



# Abwasserentsorgung in Bayern

## Schutz von Fließgewässern und Seen



wasser



# Abwasserentsorgung in Bayern

Schutz von Fließgewässern und Seen

## Impressum

### **Abwasserentsorgung in Bayern Schutz von Fließgewässern und Seen**

#### **Herausgeber:**

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)  
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160  
86179 Augsburg  
Tel.: (08 21) 90 71-0  
Fax: (08 21) 90 71-55 56  
E-Mail: [poststelle@lfu.bayern.de](mailto:poststelle@lfu.bayern.de)  
Internet: [www.lfu.bayern.de](http://www.lfu.bayern.de)

#### **Bearbeitung/Text/Konzept:**

LfU, Abteilung 6: Wasserbau, Hochwasserschutz und Gewässerschutz

#### **Redaktion:**

LfU, Referat 65, Bernhard Köllner

#### **Bildnachweis:**

AlzChem Trostberg GmbH: S.42; Büttenpapierfabrik Gmund GmbH & Co. KG: S. 43 u. l.; cc-vision.de: S. 9 o. + M.; Foto Sinz, Kempten: S.27; Claudius Heiter: S. 34 o. l.; Johannes-Christian Rost: S. 12/13; Martin Mörtl: S. 50 l.; Münchner Stadtentwässerung, Alberto Avellina: S. 20 o. l.; Münchner Stadtentwässerung: S. 20 u.; Gebr. Lang GmbH Papierfabrik: S.43 u. r.; public domain, Simon Garbutt: S. 16 o.; Wolfgang Rausch GmbH & Co. KG: S. 20 o. r.; Regierung der Oberpfalz, Raimund Schoberer: S. 8 M.;Regierung von Unterfranken: S. 47 u.; UPM GmbH: S. 43 o.; Helmut Schwinger: S. 16 u.; Umweltplanung Bullermann Schneble GmbH Darmstadt: S. 16 Bilderreihe M. l. + M. r.; Wasserwirtschaftsamt Bad Kissingen: S. 11 r.; Wasserwirtschaftsamt Regensburg: S. 52; Wasserwirtschaftsamt Weilheim: S. 8 r.; alle anderen Abbildungen: LfU

#### **Titelbild:**

Klärwerk der Stadt Neumarkt i. d. Opf.

#### **Druck:**

Konrad A. Holtz Druck AG  
Gutenbergstraße 1-3  
95512 Neudrossenfeld

Gedruckt auf Papier aus 100% Altpapier.

#### **Stand:**

November 2010

#### **Auflage:**

5.000 Stück

Diese Druckschrift wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Sofern in dieser Druckschrift auf Internetangebote Dritter hingewiesen wird, sind wir für deren Inhalte nicht verantwortlich.

## Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort</b>	<b>5</b>
<b>1 Abwasserentsorgung – eine wichtige Infrastruktureinrichtung</b>	<b>7</b>
<b>2 Allgemeine Informationen</b>	<b>9</b>
2.1 Herkunft und Menge des Abwassers	9
2.2 Rechtliche Grundlagen	11
2.3 Überwachung von Abwasseranlagen	12
<b>3 Siedlungsentwässerung</b>	<b>15</b>
3.1 Regenwasserbewirtschaftung	15
3.2 Private Grundstücksentwässerung	17
3.3 Kanalisation	18
3.4 Mischwasserbehandlung	21
<b>4 Kommunale Abwasserbehandlung</b>	<b>23</b>
4.1 Struktur und Entwicklung	23
4.2 Reinigungsverfahren	26
4.2.1 Technische Anlagen	27
4.2.2 Naturnahe Anlagen	29
4.3 Entwicklung und Stand der Abwasserbehandlung	30
4.4 Klärschlamm	32
<b>5 Kleinkläranlagen</b>	<b>34</b>
<b>6 Industrielle/Gewerbliche Abwasserbehandlung</b>	<b>38</b>
6.1 Die Industrie braucht und verbraucht Wasser	38
6.2 Welches Abwasser fällt bei Industriebetrieben an?	38
6.3 Maßnahmen des betrieblichen Wassermanagements	41
6.4 Anforderungen der staatlichen Wasserwirtschaft	42
<b>7 Gewässerschutz – eine Bilanz des Erreichten</b>	<b>44</b>
7.1 Abwasseranfall	44
7.2 Infrastruktur	44
7.3 Abwasserbehandlung und Stoffeinträge	45
7.4 Gewässerzustand	49
<b>8 Investitionen, staatliche Förderung, Beiträge und Gebühren</b>	<b>53</b>
8.1 Kosten der Abwasserentsorgung	53
8.2 Investitionen und staatliche Förderung	53
8.3 Abwasserentgelte	54
8.4 Abwasserabgabe	56

<b>9</b>	<b>Blick in die Zukunft</b>	<b>57</b>
9.1	Siedlungsentwässerung und kommunale Abwasserbehandlung	57
9.2	Industrielle/Gewerbliche Abwasserbehandlung	58
9.3	Klimawandel	58
9.4	Bewirtschaftungsplanung	59
<b>10</b>	<b>Weiterführende Informationen</b>	<b>60</b>
<b>11</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>61</b>
<b>12</b>	<b>Glossar</b>	<b>62</b>
<b>13</b>	<b>Daten zur Abwasserentsorgung in Bayern</b>	<b>64</b>

## Vorwort

Saubere Flüsse und Seen sind für die Bewohner und Gäste in Bayern heute eine Selbstverständlichkeit. Die Gewässer bereichern die bayerische Kulturlandschaft, sie können vielfältig genutzt werden, beispielsweise zu Erholungszwecken und garantieren letztlich den hohen Lebensstandard der Menschen. Auch die Natur hat hohe Ansprüche an die Gewässer, sind sie doch die Lebensadern einer Landschaft. Sie sorgen für die Vernetzung von Lebensräumen und sind Garant für eine hohe Biodiversität.

Dieser Zustand war jedoch vor zwei oder drei Generationen noch ganz anders. Der steigende Wohlstand im 20. Jahrhundert hatte deutliche Spuren in den Gewässern hinterlassen. Die zentrale Wasserversorgung und als Folge der höhere Anfall an häuslichem Abwasser sowie eine wasserintensive Güterproduktion haben dazu geführt, dass die Flüsse und Seen vielfach unzureichend gereinigte Abwässer aufnehmen mussten – mit gravierenden Folgen für die Gewässergüte und Gewässerökologie. Flüsse als „Vorfluter“ zur Ableitung von Wasser und Abwasser aus Siedlungen und Industrie waren in ihrer Selbstreinigungskraft oft überfordert. Die Gewässergütekarten dieser Zeit mit ihren „Warnfarben“ gelb und rot für sehr starke Verschmutzung führten allen Beteiligten deutlich vor Augen: Im Gewässerschutz war es Zeit voranzukommen. Das Ergebnis ist eine Erfolgsgeschichte, wie die „Inventur“ mit den immer wieder aktualisierten Gütekarten zeigt.

Was heute in Bayern eine Selbstverständlichkeit ist, ist das Ergebnis von jahrzehntelanger Arbeit der Kommunen, der Industrie sowie der Wasserwirtschaftsverwaltung. Bis zum Jahr 2010 wurden mehr als 33 Milliarden Euro in den Bau der öffentlichen Abwasserinfrastruktur in Bayern investiert. Hinzu kommen noch weitere Milliardenbeträge, die für die Instandhaltung und den Betrieb der Einrichtungen notwendig sind. Der finanzielle Wert der Kanäle und Abwasseranlagen dürfte einem hohen zweistelligen Milliardenbetrag entsprechen. In Bayern gibt es derzeit mehr als 90.000 Kilometer öffentliche Kanäle, rund 2.700 kommunale Kläranlagen und etwa 15.000 Anlagen zur Behandlung von Niederschlagswasser.

Diesen hohen Standard dauerhaft zu halten und weiterzuentwickeln, ist eine Herausforderung und Daueraufgabe für die Kommunen, Industrie und Gewerbe und für den Freistaat. Neue technische und rechtliche Entwicklungen sowie der Klimawandel erfordern im Gewässerschutz innovative Ideen und Anpassungen in der Abwasserentsorgung. Jeder Bürger, der Wasser verbraucht und Abwasser produziert, ist mit seinen entrichteten Gebühren daran beteiligt.

Die Abwasserentsorgung ist kein „anrühiges Kapitel“: Diese Broschüre zeigt es auf und führt in eine verborgene Welt. Zu Einrichtungen, die jeder braucht, die aber nur wenige kennen.



Prof. Dr.-Ing. Albert Göttle,  
Präsident des Bayerischen Landesamtes  
für Umwelt



## 1 Abwasserentsorgung – eine wichtige Infrastruktureinrichtung

Es sind noch keine 150 Jahre vergangen, als in den großen bayerischen Städten viele Menschen ihr Leben lassen mussten, weil die unzureichenden hygienischen Verhältnisse die Ausbreitung von Epidemien, beispielsweise der Cholera begünstigten. 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 Mitte:  
Regen- und Küchen-  
wasserableitungen

Bild oben:  
Verschmutztes  
Fließgewässer

Eine gezielte Reinigung der Abwässer fand allerdings bis dahin kaum statt. Vielmehr glaubte man, dass genügend Verdünnung sowie die natürliche Selbstreinigungskraft der Fließgewässer ausreichen würden, die Verunreinigungen in den Gewässern gering halten zu können. Doch schon bald wurde erkannt, dass die Gewässer den zunehmenden Abwassermengen nicht gewachsen waren und sich folglich die ökologischen Verhältnisse in den Flüssen und Bächen verschlechterten. In einem ersten Schritt wurde begonnen, das Abwasser mechanisch zu behandeln.

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 Reinigungsverfahren, z. B. in Nürnberg oder in den 1970er-Jahren in Augsburg gebaut.



Gewässerökologische Probleme machten eine weitergehende Abwasserreinigung notwendig.

Der kurze historische Überblick zeigt, dass der Ausgangspunkt für den stetigen Ausbau und die Verbesserung der Abwasserentsorgung im Wesentlichen die menschliche Daseinsvorsorge war. Nachdem das Erreichte die hygienischen Verhältnisse verbessert hatte, traten ab den 1980er-Jahren gewässerökologische Fragen in den Vordergrund, in deren Folge die weitergehende Reinigung der Abwässer als erforderlich angesehen wurde.

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

### Wie geht's nun weiter?

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 beispielsweise sollen möglichst bis zum Jahr 2015, spätestens aber 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 sogar weiter verbessert werden muss.



## 2 Allgemeine Informationen

### 2.1 Herkunft und Menge des Abwassers

Mit der Novellierung des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) des Bundes 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 Toilettenwasser, aus Badewasser, Putz- und Spülwasser. Die enthaltenen, hauptsächlich organischen Stoffe können von → *Mikroorganismen* relativ leicht abgebaut werden.

#### Niederschlagswasser

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

#### Fremdwasser

entsteht beispielsweise durch eindringendes Grundwasser in undichte Kanäle oder durch Fehlschlüsse. Es wäre aufgrund seiner Qualität nicht behandlungsbedürftig.

