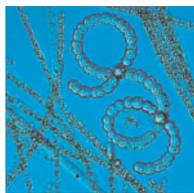




Wasser in Bayern

Gewässerkundlicher Jahresbericht
für Bayern

2004



Inhaltsverzeichnis

Erläuterungen und Vorbemerkungen zum
Gewässerkundlichen Jahresbericht

Zusammenfassung

Witterung



Niederschläge

Fließgewässer



Abflüsse



Hochwasser



Gewässerqualität

Seen



Wasserstände



Gewässerqualität

Grund- und Bodenwasser



Grundwasserstände



Beschaffenheit



Bodenwasser

Sonderthemen

Niederschlagsmessnetz

Untersuchung zum Klimawandel - das Vorhaben KLIWA

Praxistest WRRL Bayern - Gewässerzustand und Wasserrahmenrichtlinie (WRRL)

Das Jahr 2004 im Intensivmessgebiet Lehstenbach, Fichtelgebirge

Gewässerkunde in Bildern

Standorte der Messstellen zum Jahresbericht

Fachbegriffe und Abkürzungen

Der Bericht veranschaulicht das hydrologische Geschehen des abgelaufenen Jahres

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

Internetangebot des LfW
<http://www.bayern.de/lfw/>

Gewässerkundliches Informationssystem
<http://www.bayern.de/lfw/technik/gkd/>
*Herausgeber ist das Bayerische Landesamt für
Wasserwirtschaft, Lazarettstraße 67, 80636
München*

Bei evtl. Fragen wenden sie sich bitte an
karl-heinz.frei@lfw.bayern.de



Zusammenfassung

Nach dem sehr nassen Jahr 2002 u. a. mit dem wochenlang die Schlagzeilen füllenden Augusthochwasser und dem außerordentlich trockenen Jahr 2003 war das Jahr 2004 weniger spektakulär. Verheerende Hochwasser blieben ebenso aus wie längere Niedrigwasserperioden.

Insgesamt ist das Jahr 2004 gegenüber dem Durchschnittsjahr zu warm und zu trocken gewesen. Das gilt sowohl für Nord- wie auch für Südbayern.

Bei früh im Jahr einsetzender Bodenaustrocknung blieb die Grundwasserneubildung begrenzt. Zwischen April und Oktober konnte sich kein Sickerwasser bilden und die geringen Sommerniederschläge füllten nur zeitweilig den Bodenwasserspeicher auf.

Die Grundwasserstände waren zu Beginn des Jahres bayernweit bereits relativ niedrig. In den großen Talgrundwasserleitern und Schotterflächen setzte sich der Abwärtstrend fort. Erst in Folge einer merklichen Erholung der Grundwasserstände zum Jahresende wurde der Trend zu neuen Tiefstständen gebrochen.

Die großflächige Grundwassergefährdung durch Nitrat und Pflanzenschutzmittel geht nur langsam zurück. Nach EU-Wasserrahmenrichtlinie wurde für 20 % der Landesfläche ein Risiko für das Erreichen einer „guten“ Grundwasserqualität ausgewiesen. Allerdings wurden Nitratgehalte von über 50 mg/l nur noch an 4% der Messstellen des Landesmessnetzes überschritten. An den Bodenwassermessstellen wurde 2004 unter Wald und Grünland wesentlich weniger Nitrat mit dem Sickerwasser ausgewaschen als unter Acker.

Bei den Fließgewässern fehlten großflächige Überschwemmungen. Insgesamt gab es bei den Abflüssen Defizite, die aber nicht so ausgeprägt waren wie im Trockenjahr 2003. In Südbayern wurde nur im Januar, in Nordbayern nur im Mai und im November

ein Plus registriert. In allen anderen Monaten wurde der Durchschnittswert nicht erreicht.

Auch die Seewasserstände erreichten 2004 die Sollwerte nicht. So lagen z.B. die Jahresmittelwerte gegenüber dem langjährigen Mittel (MW) bei Ammer- und Starnbergersee um 10 bzw. um 8 cm niedriger. Die Pegel der meisten Seen fielen ab August bis schließlich im Dezember die langjährigen Niedrigwasserstände (MNW) unterschritten wurden. Die extremen Bedingungen des Jahres 2003 hatten keine dauerhaften Einflüsse auf die Qualität der Fließgewässer. Sie waren durch die natürliche Selbstreinigung zu einer Regeneration fähig.

Beim Ortho-Phosphat konnte ein eindeutiger Trend zur Verbesserung vor allem im südbayerischen Raum festgestellt werden. Die Güteklasse einiger Flüsse verbesserte sich um eine halbe Stufe (z.B. obere Isar, Röslau, Fränkische Saale und Teilstrecken des Mains). Insgesamt kann die Schadstoffbelastung in Bayerns Fließgewässern als gering bezeichnet werden.

2004 fand eine Bestandsaufnahme Fließgewässer statt. Grundlage der Bewertung war die EU-Wasserrahmenrichtlinie. Dass die dort festgelegte Zielerreichung nur zum Teil erfüllt wurde, lag vor allem an den diffusen Einträgen aus der Fläche. Aber auch die vielfältigen Nutzungen der Gewässer z.B. als Energiequelle oder Schifffahrtsstraße können zur Degradation führen. Vorläufig wurden 23 % der Fließgewässer Bayerns als künstlich oder erheblich verändert eingestuft.

Auch an allen Seen, die größer 0,5 km² sind, wurde im Jahr 2004 eine Bestandsaufnahme zur Gewässerqualität auf der Grundlage der EU-Wasserrahmenrichtlinie durchgeführt. Die Einstufung der Wasserqualität der Seen änderte sich gegenüber 2003 nicht.

Die Temperaturen der Flüsse und Seen lagen knapp über den langjährigen Mittelwerten. An allen Temperaturmessstellen ist ein Trend auffallend: In den letzten 30 Jahren stieg die durchschnittliche Wassertemperatur um ca. 1,5 °C.



