zukunft

Abwasserentsorgung ist eine Daueraufgabe.

Abwasserentsorgung ist eine Daueraufgabe. Den erreichten Standard zu halten und erforderlichenfalls weiter auszubauen, muss das Bestreben der Verantwortlichen sein. Angepasste Technologien, fachlicher Sachverstand und betriebswirtschaftliches Handeln sind nötig, damit Gewässerschutz als Kernaufgabe der öffentlichen Daseinsvorsorge in der Zuständigkeit der Anlagenbetreiber weiterhin auf dem erreichten Niveau geleistet werden kann. Die folgenden Abschnitte zeigen, wie die kommenden Herausforderungen im Gewässerschutz angegangen werden sollen.

SIEDLUNGSENTWÄSSERUNG UND KOMMUNALE ABWASSERBEHANDLUNG

Sanierung von Grundstücksentwässerungsanlagen

Bau, Betrieb und Unterhalt von Grundstücksentwässerungsanlagen liegen in der Eigenverantwortung der Grundstückseigentümer. Es empfiehlt sich, Prüfungen und gegebenenfalls erforderliche Sanierungen privater Abwasserleitungen durch den kommunalen Kanalnetzbetreiber zu koordinieren oder in Zusammenhang mit Maßnahmen an der öffentlichen Kanalisation durchzuführen. So können eine hohe fachliche Qualität gewährleistet und Kosten für die Grundstückseigentümer eingespart werden. Durch regelmäßige Überprüfungen bleibt der Wert der eigenen Immobilie erhalten und erhöhte Folgekosten werden vermieden.

Kanalbetrieb und -sanierung

Für den ordnungsgemäßen Betrieb der öffentlichen Kanalisation sind die Städte und Gemeinden zuständig. Dazu gehören regelmäßige Untersuchungen. Insbesondere die erstmalige Inspektion aller Kanalnetze durch Begehung oder Kamerabefahrung sollte unbedingt baldmöglichst abgeschlossen werden. Zusätzlich sind Abwasserdruckleitungen wiederkehrend einer Dichtheitsprüfung zu unterziehen, da von ihnen ein erhöhtes Gefährdungspotential für Boden und Grundwasser ausgeht.

Die Aktivitäten zur Sanierung von Abwasserkanälen sind deutlich zu steigern.

Regelmäßig durchgeführte Erhebungen zum Zustand der öffentlichen Kanalnetze in Bayern zeigen einen kontinuierlich steigenden Sanierungsbedarf. Laut der aktuellen Erhebung besteht nach Abschätzung der Betreiber sofortiger bis mittelfristiger Sanierungsbedarf bei etwa 20 Prozent der Kanäle. Zum Schutz von Grundwasser und Boden vor Verunreinigungen und zum Erhalt der Funktionstüchtigkeit der öffentlichen Kanalisation ist es von entscheidender Bedeutung, diesen Sanierungsstau zügig abzubauen. Dazu sind die Aktivitäten zur Sanierung von Abwasserkanälen deutlich zu steigern. Im Rahmen der Initiative „Schau auf die Rohre“ sind vielfältige Informationen und Beispiele zur Kanalsanierung verfügbar (www.schaudrauf.bayern.de).

Messeinrichtungen bei Mischwasserentlastungsanlagen

Zur Gewährleistung eines bestmöglichen Gewässerschutzes im → *Mischsystem* kommt der Dokumentation und Auswertung von Entlastungsereignissen große Bedeutung zu. Dazu sind Mischwasserentlastungsanlagen mit den erforderlichen Messeinrichtungen zur Erfassung von Entlastungshäufigkeiten und Entlastungsdauern auszustatten.

Mikroverunreinigungen

Mikroverunreinigungen sind in sehr niedrigen Konzentrationen im gereinigten Abwasser enthalten, da für viele dieser Verbindungen mit der konventionellen Abwasserbehandlung eine weitergehende Verminderung nicht möglich ist. Beispielsweise gelangen bestimmte Arzneimittelwirkstoffe vor allem mit häuslichem Abwasser über die kommunalen Kläranlagen in die Gewässer.

