



# Wasser in Bayern

Gewässerkundlicher  
Jahresbericht 2007



Abb. 1: Bayernkarte mit Bildern aus den Arbeitsbereichen des Gewässerkundlichen Dienstes

## Inhaltsverzeichnis

<b>Einführung</b>	<b>3</b>
<b>Witterung</b>	<b>7</b>
Regionaler Überblick	7
Niederschläge	9
<b>Fließgewässer und Seen</b>	<b>14</b>
Abflüsse von Fließgewässern	14
Wasserstände an Seen	18
Gewässerqualität der Fließgewässer	21
Gewässerqualität der Seen	25
<b>Grund- und Bodenwasser</b>	<b>29</b>
Grundwasserstände	29
Grundwasserbeschaffenheit	35
Bodenwasser	38
<b>Sonderthema: Temperatur</b>	<b>42</b>
Lufttemperatur	42
Wassertemperatur oberirdischer Gewässer	42
Wassertemperatur Grundwasser	43
Bodentemperatur	44
Klimawandel und Temperatur	47
Niedrigwasserinformationsdienst	48
Wassertemperatur und EG Wasserrahmenrichtlinie	48
<b>Fachbegriffe und Abkürzungen</b>	<b>49</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>50</b>

### Im Internet erhalten Sie weitere Informationen zu folgenden Themen:

Internetangebot des LfU: <http://www.lfu.bayern.de>

Gewässerkundliches Informationssystem: <http://www.lfu.bayern.de/wasser/index.htm>

## Einführung

Zu warm oder zu kalt, werden die Sommer trockener, nehmen die Starkregenniederschläge zu – oder bewegt sich alles im Bereich des Normalen?

Aufgabe des Gewässerkundlichen Dienstes ist es, Wasser, sei es in Form von Niederschlag, oberirdischem Wasser oder Grundwasser in Menge und Qualität zu erfassen, statistisch aufzubereiten und anhand von Zielwerten zu beurteilen.

Hierzu werden überwacht:

- ca. 120 Niederschlagsmessstellen
- ca. 600 gewässerkundliche Pegel an oberirdischen Gewässern
- 40 Schwebstoffmessstellen
- 553 Grundnetz-Messstellen Grundwasserstand
- 230 Verdichtungsnetz-Messstellen Grundwasserstand
- ca. 830 staatliche Sondernetz-Messstellen Grundwasserstand
- 37 Quellmessstellen (Quellschüttung)
- 37 Messstellen Überblicksüberwachung an Fließgewässern
- ca. 600 Messstellen Operative Überwachung an Fließgewässern
- 17 Referenzmessstellen zur Qualität der Fließgewässer
- ca. 60 Messstellen Landesmessnetz Qualität der Fließgewässer
- 54 Hauptmessstellen zur Qualität der Seen
- 70 Wassertemperaturmessstellen an oberirdischen Gewässern
- 500 Hauptmessstellen zur Beschaffenheit des Grundwassers
- 7 Intensivmessgebiete Stoffeintrag – Grundwasser (MSGw)
- 23 Messstellen im Messnetz Versauerung oberirdische Gewässer

Aktuelle Daten werden monatlich aufbereitet:

[http://www.lfu.bayern.de/wasser/daten/gewaesserkundliche\\_monatsberichte/index.htm](http://www.lfu.bayern.de/wasser/daten/gewaesserkundliche_monatsberichte/index.htm)

Längerfristige Entwicklungen und Trends sind im vorliegenden Jahresbericht beschrieben. Das Sonderthema dieses Berichts widmet sich der Beobachtung der Temperatur in allen Wasserhaushaltskomponenten. Neben einer Übersicht über die Temperaturmessnetze werden aktuelle Fragestellungen rund um die Temperatur behandelt.

## Die Gewässerkundliche Entwicklung im Jahresverlauf

Auch wenn für viele nur ein kalter, verregneter August in Erinnerung geblieben ist, war das Jahr 2007 bereits das fünfte zu warme Jahr in Folge. Insbesondere der Trend zu steigenden Temperaturen setzte sich in 2007 an vielen Messstellen fort. Beispielsweise lagen die Wassertemperaturen des Ammersees im Jahresverlauf um deutliche 1,2 Grad über den langjährigen Mitteln des Vergleichszeitraums von 1980 bis 2006. Auch die Monatsmittelwerte der Bodentemperaturen an den integrierenden Messstandorten waren in Tiefen von 4,50 und 8 Meter über das gesamte Jahr hinweg die höchsten seit Beginn der Messungen im Jahr 1998.

Das gesamte erste Halbjahr wies überdurchschnittliche Temperaturen auf. Vor allem Januar, Februar und April waren markant zu warm. In der Folge stiegen auch die Wassertemperaturen in Flüssen und Seen frühzeitig an und ausgeprägte Algenblüten entwickelten sich. Nach Zusammenbrechen der Algenentwicklungen fiel der Sauerstoffgehalt in vielen Gewässern stark ab – glücklicherweise kam es jedoch nicht zu Mangelsituationen oder Fischsterben. Positiv wirkten sich die warmen Wintertemperaturen auf die Ammonium-Gehalte aus: in vielen Gewässern waren historische Niedrigstwerte für den Winter zu beobachten.

Höchst variabel stellte sich die Wassermenge dar: Sturmtief „Kyrill“, Starkregen, Dauerregen und zwei Trockenperioden führten dazu, dass die Wasserstände und Abflüsse in Flüssen und Seen das gesamte Spektrum von Hoch- bis Niedrigwasser (Abb. 2) aufwiesen – die Bilanz über das Jahr



Abb. 2: Niedrigwasser am Pilsensee im Sommer 2007

gesehen aber quasi ausgeglichen war. In Nordbayern wurden im sehr trockenen April bis dato nie gemessene Niedrigwasserabflüsse erreicht. Ein vergleichbares Bild zeigten die Seen: der Wasserstand des Ammersees unterschritt den bisher bekannten Niedrigststand für diesen Monat. Hochwasser traten häufig und zu fast allen Jahreszeiten auf, zu extremen Hochwassern kam es allerdings nicht. Die Meldestufe 4 wurde nur vereinzelt erreicht – die Jährlichkeit lag selten über 10 Jahren. Die Wasserstände der Seen stiegen im Verlauf des Mai sprunghaft von Niedrigständen auf Höchstwerte an, weitere extreme Anstiege des Wasserstandes traten im August und September auf. Ein lokales Unwetter im Juli verursachte in Mittelfranken eine Sturzflut mit großen Schäden, ließ die Abflusspegel

aber nur verhältnismäßig gering ansteigen. Im Auf und Ab von Niederschlag und Abfluss zeigt das Jahr 2007 eine gewisse Kontinuität zum Vorjahr: das normale saisonale Geschehen wird teilweise vollständig überlagert von Extremereignissen.

Insgesamt war das Jahr - verglichen mit dem langjährigen Durchschnitt - etwas zu nass, vor allem aber deutlich niederschlagsreicher als die Vorjahre. Dies wirkte sich insbesondere auf die Wasservorräte aus: Anfang des Jahres und im Winter fand eine intensive Grundwasserneubildung statt. Die Niederschläge im Sommer führten zu einer Auffüllung des Bodenspeichers. In der Folge lagen die Grundwasserstände Ende 2007 wieder im mittleren Bereich und damit deutlich höher als in den beiden Vorjahren.

Die stoffliche Gewässerbelastung zeigte im Vergleich zu den Vorjahren wenig Veränderungen. Nach wie vor zu hoch sind die Nährstoffgehalte in vielen Fließgewässern, Seen und im Grundwasser. Die Untersuchung der Wasserpflanzen zeigt vor allem in landwirtschaftlich intensiv genutzten Regionen deutliche Beeinträchtigungen. Der Anteil der Grundwasser-Messstellen mit Nitratgehalten über 40 mg/l liegt bei rund 14 %. Im landwirtschaftlich beeinflussten Grundwasser der südbayerischen Schotterplatten liegen die Nitratgehalte verbreitet bei 20 bis 40 mg/l. In Phasen mit intensiver Grundwasserneubildung wurde lange Zeit Nitrat in erhöhten Konzentrationen aus den hohen Bodenvorräten ausgewaschen. Seit dem Jahr 2000 zeichnet sich ein Trend zu niedrigeren Konzentrationen und schwächeren Auswaschungsspitzen ab.

Das Orkantief Kyrill (Abb. 3) verursachte Sturmschäden und führte an einigen Waldstandorten zu Wurfschäden mit Totalabholzung. In der Folge wurde z.B. am Messstandort „Fichtelgebirge“ ein Anstieg der Nitratwerte im Sickerwasser beobachtet.

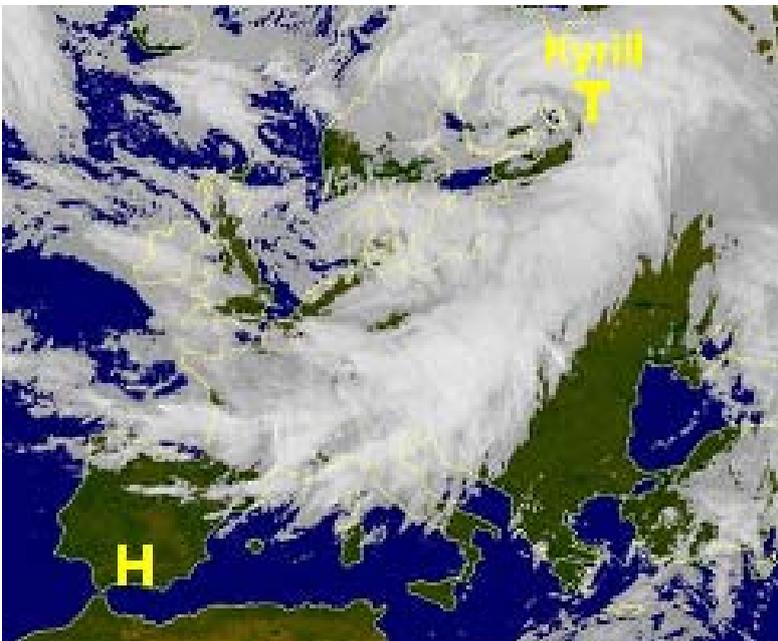


Abb. 3: Infrarot-Satellitenbild vom 18.01.2007, 17:30 Uhr (Kaltfront von Tief "Kyrill" wurde in Mitteleuropa wetterwirksam)

Die Schadstoffbelastung der Gewässer ist gering. Pflanzenschutzmittel werden vor allem in Flüssen nachgewiesen, lokal können Konzentrationen über den jeweiligen Qualitätsnormen auftreten. Im Grundwasser treten nur wenige Pflanzenschutzmittel in meist sehr geringen Konzentrationen auf. Die Atrazingehalte in Oberflächen- und Grundwasser sind rückläufig.

Untersuchungen der Gewässerfauna zeigen vor allem hydromorphologische Belastungen an Fließgewässern. Organische Belastungen aus Abwasser spielen hingegen eine zunehmend geringere Rolle. Die Überwachungsprogramme werden fortgesetzt und die Information flächig verdichtet. Sie sind Grundlage für die Maßnahmenprogramme nach EG-Wasserrahmenrichtlinie.

## Witterung

### Regionaler Überblick

Das Jahr 2007 war im langjährigen Vergleich (1961/90) markant zu warm und etwas zu nass. Damit war es das fünfte zu warme Jahr in Folge. Der Jahresniederschlag erreichte 949 mm und lag somit um 17 % über dem 30-jährigen Mittel.

Auch eine Reihe von besonderen Wetterereignissen wurde verzeichnet: z.B. Orkan "Kyrill" mit Sturm- schäden und Hochwasser im Januar und hochwasserrelevanten Niederschlägen und Schneeschmel- zen im Februar und März. Eine lang anhaltende Trockenperiode im April wurde von hochwasseraus- lösenden Dauerniederschlägen im Mai abgelöst. Im Sommer folgten Hagelschläge, Starkregen und eine Sturzflut in der Region Bayersdorf-Poxdorf im Juli. Im September, November und Dezember ging z.T. Dauerregen nieder, der bereichsweise Hochwasser verursachte.

Die langzeitlichen Veränderungen von meteorologischen sowie hydrologischen Messgrößen (Klima- wandel) werden in dem Vorhaben "Klimaveränderung und Wasserwirtschaft" (KLIWA) intensiv unter- sucht: <http://www.kliwa.de/>

### Nordbayern (Gebiet nördlich der Donau)

Im ersten Halbjahr folgten sechs zu warme Monate aufeinander. Dabei fielen der Januar (+ 5,1 Grad über dem langjährigen Monatsmittel), Februar sowie April jeweils markant und der März, Mai sowie Juni deutlich zu warm aus. In der zweiten Jahreshälfte war der Zeitraum von September bis Novem- ber zu kalt, die restlichen Monatsmitteltemperaturen lagen im Bereich des langjährigen Mittels oder geringfügig darüber (Abb. 4).

Sieben von zwölf Monaten wiesen überdurchschnittliche Niederschlagsmengen auf. Insbesondere Januar, Mai, Juli sowie September fielen deutlich zu nass aus und auch die Monatsniederschläge von Februar, Juni sowie November überschritten das Mittel 1961/90. Dagegen bleib der April markant und der März deutlich zu trocken. Die Monate März sowie Dezember waren bei geringerer Abweichung ebenfalls zu trocken und die Regenmenge im August entsprach dem langjährigen Mittelwert (Abb. 5).

Das Maingebiet wies im Kalenderjahr 2007 eine Gebietsniederschlagshöhe von 913 mm auf und war im Vergleich mit dem Mittelwert 1961/90 ebenfalls um 17 % zu nass.

Abweichung vom Lufttemperaturmittel 1961/90 [°C]

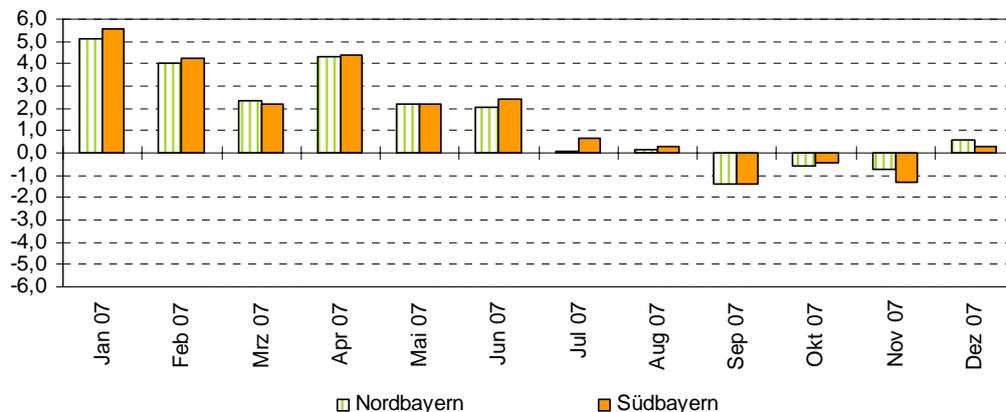


Abb. 4: Lufttemperaturverhältnisse in Bayern (Abweichung der Monatsmittel in 2007 vom Mittelwert der Periode 1961/90)

### Südbayern (Gebiet südlich der Donau)

In Südbayern blieben die ersten acht Monate des Jahres 2007 in Folge zu warm, insbesondere Januar, Februar und April waren dabei markant zu warm. Die Mitteltemperaturen der Monate März, Mai und Juni lagen deutlich, Juli und August nur etwas über dem 30-jährigen Vergleichswert. September, Oktober sowie November waren die einzigen zu kalten Monate des Jahres. Der Dezember war bereits wieder wärmer als der langjährige Durchschnitt (Abb. 4).

Die Anzahl der zu nassen und zu trockenen Monate hielt sich in Südbayern die Waage. Neben dem deutlich zu nassen Mai sowie September, waren auch die Monate Januar, Februar, Juli sowie November überdurchschnittlich niederschlagsreich. Dagegen blieben der April markant und der Oktober deutlich zu trocken. Die restlichen vier Monatsniederschläge (März, Juni, August sowie Dezember) lagen mit geringerer Abweichung ebenfalls unter dem Mittelwert 1961/90 (Abb. 5). Insgesamt fiel 1155 mm Niederschlag und damit 4 % mehr als im 30-jährigen Mittel (rd. 1100 mm).

Der Jahresniederschlag im gesamten Donaueinzugsgebiet summierte sich auf 1059 mm und liegt damit um 7 % über dem langjährigen Mittelwert der Reihe 1961-1990 (rd. 985 mm).

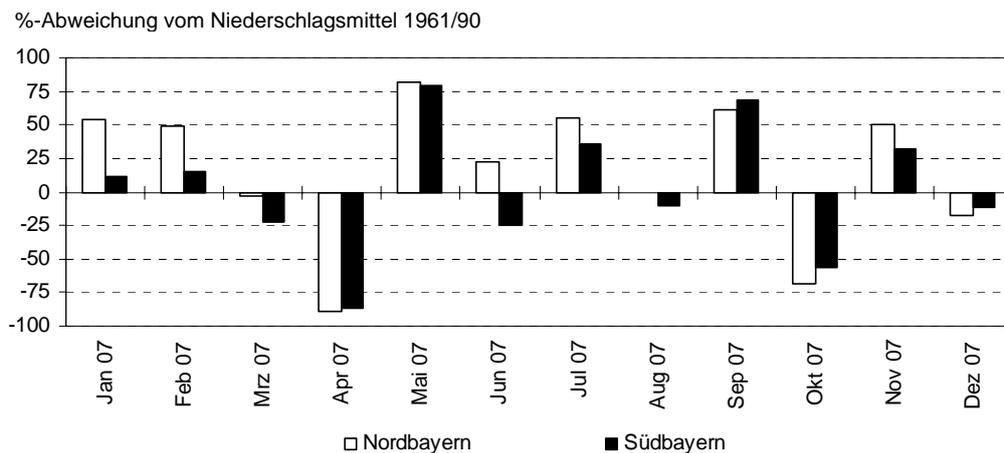


Abb. 5: Niederschlagsverhältnisse in Bayern (Abweichung der Monatssummen in 2007 vom Mittelwert der Periode 1961/90)

## Witterung

### Niederschläge

Zeitlich hoch aufgelöste Daten werden in dem automatisierten Niederschlagsmessnetz (Ombrometernetz) der Bayerischen Wasserwirtschaft erfasst. Die Aufzeichnungen der Ombrometerstationen Hammelburg und Utting-Achselschwang werden exemplarisch für die Betrachtung der Niederschlagsverhältnisse im Jahr 2007 herangezogen.

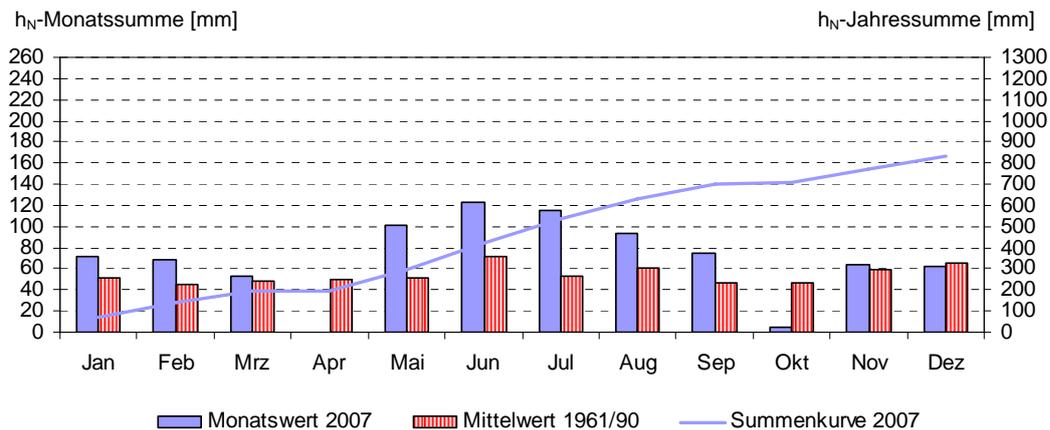


Abb. 6: Niederschlagsverhältnisse der Ombrometerstation Hammelburg

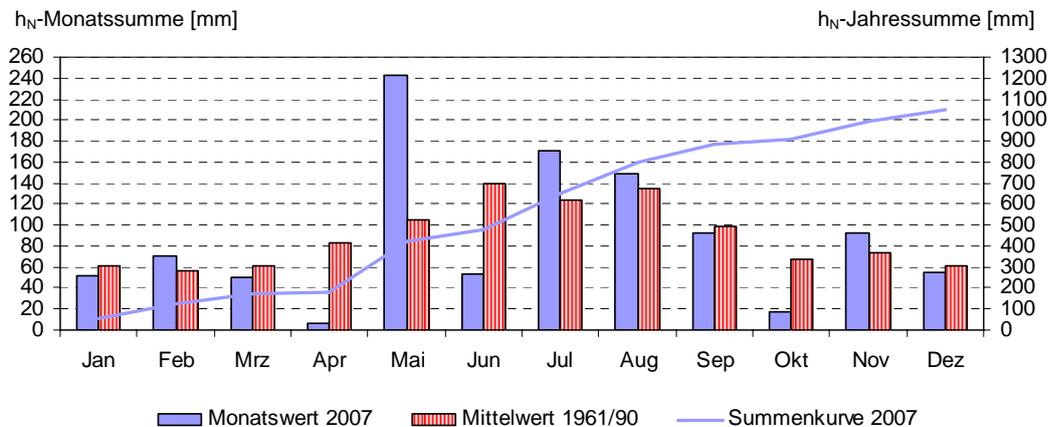


Abb. 7: Niederschlagsverhältnisse der Ombrometerstation Utting-Achselschwang

Für die nachfolgende Betrachtung des Niederschlagsverlaufs im Jahr 2007 werden nur die außergewöhnlichen Niederschlagsereignisse näher beschrieben.

Der **Januar** war insgesamt (in Nordbayern deutlich) zu nass, da durch häufige Westwetterlagen viele Frontensysteme vor allem Nord- und Ostbayern überquerten. Bereits Anfang des Monats wurden mehrere Sturmtiefausläufer wetterwirksam und am 18. sorgte Orkantief "Kyrill" für ergiebige Niederschläge, Hochwasser in Nordbayern und Sturmschäden (Eisenbahnverkehr kam komplett zum Erliegen). Vom 23. zum 26. traf arktische Kaltluft auf feuchtwarme Mittelmeerluft, es kam zu einem Winterbruch mit ergiebigen Schneefällen und in weiten Teilen Süddeutschlands hielt sich eine Schneedecke.

Im Vergleich zum langjährigen Mittel fiel der **Februar** ebenfalls zu nass aus. Vom 5. bis 15. und 25. bis 28. zogen in westlicher bis nordwestlicher Strömung mehrere Tiefdruckgebiete über Bayern hinweg, es fielen länger anhaltende Niederschläge auf zunehmend wassergesättigte Böden und bei den nordbayerischen Flüssen kam es zu Ausuferungen. Durch die Schneefälle vom 6. und 7. bildete sich in Nordbayern nur kurzzeitig eine Schneedecke, die bereits am 9. durch Schneeschmelze abflusswirksam wurde.