Witterung

Der Trend des Vorjahres setzte sich fort und so blieb auch das Jahr 2004 insgesamt zu warm und zu trocken. Allerdings waren die Abweichungen der Monats- und Jahreswerte vom langjährigen Mittel bei weitem nicht so extrem wie im Jahr 2003. Die langzeitlichen Veränderungen von meteorologischen sowie hydrologischen Messgrößen (Klimawandel) werden in dem Vorhaben "Klimaveränderung und Wasserwirtschaft" (KLIWA) untersucht: [Link Vorhaben KLIWA](#)

Nordbayern

Im Jahr 2004 waren lediglich die Monate Mai, Juni und Dezember zu kalt. Die restlichen Monate blieben zu warm und der Februar war sogar deutlich zu warm (Abweichung über 2 Grad).

Bis auf den zu nassen Januar gab es in 2004 keine weiteren deutlichen Abweichungen (mehr als 50 %) von den langjährigen Monatsmitteln des Niederschlags. Die Mehrzahl der Monate (Februar bis April, Juni, November und Dezember) war zu trocken oder blieb durchschnittlich (Oktober). Dadurch erreichte der Jahresniederschlag 760 mm und im Vergleich mit dem 30-jährigen Mittel (rd. 800 mm) entspricht dies einem Defizit von 5%.

Das Mainingebiet wies im Kalenderjahr 2004 eine Gebietsniederschlagshöhe von 720 mm auf und lag mit 7% unter dem Mittelwert 1961/90.

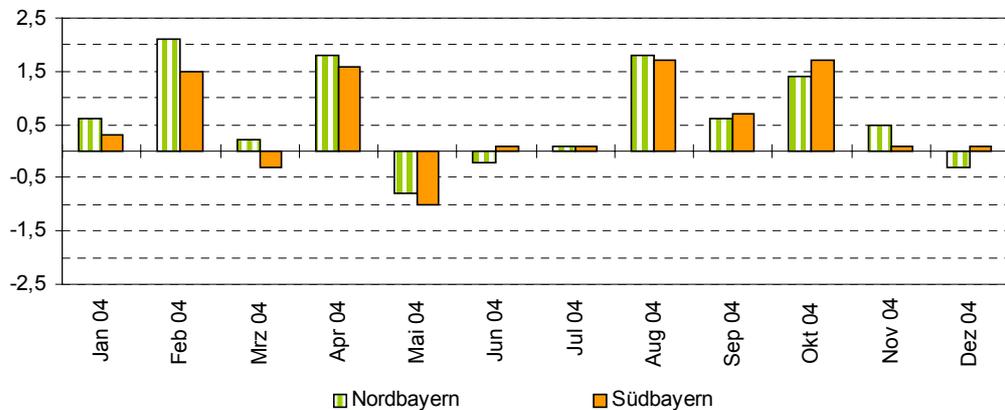
Südbayern

Das Jahr 2004 war im Vergleich zum Mittel 1961/90 zu warm, da die Mehrzahl der Monate überdurchschnittlich warm waren und nur der März und der Mai zu kalt ausfielen.

Lufttemperaturverhältnisse in Bayern:

Abweichung der Monatsmittel 2004 vom Mittelwert der Periode 1961/90

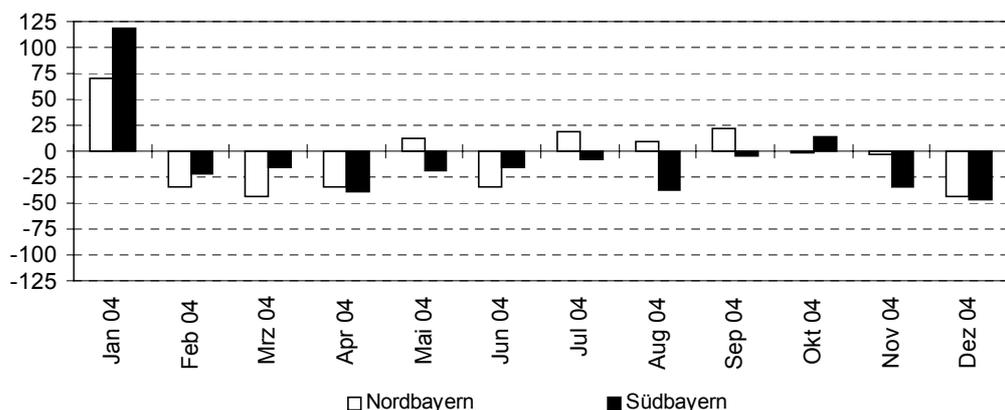
Abweichung vom Lufttemperaturmittel 1961/90 [°C]



Niederschlagsverhältnisse in Bayern:

Abweichung der Monatssummen 2004 vom Mittelwert der Periode 1961/90

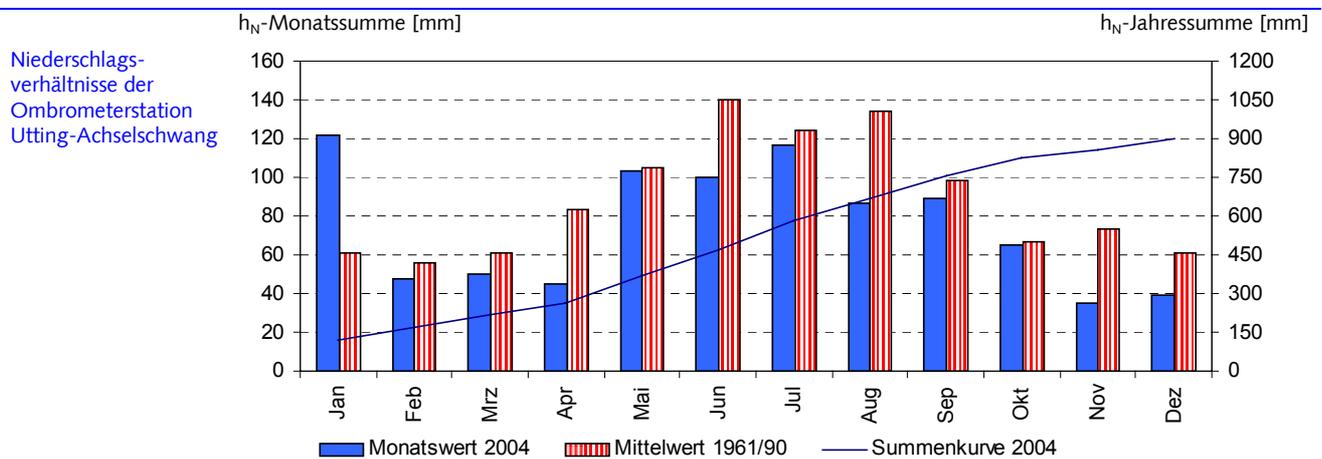
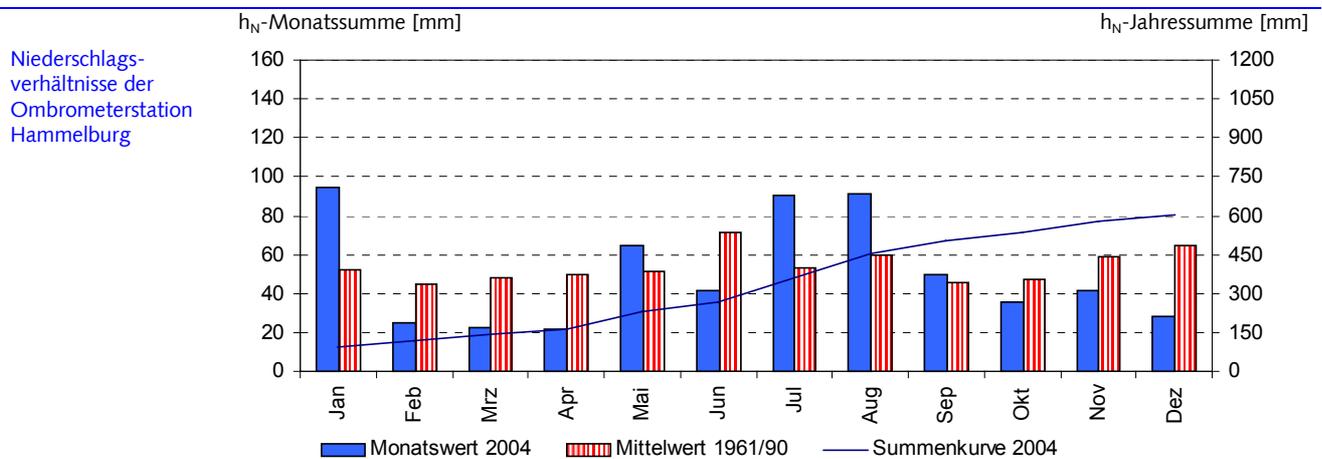
%-Abweichung vom Niederschlagsmittel 1961/90





Nach dem außergewöhnlichen Trockenjahr 2003 war auch das Folgejahr in **Südbayern** (= Gebiet südlich der Donau) wieder zu trocken. Im langjährigen Vergleich erwiesen sich nur 2 von 12 Monaten als zu nass. Neben dem markant zu nassen Januar fielen nur noch im Oktober überdurchschnittlich viele Niederschläge. Der Jahresniederschlag summierte sich auf 980 mm und blieb damit 12 % unter dem 30-jährigen Mittel (rd. 1100 mm).

Der Jahresniederschlag im Donaeinzugsgebiet lag ebenfalls unter dem Mittelwert der Reihe 1961-1990 und summierte sich auf 900 mm. Dieser unterdurchschnittliche Wert resultiert aus einem Niederschlagsdefizit von 6% im Donaeinzugsgebiet oberhalb von Regensburg und einem Minus von 12% im Donaeinzugsgebiet unterhalb von Regensburg.



Niederschläge

Zeitlich hochaufgelöste Daten werden in dem automatisierten Niederschlagsmessnetz (Ombrometernetz) der Bayerischen Wasserwirtschaft erfasst. Hintergrundinformationen zur Geräteausstattung und zum Betrieb des Messnetzes finden sich in dem Beitrag: [Link Niederschlagsmessnetz](#)