Sollen Mikroverunreinigungen im Hinblick auf ihr Wirkungspotenzial deutlich reduziert werden, ist daher eine zusätzliche 4. Reinigungsstufe auf Kläranlagen notwendig. Dabei wird meist Aktivkohle oder Ozon zur weitergehenden Abwasserbehandlung eingesetzt.

Bayern beabsichtigt, den Eintrag von relevanten Mikroverunreinigungen in die aquatische Umwelt durch den Ausbau von ausgewählten kommunalen Kläranlagen mit einer 4. Reinigungsstufe als sinnvolle Vorsorgemaßnahme zu vermindern. Dadurch soll insgesamt eine kosteneffiziente Verbesserung für die bayerischen Gewässer erreicht werden. Für die Auswahl entsprechender Kläranlagen werden die folgenden Kriterien berücksichtigt:

- die Größe der Kläranlage
- der von der Kläranlage verursachte Abwasseranteil im Gewässer (als Maß für den Einfluss auf die Gewässerökologie)
- die Relevanz der Abwassereinleitung für die Trinkwasserversorgung aus Uferfiltrat

Im mittelfränkischen Weißenburg wurde die erste kommunale Anlage zur Verringerung von Mikroverunreinigungen realisiert. Relevante Mikroverunreinigungen können dort um über 80 Prozent reduziert werden.

Demographischer Wandel

Veränderungen in der Bevölkerungsentwicklung stellen die Kommunen vor neue Herausforderungen. In manchen ländlichen Gebieten sinkt durch eine abnehmende Einwohnerzahl die Wirtschaftskraft, wodurch sich die Einnahmen kommunaler Haushalte reduzieren können. Darüber hinaus kann es durch geringere Abwassermengen verstärkt zu Ablagerungen in der Kanalisation kommen, bestehende Kläranlagen werden nicht mehr ausgelastet und müssen gegebenenfalls angepasst werden. Durch die Abnahme der Bevölkerung kann es schwieriger werden, qualifiziertes Personal für den Abwassersektor zu finden.

Eintragsquellen für Spurenstoffe sind überwiegend kommunale Kläranlagen.



4. Reinigungsstufe Kläranlage
Weißenburg

Interkommunale Zusammenarbeit

Gemeinden können sich nach den Vorschriften des Gesetzes über kommunale Zusammenarbeit zusammenschließen, um ihre Pflichtaufgabe der Abwasserentsorgung gemeinsam zu erfüllen. Das kann in Form von Zweckverbänden, gemeinsamen Kommunalunternehmen, Zweckvereinbarungen oder kommunalen Arbeitsgemeinschaften erfolgen. Während auf dem Gebiet des Kläranlagenbetriebs schon häufig Zweckverbände gegründet wurden, kann die Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Erstellung und Pflege des digitalen Kanalkatasters, der Überwachung der Kanalnetze und der zugehörigen Sonderbauwerke, der Zustandserfassung und -beurteilung der öffentlichen Kanalnetze und bei der Erstellung von Sanierungskonzepten verstärkt werden. Der Freistaat Bayern fördert neue vorbildhafte interkommunale Kooperationsprojekte. Die interkommunale Zusammenarbeit steigert die Effizienz und Effektivität der Tätigkeiten im Abwassersektor. Mit Blick auf die demografische Entwicklung dient die interkommunale Zusammenarbeit auch dem Erhalt und dem Ausbau der kommunalen Handlungsfähigkeit.

INDUSTRIELLE/GEWERBLICHE ABWASSERBEHANDLUNG

Optimierungsprozesse

Das betriebliche Wassermanagement ist auf einem hohen Niveau.

Das betriebliche Wassermanagement und die Abwasserreinigung sind in Bayern insgesamt auf einem hohen Niveau. Dennoch sind weitere Verbesserungen möglich. Sie können beispielsweise durch regelmäßige Audits im Rahmen eines Umweltmanagementsystems ermittelt werden.