#### Industrielle und gewerbliche Abwässer

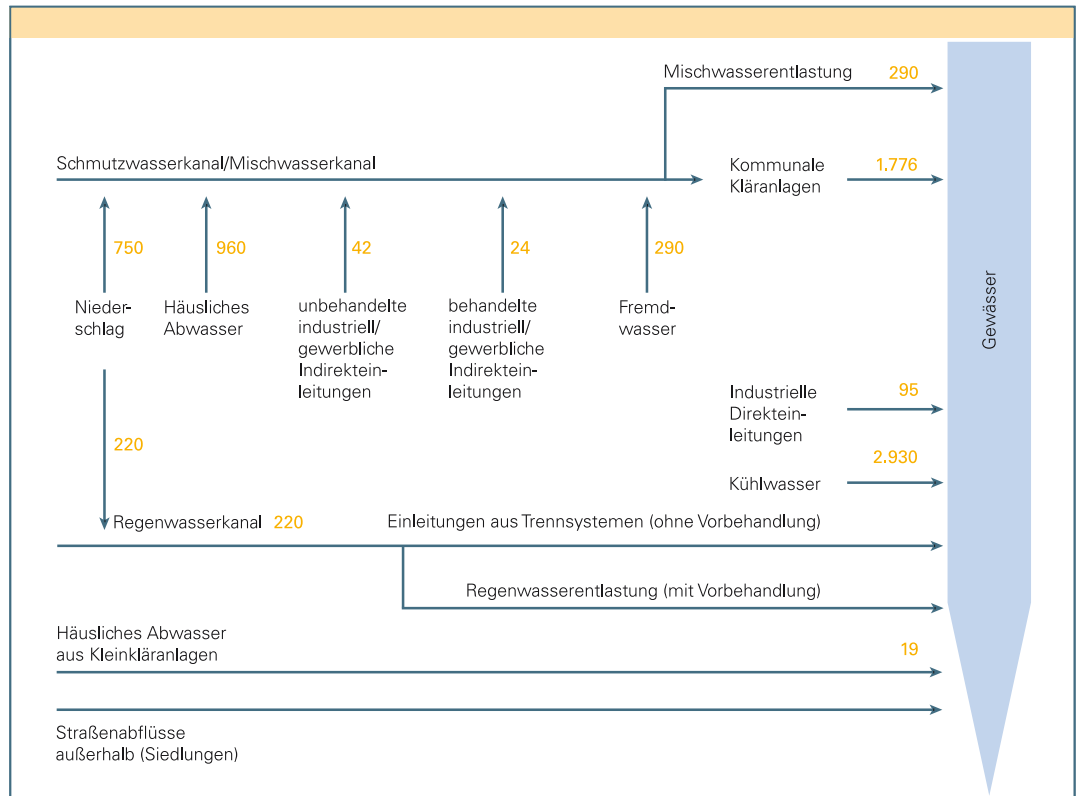
fallen in Produktionsprozessen der Betriebe an. Sie können viel stärker organisch belastet sein als häusliches Abwasser und außerdem Substanzen enthalten, die schwer oder überhaupt nicht abbaubar sind. Die Abwässer werden – teils nach einer Vorbehandlung – in die öffentliche Kanalisation geleitet und in der kommunalen Kläranlage gereinigt (→ *Indirekteinleitungen*) oder es wird 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 Erwärmung abgegeben, sofern es nicht weiter genutzt werden kann.



Die nachfolgende Abbildung veranschaulicht die anfallenden Abwasserströme. Die Daten basieren im Wesentlichen auf den Erhebungen des Bayerischen Landesamtes für Statistik und Datenverarbeitung (LfStaD) aus dem Jahr 2007. Diese Daten und die Daten einzelner Abwasserströme wurden vom Bayerischen Landesamt für Umwelt gerundet sowie auf Basis langjähriger Mittelwerte teilweise ergänzt.



Abwasserströme in Bayern in Mio. m<sup>3</sup>

Ca. 2,2 Mrd. m<sup>3</sup> Abwasser müssen pro Jahr behandelt werden.

Die Kühlwassereinleitungen aus der Industrie stellen mit knapp drei Milliarden Kubikmetern mengenmäßig die größte Einzeleinleitung dar. Allerdings ist Kühlwasser meist nicht behandlungsbedürftig. Etwa 2,2 Milliarden Kubikmeter Abwasser sind behandlungsbedürftig und werden entweder in kommunalen Kläranlagen, Mischwasserbehandlungsanlagen, Industriekläranlagen oder Kleinkläranlagen gereinigt. Hinzu kommen Niederschlagswasser aus der → *Trennkanalesation* (Regenwasserkanal), das unter bestimmten Voraussetzungen ebenfalls behandlungsbedürftig ist, sowie Straßenabflüsse.

## 2.2 Rechtliche Grundlagen

Der Schutz unserer Gewässer ist in Deutschland schon lange rechtlich verankert. Heute wird der Gewässerschutz mehr denn je im gesamteuropäischen Maßstab betrachtet. Der europäische Rat erlässt hierfür in der Regel Richtlinien mit bestimmten Mindestanforderungen, die rechtliche und inhaltliche Umsetzung obliegt den einzelnen Mitgliedstaaten. Die europäischen Rechtsnormen zum Gewässerschutz lassen sich im Wesentlichen in zwei Kategorien unterteilen: emissionsbezogene und immissionsbezogene Richtlinien.

Für die →*Emissionen* werden bestimmte Mindestanforderungen, beispielsweise in Form von Ablaufkonzentrationen festgelegt, die einzuhalten sind. Bezüglich der →*Immissionen* werden Vorgaben gemacht, die im Gewässer erreicht werden müssen, z. B. der gute ökologische Zustand des Gewässers. Ist eines der beiden Ziele nicht erreicht, müssen entsprechende Maßnahmen eingeleitet werden.

### Gesetzliche Rahmenbedingungen für Abwasseranlagen

Nach dem Wasserhaushaltsgesetz (WHG) der Bundesrepublik Deutschland stellt das Einleiten von Abwasser aus der Kanalisation oder aus Abwasserbehandlungsanlagen in Gewässer eine Benutzung dar, für die eine behördliche Erlaubnis erforderlich ist.

Im WHG wird als Anforderungsniveau zur Begrenzung der Abwasserschadstofffracht der Einsatz eines Verfahrens nach dem Stand der Technik vorgegeben. Für Einleitungen aus Abwasserbehandlungsanlagen wird der Stand der Technik präzisiert durch die Abwasserverordnung (AbwV). Danach ist auch das Verdünnungsverbot oder das Verbot der Verlagerung von Umweltbelastungen in andere Umweltmedien zu beachten. Bei Erteilung einer Erlaubnis sind mindestens die dort genannten Anforderungen festzusetzen. Im Einzelfall können über die gesetzlichen Regelungen hinaus weitere oder noch strengere Anforderungen vorgeschrieben werden. Beispielsweise können bei Einleitungen in stehende oder sehr langsam fließende Gewässer gezielte Maßnahmen zur Vermeidung von →*Gewässereutrophierung* geboten sein.

Für Abwasseranlagen ist der Stand der Technik vorgeschrieben.



Bild links:  
Kläranlage Runding  
(3.000 EW Ausbaugröße)

Bild rechts:  
Naturnaher Gewässerlauf  
der Sinn

## 2.3 Überwachung von Abwasseranlagen

Die Abwasserbeseitigung ist in Bayern eine Pflichtaufgabe der Gemeinden. Für die ordnungsgemäße Entsorgung und Behandlung von Abwasser aus industriell/gewerblichen Betrieben sind unter bestimmten Voraussetzungen die Betreiber verantwortlich.

Eigenüberwachung und staatliche Überwachung ergänzen sich.

Eine systematische Überwachung von Abwasseranlagen garantiert in Bayern einen hohen Stand bei der Abwasserentsorgung. Zwei sich ergänzende Formen der Überwachung werden in Bayern praktiziert, zum einen die Überwachung durch den Einleiter selbst (Eigenüberwachung) und zum anderen die Überwachung durch die Behörde (staatliche Überwachung).

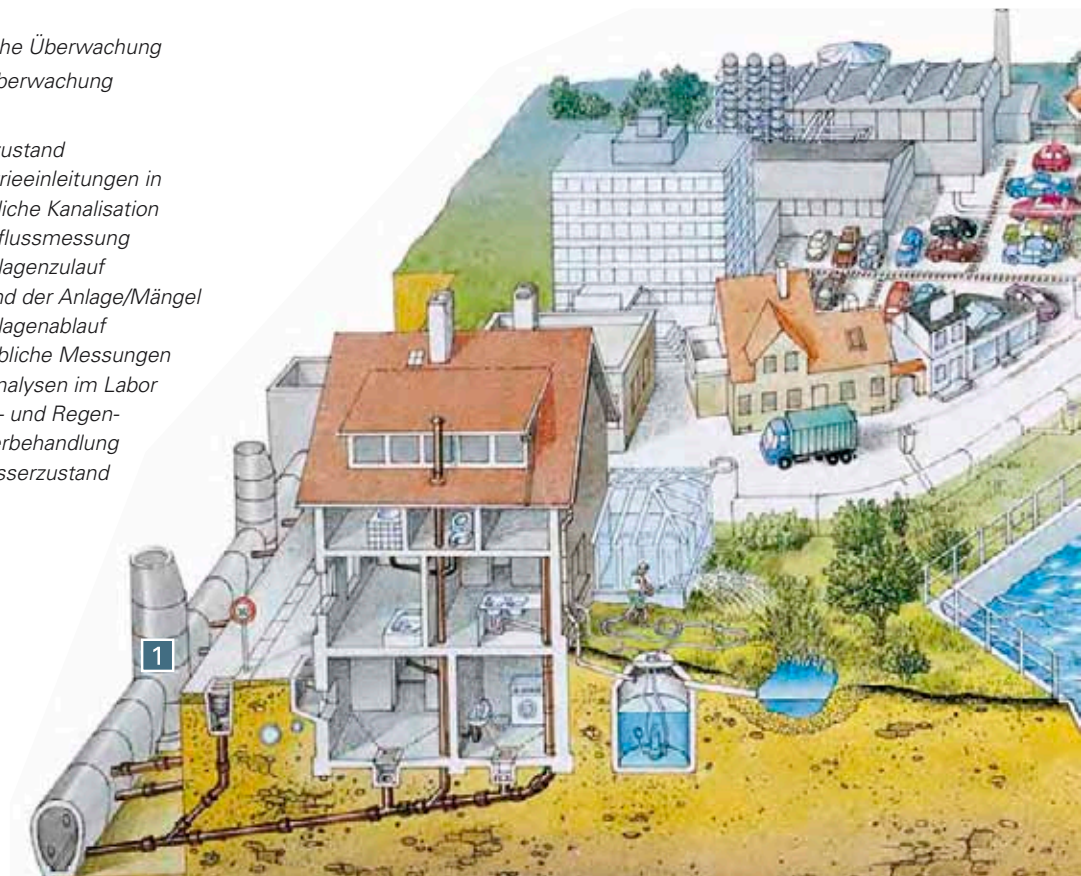
### Eigenüberwachung

Die Eigenüberwachung findet laufend statt.