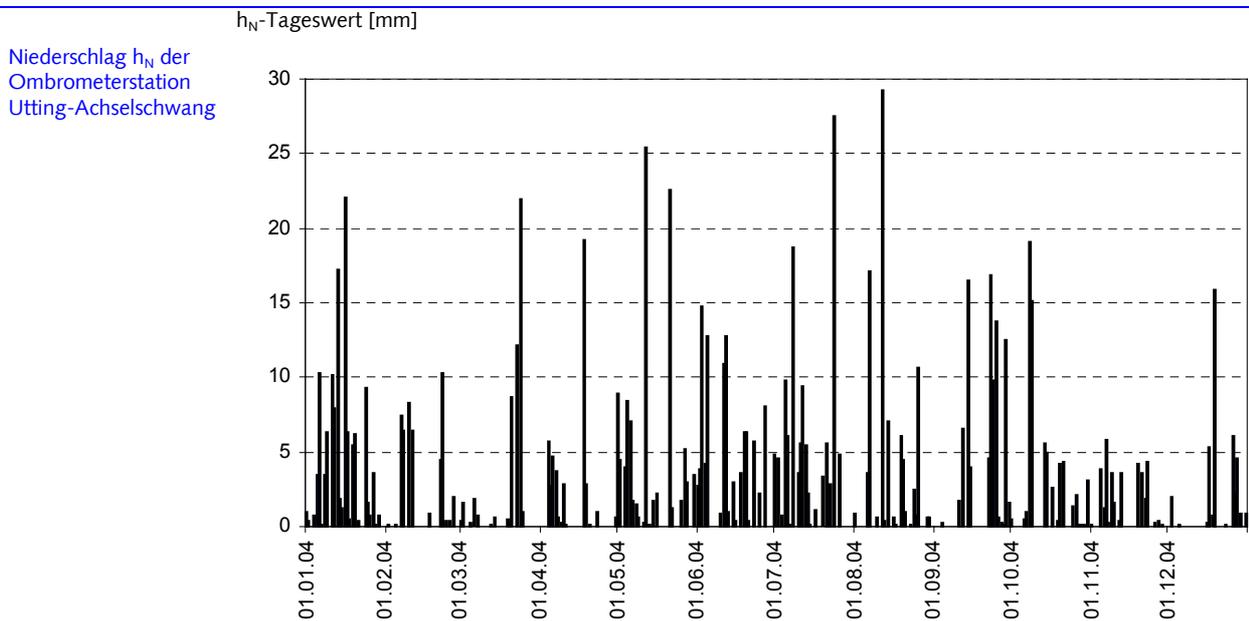
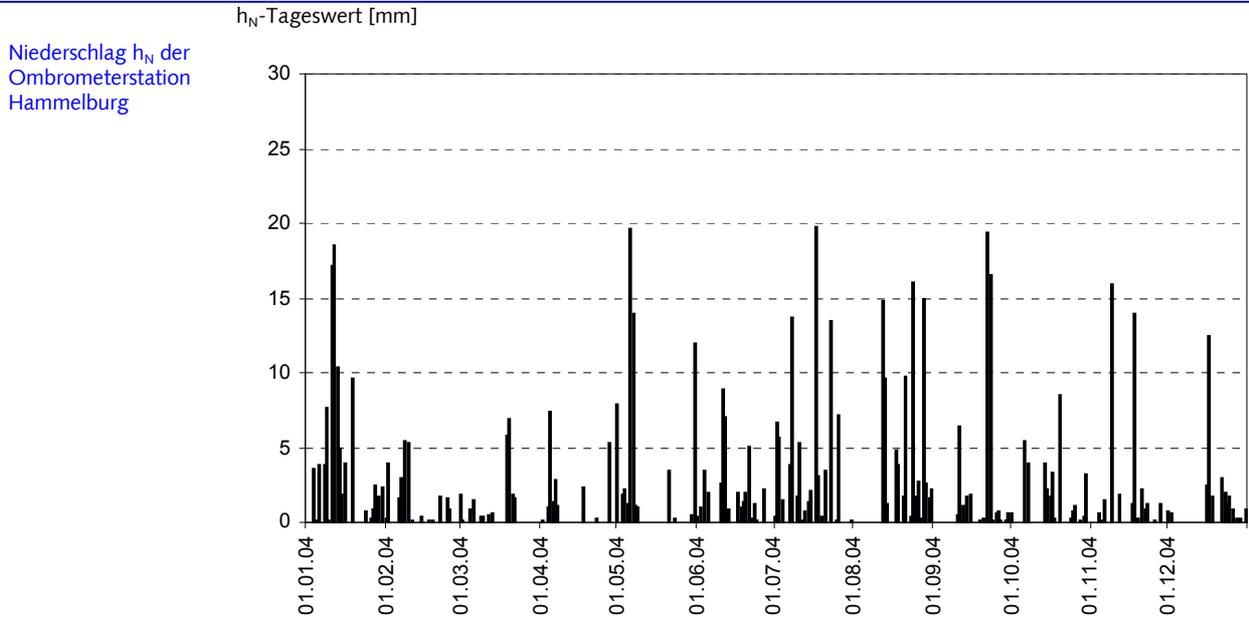
Für die Betrachtung des Niederschlagsverlaufs im Jahr 2004 werden exemplarisch die Ombrometerstationen

Hammelburg und Utting-Achselschwang herangezogen und nur die außergewöhnlichen Niederschlagsereignisse näher beschrieben.

Vom 11. bis 13. Januar wurden in einer Westlage mehrere Tiefdruckgebiete (Tief "Gerda" und "Hanne" s. nachfolgendes Satellitenbild) nach Bayern gelenkt und im Bereich der Frontensysteme kam es zu länger anhaltenden Regenfällen, die im Main- und Donaugebiet ein Hochwasser auslösten (Tageswerte



am 13. z.B.: Weiler-Simmerberg/Lkr. Lindau: 48 mm, Blut/Lkr. Cham: 37 mm).
Bissingen/ Lkr. Dillingen: 41 mm, Neukirchen b. Hl.



Am 23. und 24. März sorgte ein Genuatief für starke Niederschläge im Alpenbereich und in Ostbayern, die vielfach als Schnee fielen (z.B.: Kochel/Lkr. Bad Tölz-Wolfratshausen: 50 mm am 24., Neukirchen b. Hl. Blut/Lkr. Cham: 31 mm am 24.). Das nächste nennenswerte Niederschlagsereignis trat am 6. und 7. Mai in Nordbayern auf, als es an einer quer über Bayern liegenden Luftmassengrenze intensiv regnete

(z.B.: Rodach/Lkr. Coburg: 33 mm am 7.) und in Franken lokal erhöhte Pegelstände gemessen wurden. Weitere kräftige Starkniederschläge wurden in der Zeit vom 2. bis 5. Juni im Nordstau der Alpen registriert (z.B.: Ettal-Linderhof/Lkr. Garmisch-Partenkirchen: 69 mm am 3.), die örtlich Ausuferungen von Fließgewässern im Voralpenraum verursachten. Im Monat Juli traten in feucht-warmen Luftmassen häu