Sanierungsmaßnahmen, die bei älteren Anlagen ohnehin anstehen, aber auch betriebliche Erweiterungen können genutzt werden, um Behandlungssysteme zu optimieren. So können herkömmliche Belebungsanlagen z. B. auf ein effizienteres Membranbelebungsverfahren umgestellt werden.

Auch die Integration anaerober Behandlungsstufen ermöglicht in geeigneten Fällen eine Verbesserung der Energie- und Stoffbilanz in der Abwasserreinigung. Bei der anaeroben Abwasserbehandlung entsteht als Nebenprodukt Biogas, welches sich zur Stromerzeugung eignet. Gegebenenfalls kann die Gasausbeute durch die Mitbehandlung geeigneter organischer Produktionsabfälle erhöht werden.

Eine Nutzung des Wärmeinhaltes von betrieblichen Abwässern für interne Produktionsabläufe oder extern im Verbund mit anderen Abnehmern optimiert ebenfalls den Ressourceneinsatz.

Integrierte Produktpolitik

Die Fortentwicklung der Produktionsverfahren mit dem Ziel, die Umwelteinwirkungen möglichst zu minimieren, bleibt eine permanente Aufgabe. Schon während des Produktionsprozesses sollte die gesamte Lebensdauer der Ware berücksichtigt werden, um Umweltauswirkungen bei Herstellung, Gebrauch und Entsorgung der Ware so gering wie möglich zu halten (Integrierte Produktpolitik). Viele Produkte durchlaufen eine Wertschöpfungskette, die durch das Zusammenwirken von Zulieferern, Halbzeug- und Endproduktherstellern entsteht. Durch eine integrierte Produktpolitik kann sichergestellt werden, dass abgestimmte Maßnahmen in den einzelnen Stufen die Umweltauswirkungen insgesamt minimieren. Insbesondere Stoffe, die schwer abbaubar oder persistent und mobil sind oder die ökotoxische Wirkung aufweisen, sind bereits am Ort des Anfalles zu minimieren. Idealerweise erfolgt in diesen Fällen eine abwasserfreie Produktion. Ein besonderes Augenmerk liegt hier auf per- und polyfluorierten Chemikalien (PFAS) und hormonartig wirkenden Stoffen.

KLIMAWANDEL

In den vergangenen Jahren ist es vermehrt zu längeren Trockenperioden mit sehr niedrigen Abflüssen in den Gewässern gekommen. Es hat sich gezeigt, dass die Kläranlagen dank des kontinuierlichen Ausbaus der letzten Jahrzehnte so gute Reinigungsleistungen erzielen, dass die unvermeidbare Restbelastung der Gewässer mit gereinigtem Abwasser kaum nachteilige Folgen hatte.

Energieeffizienz

Um die Ziele des Klimaschutzes in Bayern zu erreichen, wird es auch darauf ankommen, bei zumindest gleichbleibender Reinigungsleistung die Energieeffizienz von Kläranlagen weiter zu verbessern und die → *Emissionen* der Treibhausgase Kohlendioxid, Methan und Lachgas zu verringern.

Schon lange wird vom Betriebspersonal im Rahmen des laufenden Betriebs auf niedrige Betriebs- und Energiekosten geachtet. Gerade die größeren Kläranlagen können dabei einen erheblichen Teil ihres Strombedarfs durch die Verstromung des bei der Abwasserreinigung anfallenden regenerativen Faulgases abdecken. Eine Auswertung von Daten bayerischer Kläranlagen zeigt, dass sowohl bei der Reduzierung des Stromverbrauchs als auch bei der Steigerung der Stromproduktion Entwicklungsmöglichkeiten vorhanden sind.

Abwasser ist eine wertvolle Wärmequelle, über die die Kommune frei verfügen kann. Ein Großteil der Wärme des Abwassers kann unter bestimmten Voraussetzungen innerhalb des Gebäudes, der Kanalisation oder im Ablauf der Kläranlage über Wärmetauscher wieder für Heizzwecke zurückgewonnen werden. In Kanalsystemen und auf Kläranlagen sind nicht selten Höhenunterschiede zu überwinden, die durch Wasserkraftanlagen energetisch verwertet werden können. Durch die Nutzung der Energie im Abwasser können zusätzlich Kosten zu Gunsten der Gebührenzahler gespart werden.