Die Eigenüberwachung ist die laufende Kontrolle einer Abwasseranlage durch den Betreiber. Sie ist in Bayern seit 1996 in der Eigenüberwachungsverordnung (EÜV) geregelt. Der Betreiber dokumentiert die Messungen, wertet sie aus und archiviert sie. Außerdem kontrolliert er regelmäßig Betrieb und Funktion der Anlage. Die dadurch gewonnenen Daten sollen einen den Bescheidsanforderungen entsprechenden Betrieb 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 Industrieeinleitungen in 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

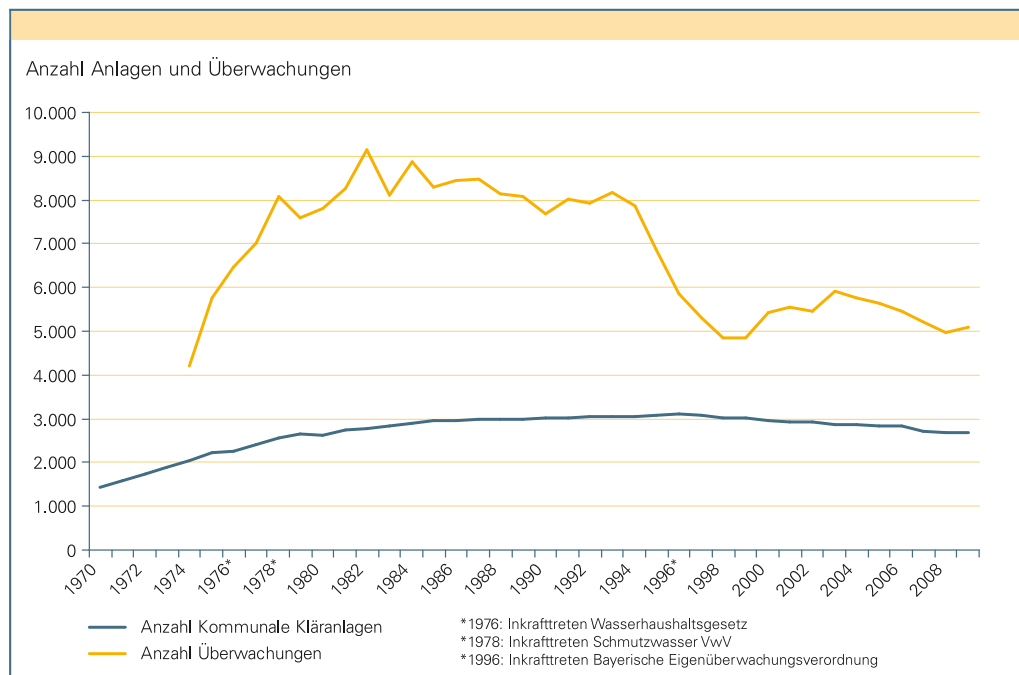
Die staatliche oder amtliche Überwachung von Abwasseranlagen ist Teil der → *technischen Gewässeraufsicht*, die vor Ort von den Wasserwirtschaftsämtern wahrgenommen wird. Sie hat bereits Tradition seit den 1950er-Jahren, als mit der systematischen Überwachung von Abwasseranlagen begonnen wurde. Nach wie vor gilt es, die Abwasserqualität der heute rund 2.700 kommunalen und mehr als 2.000 industriell/gewerblichen Abwasseranlagen zu überprüfen. Die Überwachung erfolgt stichprobenartig und nach pflichtgemäßem Ermessen. Die Ergebnisse bilden die Grundlage für den wasser- und abwasserabgaberechtlichen Vollzug. Die amtliche Überwachung umfasst neben der technischen Kontrolle der Abwasseranlage (Anlage bescheidsgemäß; Zustand, Wartung der Anlage; Eigenüberwachung vollständig und richtig) auch die Ablaufuntersuchung zur Kontrolle der wasserrechtlichen Anforderungen (Probenahme mit Analytik, Bewertung). Daneben werden die direkten Auswirkungen auf das Gewässer untersucht. Das Landesamt für Umwelt übernimmt bei der technischen Gewässeraufsicht von Abwasseranlagen die fachliche Betreuung und Koordinierung in Bayern (Leitstelle Überwachung).

Die staatliche Überwachung erfolgt stichprobenartig.



**Beispiel: Überwachung von kommunalen Kläranlagen**

Statistiken zur Abwasseranlagenüberwachung 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 kontinuierlich zu. Mit Inkrafttreten der Bayerischen Eigenüberwachungsverordnung im Jahr 1996 wurde die staatliche Überwachung zurückgefahren. Seither obliegt es den Anlagenbetreibern die Funktionsfähigkeit ihrer Abwasseranlagen nachzuweisen. Stichprobenartig wird dies durch die Wasserwirtschaftsämter pro Jahr mit mehr als 5.000 Überwachungen überprüft.



Anzahl der staatlichen Überwachungen an kommunalen Kläranlagen von 1974 bis 2009



Bild links:  
Automatisches Probenahmegerät am Ablauf einer Kläranlage



Bild rechts:  
Mikroskopische Analyse von Abwasserproben im Rahmen der Eigenüberwachung

### 3 Siedlungsentwässerung

Die wesentlichen Aufgaben der Siedlungsentwässerung sind

- die sichere und überflutungsfreie Entwässerung von Siedlungsflächen und
- die Vermeidung bzw. Reduzierung von niederschlagsbedingten Gewässerbelastungen.

#### 3.1 Regenwasserbewirtschaftung

Niederschlag, der auf die Erde fällt, verdunstet, versickert oder er fließt ab.

Auf bewachsenen, unbefestigten Flächen wie einer Wiese verdunsten nahezu zwei Drittel des Regenwassers. Etwa ein Viertel versickert und trägt zur Neubildung von Grundwasser bei. Nur ein kleiner Teil des gefallenen Regens fließt oberflächlich ab.

Auf befestigten oder versiegelten Flächen dagegen kann weitaus weniger Wasser verdunsten oder versickern. Der Großteil des Regenwassers fließt auf der Oberfläche ab. Bei zunehmender Bebauung hat das zu immer größeren Wassermengen in Kanalisation und Kläranlagen mit entsprechend steigenden Kosten geführt.

Die Ziele der naturnahen Regenwasserbewirtschaftung – Förderung der Verdunstung, Erhöhung der Versickerung und damit Verringerung des Oberflächenabflusses – unterstützen die Neubildung von Grundwasser und leisten einen wichtigen Beitrag zur Vermeidung von Überschwemmungen und Kanalüberlastungen.

Regenwasser ist in der Regel sauber. Wenn jedoch die Flächen, von denen das Regenwasser abläuft, verunreinigt sind, kann auch das ablaufende Wasser verschmutzt werden. Je nach Verunreinigung des Niederschlagswassers kann eine Versickerung im Boden oder die Einleitung in ein Gewässer erst nach einer entsprechenden Vorreinigung sinnvoll sein.

**Naturnahe Regenwasserbewirtschaftung – ist ökonomisch und ökologisch vorteilhaft!**



Die wesentlichen Elemente der naturnahen Regenwasserbewirtschaftung

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



Für einen naturnahen Umgang mit Regenwasser gibt es vielfältige Möglichkeiten. Bewährt haben sich im Wesentlichen die nachfolgend genannten Bausteine.

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



Gründach

### 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.

Für knapp ein Drittel des täglichen Wasserbedarfs könnte Regenwasser verwendet werden.



Regenwassernutzung  
z. B. Gartengießen

### Regenwassernutzung

Regenwasser kann auch in Haushalt, Industrie und Gewerbe vielfältig genutzt werden. Im Durchschnitt bezieht jeder Einwohner Bayerns täglich 133 Liter Wasser aus dem öffentlichen Trinkwassernetz. Für Gartengießen oder Toilettenspülung, die knapp ein Drittel des durchschnittlichen Wasserbedarfs eines Haushalts ausmachen, könnte Regenwasser verwendet werden.

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



Wasserdurchlässige  
Bodenbefestigungen

### Versickerung

Die oberflächige Versickerung kann gefördert werden, indem die Versiegelung von Flächen auf das unbedingt notwendige Maß beschränkt wird. Wenn eine Oberfläche befestigt werden muss, besteht die Möglichkeit mit unterschiedlichen Belägen die Wasserdurchlässigkeit zu erhalten.



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.

Rückhaltebecken



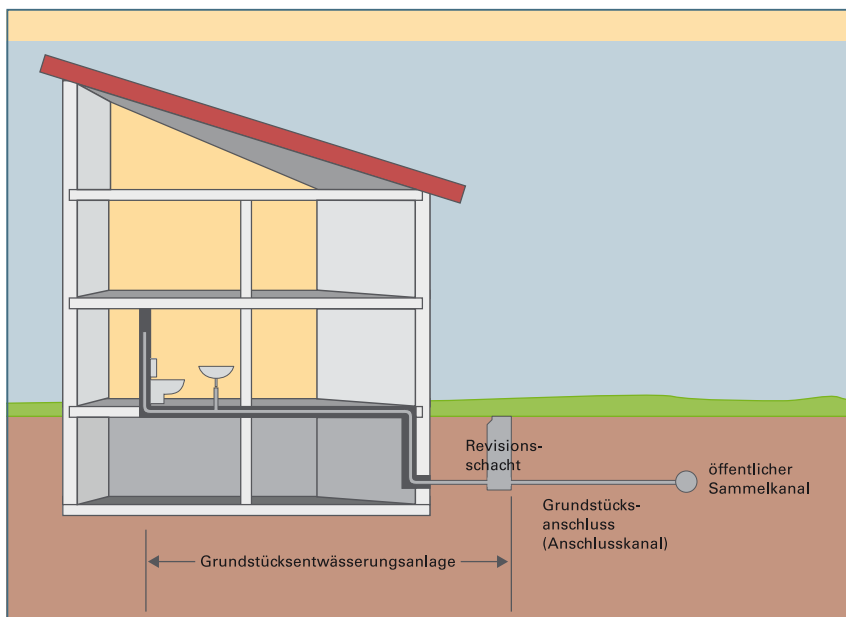
### Zentrale Rückhaltung zur verzögerten Ableitung

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.

### 3.2 Private Grundstücksentwässerung

Das in Gebäuden anfallende Schmutzwasser wird in Grundstücksentwässerungsanlagen (GEA) abgeleitet und über den Anschlusskanal 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 wie z. B. Bodenablauf und Waschbecken im Keller gegen Rückstau zu sichern.



Schema einer Grundstücksentwässerung

Die Grundstückseigentümer sind verantwortlich für Bau, Betrieb und Unterhalt der GEA. Die kommunale Entwässerungssatzung regelt, was dabei zu beachten ist und klärt die Zuständigkeiten für den Anschlusskanal.

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 das Grundwasser gelangen oder eindringendes sauberes Grundwasser wird zur Kläranlage abgeleitet. Die meisten Entwässerungssatzungen fordern daher eine regelmäßige Überprüfung der privaten Leitungen. In der Regel kommt dafür eine Kanalkamera (optische Inspektion) zum Einsatz.

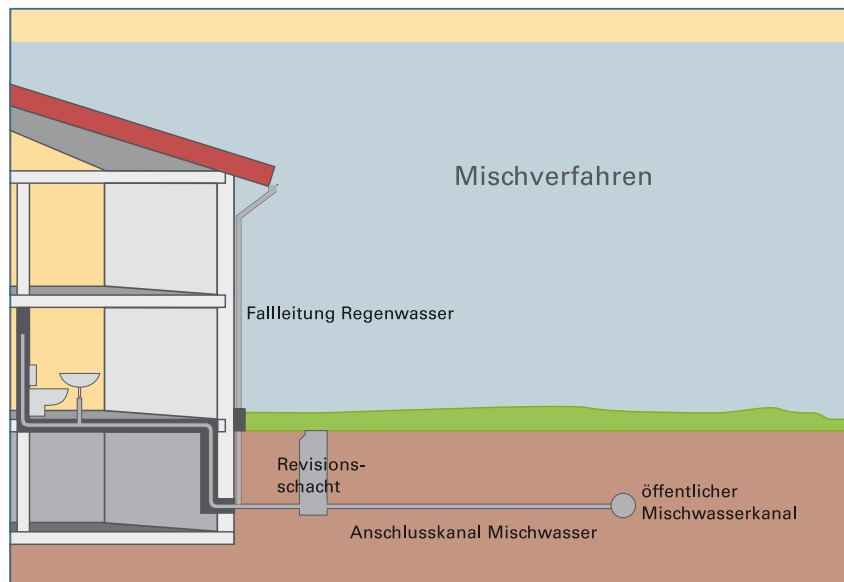
### 3.3 Kanalisation

Verantwortlich für den Bau, Betrieb und Unterhalt der öffentlichen Kanalisation sind die Kommunen. Das Kanalnetz ist häufig der größte Vermögenswert einer Kommune. Es erfüllt zwei wesentliche Aufgaben:

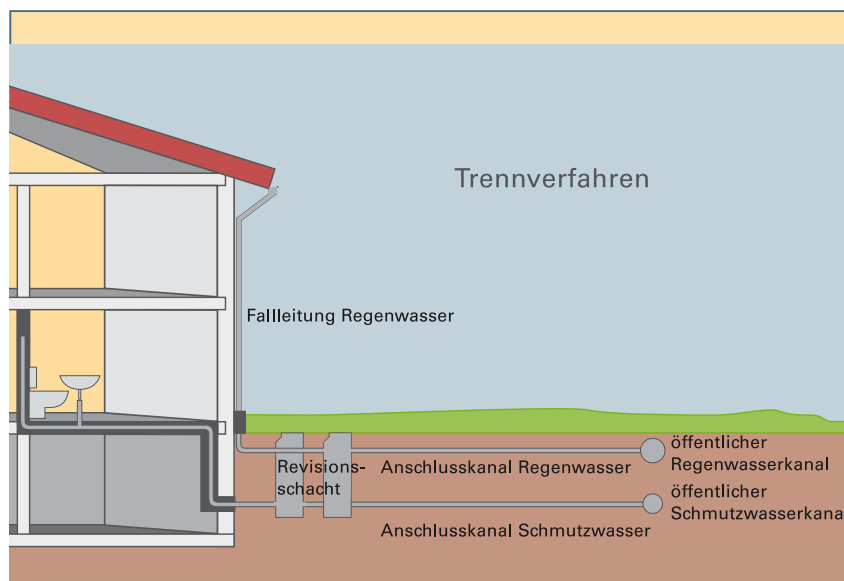
- die Ableitung des anfallenden Schmutzwassers und
- die Entwässerung der befestigten Flächen bei Niederschlägen.