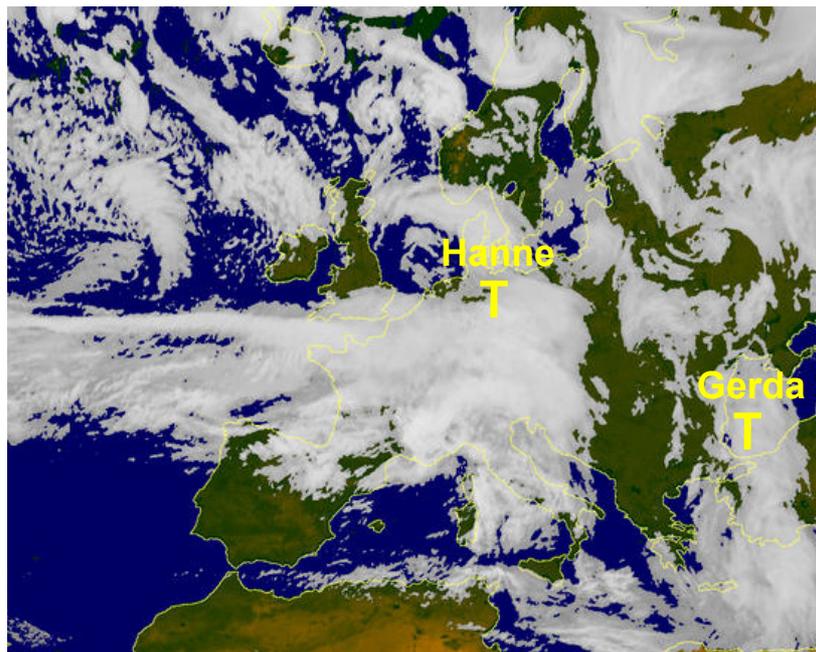


fig Gewitter und ergiebige Niederschläge auf (z.B.: Breitenbrunn/Lkr. Unterallgäu: 40 mm am 8., Wassertrüdingen/Lkr. Ansbach: 45 mm am 23.). Gebietsweise gab es auch starken Hagel (z.B.: 40 cm Hagelschicht am 23. bei Bayreuth). Auch im August gab es kräftige Gewitter und Niederschläge, insbesondere beim Kaltfrontdurchgang des ehemaligen Hurrikans "Alex" am 12. (z.B.: Ingolstadt: 31 mm). Der September brachte dem Maingebiet ein kleineres Hochwasser, als am 23. ein Sturmtief mit Starkniederschlägen über Mitteleuropa hinwegzog (z.B.: Oberaurach/Lkr. Haßberge: 30 mm am 23., Sonthofen/Lkr. Oberallgäu: 46 mm am 23.). Auch im November kam es im Maingebiet wieder zu erhöhten Pegelständen, da das Sturmtief "Quimburga" aus Nordwesten arktische Meeresluft nach Bayern lenkte und kräftige

Regenfälle einsetzten (z.B.: Helmbrechts/Lkr. Hof: 50 mm am 18.).

Insgesamt war das Jahr 2004, wie schon 2003, in Bayern wieder zu trocken. Dies belegen auch die ausgewählten Stationen. So wurden in Hammelburg (606 mm) 94% und in Utting/Achselschwang (898 mm) nur 85% vom langjährigen Niederschlagsmittel erreicht.

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



Infrarot-Satellitenbild vom 13.01.2004, 12:00 Uhr (starke Niederschläge vom 11 bis 13. Januar verursachen ein Hochwasser in Bayern).



Fließgewässer

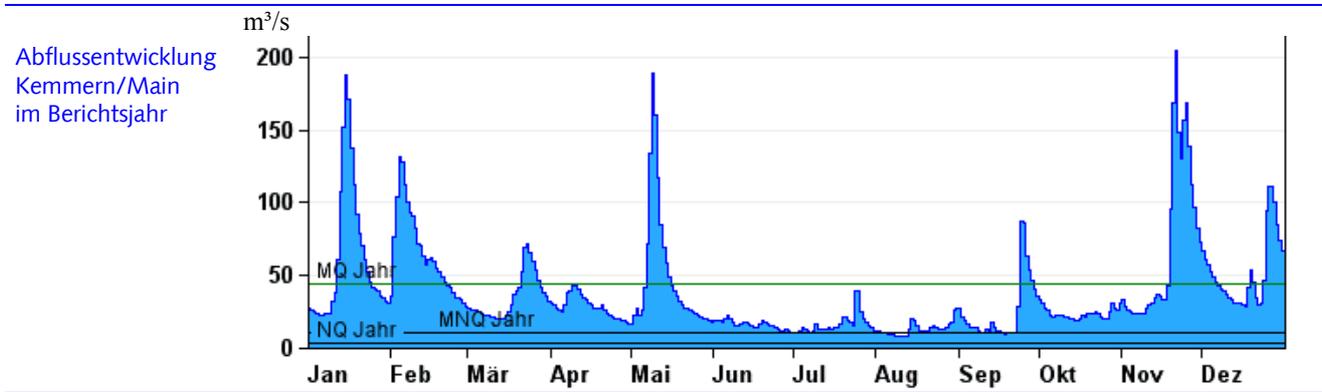
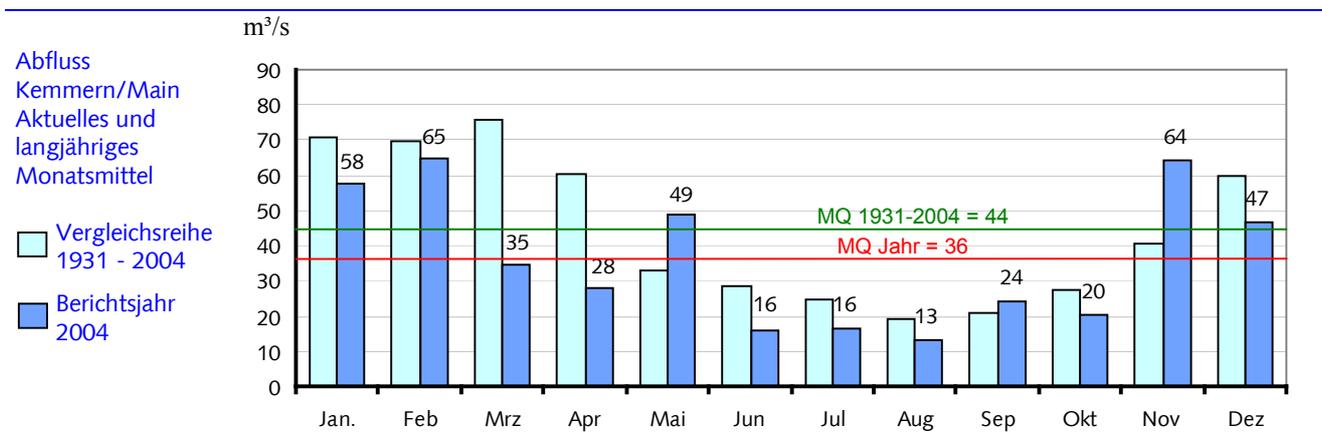
Abflüsse