Auch auf europäischer Ebene ist zu erwarten, dass die Nutzung erneuerbarer Energien zur Erreichung eines möglichst energieautarken Betriebs von Kläranlagen an Bedeutung gewinnen wird.

Wassersensible Siedlungsentwicklung

Der Umgang mit den Auswirkungen des Klimawandels, wie zunehmende Starkregenereignisse oder längere Hitze- und Trockenperioden, stellt eine Herausforderung für die künftige Gestaltung von Siedlungen dar. Zu berücksichtigen ist neben zu viel Wasser (Überflutungen) auch Wassermangel. Im Idealfall wird z. B. Regenwasser nach Regenereignissen zurückgehalten und gespeichert, um in Trockenzeiten zur Bewässerung zur Verfügung zu stehen. Einer wassersensiblen Siedlungsentwicklung, welche die Bausteine der naturnahen Regenwasserbewirtschaftung im Rahmen eines integrativen Entwicklungskonzepts nutzt und kombiniert, kommt dabei eine große Bedeutung zu. Ziel ist es, den natürlichen Wasserkreislauf (im unbebauten Zustand) möglichst weitgehend zu erhalten. Städten und Gemeinden kommt als Planungsträgern beispielsweise bei der Landschafts- und Bauleitplanung eine Schlüsselfunktion zu. Sie sollten die Belange einer wassersensiblen Siedlungsentwicklung frühzeitig und umfassend bei allen Planungen berücksichtigen. Nur so kann weiterhin eine hohe Lebensqualität trotz Klimawandel gewährleistet werden und gleichzeitig können Chancen für mehr Natur und Artenvielfalt im bebauten Bereich genutzt werden.



Nutzung von Faulgas auf einer Kläranlage, zur Energiegewinnung durch ein Blockheizkraftwerk

BEWIRTSCHAFTUNGSPLANUNG

Die → *Wasserrahmenrichtlinie* verfolgt einen umfassenden, integrierten und länderübergreifenden Ansatz der Bewirtschaftungsplanung in Flussgebieten. Dieser stellt den nachhaltigen Ressourcenschutz und den Erhalt der ökologischen Funktionsfähigkeit der Gewässer in den Mittelpunkt. Weitere wichtige Aspekte, wie der Meeresschutz, die Anpassungen an den Klimawandel sowie der vorbeugende Hochwasserschutz, sind in diese Planungen integriert und werden in regelmäßigen Zeiträumen an das aktuelle Wissen angepasst. Ziel ist es, den „guten ökologischen und chemischen Zustand“ in den Gewässern zu erreichen.

Für den Bewirtschaftungsplan 2022–2027 sind alleine in Bayern über 600 konkrete Maßnahmen zur weiteren Verbesserung der Abwasserreinigung auf kommunalen Kläranlagen vorgesehen. Ein Schwerpunkt liegt auf der Reduzierung der Phosphoreinträge.

Glossar

→ *Abfluss*

Der Teil des gefallenen Niederschlags, der in Bächen und Flüssen abfließt. Er wird gemessen als Wassermenge pro Zeiteinheit und wird in Kubikmeter pro Sekunde (m³/s) angegeben.

→ *Desinfektion*

Inaktivierung von Krankheitserregern

→ *Diffuser Eintrag*

Stoffeintrag, der nicht aus definierten Punktquellen stammt, sondern über größere Flächen erfolgt.

→ *Direkteinleiter*

Direkteinleiter sind alle kommunalen und industriell/gewerblichen Betreiber von Abwasserbehandlungsanlagen, die das gereinigte Abwasser direkt in ein Gewässer einleiten.

→ *Einwohnerwert*

Der Einwohnerwert vergleicht die Schmutzfracht eines gewerblichen Abwassers, z. B. einer Brauerei oder Molkerei, mit der Schmutzfracht im häuslichen Abwasser eines tatsächlichen Einwohners. Mit Hilfe des Einwohnerwertes lässt sich die Belastung einer Kläranlage abschätzen.