Siedlungsbereiche werden im Misch- oder Trennverfahren entwässert.

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



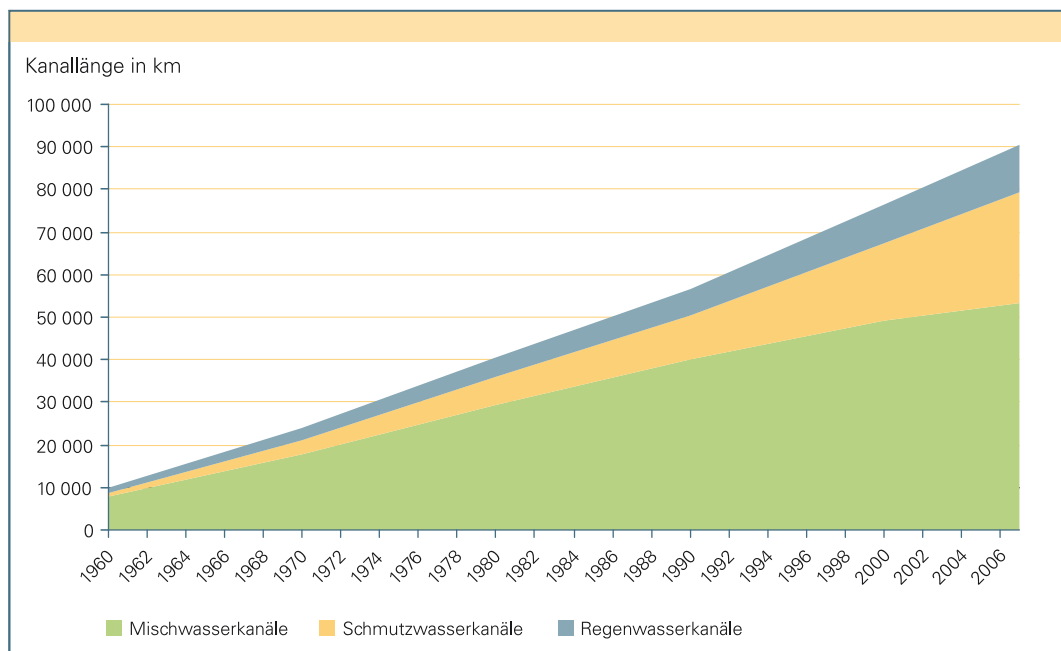
Schema der Entwässerung im Mischverfahren



Schema der Entwässerung im Trennverfahren

Beim → *Trennverfahren* werden Schmutz- und Regenwasser in getrennten Kanälen abgeführt. Schmutzwasser gelangt zur Kläranlage und Regenwasser zum nächsten Gewässer oder zur Versickerungsanlage. Regenwasser sollte jedoch nur dann im öffentlichen Kanal abgeleitet werden, wenn Rückhalt, Nutzung oder Versickerung auf den Grundstücken nicht möglich ist.

Aus Sicht des Gewässerschutzes hat das Trennverfahren Vorteile gegenüber dem Mischverfahren. Deshalb wird im Wasserhaushaltsgesetz seit März 2010 beim Bau neuer Kanalnetze dem Trennverfahren unter bestimmten Voraussetzungen Vorrang eingeräumt.



Entwicklung der Kanallängen in Bayern (LfStaD 2009a)

### Daten zur Kanalisation in Bayern

- Der Anteil der → *Trennkanalisation* liegt bei etwa einem Drittel, derjenige der → *Mischkanalisation* bei etwa zwei Drittel.
- Die Länge der öffentlichen Abwasserkanäle beträgt rund 90.700 Kilometer.
- 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 7 m öffentlicher Kanal benötigt. Dieser Wert schwankt von weniger als 2 m pro Einwohner in der Großstadt München bis 15 bis 20 m pro Einwohner in kleinen ländlichen Gemeinden.
- Mehr als 96 % der Bevölkerung Bayerns sind an die öffentliche Kanalisation angeschlossen.

In Bayern werden Siedlungsbereiche überwiegend im Mischsystem entwässert.

Die Instandhaltung der Kanalnetze ist eine wichtige Aufgabe der Kommunen.

### 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 Kanäle tragen die Kommunen, die ihre Kanalnetze nach der Bayerischen Eigenüberwachungsverordnung (EÜV) regelmäßig optisch zu überprüfen haben.



Bild links:  
Optische Inspektion eines begehbaren Kanals

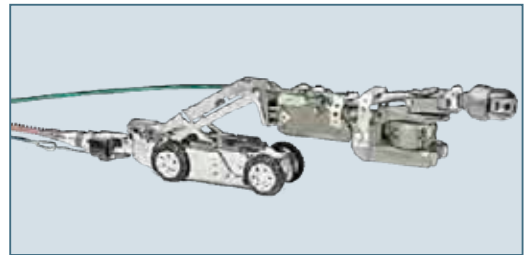


Bild rechts:  
Kanalkamera zur Inspektion eines nicht-begehbaren Kanals

Das Bayerische Landesamt für Umwelt hat mit Hilfe eines Forschungs- und Entwicklungsvorhabens einen Überblick über den Zustand bayerischer Abwasserkanäle gewonnen. Die Auswertung der Untersuchungsergebnisse von 234 repräsentativen Kanalnetzbetreibern und eine Hochrechnung auf ganz Bayern ergab u. a. Folgendes:

- über ein Drittel der Kanäle wurden bisher noch nicht untersucht
- ca. 16 % der Kanäle sind schadhaft und kurz- bis mittelfristig zu sanieren
- etwa 4 bis 5 Mrd. € wird die Sanierung der Kanalnetze kosten

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 im Kanal



### Fremdwasser

Unter → *Fremdwasser* versteht man im Wesentlichen das in der Kanalisation abgeleitete Wasser, das aufgrund seiner Qualität nicht behandlungsbedürftig ist und zur Verdünnung des Abwassers und zur hydraulischen Überlastung der Kanäle und Kläranlagen führen kann. Fremdwasser ist beispielsweise Grundwasser, das über undichte Stellen in den Kanal eindringt (siehe Bild) oder Wasser von Grundstücksdrainagen, die an den öffentlichen → *Schmutz-* oder → *Mischwasserkanal* angeschlossen sind.

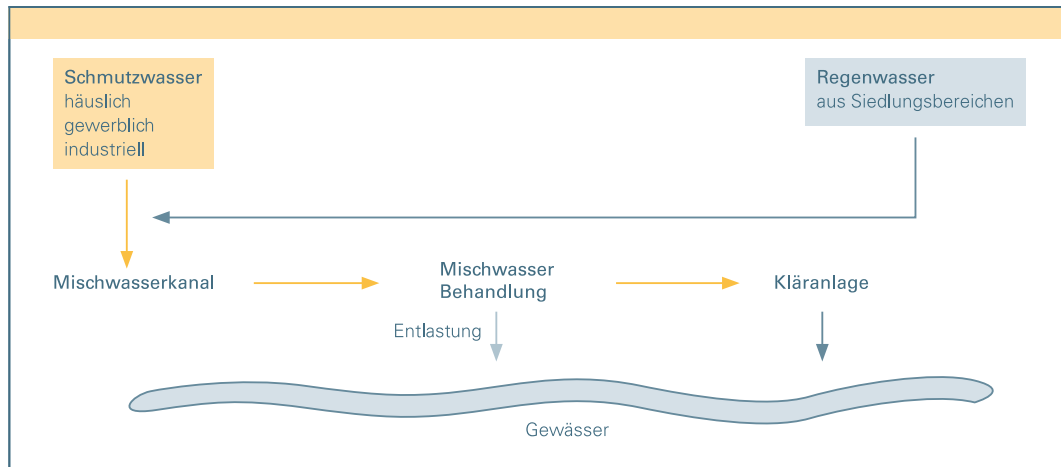
Nach §3 der Abwasserverordnung (AbwV) müssen die Betreiber der Abwasseranlagen sicherstellen, dass die Anforderungen an die Qualität des in Kläranlagen gereinigten Abwassers nicht durch Verdünnung, beispielsweise durch Fremdwasser erreicht werden. Diese Vorgaben sind nicht nur positiv für den Gewässerschutz, sondern sie haben auch betriebswirtschaftliche Vorteile für den Betreiber von Abwasseranlagen.

Weniger Fremdwasser hat auch betriebswirtschaftliche Vorteile.

Im Jahr 2009 lagen von etwa 95 % der kommunalen Kläranlagen in Bayern Daten zum Fremdwasseranteil vor. Demnach konnten etwa 62 % der Anlagen einen Anteil von weniger als 25 % Fremdwasser und mehr als 88 % der Anlagen einen Fremdwasseranteil von weniger als 50 % nachweisen. Der nach den Abwassermengen der einzelnen Anlagen gewichtete mittlere Fremdwasseranteil liegt bei rund 23 %.

### 3.4 Mischwasserbehandlung

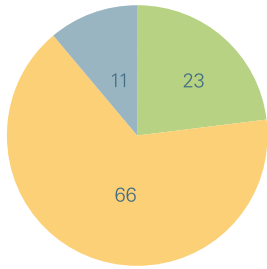
Bei starken Regenfällen werden in der → *Mischkanalisation* große Wassermengen zur Kläranlage abgeleitet. Dies kann die Funktion der Kläranlage gefährden, da sie nur eine bestimmte Menge Abwasser pro Tag reinigen kann. Größere Mischwassermengen werden daher in → *Regenbecken* zwischengespeichert und mechanisch durch Absetzwirkung gereinigt. Nicht mehr aufnehmbares Mischwasser muss – stark verdünnt – in ein Gewässer entlastet werden. Nach Regenende wird der gesamte Inhalt eines Regenbeckens der Kläranlage zur Reinigung zugeführt.



Systemskizze Mischsystem mit Mischwasserbehandlungsanlage

In Bayern werden heute mehr als 6.000 Regenüberlaufbecken mit einem Gesamtnutzvolumen von ca. 3 Mio. m<sup>3</sup> betrieben. Im → *Mischsystem* werden überwiegend Regenüberlaufbecken eingesetzt. Sie sind so konstruiert, dass sie nur so viel Mischwasser weitergeben, wie die Kläranlage reinigen kann. Die häufigsten Beckenarten sind Fangbecken und Durchlaufbecken.