In **Nordbayern** (Main- und Elbegebiet umfassen rd. 30 Prozent Bayerns) gab es nach dem Trockenjahr 2003 insgesamt wieder Defizite, wenn auch nicht so ausgeprägt wie im Jahr zuvor. Insbesondere die Monate März, April sowie Juni mit Oktober waren überall abflussschwach. Am wenigsten floss im August ab. Im Sommer wurden bei zahlreichen Pegeln an vielen Tagen der kritische MNQ- Wert (Mittelwert der Jahresniedrigstwerte) erreicht oder unterschritten. Z.B. war dies am Roten Main in Bayreuth gleich an 44 Tagen der Fall. Ähnliche Extreme wurden am Weißen Main, an Rodach, Aisch, Rauher Ebrach und an der Eger festgestellt.

Die Überleitung von Altmühl- und Donauwasser in das Regnitz- Maingebiet mit den Zwischenspeichern Altmühlsee, Brombachsee und Rothsee besserten auch im Sommer die Abflussbilanz an Rednitz, Regnitz und unteren Main deutlich auf.

Abflussstärkere Monate waren neben den zu erwartenden Wintermonaten Januar und Februar z.T. noch der Mai, der November und der Dezember. Ein großflächiges Hochwasser gab es nicht. Örtliche Ereignisse wurden im Januar, Mai und November beobachtet.

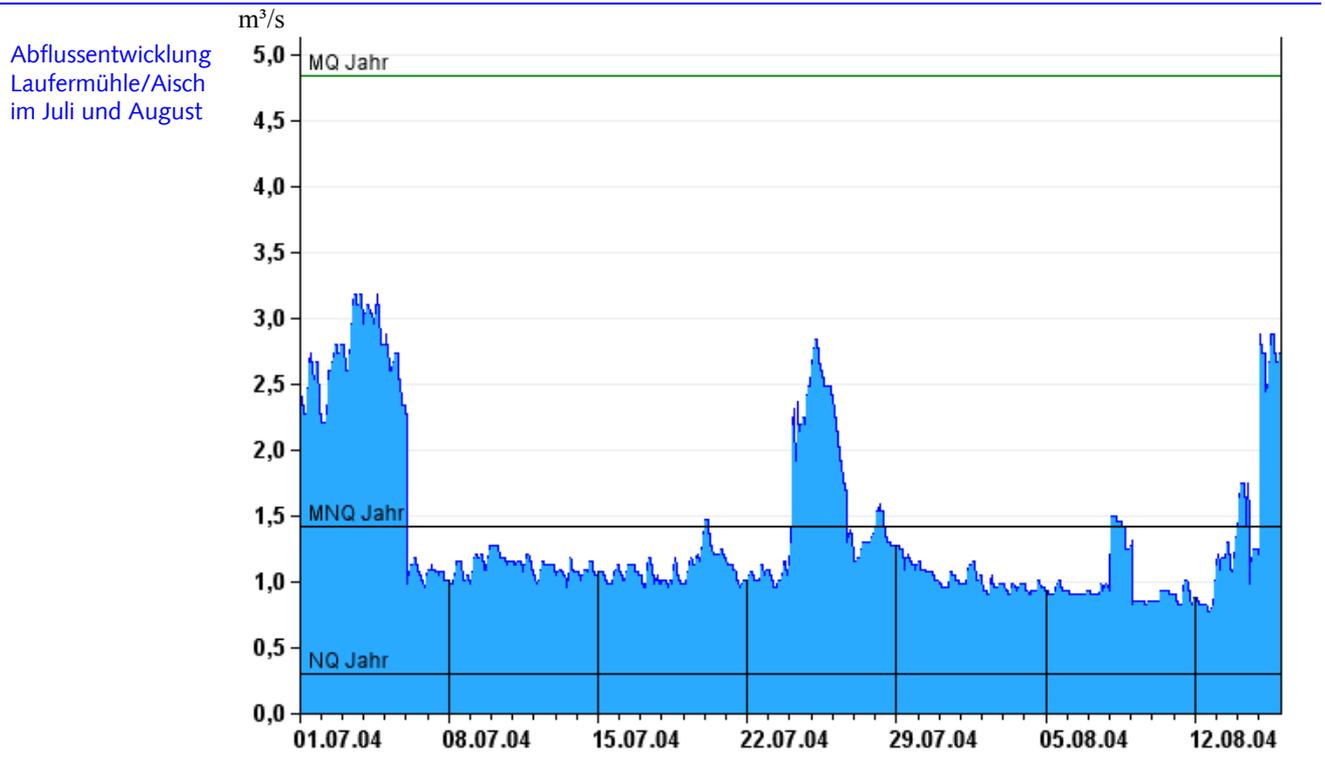
Die Mittelwerte des Jahres 2004 lagen bei allen Pegeln unter den langjährigen Mitteln. Z.B. wurde am Pegel Kemmern/ Main nur 82 % des durchschnittlichen Abflusses ermittelt.





Als Beispiel für eine längere Niedrigwasserperiode wird der Pegel Laufermühle an der Aisch vorgestellt.

Im Juli und im August 2004 erkennt man eine 40-tägige besonders abflussschwache Periode.