Der **März** war insgesamt zu trocken, aber zeitweise kam es zu kräftigen Niederschlägen. Bereits Anfang des Monats lösten die frontalen Regenfälle einer Westlage wieder ein Hochwasser in Nordbayern aus. Die nächste Niederschlagsperiode folgte vom 18. bis 24. (Nordmeerorkantief "Orkun" und anschließend Adriatief "Paul"). Am 20. lenkte ein Adriatief subtropische Warmluft gegen arktische Kaltluft und in Bayern kam es zunächst zu länger anhaltenden starken Schneefällen, die am 24. in Regen übergingen und durch gleichzeitige Schneeschmelze bei wassergesättigten Böden kam es nördlich der Donau zu Überschwemmungen.

Der **April** war markant zu trocken und wurde vom Deutschen Wetterdienst als der trockenste April seit Beginn der Aufzeichnungen im Jahr 1901 bezeichnet. Es dominierten lang anhaltende Trockenperioden (13 bis 27-tägig). Lediglich am 3. und 4. wurden örtlich stärkere Niederschläge registriert.

Im **Mai** war es bayernweit deutlich zu nass, bei einigen Stationen wurden sogar Monatsniederschläge von mehr als 200% des langjährigen Mittels (1961/90) registriert. Anfang des Monats zog ein Norditalientief nach Ungarn und führte in Alpennähe zu ergiebigen Regenfällen. Vom 8. bis 17. kam es immer wieder zu länger anhaltenden Regenfällen, insbesondere als eine Frontalzone quer über Bayern zu liegen kam und feuchtwarme Luft aus dem Süden auf kühle Meeresluft aus dem Norden traf. Weitere intensive Dauerniederschläge folgten vom 28. bis 29. (örtlich über 100 mm), als sich ein Oberitalientief zur Ostsee verlagerte und ein Hochwasser bei einigen Donau-, Regnitz- sowie Rednitzzuflüssen auslöste.

Während der **Juni** in Nordbayern zu nass ausfiel, blieb es in Südbayern zu trocken. Bei sommerlicher Witterung traten vom 9. bis 12. in ganz Bayern immer wieder heftige Gewitter auf. Um die Monatsmitte überquerten mehrere Tiefdruckgebiete in südwestlicher Strömung Bayern und insbesondere die Starkregenfälle vom 15. (Hagelschlag bei Holzkirchen mit 12 cm mächtiger Hageldecke) und 20. lösten in den Flussgebieten der Frankenhöhe jeweils ein Hochwasser aus. Am 25. wurde ein Sturmtiefausläufer mit ergiebigen Regenfällen in Alpennähe wetterwirksam.

Der **Juli** blieb im langjährigen Vergleich zu nass (Nordbayern deutlich zu nass) und nur rund 10 Tage blieben niederschlagsfrei. Die Nordwestströmung vom 4. bis 6. lenkte kühle Meeresluft nach Bayern und es kam verbreitet zu kräftigen Regenfällen sowie vereinzelt zu Hagel. Weitere Starkregenfälle verursachte eine Kaltfront am 9. in Alpennähe. Die stärksten Niederschläge des Monats (vielerorts mit Hagelschlag) fielen am 20. (Schwerpunkt Allgäu und südlich von München) und 21. (Starkregen und Sturzflut in Baiersdorf-Poxdorf, um 160 mm), als die Tiefdruckgebiete "Dietmar" und "Erdmann" Bayern in einer südwestlichen Strömung überquerten. Zum Monatsende gelangte ein Frontensystem aus Nordwesten gegen die Alpen und wurde von stärkeren Regenfällen begleitet.

Der Monatsniederschlag vom **August** erreichte in etwa den langjährigen Durchschnitt (in Südbayern etwas zu trocken). Vom 7. bis 9. kam eine meridionale Luftmassengrenze über dem westlichen Bayern zu liegen, dort fiel ergiebiger Regen und verursachte Ausuferungen an einzelnen Bächen und Flüssen. Im weiteren Monatsverlauf kam es an vielen Stationen immer wieder zu gewittrigen Regenschauern. Am Monatsende bildete sich eine zonale Luftmassengrenze aus, die feuchtheiße Mittel-

meerluft von kühler Meeresluft im Nordwesten trennte und alpennahe Starkregenfälle traten auf.

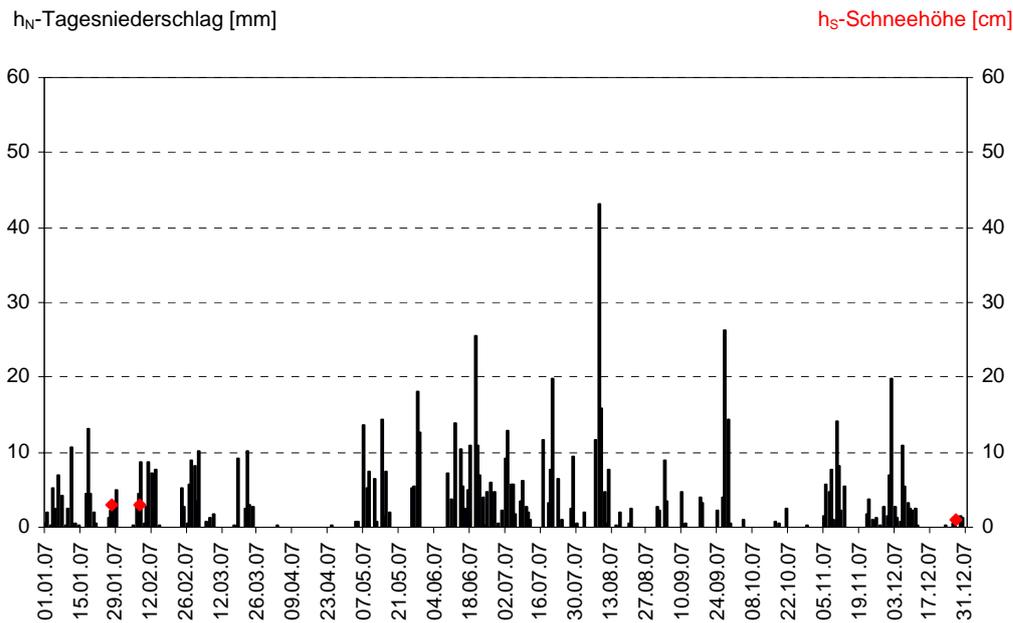


Abb. 8: Niederschläge  $h_N$  und Schneehöhen  $h_S$  der Ombrometerstation Hammelburg

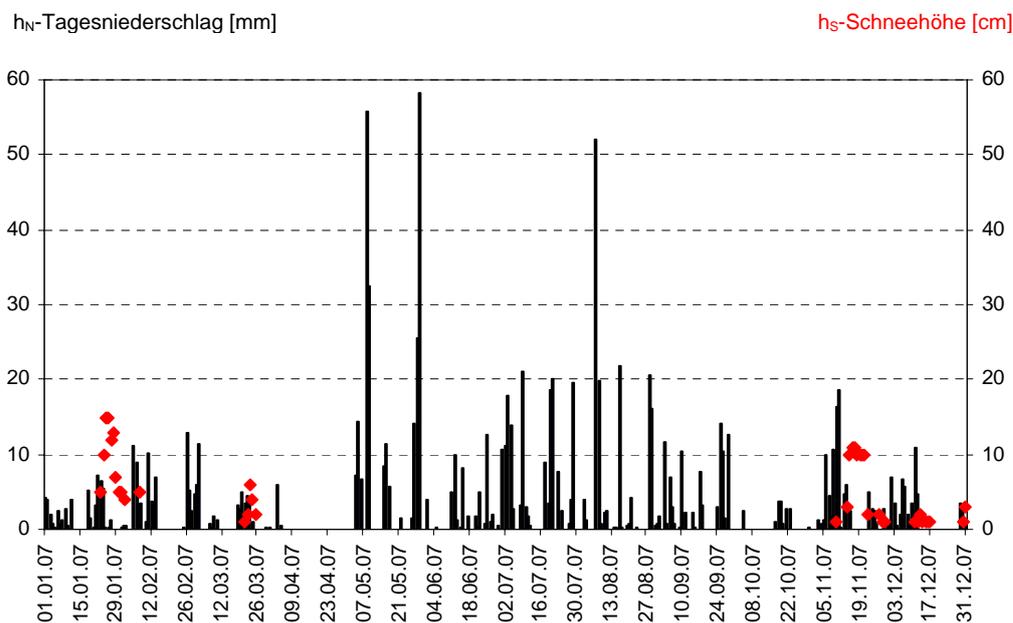


Abb. 9: Niederschläge  $h_N$  und Schneehöhen  $h_S$  der Ombrometerstation Hammelburg

Im **September** wurden deutliche Überschreitungen des vieljährigen Monatsniederschlags (1961/90) verzeichnet. Bereits Anfang des Monats überquerten mehrere Tiefdruckgebiete in nordwestlicher Strömung Bayern und kräftige Regenfälle traten im Bereich der Frontensysteme auf, die im Alpenstau besonders ergiebig ausfielen. Anschließend sorgte das Balkantief "Xaver" für Dauerregen in Südostbayern (in den Hochlagen als Schnee) und es kam zu Ausuferungen bei einigen südost-bayerischen Flüssen (4 Tagesniederschläge von über 150 mm). Am 10. und 11. zogen wieder atlantische Tief-

druckgebiete aus nordwestlichen Richtungen heran und verursachten Starkregenfälle in den Staulagen. Vom 25. bis 29. verlagerte sich das Adriatief "Faysal" nach Norden und dies führte zu ergiebigem Dauerregen in Nord- und Ostbayern sowie zu Ausuferungen bei nordbayerischen Flüssen.

Der **Oktober** war im langjährigen Vergleich deutlich zu trocken. Durch die häufigen Hochdruckwetterlagen fiel nur wenig Niederschlag und verbreitet wurde eine 11-tägige Trockenperiode verzeichnet. Zu verbreiteten Niederschlägen (im Alpenstau stärker ausfallend, über 500 m als Schnee) kam es in der Zeit vom 17. bis 19., als arktische Meeresluft in nordwestlicher Strömung nach Bayern gelangte.

Nach dem zu trockenen Vormonat, fiel der **November** zu nass aus. Im ersten Monatsdrittel gelangten in einer starken Nordwestströmung in rascher Folge mehrere Sturmtiefdruckgebiete nach Bayern und im Bereich der Frontensysteme kam es zu heftigen Niederschlägen (zeitweise über 20 cm mächtige Schneedecke) und bei vielen nordbayerischen Flüssen entstand durch Schneeschmelze eine Tauflut. Um die Monatsmitte sorgte eine Nordlage für einen Wintereinbruch und länger anhaltende Schneefälle. Neuerliche Schnee- und Schneeregenschauer setzten vom 25. bis 27. ein, da aus Nordwesten arktische Meeresluft nach Bayern gelangte. Verbreitet wurden im November 5 bis 15 Schneetage registriert.

Der **Dezember** blieb im langjährigen Vergleich zu trocken. Vom 1. bis 8. gelangten in einer kräftigen Westströmung mehrere Sturmtiefausläufer nach Bayern und insbesondere in den Staulagen der ostbayerischen Mittelgebirge kam es zu Starkregenfällen. Durch die zusätzliche Schneeschmelze kam es zu aufeinander folgenden Hochwasserereignissen bei einigen nord- und ostbayerischen Flüssen. Bis zum 12. kam es in feuchtkalter Luft aus dem Norden zu weiteren Niederschlägen geringerer Intensität (in Alpennähe länger anhaltender Schneefall). Danach sorgten stabile Hochdruckwetterlagen für eine verbreitete 16-tägige Trockenperiode. Insgesamt summierten sich die Schneetage im Dezember auf 6 bis 21.

Insgesamt war das Jahr 2007 im langjährigen Vergleich (1961/90) zu nass (Abb. 10).

Weitere Niederschlagsdaten finden Sie im Internet unter: <http://www.hnd.bayern.de>

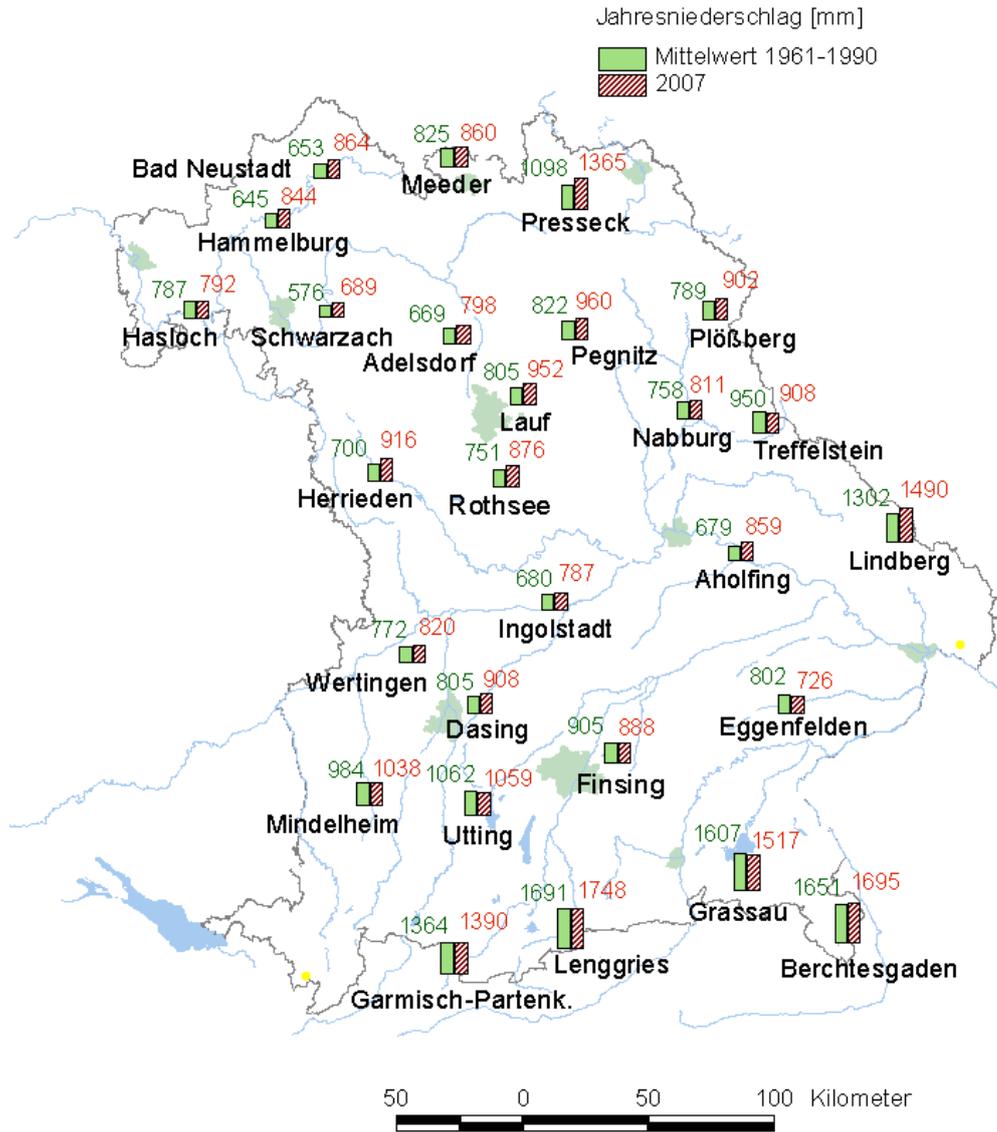


Abb. 10: Jahresniederschläge ausgewählter Ombrometerstationen

## Fließgewässer und Seen

### Abflüsse von Fließgewässern

**2007** war aus hydrologischer Sicht ein sehr interessantes und abwechslungsreiches Jahr. Im Jahresverlauf wechselten sich Hoch- und Niedrigwasserstände munter ab. Besonders hervorzuheben ist dabei das Frühjahr. Eine lange Trockenperiode ließ die Abflüsse sowohl im Norden wie auch im Süden Bayerns erheblich sinken. An zahlreichen Pegeln wurden die bis dato gemessenen Niedrigwasserabflüsse erreicht und zum Teil unterschritten. Erst ab Mitte Mai normalisierte sich die Situation deutlich. Gewitterregen führten nach und nach wieder zu einem Ansteigen der Abflüsse. Auch Hochwasser wurde 2007 immer wieder, besonders in Nordbayern, beobachtet. In den Sommermonaten wurden in einigen Einzugsgebieten die mittleren Hochwasserabflüsse des Sommerhalbjahres – oft mehrmals – überschritten. Im Herbst pendelten sich die Pegel um ihre mittleren Abflüsse ein. Im November und Dezember führten die andauernden Regenfälle erneut zu überdurchschnittlich hohen Abflüssen in ganz Bayern. Dank dieser Niederschläge wurden die durchschnittlichen Abflusswerte aus der langjährigen Zeitreihe deutlich überschritten und die Defizite des Frühjahrs vollständig ausgeglichen.

#### Nordbayern:

Aus hydrologischer Sicht können die Wintermonate **Januar**, **Februar** und **März** 2007 des bayerischen Main- und Elbegebietes als normal bezeichnet werden. Gerade zu dieser Zeit stellen sich an den nordbayerischen Gewässern die typischen Winterhochwässer ein. Zunächst sorgte Orkantief Kyrill für flächenhafte Überschwemmungen. In kurzen Abständen folgten weitere Tiefausläufer, sodass, meist in Verbindung mit Schneeschmelze, immer wieder Meldestufen überschritten und landwirtschaftliche Flächen überflutet wurden. Die Abflussbilanz konnte nach dem trockenen Herbst 2006 wieder positive Vorzeichen verbuchen.

Im **April** drehte sich das Abflussgeschehen der nordbayerischen Flüsse infolge ungewöhnlich trockener Witterung um. Die zum Teil aus dem März noch vorhandenen hohen Abflüsse sanken schnell, oftmals sogar unter die bis dato gemessenen Niedrigwasserstände des Monats. Im **Mai** führten zunehmende Gewitterschauer zu einer leichten Entspannung. Der Ende Mai einsetzende über mehrere Tage anhaltende Dauerregen beendete die Niedrigwassersituation und löste an zahlreichen kleineren Flüssen im westlichen Bereich des Main Einzugsgebietes Hochwasser aus. An den westlichen Rednitz/Regnitz-Zuflüssen Fränkische Rezat, Zenn und Aurach wurden Hochwasserscheitel beobachtet, die im statistischen Mittel nur alle 5 bis 20 Jahre auftreten. Diese Wassermassen genügten dennoch nicht, um die Abflussbilanz der letzten Jahre zu erfüllen. Es blieb weiterhin ein beachtliches Defizit bestehen.

Im **Juni** und **Juli** setzte sich das abwechslungsreiche Abflussgeschehen des Jahresbeginns erneut fort. Das gesamte Abflussspektrum von Niedrig- bis Hochwasser konnte an den Messstellen aufgezeichnet werden. Örtlich teils ergiebige Starkniederschläge ließen die Pegel schnell ansteigen und führten zu lokalen Überflutungen. An vielen Pegeln wurden die mittleren Hochwasserabflüsse des Sommerhalbjahres mehrmals überschritten. Dennoch blieben überörtliche Hochwasser aus. Besonders heftig fiel das Unwetter am 21. Juli in der Region um Erlangen-Forchheim aus. Durch Sturzfluten wurden Keller, Gebäudeteile und sogar Teile der Autobahn A 73 überschwemmt. Die Überflutungen entstanden dabei nicht durch ausufernde Gewässer, sondern durch wild abfließendes Oberflächenwasser. In den Gewässern selbst führte das Ereignis lediglich zu kurzzeitigen Spitzen deutlich über dem mittleren Abfluss.

Mit zahlreichen Regenfällen war der **August** einer der nassesten Monate des Jahres. Während im

westlichen Main Einzugsgebiet vor allem zum Monatsanfang deutlich erhöhte Abflüsse registriert wurden, waren im Elbe Einzugsgebiet durchweg überdurchschnittlich hohe Abflüsse zu verzeichnen. Auch der **September** wies, bedingt durch überdurchschnittliche Niederschläge, eine positive Abflussbilanz auf. Dagegen entsprach die Situation im **Oktober** dem mittleren saisonalen Verlauf. Die meisten Pegel im Maingebiet lagen, noch von der ablaufenden Hochwasserwelle Ende September beeinflusst, bis Anfang Oktober deutlich über dem mittleren Abfluss. Bis zur Monatsmitte nahm das Niveau allerdings stetig ab. Danach stellten sich nahezu konstante Pegelstände ein.

Im **November** lagen zu Monatsbeginn die meisten Abflüsse noch unter dem Jahresdurchschnitt. Aufgrund des Durchzugs mehrerer Sturmtiefdruckgebiete mit verbreiteten Niederschlägen und einhergehender Schneeschmelze stiegen die Abflüsse nahezu an allen Pegeln an. In der Folge wurden an einigen Pegeln die Meldestufen 1 und 2, vereinzelt 3 über mehrere Tage hinweg überschritten.

Anfang **Dezember** führten weitere zum Teil kräftigen Niederschläge sowie Schneeschmelze zu zwei kurz aufeinander folgenden Hochwasserereignissen im Maingebiet. Am Oberen Main selbst wurde der mittlere jährliche Hochwasserabfluss (MHQ) am Pegel Kemmern (Abb. 11) erreicht. Am Pegel Fürth am Berg an der Steinach wurde Meldestufe 4 überschritten. Nach diesem Ereignis sanken die Abflüsse wieder auf ihre Mittelwerte.

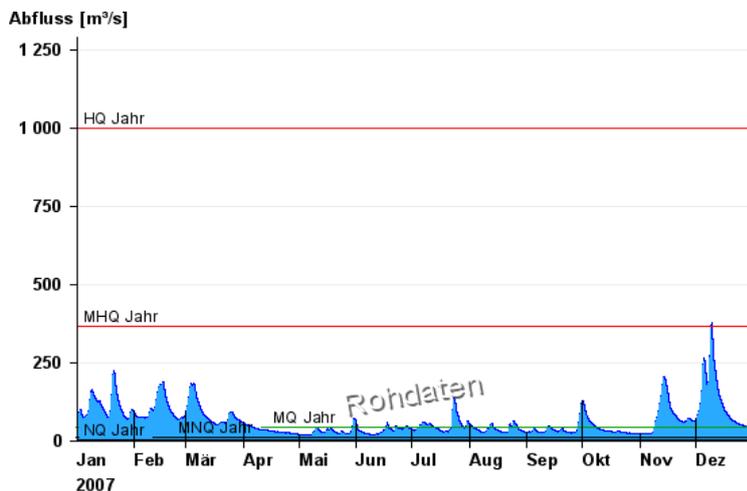


Abb. 11:  
Abflussentwicklung Kemmern/Main im Berichtsjahr

Vergleichsreihe 1931 – 2007  
MQ = 44,1 m³/s

Berichtsjahr 2007  
MQ = 55,4 m³/s

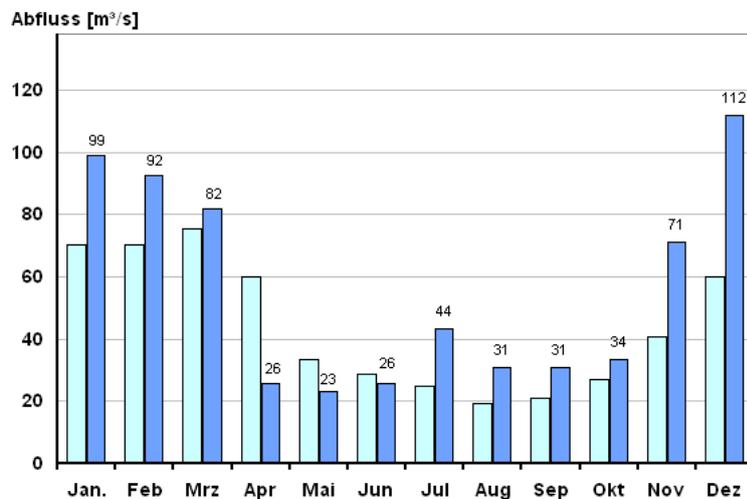


Abb. 12:  
Abfluss Kemmern/Main

Vergleich des aktuellen und langjährigen Monatsmittelwertes

Legend:  
█ Vergleichsreihe 1931 - 2007  
█ Berichtsjahr 2007

## Südbayern:

Im bayerischen Donauebiet führte der milde Winter zu ausgeglichenen Abflussverhältnissen. Im **Januar, Februar** und **März** unterscheidet sich die Form der Ganglinien des Donauebietes kaum von denen des Maingebietes. Die Niederschläge, die auch dort meist in Form von Regen niedergingen, führten gerade in den nördlichen Donauzuflüssen wie Altmühl und Wörnitz immer wieder zu kleineren Hochwässern. Allerdings waren diese nicht so häufig wie im Norden Bayerns, sodass die Abflussbilanz dieser Monate leicht negativ ausfällt und die mittleren Abflüsse der langjährigen Reihen meist nicht ganz erreicht werden konnten.