→ *Emission*

Austrag von Störfaktoren in die Umwelt durch eine bestimmte Quelle, z. B. Abwasserinhaltsstoffe in Gewässer

→ *Europäische Wasserrahmenrichtlinie (WRRL)*

Seit Dezember 2000 gültige Richtlinie zum Schutz der Gewässer in Europa. Ziel der WRRL ist es, die Einzugsgebiete von Flüssen und Seen sowie Übergangsgewässer, Küstengewässer und Grundwasservorkommen so zu bewirtschaften, dass ein sehr guter oder guter Zustand beziehungsweise das gute ökologische Potenzial bei künstlichen und erheblich veränderten Oberflächenwasserkörpern erhalten beziehungsweise erreicht wird. Eine Verschlechterung des Zustands der Wasserkörper ist zu vermeiden.

→ *Eutrophierung*

Zunahme der pflanzlichen Produktion im Gewässer aufgrund eines hohen Nährstoffangebots (Algenblüte und starke Wasserpflanzenbestände). Dies wird z. B. verursacht durch Einträge aus der Landwirtschaft oder Abwassereinleitungen.

→ *Fremdwasser*

Unerwünschter Abfluss in einem Entwässerungssystem als Folge von Fehlschlüssen und eindringendem Grundwasser

→ *Hygienisierungsstufe*

Reinigungsstufe auf Kläranlagen zur Desinfektion von Abwasser

→ *Immission*

Einwirkung der Emissionen in einem Umweltmedium, z. B. Wirkung der Abwasserinhaltsstoffe im Gewässer.

→ *Indirekteinleiter*

Industrie- und Gewerbebetriebe, die das Abwasser in eine öffentliche Kanalisation oder öffentliche Kläranlage einleiten. Je nach Abwasserzusammensetzung kann eine Abwasservorbehandlung erforderlich sein.

→ *Mikroorganismen*

Mikroskopisch kleine Lebewesen, die als einzelne Individuen in der Regel nicht mit bloßem Auge zu erkennen sind.

→ *Mischsystem/ Mischwasserkanalisation*

Entwässerungssystem zur gemeinsamen Ableitung von Regenwasser und häuslichen/ gewerblichen Abwasser.

→ *MONERIS*

Semiempirisch-konzeptionelles Modell zur Bestimmung diffuser und punktueller Nährstoffeinträge in einem Flusseinzugsgebiet (MONERIS = Modelling Nutrient Emissions in River Systems).

→ *Phosphatfällung*

Phosphat ist ein Pflanzennährstoff und begünstigt eine Eutrophierung im Gewässer. Mit Hilfe von chemischen Fällungsmitteln kann Phosphat im Abwasser entfernt werden und reichert sich dadurch im Klärschlamm an.

→ *Punktuelle Eintrag*

Stoffeintrag an einer genau lokalisierbaren Stelle, z. B. am Ablauf einer Kläranlage (Punktquelle).

→ *Regenüberlaufbecken*

Anlagen zur Rückhaltung und Behandlung von Misch- oder Regenwasser.

→ *Regenwasserkanal*

Öffentlicher Kanal zur Ableitung von Regenwasser.

→ *Ringkanalisation*

Kanalisation, die anfallendes Abwasser ringförmig um einen See sammelt und einer am Seeablauf befindlichen Kläranlage zuführt.

→ *Saprobie*

Intensität des Abbaus biologisch abbaubarer organischer Substanzen.

→ *Saure Gärung*

Mikrobieller Abbau von organischer Stoffen ohne Einbeziehung von Sauerstoff zum Zwecke der Energiegewinnung

→ *Schlammstabilisierung*

Mineralisierung der organischen Substanz im Klärschlamm und die daraus folgende chemisch-biologische „Stabilisierung“.

→ *Schmutzwasserkanal*

Öffentlicher Kanal zur Ableitung von häuslichem/gewerblichem Abwasser (ohne Niederschlagswasser).

→ *Technische Gewässeraufsicht*

Nach Artikel 58 BayWG geregelte Aufgabe von Fachbehörden, unter anderem zur Überwachung der Gewässer und von Gewässereinleitungen.