In Bayern werden rund 6.000 Regenüberlaufbecken betrieben.



- Durchlaufbecken
- Fangbecken
- sonstige Becken

Regenüberlaufbecken nach Beckenart in %

### Funktionsprinzip Regenüberlaufbecken

**Fangbecken** speichern bei Regenbeginn das stark verschmutzte Abwasser aus der → *Mischkanalisation*. Das nicht mehr aufnehmbare Mischwasser wird vor dem Becken in ein Gewässer eingeleitet.

**Durchlaufbecken** werden auch nach der Füllung noch von Mischwasser durchströmt. Das Becken wirkt dann als Absetzbecken. Sehr hohe Zuflüsse werden zum Teil schon vor dem Becken in ein Gewässer eingeleitet. Dieses Abwasser ist dann so stark verdünnt, dass es für die Gewässer keine Gefahr mehr darstellt.



Bild oben:  
Regenüberlaufbecken mit Blick auf Zulaufbereich

Bild unten:  
Regenüberlaufbecken mit Blick auf den Ablaufbereich

## 4 Kommunale Abwasserbehandlung

### 4.1 Struktur und Entwicklung

In Bayern sind aktuell rund 2.700 Kläranlagen zur Behandlung von kommunalem Abwasser mit einer Gesamtausbaugröße von 26,9 Millionen Einwohnerwerten (EW) in Betrieb. Die Gesamtausbaugröße setzt sich zusammen aus etwa 12 Mio. angeschlossenen Einwohnern (EZ) und rund 14,9 Mio. Einwohnergleichwerten (EGW) von Gewerbe, Industrie sowie Reserven.

*Anzahl der kommunalen Kläranlagen – differenziert nach Ausbaugröße und Planungsräumen nach der →EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL)*

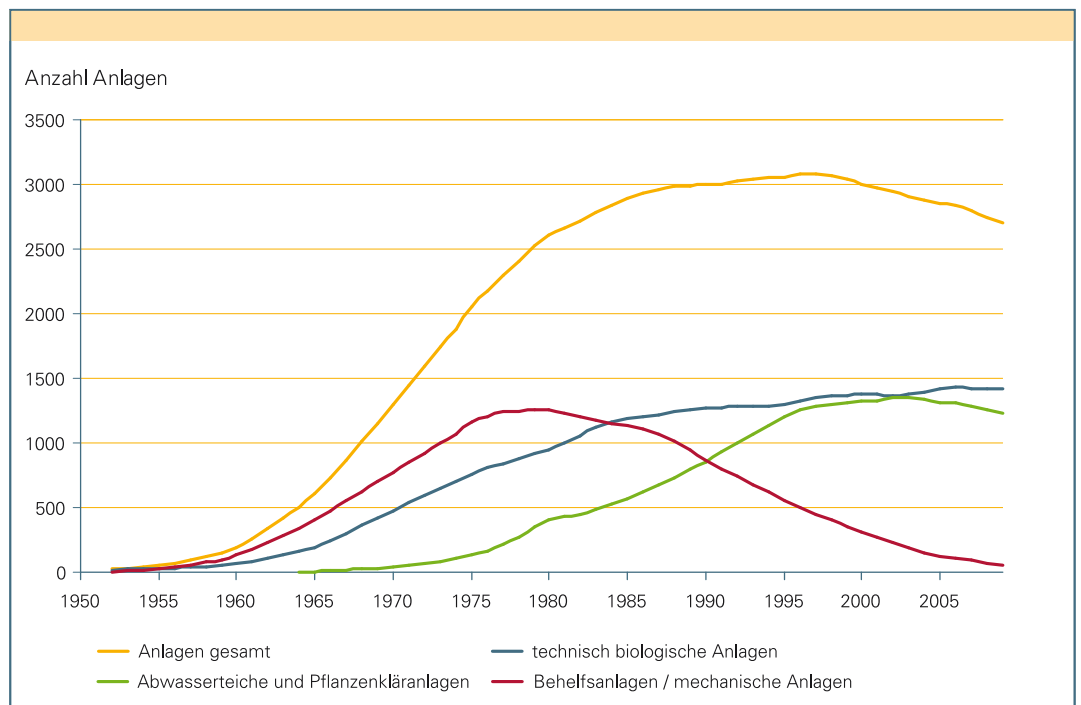
Planungsraum nach Wasserrahmenrichtlinie in Bayern	Flussgebiet	Größenklasse nach Abwasserverordnung					Anzahl Anlagen	Summe Ausbaugröße in Einwohnerwerten
		1	2	3	4	5		
		Ausbaugrößen in Einwohnerwerten						
		50-999	1000-5000	>5000-10000	>10000-100000	>100000		
Altmühl-Paar		209	100	21	23	1	354	1.393.870
Iller-Lech		114	113	29	58	6	320	4.171.000
Inn	Donau	229	121	37	67	1	455	3.220.487
Isar		81	90	31	35	10	247	6.295.306
Naab-Regen		141	127	27	38	3	336	2.267.807
<b>Donau</b>	<b>Gesamtanzahl</b>	<b>774</b>	<b>551</b>	<b>145</b>	<b>221</b>	<b>21</b>	<b>1.712</b>	<b>17.348.470</b>
Neckar		1					1	280
Oberer Main		90	41	17	21	4	173	1.684.433
Regnitz	Rhein	233	80	30	41	6	390	4.172.012
Unterer Main		155	104	26	44	4	333	2.825.754
Bodensee		14	7		5		26	224.616
<b>Rhein</b>	<b>Gesamtanzahl</b>	<b>493</b>	<b>232</b>	<b>73</b>	<b>111</b>	<b>14</b>	<b>923</b>	<b>8.907.095</b>
Beraun			1				1	1.000
Obere Moldau	Elbe	2	2				4	5.900
Saale-Eger		27	13	3	9	1	53	662.254
<b>Elbe</b>	<b>Gesamtanzahl</b>	<b>29</b>	<b>16</b>	<b>3</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>58</b>	<b>669.154</b>
Weser	Weser		1				1	1.700
<b>Gesamtanzahl Bayern</b>		<b>1.296</b>	<b>800</b>	<b>221</b>	<b>341</b>	<b>36</b>	<b>2.694</b>	
<b>Gesamtausbaugröße in Einwohnerwerten</b>		<b>457.103</b>	<b>2.139.380</b>	<b>1.704.258</b>	<b>10.285.678</b>	<b>12.340.000</b>		<b>26.926.419</b>



Naturnahe Reinigungsverfahren kommen vor allem in ländlichen Gebieten zum Einsatz.

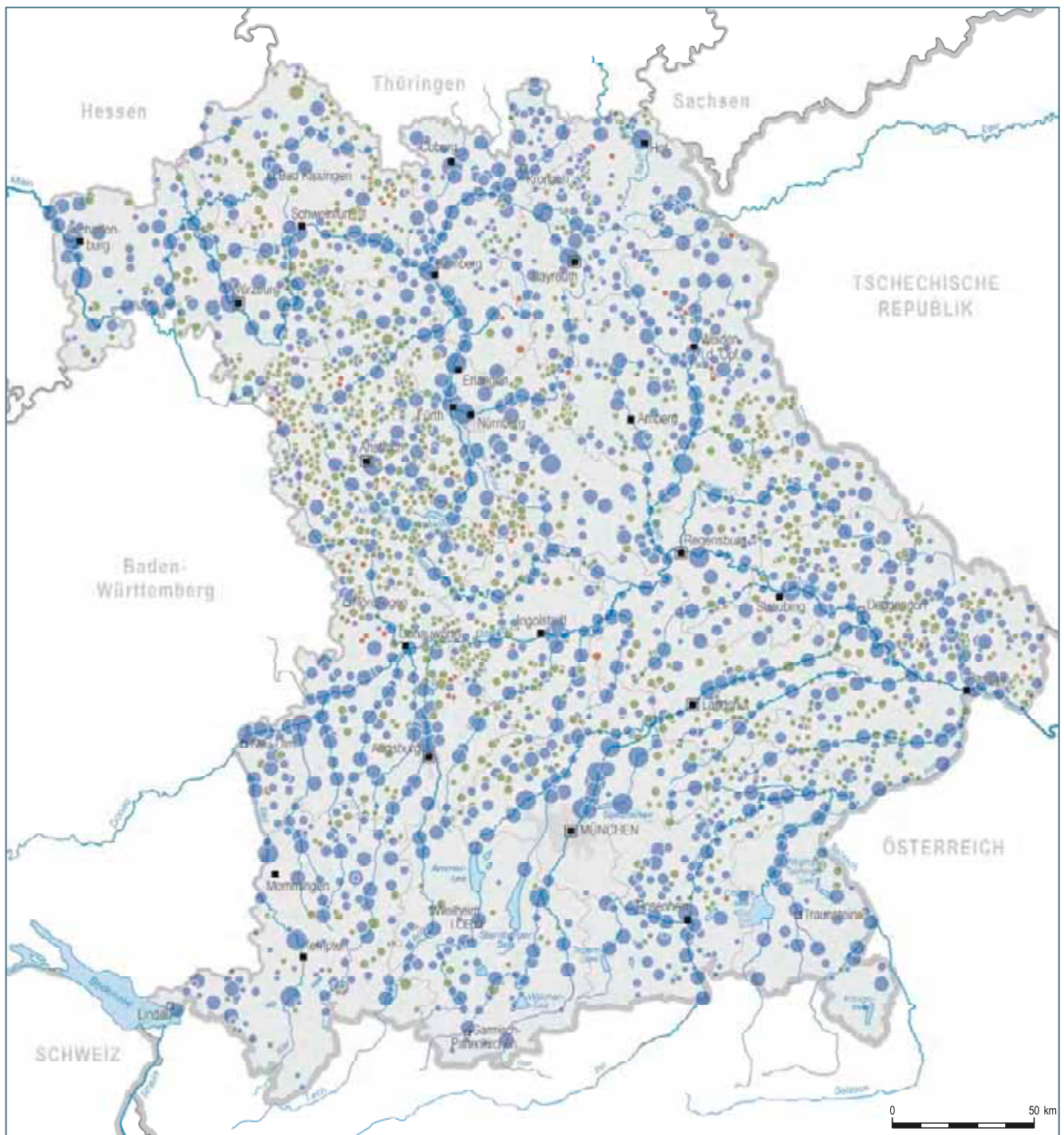
Die kommunale Abwasserentsorgung ist in Bayern auf Grund der Topografie und der Besiedelung zum großen Teil dezentral strukturiert. Vor allem in ländlichen Gebieten kommen viele kleine Kläranlagen mit naturnahen Reinigungsverfahren und mit weniger als 1.000 EW Ausbaugröße zum Einsatz. Etwa die Hälfte aller bayerischen Kläranlagen sind dieser Größenklasse zuzurechnen. Gemessen an den daran angeschlossenen Einwohnern reinigen sie jedoch nur das Abwasser von rund 3 % der bayerischen Bevölkerung.

Die Anzahl der kommunalen Kläranlagen in Bayern nahm in den letzten Jahren ab. Dies ist unter anderem damit zu erklären, dass kleinere sanierungsbedürftige Anlagen (beispielweise mechanische Anlagen/Behelfsanlagen) aufgelassen und ihre Einzugsgebiete an größere Sammelkläranlagen angeschlossen wurden. Für den Gewässerschutz ist diese Entwicklung positiv zu beurteilen, da kleinere Anlagen oftmals an den sensibleren Oberläufen der Flüsse liegen und durch deren Stilllegung diese Gewässerabschnitte frei von Abwassereinleitungen gehalten werden können.