Im trockenen **April** bewegten sich nahezu alle Pegel mit stark fallender Tendenz zwischen mittlerem und Niedrigwasserabfluss. Ausnahme bildeten hier die alpin geprägten Regionen des Inneinzugsgebietes. Mit steigender Temperatur machte sich dort in den Gewässern vermehrt die Schneeschmelze bemerkbar. Im Gegensatz zu anderen Flüssen war hier ab der Monatsmitte eine leicht steigende Tendenz der Abflüsse festzustellen, wenngleich auf niedrigem Niveau.

Nach dieser ungewöhnlich langen Trockenperiode kam Anfang **Mai** der ersehnte Regen. Die Abflusssituation entspannte sich zunehmend. Zum Monatsende hin sorgte ergiebiger Dauerregen vor allem im südwestlichen Donauebiet an Günz, Mindel, Zusam und Schmutter für Hochwasser mit Abflussscheiteln in der Größenordnung eines 2 bis 10-jährlichen Hochwassers.

Die wechselhafte Witterung mit Gewittern und Starkniederschlägen setzte sich über den **Juni, Juli, August** bis zum **September** fort. An zahlreichen Pegeln wurden oft mehrmals die mittleren Hochwasserabflüsse (MHQ) für das Sommerhalbjahr überschritten. Anfang **September** führten starke Niederschläge im Südosten Bayerns an Salzach, Inn und ihren Zuflüssen verbreitet, an Isar, Regen und Rott vereinzelt zu Ausuferungen (Meldestufe 1). Die Abflussscheitelwerte entsprachen großteils einem ein- bis fünfjährigen Hochwasserereignis. Die Abflussmengen aus Salzach und Inn verursachten im Bereich des Pegels Passau/ Donau Überflutungen der Meldestufe 2 bzw. in der Umgebung des Pegels Passau Ilzstadt/ Donau Meldestufe 3.

Im **Oktober** ist die Abflussbilanz für den südbayerischen Raum insgesamt negativ. Die Abflüsse der meisten Pegel fielen bereits wieder unter das langjährige Mittel. Allein die Pegel unterhalb der Seen verzeichneten aufgrund der hohen Seewasserstände weiterhin hohe Abflüsse.

Im **November** gelangten erneut zahlreiche Tiefdruckgebiete nach Bayern und brachten zum Teil ergiebigen Regen. An den nördlichen und vereinzelt auch südlichen Donauzubringern kam es zu Ausuferungen. Auch im **Dezember** führten die anhaltenden Niederschläge vor allem an den Flüssen des Bayerischen Waldes zu Hochwasser. Im Gebiet des Regen und der Ilz traten verbreitet Wasserstände der Meldestufe 3 auf. Durch die erhöhten Abflüsse dieser Zubringer stieg auch die Donau unterhalb von Kelheim an. Dabei wurde jedoch nur in Straubing und Vilshofen kurzfristig die Meldestufe 1 erreicht. Die südlichen Donauzuflüsse wie Iller, Isar und Inn verhielten sich aus hydrologischer Sicht „normal“. Die Abflüsse lagen nahezu konstant unterhalb des mittleren Abflusses.

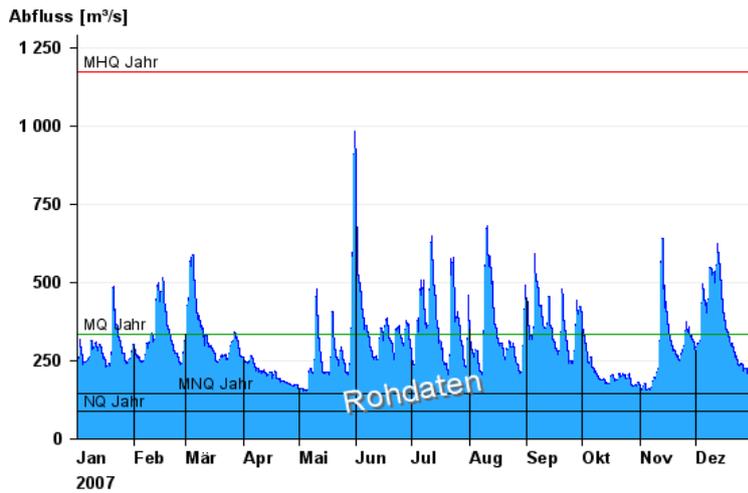


Abb. 13:  
Abflussentwicklung Kelheim/Donau im Berichtsjahr

Vergleichsreihe 1924 – 2007  
MQ = 332 m³/s

Berichtsjahr 2007  
MQ = 319 m³/s

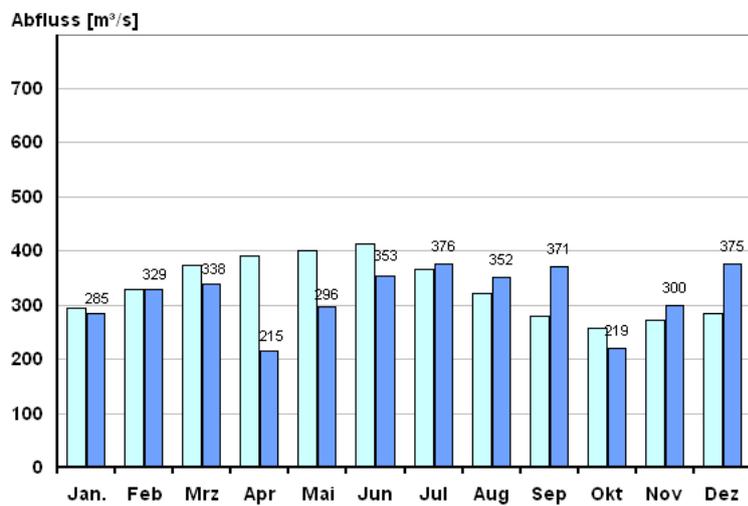


Abb. 14:  
Abfluss Kelheim/Donau

Vergleich des aktuellen und langjährigen Monatsmittelwertes

Vergleichsreihe 1924 - 2007  
Berichtsjahr 2007

## Wasserstände an Seen

Die bayerische Wasserwirtschaft betreibt an 15 Seen Landes-Messstellen für hydrologische Zwecke, an weiteren vier Seen bestehen Pegel von örtlichem Interesse. Im Fokus stehen die Wasserstände. Sie geben Auskunft über die aktuelle Situation am Gewässer und sind Grundlage für Auswertungen zu verschiedenen Fragestellungen.

Aus Sicht der Seen war das Jahr 2007 etwas Besonderes, da die typischen jahreszeitlichen Schwankungen ausblieben und sich vielmehr nach fast einem halben Jahr „Durststrecke“ dann „Wasser im Überfluss“ einstellte. Gerade in den Wintermonaten bis weit in das Frühjahr hinein befanden sich die Wasserstände der bayerischen Seen nahezu konstant auf einem niedrigen Niveau, oft sogar unterhalb des langjährigen mittleren Seewasserspiegels.

Auffällig dabei war der **April**: Hier machte sich die Frühjahrstrockenheit besonders bemerkbar: Die milde, trockene Witterung ließ die Pegel der Seen dramatisch sinken. Daran konnten auch die wenigen Niederschläge nichts ändern. Am Ammersee unterschritt der Wasserstand sogar sein bisher bekanntes Niedrigwasser für den Monat deutlich. Ein weiteres Absinken verhinderte nur die fest eingebaute Schwelle am Auslauf.

Doch bereits im **Mai** entspannte sich die Situation an allen bayerischen Seen zunehmend. Die heftigen Niederschläge um den 08. und 09. Mai führten zu einem Anstieg der Pegel am Schliersee, Simssee und Chiemsee um 40 – 60 cm. Dort stellten sich sogleich die monatlichen Höchstwerte ein.

Nach diesen enormen Schwankungen vom Niedrigwasserstand bis zum Höchstwasserstand beruhigten sich im **Juni** die Pegel langsam und pendelten um ihre mittleren Seewasserspiegel. Einzige Ausnahme blieb der Starnberger See. Sein Wasserspiegel lag deutlich darüber (Abb. 15).

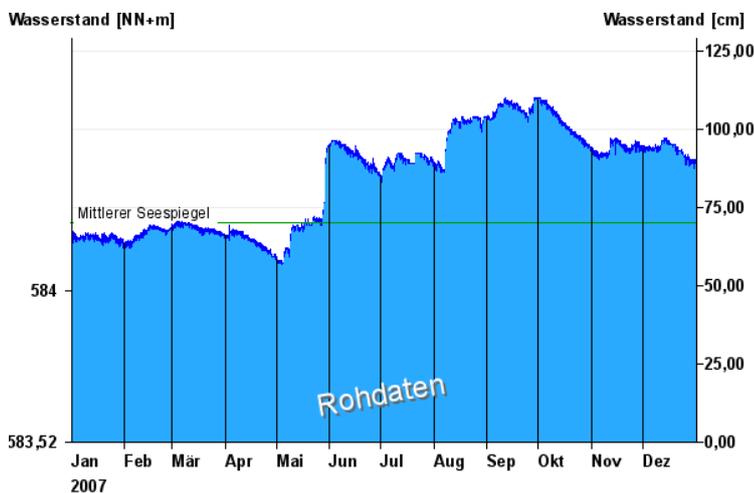


Abb. 15:  
Wasserstandsentwicklung  
Starnberg/Starnberger See  
im Berichtsjahr

Vergleichsreihe 1971 - 2007  
MW = 71 cm

Berichtsjahr 2007  
MW = 84 cm

Seespiegel: Mittlerer Seespiegel 584,22 m  
ü. NN

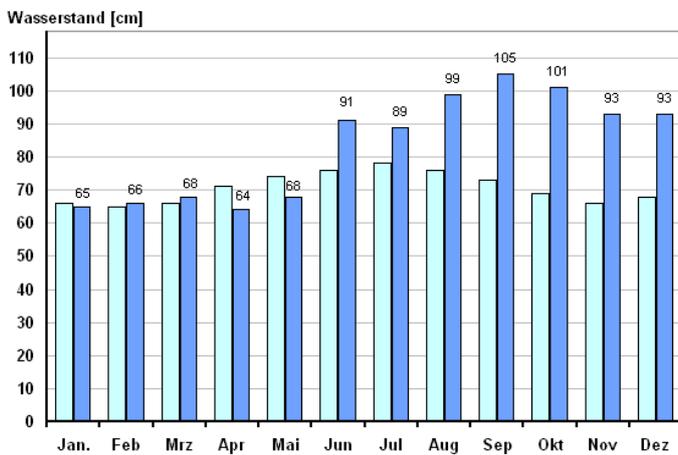


Abb. 16:  
Wasserstand Starnberg/Starnberger See

Vergleich des aktuellen und langjährigen Monatsmittelwertes

■ Vergleichsreihe 1971 - 2007  
■ Berichtsjahr 2007

Bereits im **Juli** machten sich die Niederschläge wieder bemerkbar. Die Tiefdruckgebiete gleich zum Monatsanfang sorgten für einen deutlichen Anstieg der Seewasserstände, die dann langsam wieder auf ihr Ausgangsniveau abfielen. Besonders deutlich war diese Hochwasserwelle am Chiemsee (Abb. 17). Die Schwankung vom niedrigsten bis zum höchsten Wasserstand betrug über 40 cm.

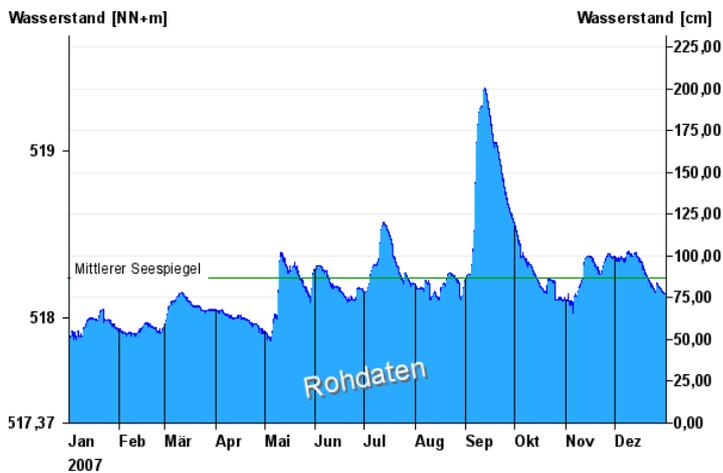


Abb. 17:  
Wasserstandsentwicklung Stock/Chiemsee im Berichtsjahr

Vergleichsreihe 1976 - 2007  
MW = 71 cm

Berichtsjahr 2007  
MW = 83 cm

Seespiegel: **Mittlerer Seespiegel**  
518,24 m ü. NN

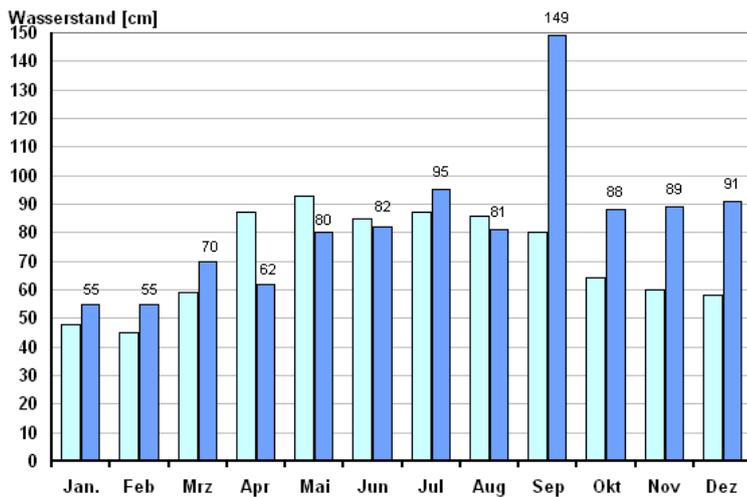


Abb. 18:  
Wasserstand Stock/Chiemsee

Vergleich des aktuellen und langjährigen Monatsmittelwertes

Vergleichsreihe 1976 - 2007  
Berichtsjahr 2007

Während sich im **August** die Situation in den südöstlichen Seen (Chiemsee, Tegernsee, Schliersee und Waginger See) kaum änderte, führten die Niederschläge in den südwestlichen Seen Bayerns (Großer Alpsee, Staffelsee, Ammersee und Starnberger See) zu Höchstwasserständen.

Der **September** schließlich schlug alle Rekorde. Nachdem sich zunächst die Wasserstände wieder beruhigt hatten, führte der einsetzende Dauerregen durch Tief „Xaver“ zu einem rasanten Anstieg der Seepiegel. Allein am Chiemsee wurde innerhalb einer Woche ein Plus von mehr als einem Meter gemessen. Der Höchststand wurde am Pegel Stock am 12. September erreicht. Mit einem Wasserstand von 201 cm war dies der höchste Wasserstand am Chiemsee seit 2002.

Ein ausgeprägtes Herbsthoch im **Oktober** sorgte schließlich langsam wieder für „normale“ Verhältnisse. An allen Seepiegeln sanken die Wasserstände gleichmäßig ab. Nur der kurze Kälteeinbruch zur Monatsmitte verlangsamte den Abwärtstrend.

Bis **November** konnten sich wieder mittlere Verhältnisse einstellen– mit Ausnahme des Starnberger Sees. Hier lagen die Wasserstände noch immer im Bereich des mittleren Hochwassers. Der Durchzug mehrerer Tiefdruckgebiete drehte die Situation erneut und die Pegel erreichten schnell wieder ihre monatlichen Höchstwerte.

An diesem Wechsel zwischen Auf und Ab der Wasserstände änderte sich auch im **Dezember** zunächst nur wenig. Erst ab Monatsmitte sorgte eine beständige Hochdrucklage für eine längere Trockenperiode. Bis zum Monatsende sanken die Wasserspiegel bis deutlich unter das langjährige Mittel ab.

## Gewässerqualität der Fließgewässer

### Messnetze und Messprogramme

Die Untersuchung und Bewertung der bayerischen Fließgewässer wurde 2007 vollständig an die Vorgaben der EG-Wasserrahmenrichtlinie angepasst. Dies bedeutet:

- Es werden mehr biologische Bewertungskomponenten als bisher untersucht: Makrozoobenthos, Makrophyten/Phytobenthos, Phytoplankton und Fische.
- Die Gewässer werden Typ-bezogen bewertet, d.h. für jeden Gewässertyp – seien es alpine Bäche oder silikatreiche Gewässer des Mittelgebirges- gibt es ein eigenes Zielsystem.
- Der Gewässerzustand wird durch Vergleich mit einem Referenzzustand ermittelt.
- Im chemischen Bereich werden insbesondere neue Qualitätsnormen zur Beurteilung von Schadstoffen verwendet. Untersucht werden das Wasser selbst, die im Wasser schwebenden Partikel und der so genannte Schwebstoff.

Mit den Bewertungsverfahren änderten sich auch die Untersuchungsprogramme und die zu betrachtenden Gewässernetze:

- Der Zustand und die langfristige Entwicklung der Gewässerqualität aufgrund menschlicher Tätigkeit wird im Rahmen der Überblicksüberwachung an 37 Messstellen erfasst.
- Langfristige Entwicklungen aufgrund natürlicher Gegebenheiten werden an 17 sogenannten Referenzmessstellen erfasst. Es handelt sich dabei um weitgehend unbeeinflusste Gewässer, an denen eine hochsensible Biozönose vorkommt. Diese Bedingungen machen es möglich, langfristig z.B. Veränderungen durch Klimawandel zu erfassen.
- Die aktuelle Belastungssituation wird in der operativen Überwachung festgestellt: für ca. 850 Oberflächenwasserkörper wird die Gewässerqualität ermittelt – im Jahr 2007 fanden hierzu an etwa 600 Messstellen Untersuchungen statt.

### Sauerstoffhaushalt

Bereits Anfang April stieg die Wassertemperatur in vielen Flüssen deutlich an. Frühzeitig begann damit die biologische Aktivität, Algen konnten sich entwickeln und Einfluss auf den Sauerstoffhaushalt nehmen. Im Main trat im April eine erste Algenblüte der Art *Golenkiniopsis longispina*, auf die normalerweise erst zwei bis vier Wochen später blüht. Sie verursachte einen drastischen Anstieg des Sauerstoffgehaltes vom Winterniveau mit etwa 12 mg/l auf über 20mg/l, der allerdings nur 3 Wochen anhielt. In der Folge sanken die Sauerstoffwerte stark ab bis auf ein Minimum von 5mg/l im Juni. Es sollte die einzige ausgeprägte Algenblüte im Jahr 2007 im Main gewesen sein. Sehr ähnliche Bedingungen zeigten sich an der Donau: von Mitte März bis Mitte Mai fand eine ungewöhnlich lang anhaltende Algenentwicklung statt mit maximalen Chlorophyllkonzentrationen von 77mg/l an der mittleren Donau bei Bad Abbach und einer deutlichen Sauerstoffübersättigung. Der Herbst, der in den Vorjahren immer wieder mit einer zweiten Algenblüte überraschte, gab sich unspektakulär mit langsam ansteigenden Sauerstoffwerten ohne ausgeprägte Schwankungen. Weder extreme Sauerstoffdefizite, noch Fischsterben mussten 2007 vermeldet werden.

### Nährstoffsituation und Trophie

Die Nährstoffkonzentrationen lagen auch 2007 generell auf einem hohen Niveau. Auffallend sind jedoch die niedrigen Ammonium-Gehalte, vor allem im Frühjahr: dies ist dem milden, schneearmen Winter zu verdanken: Stickstoff konnte auf den Kläranlagen nahezu vollständig zu Nitrat abgebaut werden. An einigen Gewässern wurden 2007 etwas niedrigere Nährstoffgehalte als in den Vorjahren gemessen, in den meisten Fällen handelt es sich aber auch hier um Witterungsphänomene und nicht um einen generellen Trend. Eine

Ausnahme zeichnet sich am Inn ab: im letzten Fünfjahreszeitraum wurden niedrigere Phosphatwerte als in den Vorjahren festgestellt. Auch am Obermain zeigt sich eine Tendenz zu abnehmenden Phosphat-Konzentrationen, allerdings auf höherem Niveau. Am Untermain ist bereits seit einigen Jahren ein Trend zu abnehmenden Nitratwerten vorhanden. Nährstoffe führen zu einem übermäßigen Pflanzenwachstum in den Gewässern, seien es Algen oder höhere Wasserpflanzen und zu einem Verdrängen Nährstoff-sensibler Arten. Die Untersuchung der Wasserpflanzen zeigte, dass insbesondere in intensiv landwirtschaftlich genutzten Regionen eine erhöhte Trophie der Gewässer vorliegt.

International ist es von Bedeutung welche Stoff-Frachten von Deutschland emittiert werden und z.B. in das Schwarze Meer gelangen: am Kraftwerk Jochenstein transportierte die Donau rund 76000 Tonnen Stickstoff und 3400 Tonnen Phosphor von Deutschland nach Österreich. Am Main wurden 41000 Tonnen Stickstoff und 800 Tonnen Phosphor nach Hessen abgegeben. Im Vergleich zu den Vorjahren bedeutet dies eine leicht sinkende Tendenz.

### Leicht abbaubare Stoffe und Saprobie

Der biologische Sauerstoffbedarf (BSB) ist ein Kennwert für leicht abbaubare Stoffe im Gewässer. 2007 lagen häufig niedrigere Werte als in den Vorjahren vor. Jedoch kann nur am Untermain und an Naab und Regen von einem abnehmenden Trend gesprochen werden. Leicht abbaubare Stoffe erhöhen die Zersetzungsprozesse (Anstieg der Saprobie) im Gewässer und begünstigen entsprechende Gewässerorganismen. Die Untersuchung des Makrozoobenthos (kleine wirbellose Tiere, die am Gewässergrund leben) zeigt, dass vor allem in ländlichen Regionen und Oberläufen noch kein guter ökologischer Zustand durch Belastung mit leicht abbaubaren Stoffen gegeben ist.