→ *Trennsystem /Trennverfahren /Trennkanalisation*

Entwässerungssystem zur getrennten Ableitung von Niederschlagswasser und Schmutzwasser.

Literatur

Umsetzung der EG-Kommunalabwasserrichtlinie in Bayern - Lagebericht 2020.
Bayerisches Landesamt für Umwelt (2021), 22. S., Augsburg.

Wasserland Bayern

Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit (2020) 128 S., München.

Regenwasserversickerung – Gestaltung von Wegen und Plätzen

Bayerisches Landesamt für Umwelt (2015) 56 S., Augsburg.

Leitfaden zur Inspektion und Sanierung kommunaler Abwasserkanäle

Bayerisches Landesamt für Umwelt (2016) 34 S., Augsburg.

Wassersensible Siedlungsentwicklung – Empfehlungen für ein zukunftsfähiges und klimaangepasstes Regenwassermanagement in Bayern

Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit (2020) 44 S., München.

Statistische Berichte – Öffentliche Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung in Bayern 2019

Bayerisches Landesamt für Statistik, www.statistik.bayern.de.

Statistische Berichte – Nichtöffentliche Wasserversorgung und nichtöffentliche Abwasserbeseitigung in Bayern 2016

Bayerisches Landesamt für Statistik, www.statistik.bayern.de.

Statistische Berichte – Wasser- und Abwasserentgelte in Bayern 2017–2019

Bayerisches Landesamt für Statistik, www.statistik.bayern.de.

Gewässer in Bayern – auf dem Weg zum guten Zustand – Bewirtschaftungspläne und Maßnahmeprogramme für den Zeitraum 2016-2021

Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit (2017), 64 S., München.

Wasser- und Abwassersituation in der deutschen Papier- und Zellstoffindustrie – Ergebnisse der Wasserumfrage 2007

Wochenblatt für Papierfabrikation, (6–7) 2009, S. 280–283.

Papierherstellung

Verband deutscher Papierfabriken VDP (2006).

Energie aus Abwasser – Ein Leitfaden für die Kommunen

Bayerisches Landesamt für Umwelt (2022) 36 S., Augsburg.

Impulse für einen nachhaltigen Umgang mit Niederschlagwasser durch Einführung einer gesplitteten Abwassergebühr

Schreiben des StMUV und StMI vom 19.11.2021 Nr. 58c-U4440-2011/30-80, B4-1524-2-7.

Daten zur Abwasserentsorgung in Bayern

Verwaltung		
Einwohnerzahl Bayerns (Stand Dezember 2022)	13.351	Mio.
Gemeinden	2.056	
Landkreise und kreisfreie Städte (Kreisverwaltungsbehörden)	96	
Wasserwirtschaftsämtter	17	
Kanalisation (Stand 2019)		
Anschlussgrad an öffentliche Kanalisation	97,4	%
Länge öffentlicher Abwasserkanäle	108.075	km
Länge öffentlicher Mischwasserkanäle	56.948	km
Länge öffentlicher Schmutzwasserkanäle	33.500	km
Länge öffentlicher Regenwasserkanäle	17.627	km
Anzahl Regenüberlaufbecken zur Mischwasserbehandlung	ca. 7.700	
Speichervolumen Regenüberlaufbecken	ca. 3.9 Mio.	m ³
Abwasserbehandlung		
Anschlussgrad an kommunale Kläranlagen (2019)	97,3	%
Anzahl kommunale Kläranlagen (2022)	2.259	
gereinigte kommunale Abwassermenge pro Jahr (2019)	ca. 1,7 Mrd.	m ³
entsorgter kommunaler Klärschlamm (Trockenmasse; 2022)	ca. 270.000	Tonnen
Kleinkläranlagen	ca. 83.000	
Industriell/gewerbliche Indirekteinleiter (2020)	ca. 1.700	
Industriell/gewerbliche Direkteinleiter (2020)	ca. 900	

Bildnachweis

Adobe Stock:

©Animaflora PicStock – stock.adobe.com: S. 16 u. l.; ©bluedesign – stock.adobe.com: S.60 o.;
©dima_pics – stock.adobe.com: S. 7 o.; ©made_by_nana – stock.adobe.com: S. 55 o.; ©Thom-
Bal – stock.adobe.com: S. 13 o.