Entwicklungen der Anzahl bei kommunalen Kläranlagen – differenziert nach Anlagentechnik

### Standorte der kommunalen Kläranlagen



<ul style="list-style-type: none"> <li>□ Stadt</li> <li>■ kreisfreie Stadt</li> <li>▣ Sitz Regierungsbezirk</li> <li>⬢ Siedlungsfläche</li> <li>— Amtsbezirksgrenze der Wasserwirtschaftsämter</li> <li>— Landesgrenze</li> <li>— Staatsgrenze</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● See</li> <li>— Fluss</li> <li>— Kanal</li> </ul>	<p>Ausbaugröße in Einwohnerwerten (EW)*</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 50 - 999</li> <li>○ 1000 - 5000</li> <li>○ &gt; 5000 - 10000</li> <li>○ &gt; 10000 - 100000</li> <li>○ &gt; 100000</li> </ul>	<p>Anlagenart</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Naturnahe Kläranlage</li> <li>● Technische Kläranlage</li> <li>● Behelfskläranlage</li> </ul>
---	---	--	--

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

## 4.2 Reinigungsverfahren

Je nach Abwasserzusammensetzung, Abwassermenge und Reinigungsziel kommen sowohl naturnahe als auch technische Reinigungsverfahren zum Einsatz. Für alle Verfahren gelten die Anforderungen nach dem Stand der Technik. Eine rein mechanische Reinigung des Abwassers in Behelfsanlagen entspricht heute nicht mehr dem Stand der Technik. Aus diesem Grund sind diese meist sehr kleinen Anlagen in Bayern nur noch vereinzelt in Betrieb. Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die eingesetzten Reinigungsverfahren und ihre Häufigkeit.

Überblick über die eingesetzten Reinigungsverfahren in Bayern

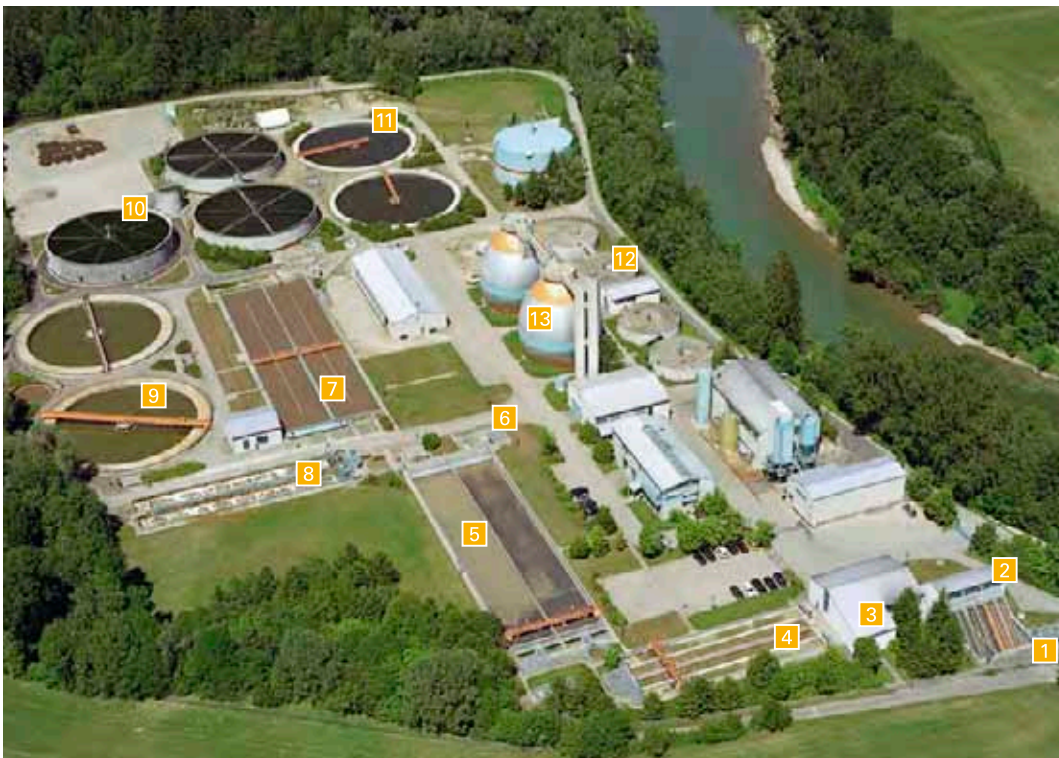
Anlagensystem		Größenklasse nach Abwasserverordnung					Gesamt
		1	2	3	4	5	
		Ausbaugrößen in Einwohnerwerten (EW)					
		50-999	1000-5000	>5000-10000	>10000-100000	>100000	
Abwasserteichanlage - belüftet	Anzahl	76	107	3			186
	Ausbaugröße in EW	40.234	240.943	21.460			302.637
Abwasserteichanlage - mit biologischer Zwischenstufe	Anzahl	142	145	4	1		292
	Ausbaugröße in EW	87.200	273.867	28.500	11.000		400.567
Abwasserteichanlage - unbelüftet	Anzahl	662	21				683
	Ausbaugröße in EW	197.845	27.020				224.865
Abwasserteichanlage/ Behelfsanlage	Anzahl	50	3				53
	Ausbaugröße in EW	12.465	3.100				15.565
Belebungsanlage mit getrennter → Schlammstabilisation	Anzahl	49	29	29	178	22	307
	Ausbaugröße in EW	14.127	105.125	234.249	6.763.628	5.410.000	12.527.129
Belebungsanlage mit gemeinsamer → Schlammstabilisation	Anzahl	109	339	148	113		709
	Ausbaugröße in EW	41.076	1.041.241	1.122.399	2.016.600		4.221.316
Biologische Kläranlage im Parallelbetrieb	Anzahl	3	2	3	6	1	15
	Ausbaugröße in EW	770	5.000	25.700	130.300	120.000	281.770
Mehrstufige biologische Kläranlage	Anzahl	3	8	4	27	13	55
	Ausbaugröße in EW	1.220	26.499	33.350	1.080.600	6.810.000	7.951.669
Pflanzenkläranlage	Anzahl	46					46
	Ausbaugröße in EW	8.667					8.667
Rotationstauchkörperanlage	Anzahl	114	34		1		149
	Ausbaugröße in EW	38.533	69.532		10.600		118.665
Tropfkörperanlage	Anzahl	42	112	30	15		199
	Ausbaugröße in EW	14.966	347.053	238.600	272.950		873.569
<b>Gesamt</b>	<b>Anzahl</b>	<b>1.296</b>	<b>800</b>	<b>221</b>	<b>341</b>	<b>36</b>	<b>2.694</b>
	<b>Ausbaugröße in EW</b>	<b>457.103</b>	<b>2.139.380</b>	<b>1.704.258</b>	<b>10.285.678</b>	<b>12.340.000</b>	<b>26.926.419</b>

## 4.2.1 Technische Anlagen

### Allgemeines

Auf jeder Kläranlage wird das Abwasser in mehreren Stufen gereinigt. Zunächst wird das Wasser in der mechanischen Vorreinigung von groben Stoffen befreit. Im **Rechen** werden Gegenstände wie Textilien, Haare 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. Der Biologische Teil einer Kläranlage kann in unterschiedlichen Varianten z. B. als Belebungsbecken oder Tropfkörper ausgeführt sein. Im **Nachklärbecken** sinken die Mikroorganismen aus der biologischen Stufe zu Boden. Das nun gereinigte, klare Abwasser gelangt 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 **Faulturn** 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

Belebungsanlagen müssen technisch belüftet werden.

### Belebungsanlage

Bei Belebungsanlagen ist die biologische Stufe als Belebungsbecken ausgeführt. Im Belebungsbecken liegen die zur biologischen Reinigung notwendigen → *Mikroorganismen* frei schwebend in hoher Dichte vor. Für sie müssen geeignete Lebensbedingungen geschaffen werden, um eine gute Reinigungsleistung der Abwasseranlage erzielen zu können. Dies geschieht durch Belüftung. Sie sorgt zum einen für eine ausreichende Sauerstoffversorgung der Mikroorganismen und zum anderen hält sie diese in Schwebelage. Zum Erhalt einer dauerhaft hohen Dichte an Mikroorganismen wird der im Nachklärbecken abgesetzte (aus Mikroorganismen bestehende) Belebtschlamm zum Teil wieder in das Belebungsbecken zurückgeführt.

Belebungsanlagen werden überwiegend bei den größeren Kläranlagen mit weitergehender Reinigung, d. h. mit gezielter Nährstoffelimination (Stickstoff- und Phosphorreduzierung) eingesetzt.



Belebungsanlage in Roding  
(25.000 EW Ausbaugröße)



Tropfkörper der Kläranlage  
Horgau (4.500 EW  
Ausbaugröße)

### Tropfkörperanlage

Das Tropfkörperverfahren ist eines der ältesten Verfahren der biologischen Abwasserreinigung. Die zylindrischen, meist in Betonbauweise errichteten Reaktoren enthalten Aufwuchsmaterial, bestehend aus Lavabrocken oder Kunststoffelementen mit großer Oberfläche, über welches das Abwasser verrieselt wird. Die biologische Abwasserreinigung erfolgt dabei durch Mikroorganismen, die als biologischer Rasen auf dem Material aufwachsen. Der notwendige Sauerstoff wird durch den natürlichen Luftzug im Tropfkörper herangeführt.

## 4.2.2 Naturnahe Anlagen

### Allgemeines

Bei der biologischen Abwasserreinigung 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 diese Anlagen entsprechend größer. Die naturnahe Abwasserbehandlung eignet sich demzufolge eher für kleine Ortschaften und Einzelanwesen. Zu den naturnahen Verfahren zählen Abwasserteichanlagen und Pflanzenkläranlagen.

### Abwasserteichanlagen

Bei den rund 1.200 Abwasserteichanlagen in Bayern sind drei Verfahren zu unterscheiden. So besitzen knapp 300 Anlagen zur Verbesserung der Reinigungsleistung eine technische Zwischenstufe, z. B. einen Tropf- oder Tauchkörper. Bei rund 200 Anlagen werden die Abwasserteiche technisch belüftet. Rund 700, meist mit geringer Ausbaugröße dimensionierte Anlagen sind unbelüftet.

In Bayern gibt es rund 1.200 Abwasserteichanlagen.

Die Funktionsweise von Abwasserteichanlagen ist relativ einfach. In einem vorgeschalteten Absetzbecken sinken zunächst die Grobstoffe ab. Die biologische Reinigung erfolgt in den nachgeschalteten Teichen bzw. in den technischen Zwischenstufen. Bei unbelüfteten Abwasserteichanlagen wird der benötigte Sauerstoff überwiegend über die Wasseroberfläche, zum Teil auch durch biogene Vorgänge (Algen und Wasserpflanzen) eingetragen. Der Flächenbedarf ist dadurch größer als bei technisch belüfteten Abwasserteichen. Die Teiche müssen regelmäßig entschlammt werden.



Belüftete Abwasserteichanlage in Bayerbach bei Ergoldsbach (2.600 EW Ausbaugröße)



*Pflanzenkläranlage als horizontal durchströmter bepflanzter Bodenfilter in Mundraching (350 EW Ausbaugröße)*

### Pflanzenkläranlagen

Pflanzenkläranlagen bestehen aus einer mechanischen Vorbehandlung und einem mit Sumpfpflanzen bewachsenen sandig-kiesigen Bodenkörper zur biologischen Reinigung. Man unterscheidet zwischen horizontal und vertikal durchströmten bepflanzten Bodenfiltern. Der Reinigungsprozess durch die → *Mikroorganismen* findet auf der Oberfläche der Bodenpartikel und der Pflanzenwurzeln statt. Pflanzenkläranlagen müssen fachgerecht errichtet und betrieben werden, damit auch langfristig die Leistungsfähigkeit der Anlage erhalten bleibt.