### Gewässerstruktur und biologische Degradation

Seit dem Jahr 2006 finden intensive Untersuchungen der Gewässerfauna (Makrozoobenthos und Fische) statt, mit dem Ziel Belastungen aus dem Bereich der Hydromorphologie (z.B. Aufstau, fehlende Durchgängigkeit, Begradigung) zu erkennen und gezielt Maßnahmen zur Verbesserung des Gewässerlebensraumes vorzunehmen. Diese Untersuchungen wurden in 2007 weitergeführt und werden auch in 2008 fortgesetzt. Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass zum Teil deutliche Defizite in diesem Belastungsbereich vorhanden sind und dass zahlreiche Regionen in Bayern betroffen sind. (Abb. 19 und Abb. 20).



Abb. 19: Obere Isar bei Wallgau, Bild WWA KE  
Natürliche Umlagerungsstrecke



Abb. 20: Oberteisendorfer Ache, Bild WWA TS  
Durch Sohlswellen und Ufermauern verbautes  
Gewässer

### Schadstoffe allgemein

Generell kann die Schadstoffbelastung in Bayern als gering bezeichnet werden, für einige Substanzen liegen aber auch regional Belastungen vor. Wie in den Vorjahren traten auch 2007 kaum Belastungen durch "**VOC-leichtflüchtige Halogenverbindungen**" auf. Ebenso konnten keine auffälligen Verunreinigungen durch **organische Substanzen im Schwebstoff** der Gewässer festgestellt werden.

Im Jahr 2007 begann eine spezielle Untersuchung auf so genannte „**prioritäre Stoffe**“. Für diese Stoffe wurden in der EG-Wasserrahmenrichtlinie europaweit einheitliche Grenzwerte festgelegt. Die Überwachung erfolgt primär an Gewässern, an welchen potenzielle Einleiter liegen. Sie dauert noch das ganze Jahr 2008 an. Bisher sind die Ergebnisse sehr positiv: nur wenige Stoffe waren nachzuweisen. Erhöht sind teilweise **Schwermetall**-Gehalte und in landwirtschaftlich intensiv genutzten Regionen häufiger **Pflanzenschutzmittel**. Im **Lech** treten wiederholt **Dibutylzinn**-Belastungen auf, die über den Zielwerten der Bayerischen Gewässerqualitätsverordnung liegen. Eine intensive Ursachenermittlung ist im Gange. **Fische** aus Donau und Main sind nach wie vor mäßig mit **PCB** belastet, wobei ein abnehmender Trend feststellbar ist. PCB sind aus früheren Anwendungen ubiquitär in der Umwelt vorhanden und werden nur langsam abgebaut. Eine **Altlast** im oberbayerischen Chiemgauer Dreieck ist für die anhaltende Belastung von Alz und Inn mit Hexachlorbutadien verantwortlich. Die Sanierung schreitet voran, bis zur vollständigen Erholung der Gewässer werden aber noch einige Jahre vergehen.

### Schwermetalle

Ein besonderes Augenmerk liegt 2007 / 2008 auf der Untersuchung von **Schwermetallen**, da sie zu den prioritären Stoffen der EG-Wasserrahmenrichtlinie gehören. Die Untersuchungen sind noch nicht abgeschlossen, fest steht jedoch schon, dass keine Überschreitung des Grenzwertes für Nickel vorliegt. Auch die Konzentrationen für Blei, Cadmium und Quecksilber sind bisher an den meisten Messstellen unauffällig, jedoch treten an einigen Gewässern auch höhere Messwerte auf: diese werden im Jahr 2008 weiter überwacht. An den Dauermessstellen hat sich im Vergleich zu den Vorjahren wenig verändert: rückläufig sind lediglich die Schwermetallgehalte an der Sächsischen Saale. Nach wie vor erhöht sind die Kupferkonzentrationen am Main.

Schwermetalle können sich im Schwebstoff und in Gewässerorganismen anreichern. Die **Schwebstoff** - Untersuchungen zeigen hohe Chromwerte für die Sächsische Saale, erhöhte Kupferwerte für Regnitz und Illerkanal, erhöhte Zinkwerte für die Regnitz, die Naab und die Sächsische Saale. Die Schwermetallkonzentrationen im Schwebstoff des Illerkanals zeigen eine fallende Tendenz.

**Fische** aus dem unteren Main, der Röslau, dem Lech bei Feldheim und der Donau ab Lecheinmündung bis zur Altmühlmündung, sowie aus Alz und Salzach (Chemiedreieck) sind übermäßig mit Quecksilber belastet. Ein Teil der Belastung, vor allem im Bayerischen Wald, ist durch die natürlichen geologischen Verhältnisse bedingt. Auch spielen Altlasten, z.B. bei der Quecksilberbelastung, eine Rolle. Häufig werden Schwermetalle jedoch diffus in die Gewässer eingetragen, sei es durch Reifen- und Bremsbelagabrieb, sei es durch Abspülungen von Zink und Kupfer beschichteten Materialien.

### **Pflanzenschutzmittel**

Das im Jahr 2006 begonnene Intensiv-Untersuchungsprogramm zu **Pflanzenschutzmitteln (PSM)** wurde 2007 in den vier Regionen „Raum Ingolstadt“, „Einzugsgebiet Pfatter“, „Einzugsgebiet Laber“ und „Dreieck Rott/Isen“ fortgesetzt. Bis zu 35 verschiedene PSM waren in diesen Regionen nachweisbar, bei 21 Stoffen lagen die Konzentrationen über dem Trinkwassergrenzwert. Auch die ökologischen Zielwerte, die sich an der Belastung der Gewässerlebewesen durch PSM orientieren, wurden teilweise überschritten. Auffällig waren im Juni 2007 die hohen Werte für den Wirkstoff Bentazon – auch in größeren Fließgewässern wie Main und Altmühl. Erstmals trat 2007 der Wirkstoff Quinmerac großflächig in Bayern auf. Anders als beim Grundwasser werden in Fließgewässern überwiegend aktuell angewendete Substanzen nachgewiesen. Sie werden teilweise durch falsche Anwendung in die Gewässer eingetragen, teilweise durch ungünstige Witterungsbedingungen z.B. Abspülung von frisch behandeltem Boden durch Starkregenereignisse. Um die Belastung durch Pflanzenschutzmittel zu senken, werden Beratungen zur Anwendung durchgeführt und Untersuchungsergebnisse regelmäßig zwischen Landwirtschaft, Wasserwirtschaft und Zulassungsbehörden ausgetauscht.

## Gewässerqualität der Seen

### Messnetz und Messprogramme

Der ökologische und chemische Zustand sowie die Entwicklung der Seen werden im Landesmessnetz Seen beobachtet. Dieses Messnetz wurde vor dem Hintergrund der EG-Wasserrahmenrichtlinie erweitert und umfasst seit 2005 mit 53 Messstellen alle Seen Bayerns mit einer Oberfläche > 0,5 km<sup>2</sup>. Das sind 32 natürliche Seen, 16 Talsperren und Speicher in Fließgewässerläufen sowie 5 Restseen des Braunkohleabbaus. Untersucht werden der chemisch-physikalische und biologische Zustand im Hinblick auf die Trophie, also die biologische Produktionsintensität als Auswirkung der Nährstoffkonzentrationen. Neben allgemeinen Qualitätskriterien wie Temperatur, pH-Wert, Sauerstoffgehalt und Leitfähigkeit sind die wesentlichen Nährstoffkomponenten für das Pflanzenwachstum Phosphor, Stickstoff und Silikat zu messen. Untersucht werden weiterhin die trophieanzeigenden Kriterien: Menge, Art und Entwicklung der pflanzlichen Organismen wie z.B. planktische Mikroalgen und sichtbare Wasserpflanzen der Flachwasserzonen, Hilfskriterien sind die Chlorophyll-a-Konzentration und die Sichttiefe. Seit dem Jahr 2005 werden im Zuge der Umsetzung der neuen EG-Wasserrahmenrichtlinie die Seen einer ökologischen Zustandsbewertung mit Hilfe von bis zu 4 biologischen Qualitätskomponenten und den oben genannten physikalisch-chemischen Parametern unterzogen. Die letzten Anpassungen der neuen Bewertungsverfahren werden derzeit in bundesweiten Projekten erarbeitet. Erste Bewertungen mit diesen Verfahren liegen aber bereits vor.

### Das Jahr 2007 – Trophiebewertung und erste Ergebnisse der Zustandsbewertung nach neuen Verfahren

Die meisten größeren natürlichen Seen haben durch die abwassertechnischen Maßnahmen der vergangenen Jahrzehnte wieder einen mäßig belasteten, mesotrophen (mäßige pflanzliche Produktion), Zustand erreicht, wie die Gütekarten seit 1995 zeigen.

Das Beispiel zeigt den Kochelsee als gering belasteten See im mesotrophen Produktionsniveau. Die Phosphorkonzentrationen im Jahresverlauf sind niedrig (Abb. 21). Trotzdem sind die Algenentwicklung, sowohl sichtbar an der Chlorophyll-Konzentration als auch am Biovolumen der Algen selbst (Abb. 22), wie auch die Sichttiefe im Jahresverlauf Schwankungen unterworfen. Bei steigender Algenentwicklung verknappt sich der Nährstoff Phosphor und die Sichttiefe sinkt. Die Zusammensetzung der Algen schwankt ebenfalls im Jahresverlauf. Am Kochelsee stellen die Kieselalgen und zeitweise die Goldalgen die wesentlichen Algengruppen dar (Abb. 22). Die vorkommenden Arten beider Gruppen indizieren den See als mäßig belastet.

Abb. 21:  
**Kochelsee 2007**  
 Sichttiefe, volumen-  
 gewichtete  
 Mittelwerte für  
 Gesamt-Phosphor  
 und Chlorophyll a,

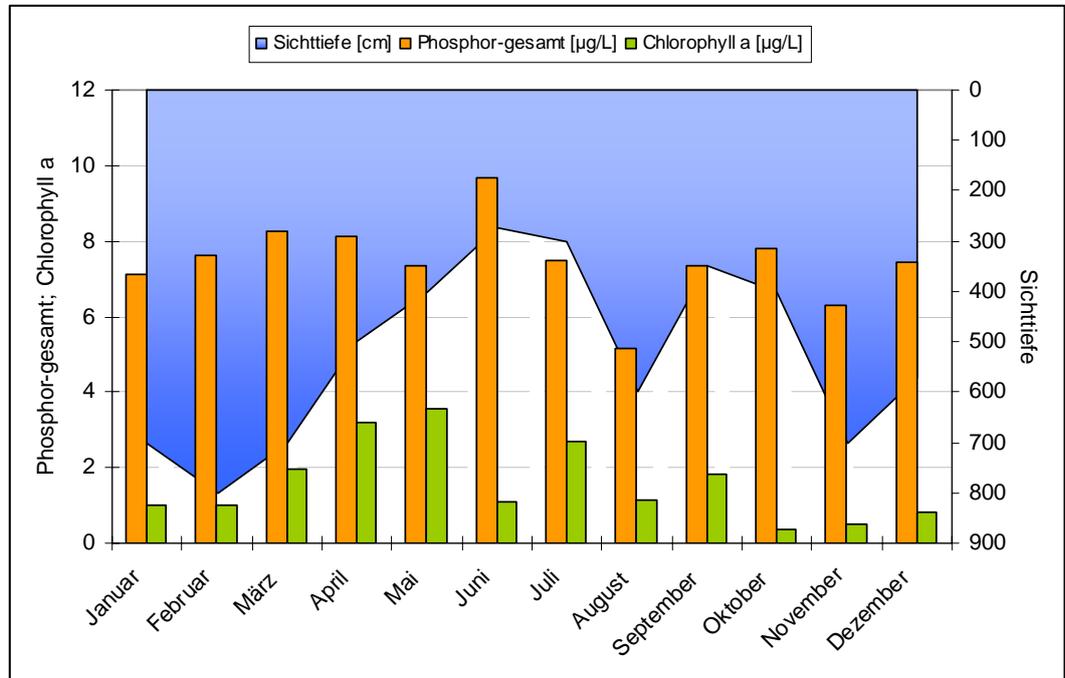
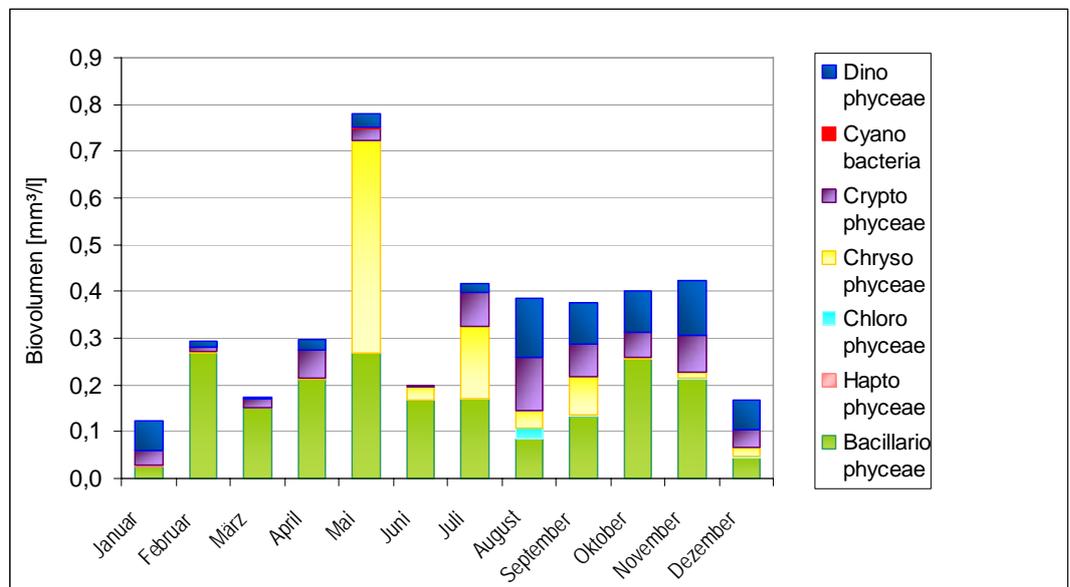
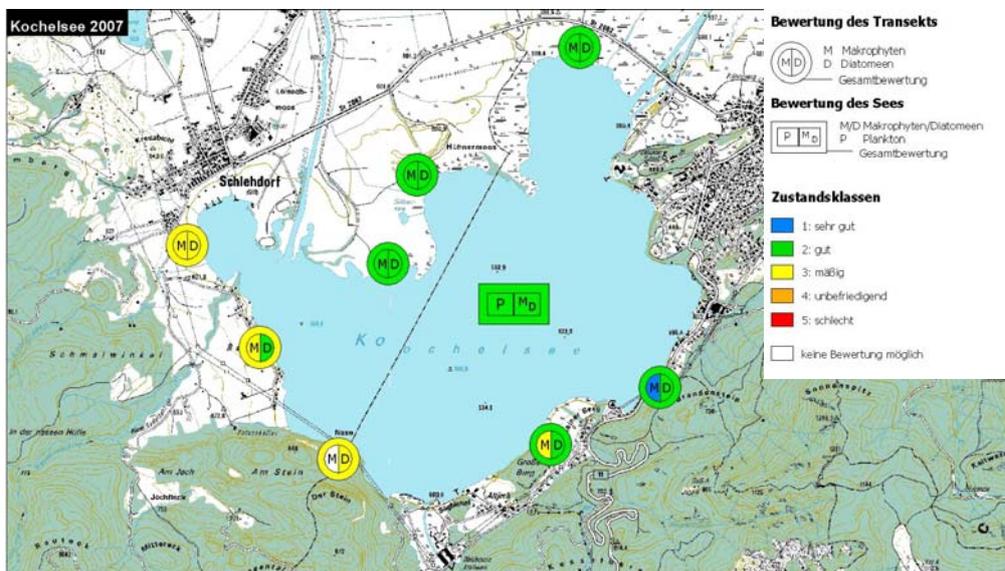


Abb. 22:  
**Kochelsee 2007**  
 Entwicklung des  
 Biovolumens der  
 vorkommenden  
 Algenklassen



Die Bewertung des Kochelsees mit Hilfe der neuen biologischen Bewertungen gemäß EG-Wasser-rahmenrichtlinie ergibt für die bisher bewerteten Komponenten Phytoplanktonalgen und Makrophyten & Phytobenthos (höhere Wasserpflanzen und Aufwuchsalgen am Seeufer) einen guten ökologischen Zustand (Abb. 23).

Abb. 23:  
Kochelsee 2007  
Bewertung gemäß  
EG-Wasser-  
rahmenrichtlinie



Die ersten Einstufungen der bayerischen Seen mit Hilfe der neuen Bewertungsverfahren für die Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie erbrachten ökologische Zustandsklassen, wie sie nach der Bestandsaufnahme 2004 zu erwarten waren. Die Trophiebewertung der früheren Jahre spiegelt sich in der neuen Bewertung sehr gut wieder.

Das Jahr 2007 war hydrologisch für die meisten Seen kein Durchschnittsjahr. Zum Teil traten extrem hohe Wasserstände auf. Trotzdem waren keine Auffälligkeiten am Zustand der untersuchten Seen oder extreme Güteverhältnisse zu verzeichnen. Die Trophieverhältnisse der langjährig untersuchten bayerischen Seen waren mit denen der letzten Untersuchungsjahren vergleichbar.

### Wassertemperatur

Die Wassertemperaturentwicklung des Jahres 2007 wird am Beispiel des Ammersees beschrieben. Die erste Jahreshälfte 2007 fiel durch Extreme auf. Langanhaltende Trockenheit mit für die Jahreszeit zu hohen Lufttemperaturen ließen auch die Wassertemperaturen des Ammersees auf Rekordwerte ansteigen. Die Reihe der langjährigen Mittel wurde zwischen 1,7 K (Januar sowie März) und signifikanten 2,7 K im Juni überschritten. Der Höchstwert der Wassertemperatur wurde am 16. Juli um 13.00 Uhr mit 24,2°C gemessen. Ab Juli wurde jedoch das Temperaturregime ausgeglichener und schwankte bis zum Jahresende um das langjährige Mittel. Dabei kam es im November sogar zu einer Unterschreitung um 0,8 K. Durch die frostigen Temperaturen bildeten sich im Dezember auf den kleineren Seen geschlossene Eisdecken.

Insgesamt lagen die Wassertemperaturen des Ammersees im Jahresverlauf um deutliche 1,2 K über den langjährigen Mitteln des Vergleichszeitraums von 1980 bis 2006. Der Trend steigender Wassertemperaturen in den vorangegangenen Jahren setzte sich damit auch 2007 fort.

°C

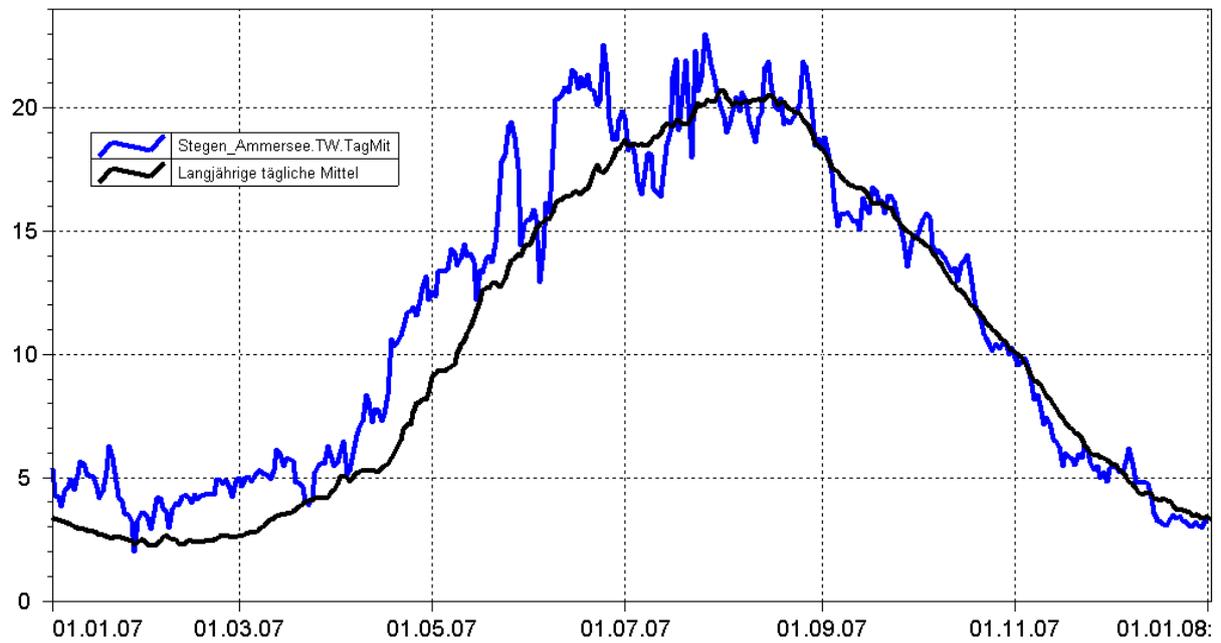


Abb. 24: Temperaturverlauf an der Messstelle Stegen / Ammersee: Tagesmittel für 2007 verglichen mit den langjährigen 14täglichen Mittelwerten

## Grund- und Bodenwasser

### Grundwasserstände

Die Grundwasservorkommen Bayerns lassen sich elf großräumigen hydrogeologischen Einheiten zuordnen. Ihre unterschiedlichen hydrologischen Reaktionen werden im Wesentlichen von den Eigenschaften des Kluft- und Porenraums in der jeweiligen geologischen Formation bestimmt. Ferner unterscheiden sie sich in Bezug auf Ergiebigkeit und Größe der zusammenhängenden Grundwasserkörper. Die folgende landesweite Darstellung der Grundwasserverhältnisse im Jahr 2007 behandelt die südbayerischen Porengrundwasserleiter (Tertiär, Quartär) sowie die Kluft- und Karstgrundwasserleiter (Trias bis Kreide) nördlich der Donau. Unberücksichtigt bleiben das kristalline Grundgebirge (Bayerischer und Oberpfälzer Wald, Fichtelgebirge), der voralpine Moränengürtel und der alpine Raum, da in diesen drei hydrogeologischen Räumen nur kleinräumige, nicht zusammenhängende Grundwasservorkommen anzutreffen sind.

Die Grundwasserstände werden an rund 2000 staatlichen Messstellen beobachtet. Für die Beschreibung des Kalenderjahres 2007 wurden rund 150 repräsentative Messstellen ausgewählt, von denen wiederum acht Messstellen exemplarisch dargestellt sind. Die Situation im Jahr 2007 wird unter anderem anhand des langfristigen Verhaltens der Grundwasserstände bewertet. Alle Angaben zu Mittel-, Höchst- oder Niedrigstwerten beziehen sich auf den gesamten Beobachtungszeitraum der jeweiligen Messstelle. Rund die Hälfte der ausgewerteten Messstellen wird zwischen 10 und 25 Jahren beobachtet, rund ein Drittel seit 10 und weniger Jahren und etwa 10 Messstellen über 45 Jahre bzw. 90 Jahre.