LfU:

LfU, S. Auth: S. 36 o. r., S. 38 M. r., S. 46 M.; LfU, G. Berger: S. 45 M. r.; LfU, M. Eßlinger: S. 61
M. r.; LfU, F. Ettinger: S. 16 o. M.; LfU, J. Förster: S. 52 M. r.; LfU, Dr. K. Haponiuk-Winiczenko: S.
45 o.; LfU, C. Heiter: S. 35 M. l.; LfU, M. Hiller: S. 52 o. M.; LfU, L. Hörner: S. 15 u., S. 16 o. l., S.
17 o. r.; LfU, B. Köllner: S. 8 o. l., S. 12 u. l., S. 12 u. r., S. 29 M., S. 47 u.; LfU, P. Krause: S. 51 o.
r.; LfU, U. Lagally: S. 6 u. l.; LfU, C. J. Lienau: S. 47 M.; LfU, S. Loy: S. 35 o., S. 35 M. r., S. 38 M.
l.; LfU, K. Mix-Spagl: S. 33 o. l., S. 33 o. r., S. 33 u. r.; LfU, Dr. M. Mörtl, Hof: S. 54 l.; LfU, Dr. K.
Müller: S. 63. o. r.; LfU, S. Pospiech: S. 14; LfU, J. Rameseder: S. 29 u.; LfU, Dr. A. Rimböck: S.
15; LfU, C. Schulz-Böhm: S. 42 M. l.; LfU, S. Schuster: S. 16 o. r., S. 17 u.; LfU, H. Schwinger: S.
16 M., S. 23 u.; LfU, F. Seyler: S. 5 o.; LfU, F. Siegfried: S. 23 o.; LfU, Dr. H. Slama: S. 39 o.; LfU,
M. Stockbauer: S. 9 o.; LfU, I. Weigert: S. 26, S. 37, S. 41, S. 51 l.; LfU, M. Wilhelm: S. 53
LfU: S. 5 u. l., S. 5 u. r., S. 8 M., S. 12 o., S. 18 M., S. 19 o., S. 19 u., S. 20 M., S. 22, S. 25 u., S.
31 u., S. 32 M., S. 34 u., S. 40 M., S. 48 o., S. 49 o., S. 49 u., S. 50 o. M., S. 52 u., S. 56 o., S. 58
o.

Sonstige:

AlzChem Trostberg GmbH: S. 43 o. r. ; Büttenpapierfabrik Gmund GmbH & Co. KG: S. 44 u. l.; cc-
vision.de: S. 7 o., S. 7 u.; Foto Sinz, Kempten: S. 28; Gebr. Lang GmbH Papierfabrik: S. 44 u. r.;
Münchner Stadtentwässerung, Alberto Avellina: S. 21 o. l.; Münchner Stadtentwässerung: S. 18
u. l., S. 21 u.; Papierfabrik UPM GmbH: S. 43 u.; Regierung der Oberpfalz, Raimund Schoberer:
S. 6 M.; Regierung von Unterfranken: S. 48 u.; Stadt Bad Tölz: S. 50 o. l.; StMUV, Johannes-Christ-
ian Rost: S. 10, S. 11; Martina Stockbauer: S. 30 u.; Wasserwirtschaftsamt Bad Kissingen: S. 9
u.; Wasserwirtschaftsamt Landshut, Raum Marco: S. 30 M.; Wasserwirtschaftsamt Regensburg:
S. 54; Wasserwirtschaftsamt Weilheim: S. 6 r.; Wasserwirtschaftsamt Weilheim, Stefan Weiß: S.
36 o. l.; Wolfgang Rausch GmbH & Co. KG: S. 21 o. r.; ZKA: S. 24 o.



Eine Behörde im Geschäftsbereich
Bayerisches Staatsministerium für
Umwelt und Verbraucherschutz