## 4.3 Entwicklung und Stand der Abwasserbehandlung

### Anschlussgrad und Reinigungsniveau

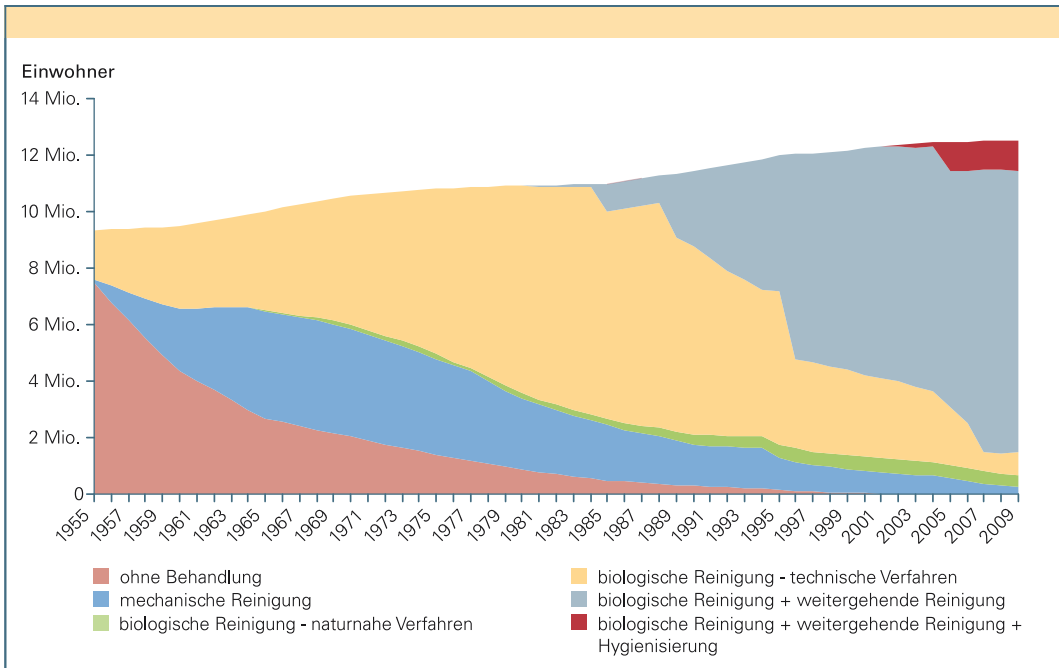
Etwa 96 % der Einwohner Bayerns sind mittlerweile an zentrale kommunale Kläranlagen angeschlossen. Die verbleibenden Einwohner müssen das anfallende Abwasser in biologischen Kleinkläranlagen behandeln. Die Reinigungstechnik von biologischen Kleinkläranlagen ist heute vergleichbar mit der von größeren zentralen Kläranlagen. Das bedeutet: Das Abwasser aller Einwohner Bayerns wird gleichwertig – unter Berücksichtigung der gesetzlichen Anforderungen – behandelt.

Das Bayerische Landesamt für Umwelt hat historische Daten zum Stand der Abwasserbehandlung ausgewertet, um Auskunft darüber zu erhalten, ob und wie das Abwasser der gesamten Bevölkerung gereinigt wurde.

### Erläuterung der Grafik:

In ländlichen und nicht erschlossenen Gebieten wurden die häuslichen Abwässer zunächst häufig in Gruben gesammelt, die von Zeit zu Zeit geleert wurden. 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 bereits mehr als ein Drittel der damals 10,5 Mio. 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 % der bayerischen Bevölkerung bereits die Nährstoffe Phosphor oder Stickstoff weitgehend entfernt werden. Seit dem Jahr 2003 werden auch die mechanisch wirkenden Kleinkläranlagen mit einer biologischen Stufe Bayern weit nachgerüstet. Heute wird nahezu das gesamte Abwasser biologisch behandelt, rund 90 % davon sogar weitergehend mit Phosphor- und Stickstoffelimination.

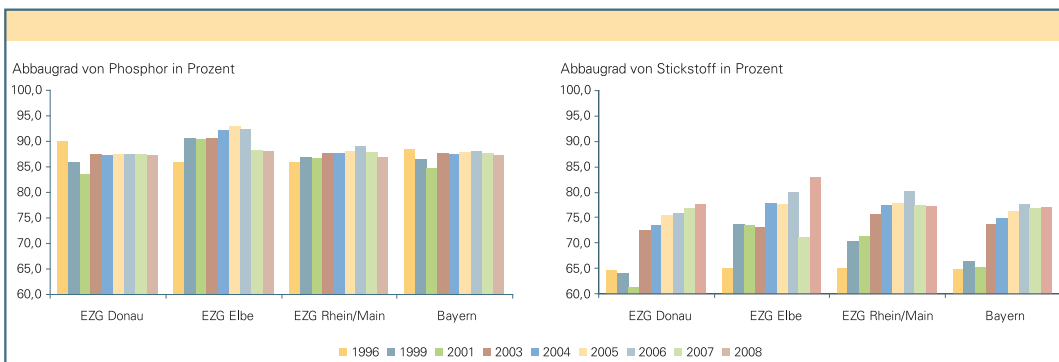
**Abwasser wird heute biologisch, oftmals auch weitgehend behandelt.**



Reinigungsniveau des kommunalen Abwassers von 1955 bis 2009

### Abbaugrad

Die Reinigungsleistung einer Kläranlage lässt sich berechnen. Sie wird am ehesten ersichtlich, 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 Bayern weit in Bezug auf die biologisch leicht abbaubaren organischen Verbindungen ein Abbaugrad von etwa 95 % erreicht. Auch bei den Nährstoffparametern Phosphor und Stickstoff konnten die bayerischen Kläranlagen ihre Reinigungsleistung stetig erhöhen. Etwa 88 % des Phosphors und ca. 77 % des Stickstoffs werden in den Abwasserreinigungsanlagen eliminiert.



Grafik links:  
Abbaugrad von Phosphor

Grafik rechts:  
Abbaugrad von Stickstoff



## 4.4 Klärschlamm

### Klärschlammbehandlung

Wenn Abwasser gereinigt wird, fällt zwangsläufig Klärschlamm an. Er besteht aus Feststoffen und Wasser. Man unterscheidet zwischen Rohschlamm und behandeltem Schlamm. Rohschlamm fällt auf Kläranlagen als Primärschlamm in der mechanischen Reinigungsstufe oder als Überschussschlamm in der biologischen Stufe an.

Da Rohschlamm zur sauren Gärung und damit zur Geruchsbildung neigt, muss er durch mikrobielle Stoffwechselprozesse stabilisiert werden, z. B. in einem Faulbehälter. Dabei entsteht Faulgas (60–70 % Methan) und → *stabilisierter Schlamm*.

Faulgas wird auf der Kläranlage in Strom und Wärme umgewandelt.

Das Faulgas wird auf der Kläranlage meist 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 mit einem entsprechend niedrigen Feststoffanteil. Ein wichtiger Schritt bei der Schlammbehandlung ist deshalb das Entfernen des Wassers zur Volumenverminderung. Anderenfalls wären bei allen nachfolgenden Verfahrensschritten große Schlammengen zu behandeln. Zur Entwässerung kommen Kammerfilterpressen, Bandfilterpressen oder Zentrifugen zum Einsatz.

Je nach anschließendem Entsorgungsweg oder zur weiteren Volumenverminderung kann der entwässerte Schlamm in einem weiteren Schritt getrocknet werden. Ein mögliches Verfahren ist die solare Klärschlamm-trocknung in gewächshausähnlichen Hallen.

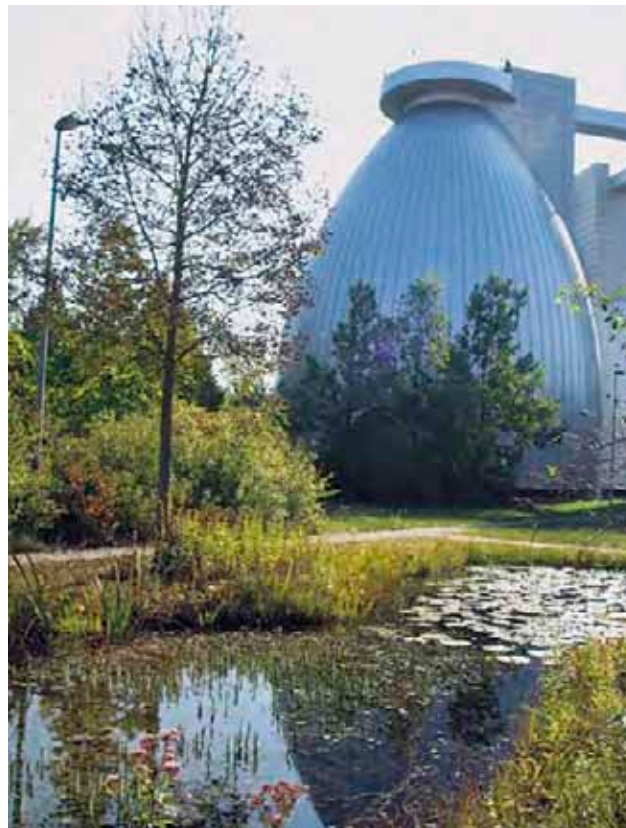


Bild links:  
Faulurm der Kläranlage  
Landshut (260.000 EW  
Ausbaugröße)

Bild rechts:  
Solare Klärschlamm-trock-  
nungsanlage der Kläranlage  
des AZV Main-Mud  
(95.000 EW Ausbaugröße)



### Klärschlamm Entsorgung

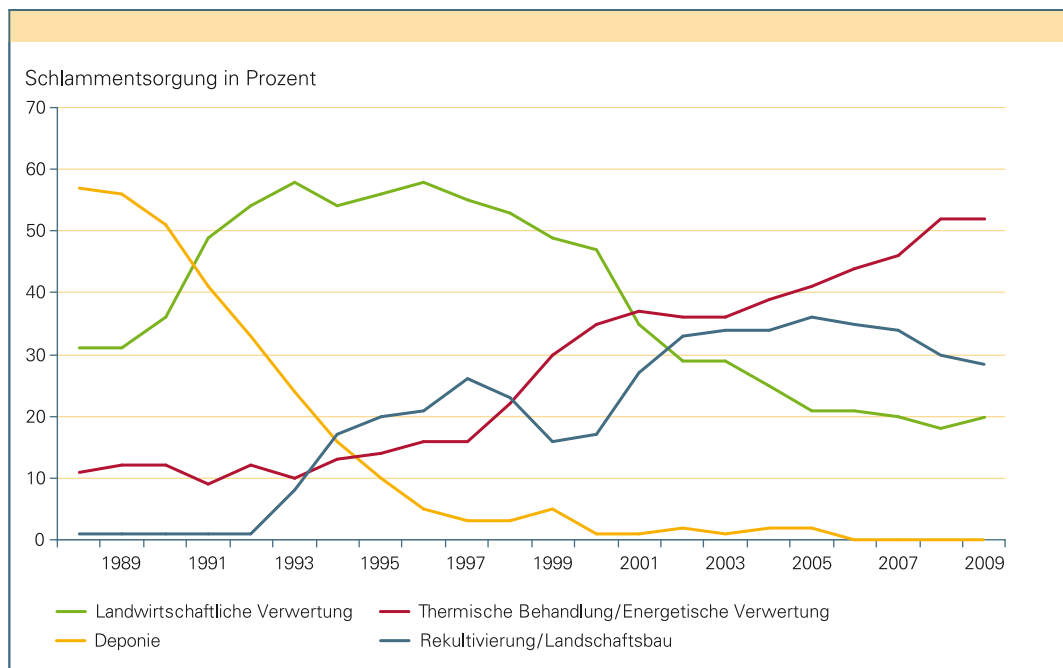
Zur Entsorgung des entwässerten oder getrockneten Klärschlamm stehen im Wesentlichen drei Wege zur Verfügung:

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

Klärschlamm gilt als Schadstoffsенке für eine Vielzahl unerwünschter Abwasserinhaltsstoffe, über deren Auswirkungen auf die Umwelt und Gesundheit noch zu wenig bekannt ist. Aus Vorsorgegründen verfolgt Bayern daher das Ziel, die landwirtschaftliche und landschaftsbauliche Verwertung zu beenden.