Die Grundwasserstände in Bayern sanken vielfach in Folge des trockenen Herbstes 2006 auf ein vergleichsweise niedriges Niveau. Sie lagen Ende des Jahres 2006 fast überall meist deutlich unterhalb der langjährigen Mittelwerte – eine Situation, die auch schon im Vorjahr 2005 beobachtet wurde. Die überdurchschnittlichen Niederschläge zum Jahresbeginn 2007 ließen die Grundwasserstände bis weit in den März hinein wieder ansteigen. Ein durchschnittlicher bis regional leicht trockener März sowie der anschließende extrem trockene April bewirkten an vielen Messstellen fallende Grundwasserstände bis in den Sommer hinein. Der Wechsel von niederschlagsreichen (Mai, Juli, September) und eher durchschnittlichen Monaten (Juni, August) äußert sich an vielen Ganglinien durch gleichbleibende bis leicht steigende Verhältnisse. Durch Verdunstung der Vegetation, fand trotz insgesamt hoher Niederschläge keine kontinuierliche Grundwasserneubildung statt. Lediglich einige sommerliche Starkniederschlagsereignisse haben örtlich zu einem Anstieg der Grundwasserstände geführt. Nach einem trockenen Oktober und den feuchteren Monaten November und Dezember liegen die Grundwasserstände in Bayern zum Jahresende häufig wieder im Bereich der mittleren Grundwasserstände und damit auf einem deutlich höheren Niveau als im Vorjahr.

Im Bereich der **quartären Schotterflächen** südlich der Donau setzte sich der bereits Mitte 2006 beginnende Rückgang des Grundwasserstandes bis in den Februar 2007 fort (Abb. 25). Ausgehend von Grundwasserständen die über den mittleren Werten (MW) lagen, wurde ein deutlicher Rückgang verzeichnet, bevor ab Februar ein leichter Wiederanstieg erfolgte. Der niederschlagsarme April sorgte dann für stagnierende Verhältnisse bis Ende Mai. Die hohen Niederschläge im Mai füllten zunächst den Bodenspeicher wieder auf und bewirkten erst verzögert ansteigende Werte im Grundwasser. Diese Entwicklung setzte bis in den Spätsommer fort. Erst der niederschlagsarme Oktober ließ die Grundwasserstände erneut zurückgehen, bevor sich als Folge der Niederschläge in der ersten Novemberhälfte kurzfristig ansteigende bis stagnierende Werte bis zum Jahresende einstellten. Ende Dezember wurden im Bereich der Münchner Schotterebene wieder Werte leicht unterhalb des langjährigen Mittels erreicht. Die Werte am Jahresende lagen höher als die Vergleichswerte des Vorjahres, damit zeigte der Jahresgang 2007 mit Ausnahme der ersten Monate einen völlig anderen Verlauf als 2006.

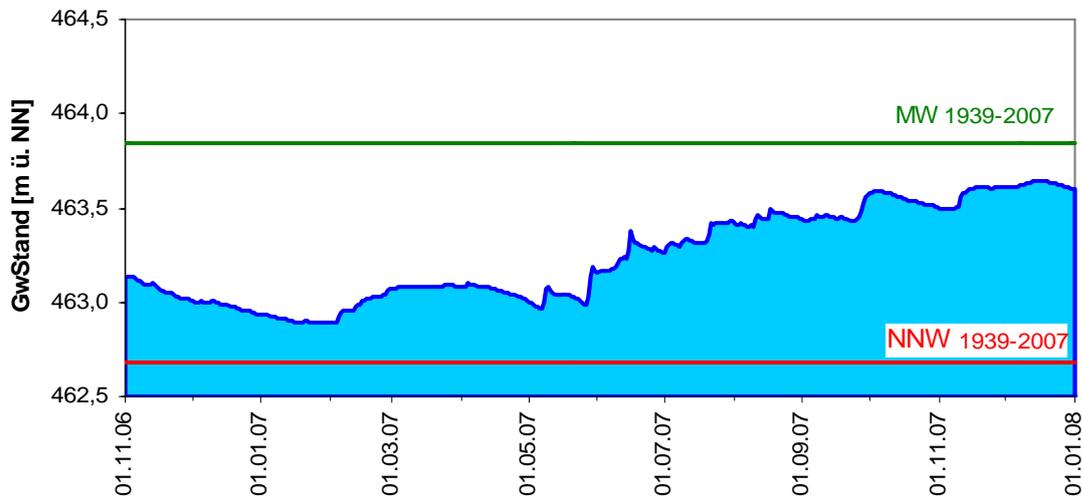


Abb. 25: Verlauf der Grundwasserstände im Niederterrassenschotter der Münchener Schotterebene (Messstelle Eching 275D, beobachtet seit 1939) – HHW: 465,59 m ü. NN, MW: 463,84 m ü. NN, NNW: 462,68 m ü. NN

In den **quartären Flusstalfüllungen** nördlich der Donau sanken die Grundwasserstände bereits seit Juni 2006 kontinuierlich. Auch hier setzte sich dieser Trend bis Ende Februar 2007 fort (Abb. 26). Erst stärkere Niederschläge am Jahresanfang verursachten einen Anstieg des Grundwasserstandes. In den Monaten April bis August wurde dieser Aufwärtstrend erneut unterbrochen und der Grundwasserstand stagnierte auf vergleichsweise hohem Niveau (bezogen auf den Jahresverlauf 2007). Zwischen September und November gingen die Werte dann wieder spürbar zurück. Erst im Dezember war ein leichter Wiederanstieg zu verzeichnen, der zur Folge hatte, dass die Werte Ende 2007 geringfügig höher lagen als zum Jahresanfang. Das langjährige Mittel wurde im Jahr 2007 durchgängig deutlich unterschritten, was unter Umständen jedoch auch auf anthropogene Effekte zurückzuführen ist.

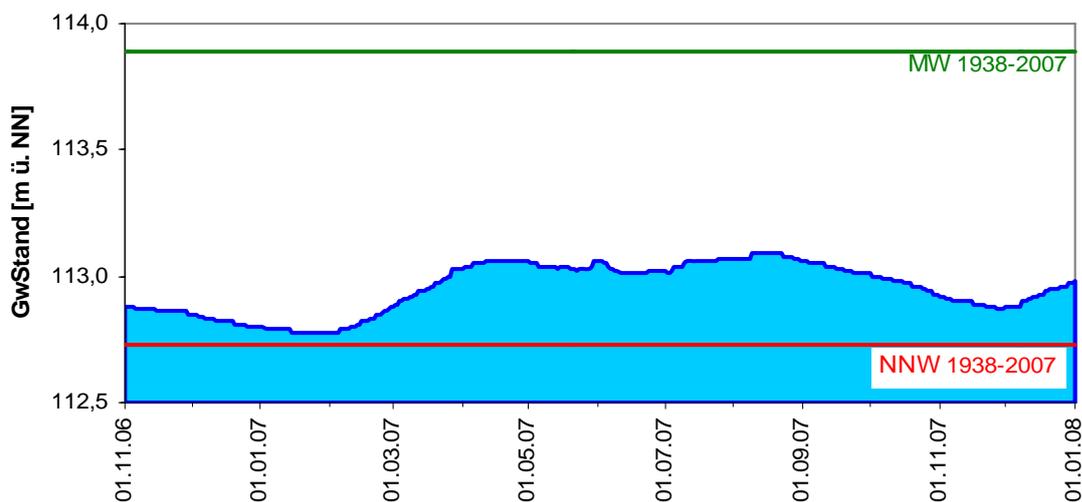


Abb. 26: Verlauf der Grundwasserstände im Quartär (Messstelle Frühlingslust, beobachtet seit 1938) – HHW: 116,34 m ü. NN; MW: 113,90 m ü. NN; NNW: 110,31 m ü. NN

Die **kleineren, oberflächennahen Grundwasservorkommen** in den Flusstälern stehen in der Regel in direkter Wechselwirkung mit den Fließgewässern. Sie zeigen deshalb rasche Grundwasserstandsschwankungen, aber auch eine schnelle Erholung bei Niederschlägen. So wurde an vielen Messstellen im Februar ein saisonales Maximum erreicht. Im Anschluss sanken die Grundwasserstände niederschlagsbedingt bis etwa Ende April/Anfang Mai. Wechselhaftes Wetter in den Sommermonaten führte zu mehreren kurzzeitigen Wiederanstiegen bei insgesamt allerdings weiter zurückgehenden Werten. Als Folge des trockenen Oktobers wurden Anfang November vielerorts die niedrigsten Werte des Jahres erreicht. Die Niederschläge Anfang November und Anfang Dezember ließen die Wasserstände in den Fließgewässern und nahezu zeitgleich auch die Grundwasserstände vorübergehend wieder ansteigen. Die Werte lagen am Jahresende im Bereich des langjährigen Mittelwertes und damit etwa auf Vorjahresniveau (Abb. 27).

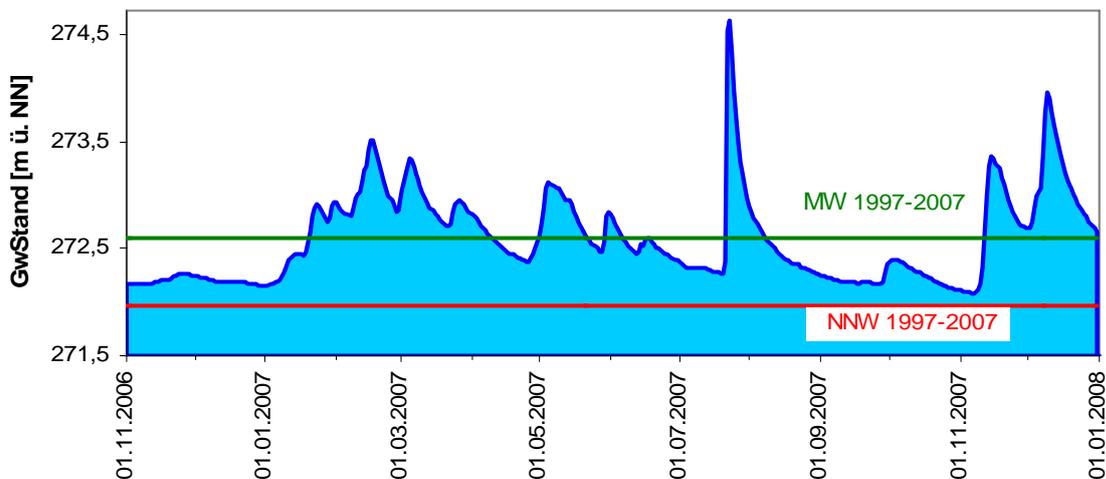


Abb. 27: Verlauf der Grundwasserstände im Quartär (Messstelle Kirchehrenbach 6, beobachtet seit 1997) – HHW: 274,73 m ü. NN; MW: 272,60 m ü. NN; NNW: 271,97 m ü. NN

Das Grundwasser im **tertiären Molassebecken** (Raum südlich der Donau, Grundwasser führend bis zur Linie Memmingen-Starnberg-Burghausen) liegt in Tiefen von 60 bis 200 m. Nach weitgehend gleichbleibenden Grundwasserverhältnissen im letzten Quartal 2006, in denen die Messwerte meist unterhalb des langjährigen Mittels lagen, waren bis Ende Januar steigende Werte zu verzeichnen. Im Februar und März stagnierten die Grundwasserstände auf hohem Niveau im Bereich des langjährigen Mittelwertes. Zwischen Ende März und Anfang Mai gingen die Grundwasserstände dann vom Jahresmaximum bis in den Bereich des Minimums zurück, bevor über mehrere Monate wieder unterschiedlich stark steigende Werte zu verzeichnen waren.

Nach einem zweiten Jahresminimum Anfang November erfolgte ein neuerlicher Anstieg bis zum Jahresende. Die Grundwasserstände der oberen Süßwassermolasse lagen Ende Dezember etwa im Bereich des Vorjahres und damit deutlich unterhalb des langjährigen Mittelwertes (Abb. 28).

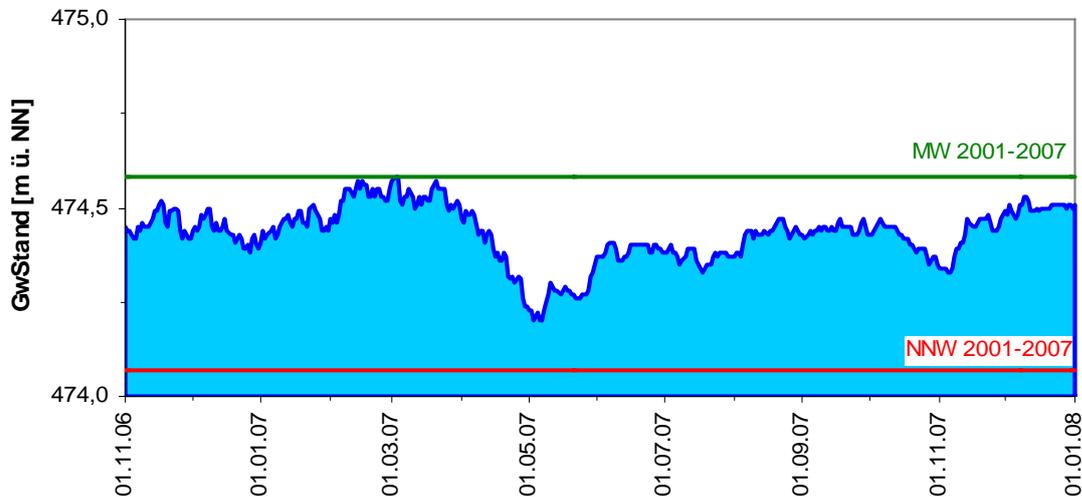


Abb. 28: Verlauf der Grundwasserstände der Oberen Süßwassermolasse des Tertiärs (Messstelle Niederroth T 7f, beobachtet seit 2001) – HHW: 475,19 m ü. NN, MW: 474,61 m ü. NN, NNW: 474,07 m ü. NN

Im **Weißem Jura** (Raum Eichstätt-Regensburg-Bamberg-Bayreuth) bewegt sich das Grundwasser auf Klüften und Schichtfugen, die vielfach durch Verkarstung zu unterirdischen Fließgerinnen erweitert sind. Die Ausprägung der Klüfte bestimmt stark die Reaktion des Grundwassers. In der Regel reagiert dieses rasch auf Niederschlags- und Hochwasserereignisse, andererseits können die oberhalb des Grundwasserspiegels gelegenen Hohlräume auch als Zwischenspeicher dienen. Nach vielerorts stagnierenden Verhältnissen unterhalb des langjährigen Mittels, stiegen die Grundwasserstände in Folge der hohen Niederschläge zwischen Anfang Januar und Ende Februar an und übertrafen die mittleren Verhältnisse deutlich. Anfang März und insbesondere während des trockenen Aprils waren dann sinkende Werte zu beobachten, die erst Ende Mai/Anfang Juni von einem Wiederanstieg unterbrochen wurden. Zwischen Juni und Oktober wurden stagnierende bis leicht sinkende Werte verzeichnet, bis die Novemberrniederschläge zu einem rapiden Anstieg führten.

Die Werte zum Jahresende lagen im Bereich der langjährigen Verhältnisse und damit über dem Niveau des Vorjahres (Abb. 29). Der Jahresverlauf der Ganglinie zeigt deutliche Parallelen zum Verlauf der Grundwasserstände im Buntsandstein (vgl. Abb. 32).

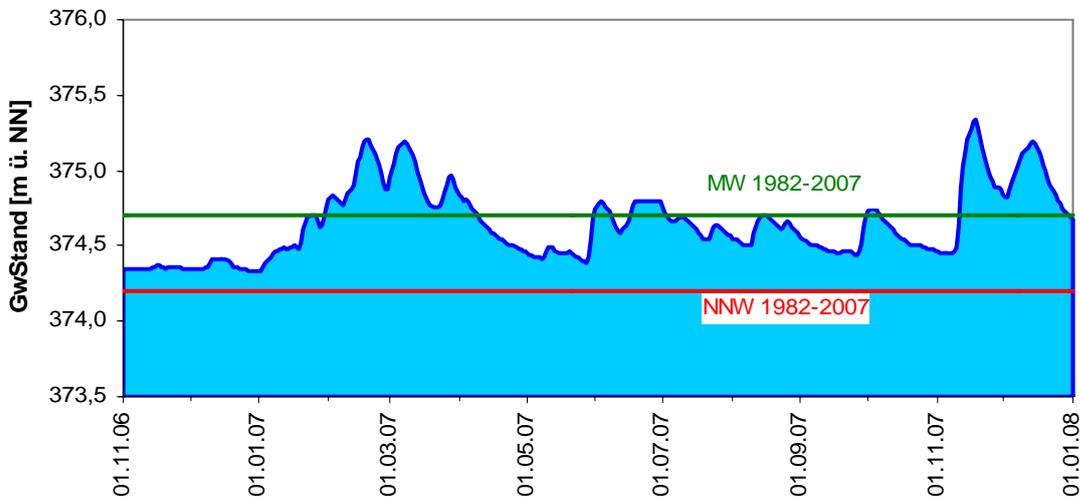


Abb. 29: Verlauf der Grundwasserstände im Malmkarst (Messstelle Gungolding 928, beobachtet seit 1982) – HHW: 376,80 m ü. NN, MW: 374,68 m ü. NN, NNW: 374,20 m ü. NN

Die vergleichsweise tiefen Grundwasservorkommen **im Muschelkalk in Mittel- und Unterfranken** reagieren zeitlich verzögert auf Niederschlagsereignisse und zeigen einen insgesamt trägeren Verlauf als oberflächennahe Grundwasserleiter. Ausgehend von einem Maximum im April/Mai 2006 gingen die Grundwasserstände bis zum Jahreswechsel kontinuierlich zurück und lagen Anfang Januar 2007 deutlich unter den mittleren Verhältnissen. Wie bereits im Vorjahr setzte anschließend ein Anstieg der Werte ein, der bis in den April und zum Teil auch noch länger andauerte. Nach geringfügig gesunkenen Werten bewegte sich der Grundwasserstand bis zum Jahresende in der Größenordnung des langjährigen Mittels und damit deutlich über dem Vorjahresniveau (Abb. 30).

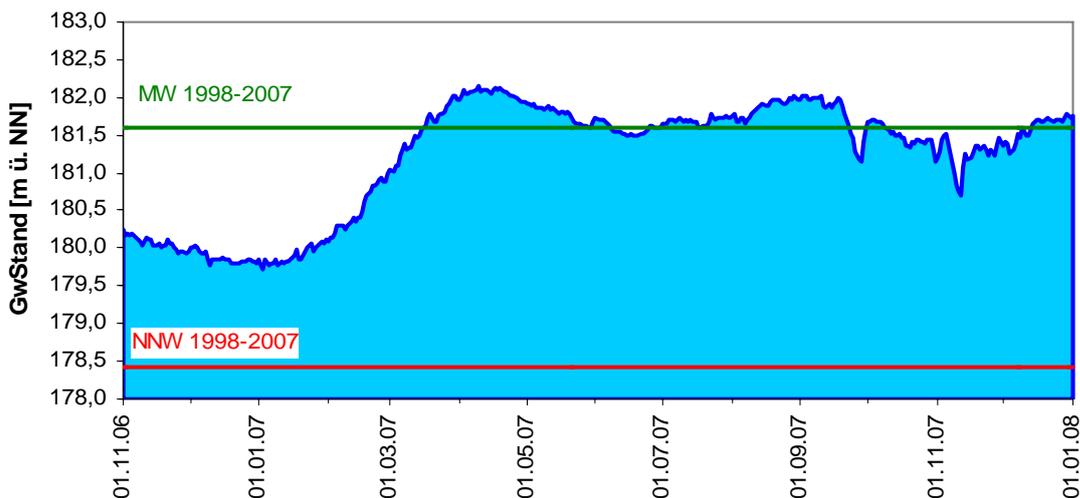


Abb. 30: Verlauf der Grundwasserstände im Muschelkalk (Messstelle Rothof, beobachtet seit 1998) – HHW: 185,37 m ü. NN, MW: 181,41 m ü. NN, NNW: 178,43 m ü. NN

Der **Benker Sandstein und Sandsteinkeuper** (Mittel- und Unterfranken) sind durch ähnlich verzögerte Grundwasserreaktion wie der Muschelkalk gekennzeichnet. So setzte zum Jahresbeginn ein konti-

nuierlicher Anstieg ein, der in abgeschwächter Form bis in den Juli andauerte. Im Folgenden verharrten die Grundwasserstände oberhalb des langjährigen Mittelwertes und stiegen zum Jahresende sogar noch geringfügig weiter an. Im Jahresverlauf erfolgte somit eine spürbare Auffüllung der entsprechenden Grundwasservorräte (Abb. 31)

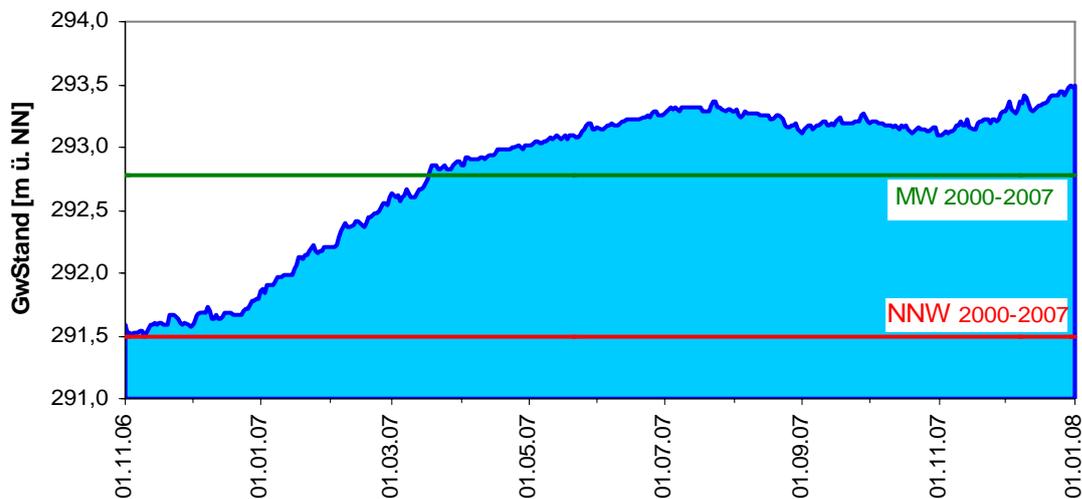


Abb. 31: Verlauf der Grundwasserstände im Benker Sandstein (Messstelle Fürth-Unterfürberg B2, beobachtet seit 2000) – HHW: 294,24 m ü. NN; MW: 292,77 m ü. NN; NNW: 291,49 m ü. NN

Das Jahr 2007 zeigte im **Buntsandstein** (Raum Aschaffenburg-Bad Brückenau-Mellrichstadt) einen ähnlichen Verlauf wie das Vorjahr. Nach verhältnismäßig niedrigen Grundwasserständen zum Jahreswechsel wurde im März das Jahresmaximum oberhalb der langjährigen Mittelwerte erreicht. Anschließend gingen die Werte, unterbrochen von einigen sommerlichen Neubildungsereignissen, bis Ende Oktober zurück. Wie bereits für einige andere Grundwasserleiter beschrieben, wurde diese Entwicklung durch die Niederschläge im November und Dezember unterbrochen. Zum Jahresende lagen die Messdaten auf der Höhe des langjährigen Mittelwertes und damit höher als zum Jahreswechsel 2006/2007 (Abb. 32). Die Ganglinie weist mit ihren schnellen Reaktionen auf Niederschlagsereignisse deutliche Parallelen zum Jahresverlauf der Grundwasserstände im Weißen Jura auf.