In **Südbayern** blieben die Abflüsse insgesamt unter dem langjährigen Jahresdurchschnitt. Das Defizit des Jahres 2004 war allerdings nicht so ausgeprägt wie beim Trockenjahr 2003.

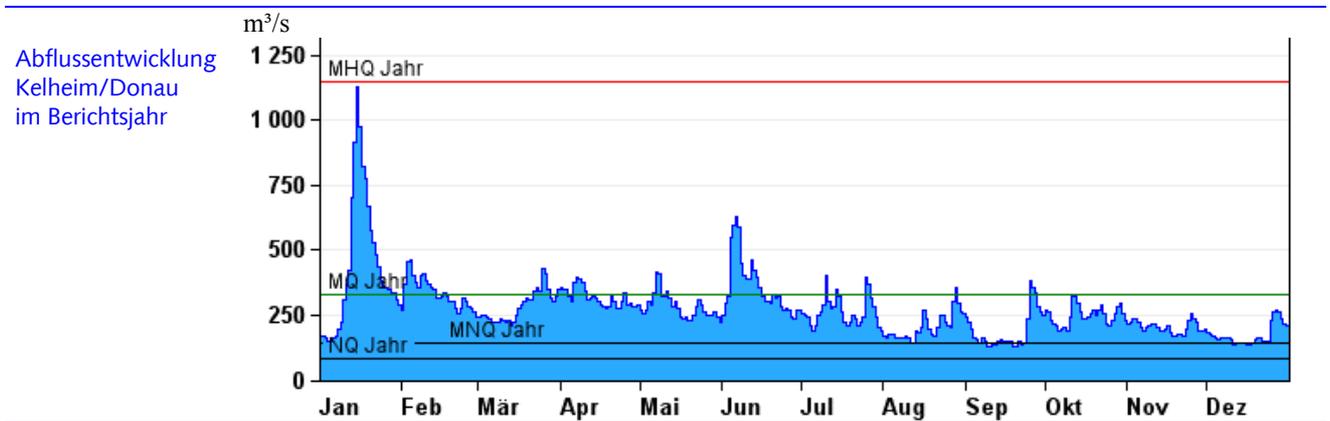
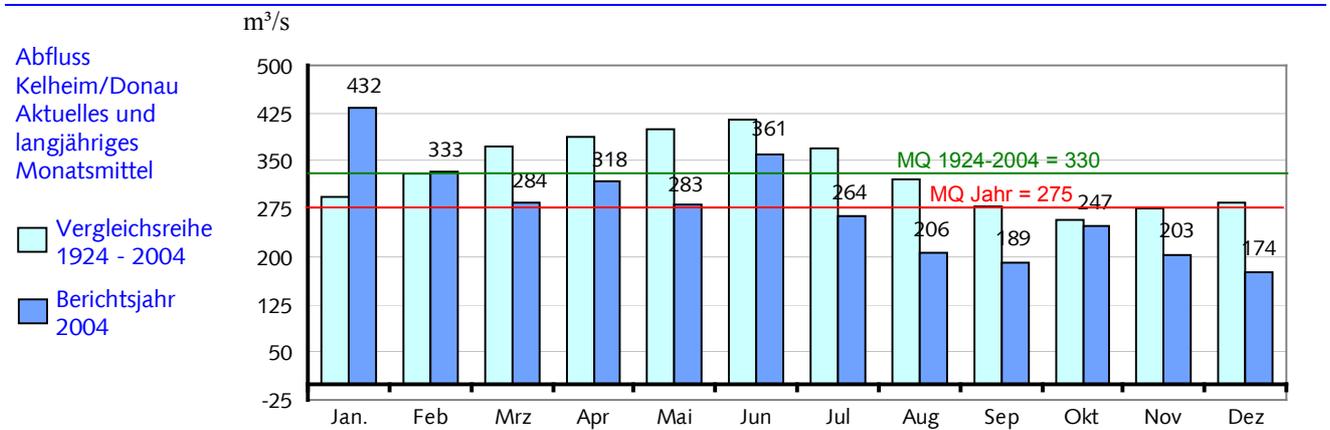
Das nur knapp 1 Prozent Bayerns umfassende Bodenseegebiet hatte eine ausgeglichene Bilanz aufzuweisen. Dagegen war das Donaugebiet, das etwa 69 Prozent der Landesfläche umfasst, deutlich zu abflussschwach.

Vom Abflussgeschehen verhalten sich die Flüsse alpinen Ursprungs anders als die nicht von den Alpen beeinflussten Gewässer. So waren an den Flüssen Iller, Lech, Isar, Inn und Salzach mit den alpinen Zuflüssen die trockenen Monate vor allem der Januar mit März sowie der August mit Dezember. Die anderen Flüsse hatten meist Defizite vom März bis zum Dezember.

Im alpinen Raum gab es nur ein kleineres Hochwasser im Juni im Oberallgäu. Ein bemerkenswertes Hochwasser wurde Mitte Januar von den Gewässern in

Niederbayern und im nördlichen Schwaben gemeldet. Der Mittelwert der Jahresniedrigstwerte (MNQ) ist eine wichtige Größe, um Niedrigwasser einzuschätzen. An den Donauegeln wurde er an rd. 20 Tagen unterschritten. Ähnlich häufig summierten sich die Unterschreitungstage an den Flüssen des Bayerischen Waldes. Die Flüsse alpinen Ursprungs verhielten sich sehr unterschiedlich. Auffallend viele MNQ- Unterschreitungen wurden am Inn, an der Ammer, an der Salzach und an der Tiroler Achen registriert. An anderen Flüssen dagegen wurde der MNQ- Wert nicht erreicht. Alles in allem wird mit der MNQ- Statistik das abflussschwache Jahr deutlich belegt.

Auch ein Vergleich der mittleren Abflüsse (MQ) des Jahres mit den langjährigen Mittelwerten veranschaulicht die Defizite. So erreichte der Pegel Kelheim / Donau nur rd. 83 % des durchschnittlichen Abflusses.