Im Jahr 2009 wurden ca. 282.000 Tonnen Trockenmasse Klärschlamm aus kommunalen bayerischen Kläranlagen entsorgt. 52 % wurden thermisch behandelt, 20 % landwirtschaftlich und 28 % landschaftsbaulich verwertet. Eine Deponierung von Klärschlamm ist seit einigen Jahren nicht mehr zulässig.

Klärschlamm wird heute überwiegend thermisch behandelt bzw. energetisch verwertet.



Klärschlamm Entsorgung von 1988 bis 2009

## 5 Kleinkläranlagen

Überall dort, wo kein Anschluss an eine öffentliche Kläranlage vorhanden und auch zukünftig nicht machbar ist, müssen die Bürger ihr häusliches Abwasser in privaten Kleinkläranlagen (KKA) behandeln. Dies ist meist im ländlichen Raum der Fall, wenn der Anschluss an die Kanalisation und somit an die kommunale Kläranlage technisch nicht möglich oder zu teuer ist.

*Bild links:  
Abwasser von landwirtschaftlichen Einzelanwesen wird oft mit Kleinkläranlagen behandelt*



*Bild rechts:  
Kleinkläranlagen liegen meist unscheinbar im Untergrund*

Der Anschlussgrad an kommunale Abwasseranlagen weist in Bayern erhebliche regionale Unterschiede auf. Kleinkläranlagen sind in der Folge daher ebenfalls sehr unterschiedlich verteilt.

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

Langfristig werden 3 % bzw. rund 400.000 Einwohner Bayerns ihr Abwasser in etwa 100.000 Kleinkläranlagen behandeln. Kleinkläranlagen müssen – ebenso wie die kommunalen Kläranlagen – bestimmte Mindestanforderungen des Gesetzgebers einhalten. Diese gelten als eingehalten, wenn die Kleinkläranlagen über eine biologische Reinigungsstufe verfügen. Vorhandene „Altanlagen“ müssen deshalb nachgerüstet werden. Neuanlagen sind mit einer mechanischen und biologischen Behandlung auszustatten. Etwa zwei Drittel der Kleinkläranlagen werden bis Ende 2010 mit einer biologischen Stufe ausgerüstet sein.

### Behandlungsverfahren und Leistungsfähigkeit

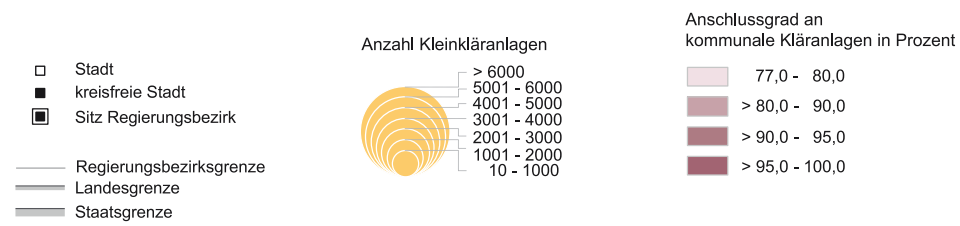
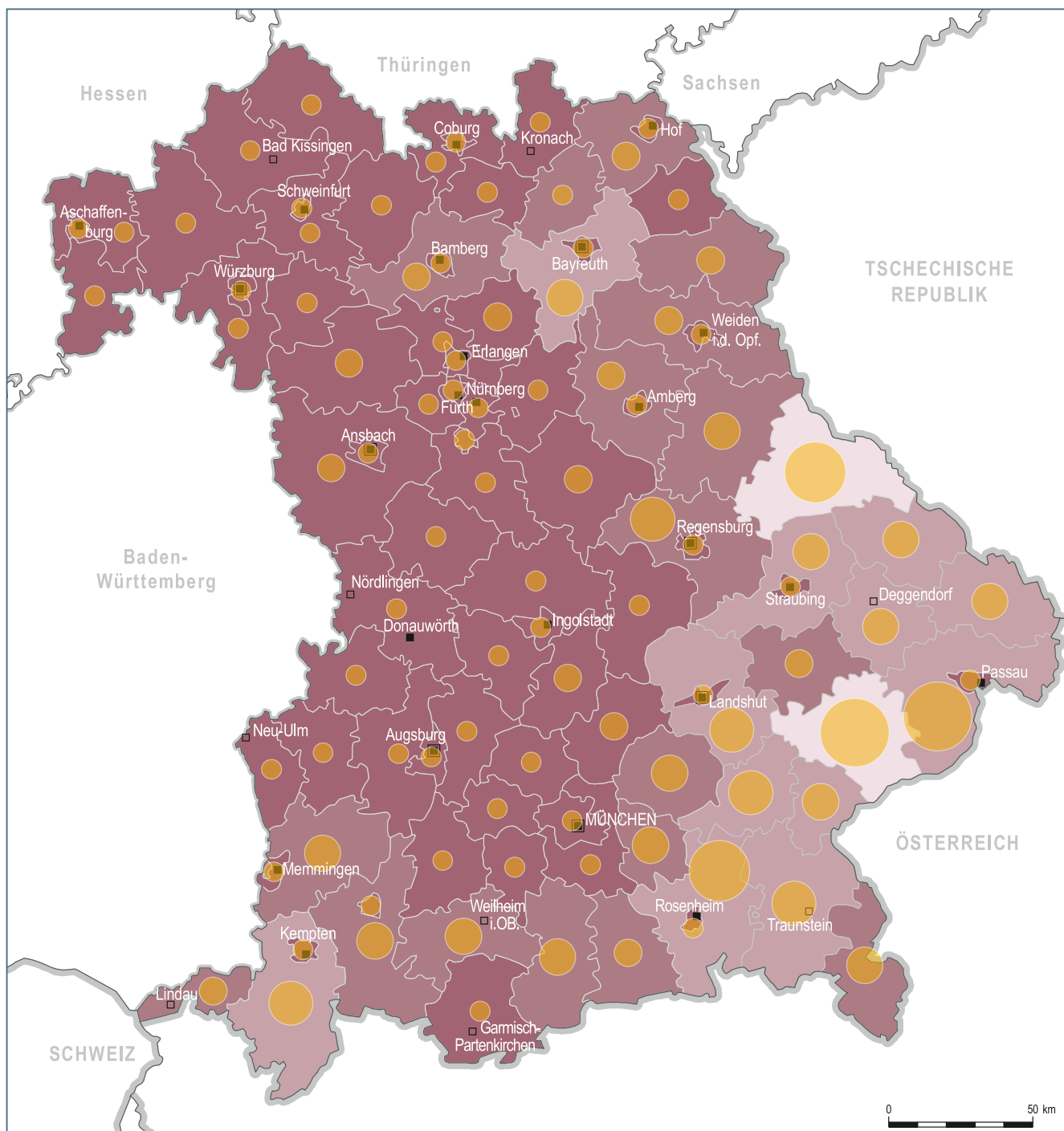
Zu unterscheiden sind wie bei den kommunalen Kläranlagen naturnahe Behandlungsverfahren wie bepflanzte Bodenfilter oder Abwasserteiche und technische Kleinkläranlagen unterschiedlicher Bauart. Für beide Gruppen gibt es DIN-Vorschriften, Normen und technische Regelwerke zur Bemessung, zum Bau und Betrieb.

*Bild links:  
Kleinkläranlage als bepflanzter Bodenfilter*



*Bild rechts:  
Technische Kleinkläranlage*

### Anschlussgrad und regionale Verbreitung von Kleinkläranlagen in Bayern (Stand 2007)



Fachdaten: Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung  
Bayerisches Landesamt für Umwelt

Die technischen Weiterentwicklungen der letzten Jahre ermöglichen heute auch bei den Kleinkläranlagen eine weitergehende Behandlung der Abwässer. Das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) als Zulassungsbehörde für technische, werkmäßig hergestellte Anlagen definiert deshalb für Kleinkläranlagen Reinigungsklassen, in die diese nach umfangreicher praktischer Prüfung wie folgt eingestuft werden:

Reinigungs- klasse	Beschreibung
C	Anlagen, die Kohlenstoff beseitigen und die gesetzlichen Mindestanforderungen erfüllen.
N	Anlagen mit zusätzlicher Elimination von Ammonium-Stickstoff
D	Anlagen mit zusätzlicher Elimination von Nitrat-Stickstoff
+P	Anlagen mit zusätzlicher Elimination von Phosphor
+H	Anlagen mit einer → <i>Hygienisierungsstufe</i> zur Reduzierung gesundheitsgefährdender Keime und Bakterien.

Aus der Vielzahl der zur Verfügung stehenden Systeme kann das jeweils geeignete Behandlungsverfahren in eigener Entscheidung durch den Planer bzw. Bauherrn ausgewählt werden.

Die Klassen +P und +H sind Bausteine, die den Klassen C, N oder D zusätzlich zugeordnet werden können. Aktuell sind seitens des DIBt knapp 300 technische Anlagen mit unterschiedlicher Reinigungsklasse zugelassen. Dort, wo die gesetzlichen Mindestanforderungen zum Schutz der benutzten Gewässer in sensiblen Bereichen nicht ausreichen, z. B. wenn das gereinigte Abwasser in ein Gewässer mit geringer Wasserführung oder im Einzugsgebiet eines Sees eingeleitet werden soll, stehen „höherwertigere“ technische Anlagen mit besserer Reinigungsleistung zur Verfügung.

### Wartung und Betrieb

Zur langfristigen Sicherstellung der geforderten Reinigungsleistung ist neben einer sorgfältigen Planung und dem richtigen Einbau vor allem die gewissenhafte Kontrolle der Kleinkläranlage durch den Betreiber (Eigenkontrolle) und eine sorgfältige Wartung durch einen Fachkundigen wichtig. Funktionsstörungen müssen frühzeitig erkannt werden und nicht erst dann, wenn Ablaufwerte nicht eingehalten werden. Die Gründe für die Fehlfunktion müssen ermittelt und abgestellt werden. Dies kann in der Regel nur ein abwassertechnisch kompetenter Wartungsfachmann.



*Bild links:  
Probenahme durch  
einen Fachkundigen*

*Bild rechts:  
Ausrüstung für eine  
Probenahme*

Eine regelmäßige Überprüfung der Kleinkläranlagen durch eine unabhängige, neutrale Institution ist trotzdem unverzichtbar. Wegen der Vielzahl der Fälle kann dies nicht durch staatliche Stellen erfolgen. Bayern hat diese Aufgabe den „Privaten Sachverständigen in der Wasserwirtschaft (PSW)“ übertragen. Diese wirken bei der Begutachtung im Wasserrechtsverfahren, der Bauabnahme nach dem Bau sowie der Bescheinigung der Funktionsfähigkeit der Anlage mit.

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

**Der Vergleich einer Kleinkläranlage (Erläuterung nachfolgend in Klammern) mit einem Auto veranschaulicht das Prozedere von Betrieb, Wartung und Kontrolle:**

Beim Auto wird im Zuge der Prüfung des Reifendrucks, Ölstandes etc. durch den Fahrer (Eigenkontrolle Kleinkläranlage) und einer regelmäßigen Inspektion im Fachbetrieb (Wartungsfachmann) die Fahrtauglichkeit sichergestellt. Amtlich anerkannte Prüforganisationen, wie der TÜV (PSW) kontrollieren darüber hinaus im Interesse der Allgemeinheit in regelmäßigen Abständen die Funktionsfähigkeit des Autos (Kleinkläranlage) für den Straßenverkehr (Gewässerschutz) und vergibt die „TÜV-Plakette“ (PSW-Bescheinigung).