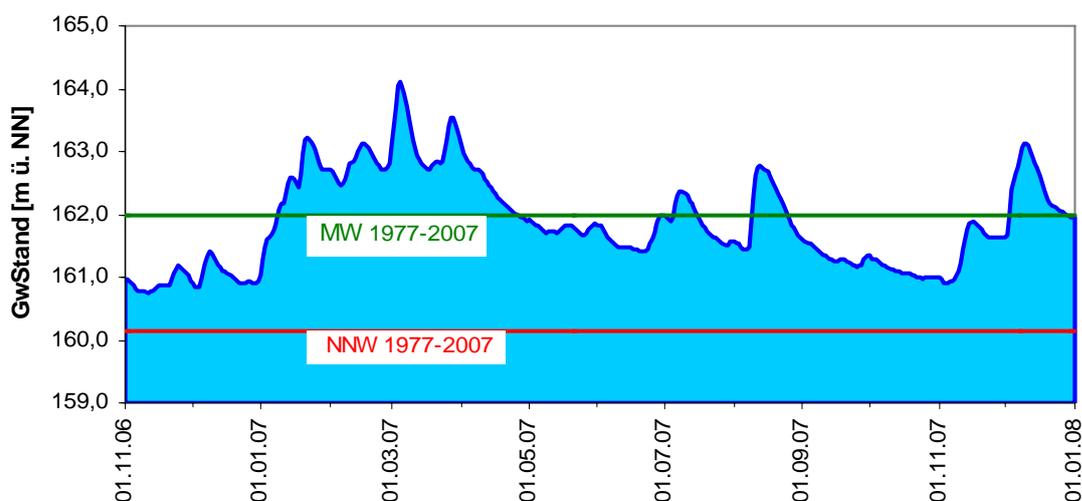


Abb. 32: Verlauf der Grundwasserstände im Buntsandstein (Messstelle Schneeberg 179, beobachtet seit 1977) – HHW: 166,19 m ü. NN, MW : 161,94 m ü. NN, NNW: 160,15 m ü. NN

Aktuelle Messdaten des Landesgrundwasserdienstes für Oberbayern und Schwaben sind zu finden unter:

[http://www.lfu.bayern.de/wasser/daten/grundwasserstand\\_messdaten/index.htm](http://www.lfu.bayern.de/wasser/daten/grundwasserstand_messdaten/index.htm)

Allgemeine Informationen zum Landesgrundwasserdienst werden bereitgestellt unter:

<http://www.lfu.bayern.de/wasser/fachinformationen/grundwasserstand/index.htm>

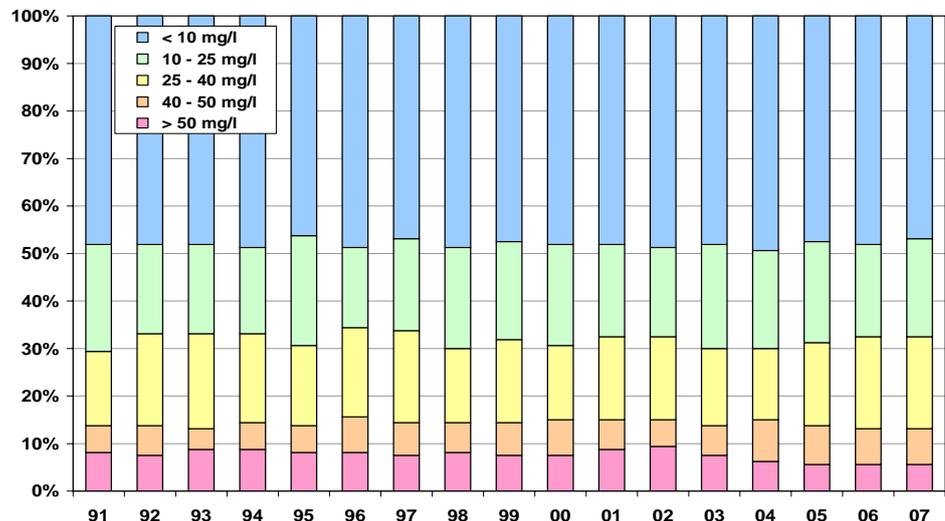
## Grundwasserbeschaffenheit

Das Grundwasser liefert rund 92 % des Trinkwassers in Bayern. Aus versickernden Niederschlägen wird Grundwasser ständig neu gebildet und im porösen Untergrund bevorratet. Gelöste Stoffe, zugeführt mit dem Sickerwasser und im Untergrund freigesetzt, bestimmen seinen chemischen Charakter, u. a. seine Härte. Die Zufuhr von Nähr- und Schadstoffen über das Sickerwasser führt zu Belastungen und Verunreinigungen. Abfließendes Grundwasser tritt dann mitsamt seiner Stofffracht an Quellen zu Tage und speist Bäche und Flüsse wie auch grundwasserabhängige Landökosysteme. Die Grundwasserbeschaffenheit in der Fläche, ihre zeitliche Entwicklung und ihre Beziehung zum Wasser- und Stoffkreislauf werden langfristig in zwei Messnetzen beobachtet:

- Landesmessnetz Grundwasserbeschaffenheit (500 Messstellen, max. 210 überwachte Stoffe)
- Messnetz Stoffeintrag-Grundwasser (7 Intensivmessgebiete mit 92 Messstellen, ca. 30 überwachte Stoffe), siehe Kapitel Bodenwasser

In 2007 wurde im Rahmen der Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie die Anzahl Messstellen im Landesmessnetz auf 500 erhöht.

Abb. 33:  
Entwicklung der  
Nitratkonzentration im  
Grundwasser 1991 bis  
2007 (Anteil  
Messstellen in %)



Großflächig bleibt die Auswaschung von Nitrat-Stickstoff und Pflanzenschutzmitteln aus landwirtschaftlichen Flächen ein wichtiges Überwachungsthema.

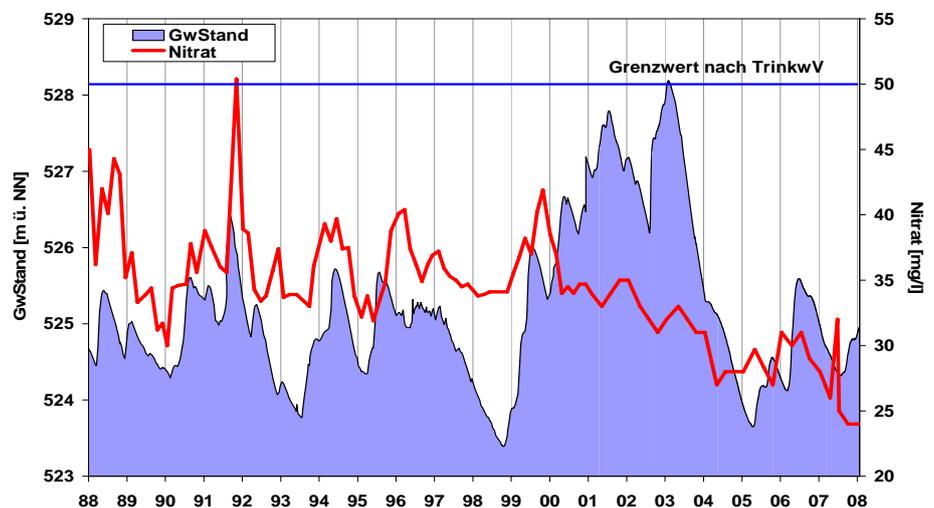
Nitrat-Stickstoff als wesentlicher Pflanzennährstoff stammt aus natürlichen Mineralisierungsprozessen im Boden sowie aus organischen und mineralischen Düngern. Bis zu 15 Milligramm pro Liter (mg/l) Nitrat können natürlicher Herkunft sein. In erhöhter Konzentration kann Nitrat auf den Menschen schädigend wirken, deshalb gibt die Trinkwasserverordnung einen Grenzwert von 50 mg/l

vor. In der europäischen EG-Wasserrahmenrichtlinie ist ein entsprechender Wert als Qualitätsstandard für das Grundwasser festgelegt. Nitrat trägt auch zur Nährstoffbelastung in Bächen, Flüssen und Meeren bei und wirkt in einigen Gebieten Bayerns versauernd.

In den vergangenen 17 Jahren haben sich die durchschnittlichen landesweiten Nitratgehalte im Grundwasser (kontinuierlich gemessen an 160 Messstellen) nicht wesentlich verändert (Abb. 33). Der Anteil an Messstellen mit Nitratgehalten über 40 mg/l liegt bei rund 14 %. Dabei sind die höheren Werte in Nordbayern auch beeinflusst durch geringere Niederschläge und damit fehlende Verdünnung des Sickerwassers aus den landwirtschaftlichen Flächen.

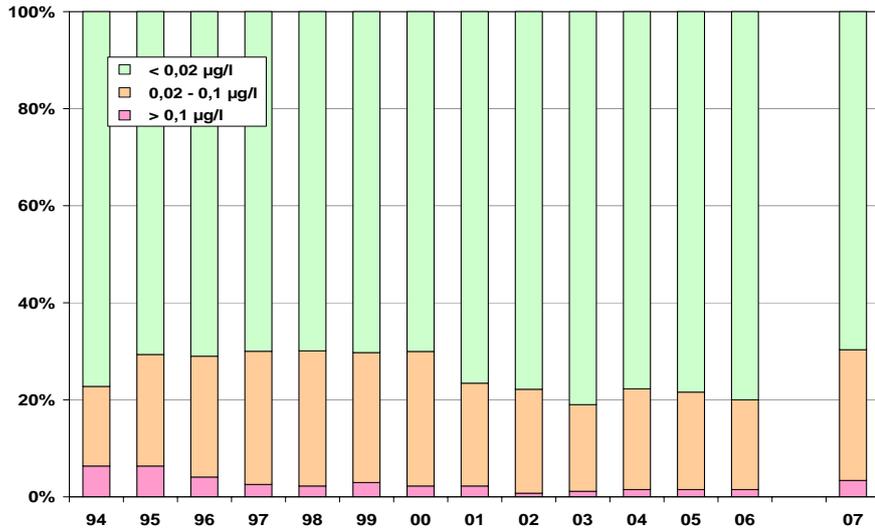
Im landwirtschaftlich beeinflussten Grundwasser der südbayerischen Schotterplatten liegen die Nitratgehalte verbreitet bei 20 bis 40 mg/l, so auch in der Münchener Schotterebene. In Phasen mit intensiver Grundwasserneubildung wurde lange Zeit Nitrat in erhöhten Konzentrationen aus den hohen Bodenvorräten ausgewaschen (Abb. 34). Seit dem Jahr 2000 zeichnet sich ein Trend zu niedrigeren Konzentrationen und schwächeren Auswaschungsspitzen ab. Dies dürfte im Wesentlichen auf die Verringerung von landwirtschaftlichen Stickstoffüberschüssen im Einzugsgebiet zurückzuführen sein.

Abb. 34:  
Langjährige Entwicklung  
von Nitratkonzentration  
und Grundwasserstand  
einer Messstelle der  
östlichen Münchener  
Schotterebene



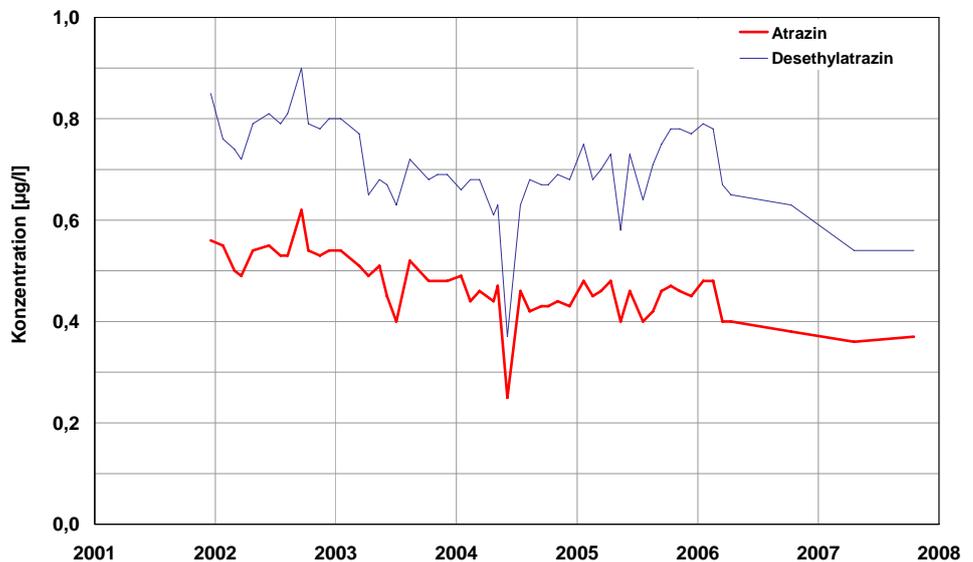
Pflanzenschutzmittel sind im Grund- und Trinkwasser unerwünscht, weshalb die Trinkwasserverordnung und die EG-Wasserrahmenrichtlinie einen strengen Grenzwert von 0,1 µg/l vorgeben. Für das Pflanzenschutzmittel Atrazin besteht seit 1991 ein Anwendungsverbot. Allerdings wird Atrazin wie auch sein Abbauprodukt Desethylatrazin immer noch im Grundwasser nachgewiesen, da der Abbau von Rückständen in vielen Böden und Grundwasserleitern sehr langsam erfolgt.

Abb. 35:  
Entwicklung der Atrazinkonzentration im Grundwasser 1994 bis 2007 (Anteil Messstellen in %) Mit Neuordnung des Landesmessnetzes 2007 geänderte Datengrundlage (landesweit 267 von 500 Messstellen)



Erste Messergebnisse aus dem neuen Landesmessnetz zeigen für Atrazin an 3,4 % der Messstellen (das sind 9 Messstellen) eine Grenzwertüberschreitung (Abb. 35). An weiteren 25 % der Messstellen werden Spuren von Atrazin nachgewiesen. Die Konzentration von Desethylatrazin im Grundwasser liegt meist über der von Atrazin. Für Atrazin und auch Desethylatrazin ist aber mit einem allmählichen weiteren Rückgang der Konzentrationen zu rechnen, insbesondere in ehemals hoch belasteten Grundwasservorkommen wie dem Karstgrundwasser der Fränkischen Alb (Abb. 36).

Abb. 36:  
Entwicklung der Atrazin- und Desethylatrazin-konzentration einer Karstquelle (Fränkische Alb)



## Bodenwasser

Das Messnetz Stoffeintrag-Grundwasser dient der integrierenden Beobachtung von Stoffflüssen und Stoffbelastungen im Wasserkreislauf:

[http://www.lfu.bayern.de/wasser/fachinformationen/grundwasser\\_wasser\\_und\\_stoffhaushalt/index.htm](http://www.lfu.bayern.de/wasser/fachinformationen/grundwasser_wasser_und_stoffhaushalt/index.htm)

Dazu wird in sieben wasserwirtschaftlich bedeutenden Messgebieten der Weg des Wassers mit seinen Inhaltsstoffen vom **Niederschlag** über das **Sickerwasser** bis zum **Grundwasser** und zum **Gebietsabfluss** untersucht. Hier dargestellt ist der Gang der Bodenfeuchte als Regulativ für die Entwicklung der Sickerwasserflüsse und der Grundwasserneubildung. Durchfeuchtung und Austrocknung des Bodens werden vom Wechselspiel aus Niederschlag und Verdunstung bestimmt. Bei hoher Bodenfeuchte bildet sich freies Sickerwasser, das in durchlässigen Böden dem Grundwasser zufließt.

Die Bodenfeuchte wird indirekt als Bodensaugspannung in Hektopascal (hPa) gemessen. In den Grafiken zeigen sehr niedrige Werte eine starke Austrocknung, Werte nahe Null eine starke Durchfeuchtung mit Bildung von Sickerwasser an. Bei Werten um oder über Null bildet sich Stauwasser, an Hängen auch lateraler Abfluss. Als Messgeräte sind pro Messtiefe je vier Tensiometer für die Saugspannungsmessung und acht Saugkerzen zur Entnahme von Bodenwasser eingebaut.

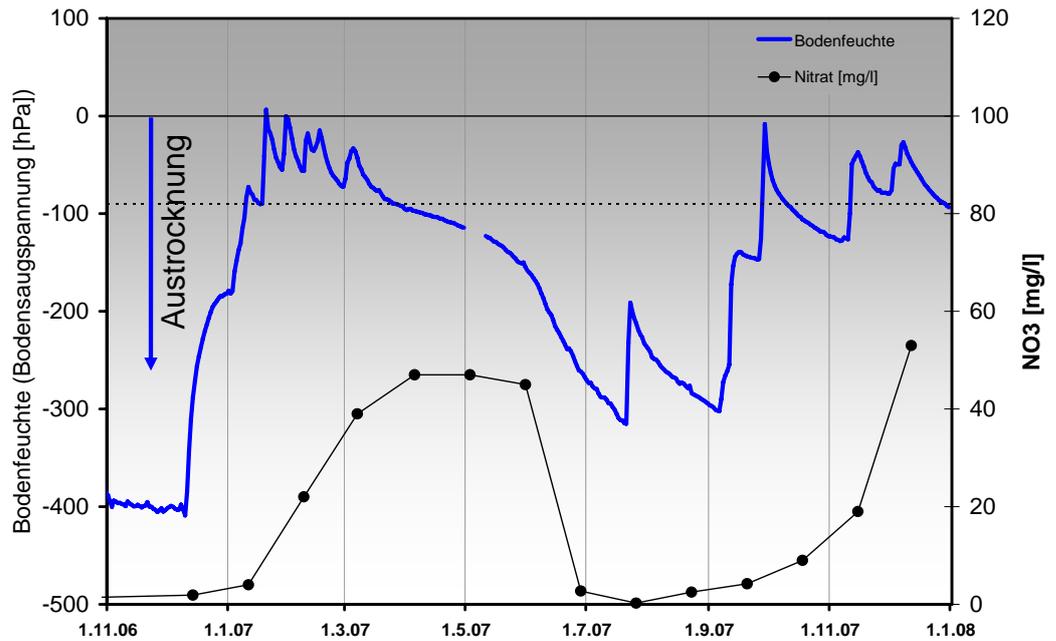
Für zwei Messstandorte in Ostbayern, einen Lösslehmstandort im Donautal und einen Mittelgebirgsstandort im Bayerischen Wald, werden die Spanne der Bodenwassercharakteristik 2007 und die Nitratdynamik dargestellt.

Die langfristige Nitratdynamik wird nachfolgend für vier Standorte mit unterschiedlichen Nutzungen beschrieben.

### Vergleichende Bodenwassercharakteristik und Nitratdynamik an zwei Standorten für 2007

Der Lehmstandort bei Straubing im Donautal wird von einem viehlosen Ackerbaubetrieb bewirtschaftet (2007: Hafer). Hier sind auf mehrere Meter mächtigen Lösslehmen schluffig-lehmige Böden entwickelt, die bis zu  $190 \text{ l/m}^2$  als pflanzenverfügbare Wassermenge (nutzbare Feldkapazität) speichern können. Das Grundwasser wird in 9 bis 11 m Tiefe in den unterlagernden Terrassenschottern angetroffen. Bei einem durchschnittlichen Jahresniederschlag von nur  $700 \text{ l/m}^2$  (1997-2007) bildet sich Sickerwasser überwiegend im Winter und Frühjahr, wenn die Böden ausreichend durchnässt sind.

Abb. 37:  
Jahresverlauf der  
Bodenfeuchte  
und Nitratkonzentration des  
Sickerwassers  
(100 cm Tiefe),  
Messstelle  
Straubing,  
Donau/  
Gäuboden  
(Acker)

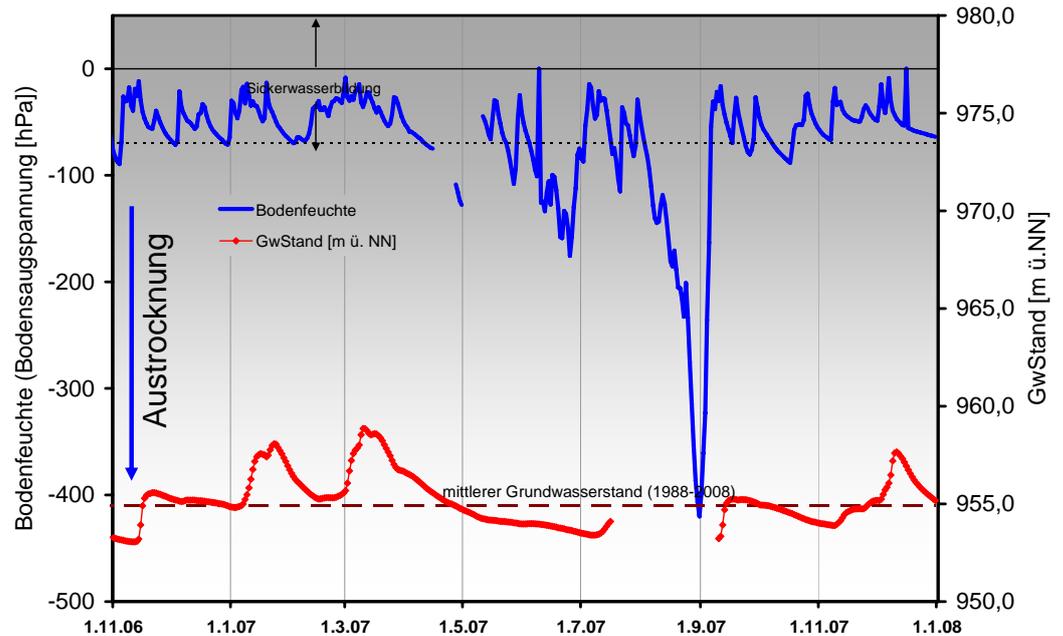


Bereits Anfang Januar führten Niederschläge zu einer starken Bodendurchfeuchtung und Grundwassererneuerung, die bis Ende März anhielt. Ab April trocknete der Boden, für die Jahreszeit typisch, dauerhaft aus. Die Niederschläge Ende Juli/ Anfang August verhinderten eine weitere Austrocknung. Sie wurden überwiegend im Oberboden gespeichert. Durch Niederschläge in Verbindung mit fehlender Pflanzenverdunstung (Getreideernte Ende Juli) wurde der Bodenwasserspeicher im September merklich aufgefüllt und bereits zu Monatsende ein kurzfristiger Sickerwasserschub ausgelöst. Bei durchschnittlichen Niederschlägen bildete sich von Mitte November bis Ende Dezember ein schwacher bis mäßiger Sickerwasserfluss.

Die mehrmonatigen Rekord-Bodentemperaturen, ausgelöst durch den milden Winter 2006/2007 gingen im Sommer 2007 allmählich zurück und erreichten in 1 und 2 m Tiefe im Dezember wieder den langjährigen Durchschnitt. Die Monatsmittelwerte in den Tiefen 4,50 und 8 Meter waren jedoch über das gesamte Jahr hinweg die höchsten seit Beginn der Messungen im Jahr 1998. Auswirkungen längerfristiger Temperaturverschiebungen auf die Stoffumsätze und Sickerwassertransporte sind unter dem Gesichtspunkt des Klimawandels von besonderem Interesse.

Die Nitratkonzentration des Bodensickerwassers schwankt am Ackerstandort saisonal sehr stark in Abhängigkeit von Bodenbewirtschaftung, Sickerwassermenge, Temperatur und Bewuchs. Ausgehend von einem niedrigen Niveau stiegen die Nitratkonzentrationen im Frühjahr 2007 auf fast 50 mg/l. Vor allem in der Anstiegsphase entstanden saisonal typischerweise Nährstoffverluste. In Verbindung mit gleichzeitig stattfindender Grundwassererneuerung verursachte dieser Effekt im Grundwasser der Donauterrassen bereichsweise erhebliche Nitratbelastungen. Am Messstandort ist allerdings eine geschlossene, tiefgründige Lehmdecke ausgebildet, in der das Nitrat auf dem weiteren Sickerweg stark abgebaut wird (Denitrifikation). Ab Juni wurde der Nitrat-Stickstoff auch in einem Meter Bodentiefe von den Pflanzen so stark verwertet, dass die Nitratkonzentration wieder auf Werte unter 5 mg/l sank. Der Erntetermin des Hafers Ende Juli zeigte in 1 m Tiefe keine Auswirkungen. Ungenutztes oder neu gebildetes Nitrat wurde erst ab Ende September mit weiteren Sickerwasserschüben in diese Tiefe verlagert.

Abb. 38:  
Jahresverlauf der  
Bodenfeuchte  
(50 cm Tiefe)  
und  
Grundwasserstand,  
Messstelle  
Racheldiensthütte,  
Nationalpark  
Bayerischer Wald



Der Mittelgebirgsstandort liegt im Nationalpark Bayer. Wald (Wassereinzugsgebiet Markungsgraben/Pegel Racheldiensthütte). Hier wird das Bodenwasser unter einem nachwachsenden Bergmischwald (nach Totalverlust des Altlichtenbestandes) in knapp 1000 m Höhe beobachtet. Bodentyp ist eine für die Höhenlage typische, blockreiche Lockerbraunerde über einer glazial-periglazialen Sedimentdecke auf Granit. Der sandige Lehmboden bildet ab ca. 65 cm Tiefe einen stark verdichteten, für viele Mittelgebirge typischen „Grundschnitt“. Er wirkt bei hohen Niederschlägen stauend und verstärkt den Direktabfluss im Hang. Die pflanzenverfügbare Wassermenge des Bodens (nutzbare Feldkapazität) beträgt nur 70 mm, wird aber in der Regel durch häufigen Niederschlag ausgeglichen. Der Grundwasserstand schwankt zwischen 2 und 12 m unter Gelände. Bei einem mittleren Jahresniederschlag von 1750 mm wird auch im Sommer und Herbst häufig Sickerwasser gebildet. Lokale, auf kleine Grundwasservorkommen gestützte Wasserversorgungen sind auf diese häufige Sickerwasserzufuhr angewiesen. Die Schneedecke erreicht Höhen bis 2 m und kann bis Ende April andauern.

Im Jahr 2007 blieb der Boden in 0,5 m Tiefe – bis auf eine intensivere Trockenphase im August – weitgehend feucht (Abb. 38). Ständige Sickerwasserzufuhr hielt den Grundwasserstand auf relativ hohem Niveau. Schneeschmelze und gleichzeitige Niederschläge verursachten im Januar und März besonders starke Sickerwasserströme und einen vorübergehenden Anstieg des Grundwasserstandes um 2,5 m. Im August trocknete der Boden auf Saugspannungswerte bis unter -300 hPa aus. Bereits die Septemberrniederschläge bewirkten eine starke Wiederbefeuchtung mit nachfolgend schwacher bis mäßiger Sickerwasserbildung bis Jahresende.

### Langfristige Nitratdynamik

Die Nitratgehalte der Bodensickerwässer werden vom Stickstoffeintrag aus der Landnutzung und aus der Luft einerseits sowie der Umsetzung in Boden und Vegetation andererseits gesteuert. In Wäldern sind die Stickstoffumsätze wesentlich geringer als auf landwirtschaftlichen Flächen mit jährlicher Düngung und Ernte. Allerdings bilden sich langfristig auch in Waldböden Stickstoffvorräte von einigen

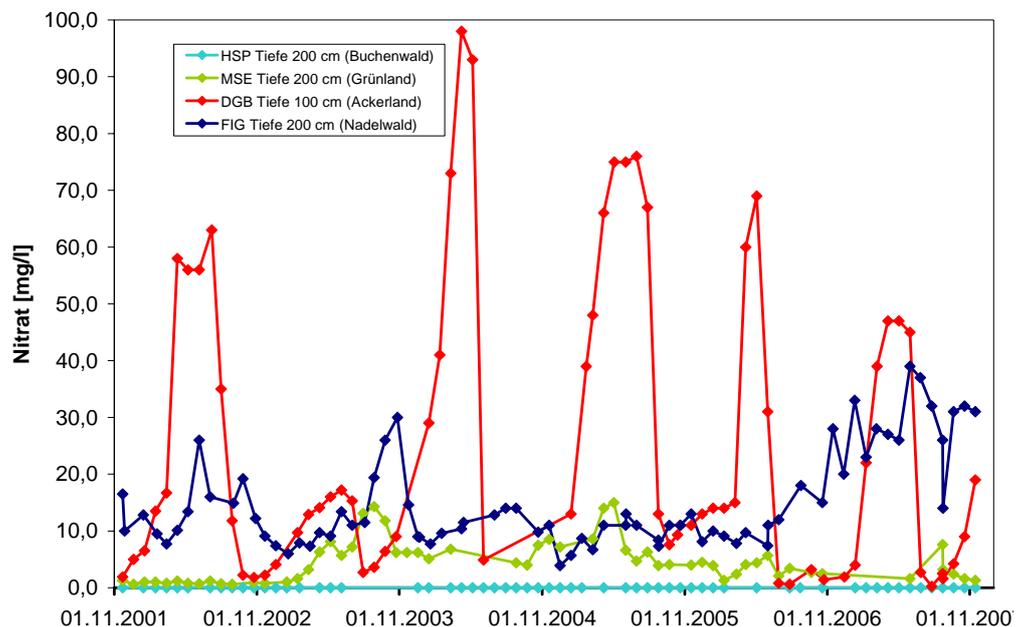
Tausend kg/ha. Sie können in instabilen Phasen teilweise mobilisiert werden und dann die gute Grundwasserqualität gefährden.

Die langfristige Nitratsdynamik im Bodensickerwasser wird vergleichend für vier Nutzungstypen, Acker, Buchenwald, Nadelwald, Grünland, vorgestellt (Abb. 39).

Unterhalb der Wurzelzone, d.h. im Sickerwasser, das der Grundwasserneubildung dient, liegen die mittleren Nitratgehalte zwischen 0 und 27 mg/l. Die höchsten Gehalte werden im Ackerboden, die niedrigsten im Waldboden unter einem Buchenbestand registriert. In laubholzreichen Waldökosystemen werden Stickstoffverluste minimiert. Das wirkt sich insbesondere auch beim anhaltenden Überangebot an luftverfrachtetem Stickstoff aus Industrie, Verkehr und Landwirtschaft positiv auf die Sickerwasserqualität aus. Die Nitratkonzentration unter Fichtenbeständen ist dagegen häufig erhöht, wie das Beispiel aus dem Fichtelgebirge zeigt. Schädigungen des Fichtenbestandes in Verbindung mit geringem Stickstoff-Speichervermögen können Nitratspitzen bis über 100 mg/l verursachen. Im Fichtenbestand wird der kontinuierliche Anstieg der Werte ab November 2006 durch die Vorschädigung des Bestandes in Folge Borkenkäferbefall und anschließende „Totalvernichtung“ durch Sturmtief „Kyrrill“ verursacht. Der Standort Grünland mit extensiver Bewirtschaftung zeigt hier eine schwache, von Klimaverlauf und Nutzungseingriffen gesteuerte Nitratsdynamik.

Am Ackerstandort (viehloser Betrieb) werden überwiegend Kartoffeln, Zuckerrüben und Getreide im Wechsel angebaut. In der Regel steigt die Nitratkonzentration im Spätwinter bis Frühjahr auf Spitzenwerte von 50 bis 100 mg/l (2007 unter Hafer: 47 mg/l). In diesem Zeitraum können erhebliche Auswaschungsverluste auftreten.

Abb. 39:  
Zeitliche Entwicklung  
der  
Nitratkonzentration  
im Bodensicker-  
wasser, das zur  
Grundwasserneu-  
bildung beiträgt, bei  
unterschiedlicher  
Landnutzung



## Sonderthema: Temperatur

Informationen zur Temperatur interessieren von je her – bereits in den ältesten Schriftdokumenten finden sich Angaben über warme und kalte Tage, Monate oder Jahre. Auch in der Gewässerkunde ist die Temperatur ein Leitparameter: sie wird erfasst als Lufttemperatur, Wassertemperatur und Bodentemperatur. Temperaturdaten sind vielfach aktuell für 15-Minuten-Intervalle abrufbar, ganz entscheidend ist aber auch der Vergleich statistischer Kennwerte wie Monatsmaximum oder Monatsmittelwert zwischen verschiedenen Jahren. Die Beobachtung der Temperatur über einen langen Zeitraum hinweg, ermöglicht Aussagen über die bisherige Entwicklung und Prognosen über künftige Trends.

### Lufttemperatur

Die Temperatur der bodennahen Luftschicht wird im Wesentlichen durch die Wärmeabgabe der Erdoberfläche und die Luftmassenadvektion bestimmt. Gemäß internationalen Vorgaben (Weltorganisation für Meteorologie) wird die Lufttemperatur einheitlich in 2 m Höhe über Grund unter Verwendung eines geeigneten Strahlungsschutzes gemessen. Früher kamen als Messinstrumente Flüssigkeitsthermometer (Messprinzip: Volumenänderung von Flüssigkeiten) zum Einsatz. Heutzutage werden Widerstandsthermometer (Messprinzip: elektrische Widerstandsänderung von Strom durchflossenen Leitern) verwendet, wobei aus Gründen der Vergleichbarkeit mit historischen Messungen vielfach weiterhin die weiß lackierten Wetterhütten (Beibehaltung der Strahlungseigenschaften und der Luftzirkulation) in Betrieb sind.



Abb. 40:  
Widerstandstemperaturmessung  
bei der Klimastation Syl-  
vensteinspeicher

### Wassertemperatur oberirdischer Gewässer

Die Wassertemperatur steuert alle Vorgänge im Gewässer, vom Abbau organischer Substanzen bis zum Wachstum der Gewässerlebewesen, von der Löslichkeit von Gasen wie Sauerstoff bis hin zum Abbau chemischer Schadstoffe. Der Verlauf der Wassertemperatur folgt im Großen und Ganzen der Lufttemperatur, jedoch hat die hydrologische Situation einen großen Einfluss auf diesen Zusammenhang. Ist weniger Wasser im Gewässerbett, kann sich dieses zum Beispiel schneller erwärmen. Im alpinen Bereich kann ein Anstieg der Lufttemperatur zu verstärkter Schneeschmelze und damit Zufluss von kühlerem Wasser führen. Auch der Anteil von zufließendem Grundwasser bestimmt die Wassertemperatur im Gewässer. Diese natürlichen Prozesse werden überprägt durch Einflüsse des Menschen auf die Gewässer und ihre Einzugsgebiete: Wärmeeinleitungen z.B. durch Kühlwasser oder auch Wärmeentzug zur Energiegewinnung beeinflussen die Wassertemperatur direkt, durch

Stauhaltungen und der damit verbundenen Verlängerung der Aufenthaltszeiten sowie Veränderungen der Gewässerstruktur sind die Gewässer indirekt in ihrem Wassertemperaturregime beeinträchtigt, meist in Richtung einer Aufwärmung. Nicht zuletzt führt auch der Klimawandel zu einer tendenziell erhöhten Wassertemperatur. Die Auswirkungen der Veränderung des Wassertemperaturregimes können nur in Abhängigkeit des jeweils betroffenen Gewässers beurteilt werden. Zur Beobachtung der Wassertemperaturen wurde in Bayern ein dichtes Netz von Messstellen eingerichtet: Die erste Messstelle wurde 1891 in Augsburg installiert. Inzwischen ist das Messnetz auf rund 70 Messstellen angewachsen, die über das gesamte Main- und Donauegebiet verteilt sind.

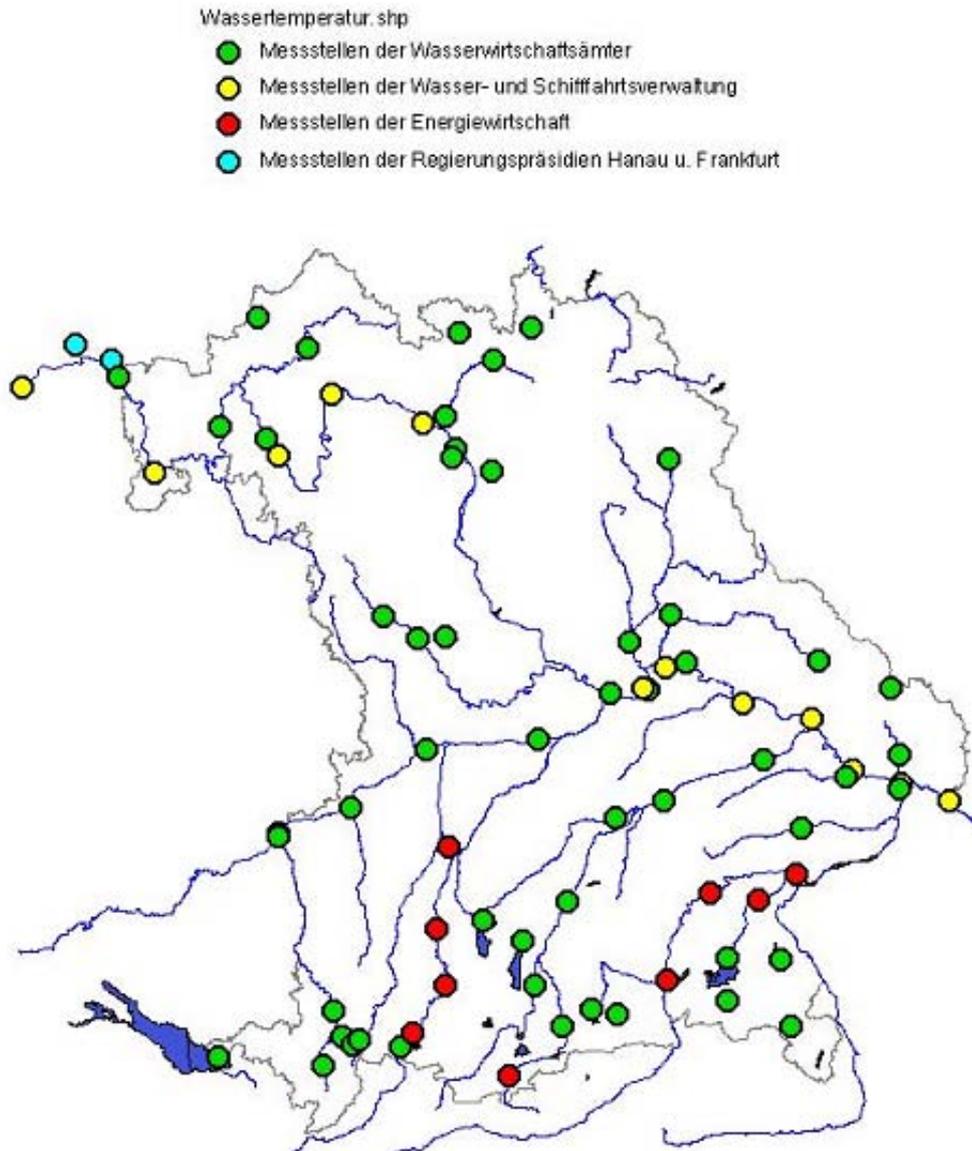


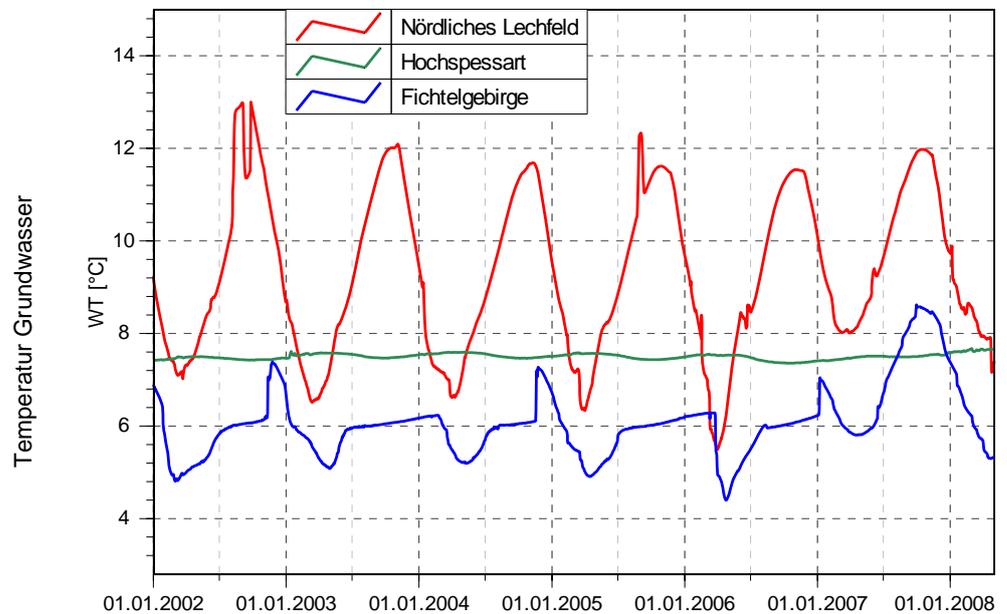
Abb. 41: Messnetzkarte Wassertemperatur

An ihnen werden kontinuierlich mit Hilfe von Messsonden die Wassertemperaturdaten erhoben. Dank der Datenfernübertragung stehen diese aktuell im Internet der Öffentlichkeit zur Verfügung. Die so gewonnenen Daten werden regelmäßig durch direkte Messungen mit dem Schöpfthermometer kontrolliert und überprüft.

### Wassertemperatur Grundwasser

Im Messnetz Stoffeintrag–Grundwasser (MSGw) wird in sieben Messgebieten neben dem Grundwasserstand und der chemischen Beschaffenheit auch die Temperatur des Grundwassers erfasst. Sie gibt vor allem Hinweise auf die Herkunft des Grundwassers und seine saisonale Dynamik.

Abb. 42:  
Zeitliche Entwicklung der Grundwassertemperatur über mehrere Jahre in den Messgebieten Nördliches Lechfeld, Hochspessart und Fichtelgebirge.



Sehr oberflächennahes Grundwasser ohne schützende Deckschicht, wie im Nördlichen Lechfeld (Abb. 42), zeigt einen deutlichen Jahrgang der Wassertemperatur mit einer Amplitude von mehreren Grad Celsius, der hier nur wenig zum Jahrgang der Lufttemperatur und der Wassertemperatur des Lechs verschoben ist. Etwas tieferes Grundwasser, wie im Buntsandstein des Hochspessarts oder in Lösslehm überdeckten Terrassen des Gebietes Donau/Gäuboden (Abb. 45) hat nur eine geringe Jahresamplitude von weniger als 1 °C. Das Maximum der Grundwassertemperatur tritt im Hochspessart erst etwa 8 Monate nach dem Lufttemperatur-Maximum auf, im Messgebiet Donau/Gäuboden sind es sogar etwa 12 Monate.

Die Grundwassertemperatur im Fichtelgebirge zeigt dennoch einen prägnanten Jahrgang, der stark von den Sickerwassertemperaturen beeinflusst ist (Abb. 42). Maßgeblich ist die gute Wasserleitfähigkeit des dortigen Bodens im feuchten Zustand. Mit dem Einsetzen der Sickerwasserzufuhr im Herbst erhöht sich die Grundwassertemperatur rasch. Das kalte Sickerwasser aus der Schneeschmelze im Frühjahr führt dagegen zu einem deutlichen Minimum. Während der Sommermonate ist der Boden in der Regel so trocken, dass kein Sickerwasser das Grundwasser erreicht. Dementsprechend steigt in dieser Zeit die Grundwassertemperatur nur langsam an. In der Ganglinie sind Jahre mit fehlender Herbst-Sickerwasserbildung (2003, 2005) deutlich am fehlenden Maximum der Kurve zu erkennen.

Die ungewöhnlich hohen Grundwassertemperaturen des Jahres 2007 (besonders deutlich im Messgebiet Fichtelgebirge) sind durch den zu warmen Winter 2006/07 und den niederschlagsreichen Sommer 2007 zu erklären.

### **Bodentemperatur**

Das Messnetz Stoffeintrag-Grundwasser erfasst für die Beschreibung der Stoffumsätze auch bodenphysikalische Daten. Ergänzend zur Bodenfeuchte (Saugspannung des Bodenwassers) wird die Temperatur des Bodens in mehreren Tiefen registriert, die einen wesentlichen Einfluss auf die Stoffumsätze im Boden sowie das Pflanzenwachstum hat.

Die Temperatur in den oberen Bodenhorizonten ist stark von der Lufttemperatur beeinflusst und zeigt entsprechend kurzfristige, starke Schwankungen. Die Temperaturleitfähigkeit von Böden ist deutlich von ihrem Wassergehalt beeinflusst: bei Wassersättigung hat ein Boden eine etwa dreimal höhere thermische Leitfähigkeit als im trockenen Zustand. Da der Boden die Wärme nur langsam weiterleitet, werden mit zunehmender Tiefe die Temperaturverläufe gedämpft und die Änderungen im Jahresverlauf geringer. Dabei treten die Maximal- und Minimalwerte mit zunehmendem zeitlichen Versatz auf.

Die Abb. 43, Abb. 44 und Abb. 45 zeigen dies am Beispiel der Jahre 2006 und 2007 für einen tiefgründigen Lößlehm über Quartärkies im Messgebiet Donau/Gäuboden: während in der Luft und im Oberboden die höchsten Temperaturen im Juli gemessen werden, treten sie in 2 m Tiefe erst im September, in 4,5 m Tiefe Anfang Dezember und in 8 m Tiefe im Februar des folgenden Jahres auf (siehe Pfeil-Markierungen in der Abbildung). Die Spanne zwischen höchstem und geringstem Wert umfasst im Oberboden 25 bis 30 °C, in 2 m Tiefe etwa 10 °C, und in 8 m Tiefe nur noch ca. 2 °C.

Während Anfang 2006 der Boden bis in mindestens 20 cm Tiefe gefroren war, verhinderte der zu warme Januar 2007 mit Lufttemperaturen bis 10 °C das Gefrieren des Bodens. Stattdessen wurden Ende Januar bis in 1 m Tiefe Temperaturen gemessen, die in anderen Jahren erst im April auftreten. Das Sommermaximum fiel in den obersten 20 cm dagegen durch den kühlen Sommer geringer aus als 2006.

Durch die hohen Januar-Temperaturen lag das jährliche Temperaturminimum in den tieferen Bodenschichten 2007 deutlich höher als in den Vorjahren, und auch das folgende Maximum lag infolgedessen noch über den Werten der Vorjahre. Diese Temperaturverschiebung setzt sich im Grundwasser fort, und ist auch in anderen Messgebieten zu beobachten.



Abb. 43:  
**Zeitliche Entwicklung der Lufttemperatur** im Messgebiet Donau/Gäuboden.

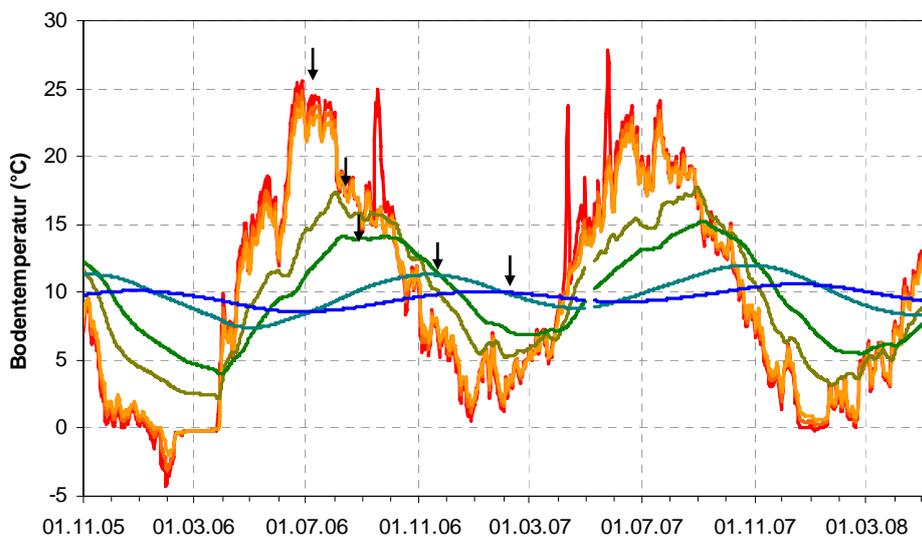


Abb. 44: **Zeitliche Entwicklung der Bodentemperatur** im Messgebiet Donau/Gäuboden.

- 5 cm
  - 10cm
  - 20 cm
  - 100 cm
  - 200 cm
  - 450 cm
  - 800 cm
- ↓ Jahresmaximum

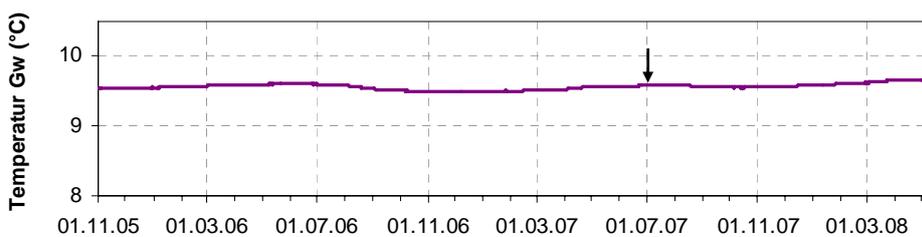


Abb. 45:  
**Zeitliche Entwicklung der Grundwassertemperatur** im Messgebiet Donau/Gäuboden.

## Klimawandel und Temperatur

Die Verhältnisse der Lufttemperatur unterliegen grundsätzlich natürlichen Schwankungen, sie können aber auch vom Menschen beeinflusst werden. In den letzten Jahren stellt sich zunehmend die Frage, inwieweit der in vielen Bereichen beobachtete Temperaturanstieg durch den Klimawandel bedingt ist. Diese Fragestellung wurde im Rahmen des Vorhabens KLIWA (Klimaveränderungen und Konsequenzen für den Wasserhaushalt) bereits eingehend untersucht. Danach ist die global festgestellte Temperaturerhöhung regional zum Teil noch deutlicher ausgeprägt. Während sich im globalen Mittel die Jahresdurchschnittstemperatur zwischen 1906 – 2005 um etwa 0,7 °C erhöhte, betrug der Anstieg in den süddeutschen Regionen im Zeitraum 1931 – 2005 bereits bis zu 1,1 °C.

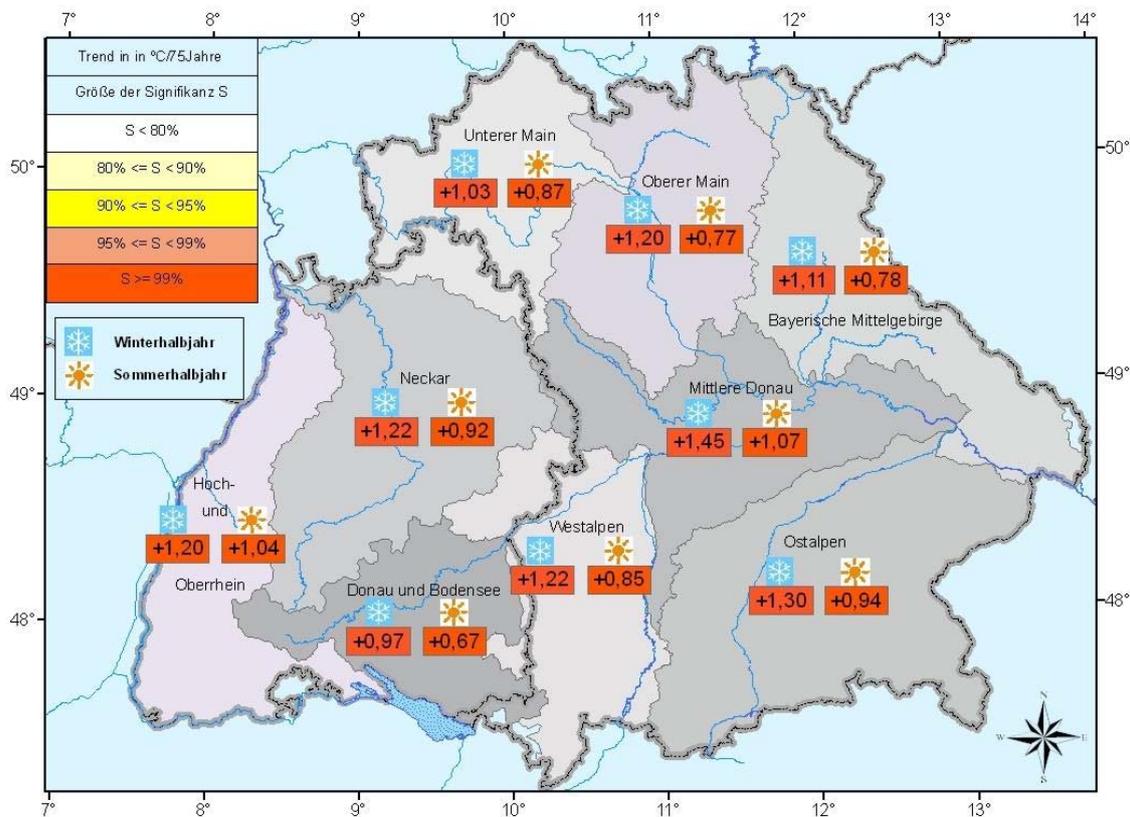


Abb. 46: Gebietskarte „Anstieg Lufttemperatur“

Auch zeigt sich, dass insbesondere die Kalendermonate Januar, August und Dezember bei der Auswertung der Messreihen im gleichen Zeitraum einen signifikanten Anstiegstrend aufweisen, der durchaus im Mittel bis zu 2,5 °C erreichen kann. Die statistischen Auswertungen belegen insbesondere seit 2000 eine Verstärkung des ansteigenden Trends. Diese beobachteten Veränderungen sind deutliche Hinweise für einen Klimawandel.

Projektionen für die zukünftige Temperaturentwicklung aus regionalen Klimamodellen zeigen auch im bayerischen Raum eine weitere Verstärkung des Temperaturanstiegs auf. Im Rahmen von KLIWA wird im weiteren Vorgehen angestrebt, die Bandbreiten in den Aussagen der verschiedenen Klimamodelle darzustellen und zu bewerten.

### **Niedrigwasserinformationsdienst**

Seit September 2008 können Luft- und Wassertemperaturen aktuell über den Niedrigwasserinformationsdienst im Internet abgerufen werden. Niedrigwasserzeiten sind in aller Regel mit einem Temperaturanstieg verbunden, der sich vor allem bei bereits beeinträchtigten Gewässern bemerkbar macht. So kann eine erhöhte Wassertemperatur im Sommer zu einer verminderten Sauerstofflösung und in der Folge zu Sauerstoffmangel führen, der sich umso gravierender auswirkt, je stärker das Gewässer durch Abwasser belastet ist. Im ungünstigsten Fall können solche Sauerstoffdefizite Fischsterben nach sich ziehen. Ob es zu negativen Auswirkungen kommt, hängt nicht zuletzt davon ab, zu welcher Jahreszeit und unter welchen weiteren Randbedingungen die erhöhten Temperaturen auftreten.

### **Wassertemperatur und EG-Wasserrahmenrichtlinie**

Zur Beurteilung des ökologischen Zustands von Seen und Fließgewässern fordert die EG-Wasserrahmenrichtlinie die Untersuchung und Bewertung der Wassertemperatur. Treten außergewöhnliche Temperaturverhältnisse auf oder sind Maßnahmen am Gewässer geplant, die die natürlichen Temperaturen signifikant verändern, findet eine Untersuchung der Fauna und Flora des Gewässers statt, damit beurteilt werden kann, ob die Gewässerlebensgemeinschaften beeinträchtigt sind. Zur Beurteilung der Wassertemperaturen legen die EU Mitgliedsstaaten individuelle Konzepte vor. Für eine erste Abschätzung der Wirkung von Temperaturerhöhungen auf Fische wurde in Deutschland von Experten eine Tabelle mit Hintergrund- und Orientierungswerten erarbeitet: für verschiedene Gewässertypen und Fischlebensgemeinschaften werden Temperaturmaxima angegeben, bei deren Überschreitung eine Beeinträchtigung der Fische nicht auszuschließen ist.

## Fachbegriffe und Abkürzungen

Ammonium-Stickstoff	Die Ammoniumkonzentration wird durch mikrobielle Stoffumsetzungen (Nitrifikation) im Fluss bzw. in den Kläranlagen bestimmt. Die höchsten Ammoniumwerte werden deshalb im Winter registriert, wenn die Aktivität der Mikroorganismen am geringsten ist.	Nitrat-Stickstoff	Die Nitratkonzentration hängt ebenfalls stark von bakteriellen Aktivitäten (Nitrifikation bzw. Denitrifikation) im Fluss bzw. in den Kläranlagen ab. Regenereignisse führen in der Regel durch Verdünnung zu einem Absinken der Nitratkonzentration.
Bodensaugspannung	Die Bodensaugspannung in Hectopascal (hPa) ist ein Maß für die Bodenfeuchte. Sie beschreibt, wie stark das Bodenwasser gebunden ist. Je kleiner die Werte in der Grafik sind, desto stärker ist die Wasserbindung bzw. die Austrocknung. Positive Werte zeigen Überstau des Sensorniveaus an.	NW bzw. NQ	Niedrigster Wasserstand bzw. Abfluss in einem vorgegebenen Zeitraum
Chlorophyll a	Der grüne Blattfarbstoff (Chlorophyll a) ist Voraussetzung für die Photosynthese aller Pflanzen. Die Chlorophyllkonzentration im Gewässer ist ein Maß für die Biomasse des Phytoplanktons (Algen). Die Entwicklung des Phytoplanktons wird durch niedrigen Abfluss und länger anhaltende Schönwetterperioden stark begünstigt.	pH-Wert	Neben dem Sauerstoffhaushalt werden auch die pH-Wertschwankungen durch das Algenwachstum geprägt. Die pH-Werte liegen meist leicht über 8,0.
Feldkapazität	Die im Boden zurückgehaltene Wassermenge, nachdem das durch Schwerkraft bewegbare Wasser abgeflossen ist.	Phosphor	Phosphor ist ein wichtiger Pflanzennährstoff. Die Konzentration des gelösten Phosphors schwankt im Jahresverlauf sehr stark. Algenwachstum führt durch Nährstoffaufnahme i. d. R. zu einer Erniedrigung, und Regenereignisse führen durch Abschwemmungen und Remobilisierung zu einer Erhöhung der gelösten Phosphate.
$h_N$	Niederschlagshöhe in mm (1 mm entspricht 1 l/m <sup>2</sup> )	Q	Abfluss in m <sup>3</sup> /s
$h_s$	Höhe der Gesamtschneedecke [cm]	Sauerstoff O <sub>2</sub>	Die täglichen Sauerstoffschwankungen werden in erster Linie durch die Photosynthese des Phytoplanktons (Algen) bestimmt. Nach Algenblüten kann es durch den Abbau des organischen Materials zu starker Sauerstoffzehrung mit sehr niedrigen Sauerstoffgehalten kommen.
HW bzw. HQ	Höchster Wasserstand bzw. Abfluss in einem vorgegebenen Zeitraum	T <sub>w</sub>	Wassertemperatur in °C
Leitfähigkeit in µS/cm	Die spezifische elektrische Leitfähigkeit hängt sehr stark vom Abflussgeschehen ab.	T <sub>w,TagMit</sub>	Tagesmittelwert der Wassertemperatur
Meldestufe	Im Hochwassernachrichtendienst in Bayern wird das Ausmaß der Überflutung durch vier Meldestufen beschrieben	Toxische Wirkungen	Bei Störungen auf Kläranlagen oder bei Schiffsunfällen können die Wasserorganismen im Gewässer geschädigt werden. Zur Detektion von toxischen Effekten werden kontinuierliche Biotests mit Muscheln, Algen, Daphnien und Bakterien als biologische Frühwarnsysteme eingesetzt.
MHW bzw. MHQ	Mittelwert der Jahreshöchstwerte des Wasserstandes und des Abflusses in einem vorgegebenen Zeitraum	Trübung	Vom Abfluss geprägt ist die Gewässertrübung. Größere Regenereignisse bzw. Hochwasser lassen dabei die Trübung rasch ansteigen. Solche Ereignisse sind unregelmäßig über das ganze Jahr verteilt.
MNW bzw. MNQ	Mittelwert der Jahresniedrigstwerte des Wasserstandes und des Abflusses in einem vorgegebenen Zeitraum	W	Wasserstand in cm
MW bzw. MQ	Mittlerer Wasserstand bzw. Abfluss in einem vorgegebenen Zeitraum		

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Bayernkarte mit Bildern aus den Arbeitsbereichen des Gewässerkundlichen Dienstes	1
Abb. 2:	Niedrigwasser am Pilsensee im Sommer 2007	4
Abb. 3:	Infrarot-Satellitenbild vom 18.01.2007, 17:30 Uhr (Kaltfront von Tief "Kyrill" wurde in Mitteleuropa wetterwirksam)	5
Abb. 4:	Lufttemperaturverhältnisse in Bayern (Abweichung der Monatsmittel in 2007 vom Mittelwert der Periode 1961/90)	7
Abb. 5:	Niederschlagsverhältnisse in Bayern (Abweichung der Monatssummen in 2007 vom Mittelwert der Periode 1961/90)	8
Abb. 6:	Niederschlagsverhältnisse der Ombrometerstation Hammelburg	9
Abb. 7:	Niederschlagsverhältnisse der Ombrometerstation Utting-Achselschwang	9
Abb. 8:	Niederschläge hN und Schneehöhen hS der Ombrometerstation Hammelburg	11
Abb. 9:	Niederschläge hN und Schneehöhen hS der Ombrometerstation Hammelburg	11
Abb. 10:	Jahresniederschläge ausgewählter Ombrometerstationen	13
Abb. 11:	Abflussentwicklung Kemmern/Main im Berichtsjahr Vergleichsreihe 1931 – 2007 MQ = 44,1 m³/s Berichtsjahr 2007 MQ = 55,4 m³/s	15
Abb. 12:	Abfluss Kemmern/Main Vergleich des aktuellen und langjährigen Monatsmittelwertes	15
Abb. 13:	Abflussentwicklung Kelheim/Donau im Berichtsjahr Vergleichsreihe 1924 – 2007 MQ = 332 m³/s Berichtsjahr 2007 MQ = 319 m³/s	17
Abb. 14:	Abfluss Kelheim/Donau Vergleich des aktuellen und langjährigen Monatsmittelwertes	17
Abb. 15:	Wasserstandsentwicklung Starnberg/Starnberger See im Berichtsjahr Vergleichsreihe 1971 - 2007 MW = 71 cm Berichtsjahr 2007 MW = 84 cm Seespiegel: Mittlerer Seespiegel 584,22 m ü. NN	18
Abb. 16:	Wasserstand Starnberg/Starnberger See Vergleich des aktuellen und langjährigen Monatsmittelwertes	19
Abb. 17:	Wasserstandsentwicklung Stock/Chiemsee im Berichtsjahr Vergleichsreihe 1976 - 2007 MW = 71 cm Berichtsjahr 2007 MW = 83 cm Seespiegel: <b>Mittlerer Seespiegel</b> 518,24 m ü. NN	19
Abb. 18:	Wasserstand Stock/Chiemsee Vergleich des aktuellen und langjährigen Monatsmittelwertes Vergleichsreihe 1976 - 2007 Berichtsjahr 2007	20
Abb. 19:	Obere Isar bei Wallgau Natürliche Umlagerungsstrecke	22
Abb. 20:	Oberteisendorfer Ache, WWA TS Durch Sohlschwellen und Ufermauern verbautes Gewässer	23

Abb. 21: <b>Kochelsee 2007</b> Sichttiefe, volumen- gewichtete Mittelwerte für Gesamt-Phosphor und Chlorophyll a,	26
Abb. 22: <b>Kochelsee 2007</b> Entwicklung des Biovolumens der vorkommenden Algenklassen	26
Abb. 23: <b>Kochelsee 2007</b> Bewertung gemäß Wasserrahmenricht - linie	27
Abb. 24: Temperaturverlauf an der Messstelle Stegen / Ammersee: Tagesmittel für 2007 verglichen mit den langjährigen 14täglichen Mittelwerten	28
Abb. 25: Verlauf der Grundwasserstände im Niederterrassenschotter der Münchener Schotterebene (Messstelle Eching 275D, beobachtet seit 1939) – HHW: 465,59 m ü. NN, MW: 463,84 m ü. NN, NNW: 462,68 m ü. NN	30
Abb. 26: Verlauf der Grundwasserstände im Quartär (Messstelle Frühlingslust, beobachtet seit 1938) – HHW: 116,34 m ü. NN; MW: 113,90 m ü. NN; NNW: 110,31 m ü. NN	30
Abb. 27: Verlauf der Grundwasserstände im Quartär (Messstelle Kirchehrenbach 6, beobachtet seit 1997) – HHW: 274,73 m ü. NN; MW: 272,60 m ü. NN; NNW: 271,97 m ü. NN	31
Abb. 28: Verlauf der Grundwasserstände der Oberen Süßwassermolasse des Tertiärs (Messstelle Niederroth T 7f, beobachtet seit 2001) – HHW: 475,19 m ü. NN, MW: 474,61 m ü. NN, NNW: 474,07 m ü. NN	32
Abb. 29: Verlauf der Grundwasserstände im Malmkarst (Messstelle Gungolding 928, beobachtet seit 1982) – HHW: 376,80 m ü. NN, MW: 374,68 m ü. NN, NNW: 374,20 m ü. NN	33
Abb. 30: Verlauf der Grundwasserstände im Muschelkalk (Messstelle Rothof, beobachtet seit 1998) – HHW: 185,37 m ü. NN, MW: 181,41 m ü. NN, NNW: 178,43 m ü. NN	33
Abb. 31: Verlauf der Grundwasserstände im Benker Sandstein (Messstelle Fürth-Unterfürberg B2, beobachtet seit 2000) – HHW: 294,24 m ü. NN; MW: 292,77 m ü. NN; NNW: 291,49 m ü. NN	34
Abb. 32: Verlauf der Grundwasserstände im Buntsandstein (Messstelle Schneeberg 179, beobachtet seit 1977) – HHW: 166,19 m ü. NN, MW : 161,94 m ü. NN, NNW: 160,15 m ü. NN	34
Abb. 33: Entwicklung der Nitratkonzentration im Grundwasser 1991 bis 2007 (Anteil Messstellen in %)	35
Abb. 34: Langjährige Entwicklung von Nitratkonzentration und Grundwasserstand einer Messstelle der östlichen Münchener Schotterebene	36
Abb. 35: Entwicklung der Atrazinkonzentration im Grundwasser 1994 bis 2007 (Anteil Messstellen in %) Mit Neuordnung des Landesmessnetzes 2007 geänderte Datengrundlage (landesweit 267 von 500 Messstellen)	37
Abb. 36: Entwicklung der Atrazin- und Desethylatrazin- konzentration einer Karstquelle (Fränkische Alb)	37
Abb. 37: Jahresverlauf der Bodenfeuchte und Nitratkonzentration des Sickerwassers (100 cm Tiefe), Messstelle Straubing, Donau/ Gäuboden (Acker)	39
Abb. 38: Jahresverlauf der Bodenfeuchte (50 cm Tiefe) und Grundwasserstand, Messstelle Racheldiensthütte, Nationalpark Bayerischer Wald	40

Abb. 39: Zeitliche Entwicklung der Nitratkonzentration im Bodensicker- wasser, das zur Grundwasserneu- bildung beiträgt, bei unterschiedlicher Landnutzung	41
Abb. 40: Widerstandstemperaturmessung bei der Klimastation Sylvensteinspeicher	42
Abb. 41: Messnetzkarte Wassertemperatur	43
Abb. 42: Zeitliche Entwicklung der Grundwasser- temperatur über mehrere Jahre in den Messgebieten Nördliches Lechfeld, Hochspessart und Fichtelgebirge.	44
Abb. 43: Zeitliche Entwicklung der Lufttemperatur im Messgebiet Donau/Gäuboden.	46
Abb. 44: Zeitliche Entwicklung der Bodentemperatur im Messgebiet Donau/Gäuboden.	46
Abb. 45 Zeitliche Entwicklung der Grundwassertemperatur im Messgebiet Donau/Gäuboden.	46
Abb. 46 Gebietskarte „Anstieg Lufttemperatur“	47

---

**Impressum:**

**Herausgeber:**

Bayerisches Landesamt für Umwelt  
Hans-Högn-Straße 12  
95030 Hof

Telefon: (09281) 1800 – 0  
Telefax: (09281) 1800 – 1408921  
E-Mail: [poststelle@lfu.bayern.de](mailto:poststelle@lfu.bayern.de)  
Internet: <http://www.lfu.bayern.de>

**Postanschrift:**

Bayerisches Landesamt für Umwelt  
95030 Hof

**Bearbeitung:**  
Ref. 85 / Krause Peter  
**Stand:**  
11 / 2008

---