Fließgewässer

Hochwasser

Das Jahr 2004 war nicht durch Hochwasser geprägt. Die wenigen Hochwasser blieben unproblematisch.

Vom 11. bis 13. Januar wurden in einer Westlage mehrere Tiefdruckgebiete (Tief "Gerda" und "Hanne") nach Bayern gelenkt und im Bereich der Frontensysteme kam es zu länger anhaltenden Regenfällen, die im Main- und Donaugebiet ein Hochwasser auslösten (Tageswerte am 13. z.B.: Weiler-Simmerberg/Lkr. Lindau: 48 mm, Bissingen/Lkr. Dillingen: 41 mm, Neukirchen b. Hl. Blut/Lkr. Cham: 37 mm). Betroffen war vor allem Niederbayern. An der niederbayerischen Vils und an der Ilz im Bayerischen Wald wurden 10jährige Abflussscheitel erreicht. Es wurden insgesamt 9 Lageberichte vom Hochwassernachrichtendienst herausgegeben.

Ein Niederschlagsereignis am 6. und 7. Mai in Nordbayern führte an der oberfränkischen Itz, an der Fränkischen Saale und im Gebiet der Regnitz lokal zu Überschwemmungen, als es an einer quer über Bayern liegenden Luftmassengrenze intensiv regnete (z.B.: Rodach/Lkr. Coburg: 33 mm am 7.) Es wurden drei Lageberichte herausgegeben.

Im November kam es im Maingebiet wieder zu erhöhten Pegelständen, da das Sturmtief "Quimburga" aus Nordwesten arktische Meeresluft nach Bayern lenkte und kräftige Regenfälle einsetzten (z.B.: Helmbrechts/Lkr. Hof: 50 mm am 18.). Dies führte an der oberfränkischen Itz zu leichteren Überschwemmungen mit Überschreitung von Meldebeginnen im WWA Bezirk Hof.

Die archivierten Lageberichte können unter <http://www.hnd.bayern.de/archivbliste.php> gelesen werden.

Aktuelle Informationen zum Hochwasser finden Sie unter <http://www.hnd.bayern.de/>



Fließgewässer-Qualität

Messnetz und Messprogramme

Der Zustand und die langfristige Entwicklung der Gewässerqualität in Bayern wird im Landesmessnetz Fließgewässer erfasst. Die zugehörigen Messstellen liegen an 40 verschiedenen bedeutenden Gewässern und zwei Kanälen. Sie decken eine Vielfalt an naturräumlichen Gegebenheiten, Abflussverhältnissen und Belastungen ab. Untersucht wird das Wasser selbst, die im Wasser schwebenden Partikel, der so genannte Schwebstoff, dem häufig schwerer lösliche organische Stoffe und Schwermetalle anhaften, sowie die im Wasser lebenden Organismen, Tiere wie Pflanzen.

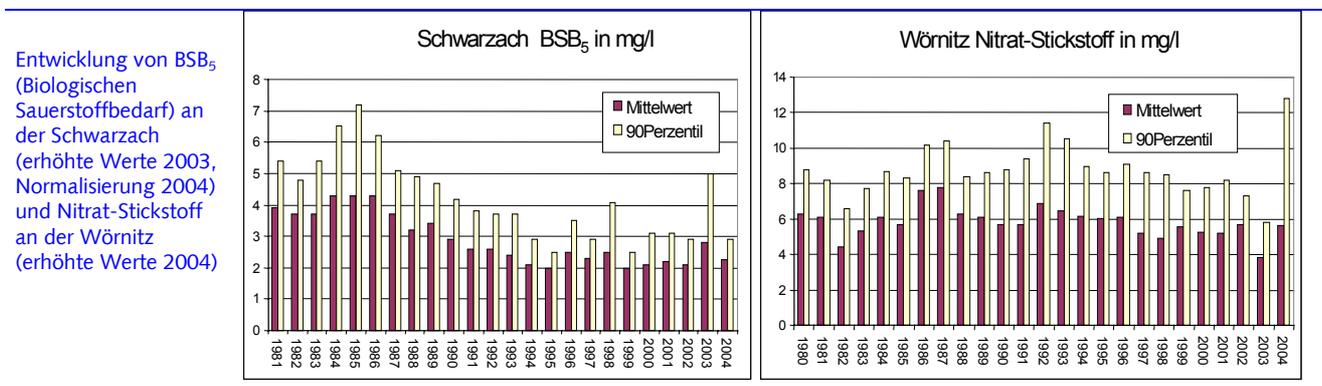
Im Jahr 2004 wurde außerdem erstmalig in Umsetzung der neuen EU-Wasserrahmenrichtlinie eine Bestandsaufnahme der Qualität der Gewässer in Bayern durchgeführt. Neben den überregionalen Untersuchungen wurden dafür alle auch auf lokaler Ebene verfügbaren Daten herangezogen. Die Bewertungskategorien und Zielsysteme hierfür sind in den großen Flussgebietskommissionen von Donau, Rhein und Elbe abgesprochen. Berücksichtigt wurden alle Fließgewässer >10km², die zu so genannten Oberflächenwasserkörpern (insgesamt etwa 900) zusammengefasst wurden. Durch das unterschiedliche Gewässernetz und die vereinbarten Bewertungsgrundlagen ergeben sich Unterschiede zur bayerischen Routineauswertung der vergangenen Jahre.

Zustand und Entwicklung 2004

Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt

Die Gewässerqualität 2004 ist zum Teil beeinflusst vom vorausgegangenen Trockenjahr 2003. Dies wird insbesondere bei den Nitrat-Gehalten in den Gewässern deutlich. Durch die besonderen Bedingungen im Vorjahr hatten sich größere Mengen Nitrats im Boden angesammelt, welches nun 2004 vor allem bei den Frühjahrsniederschlägen mobilisiert und in die Gewässer eingetragen wurde. Die Nitrat-Gehalte waren daher an vielen Messstellen erhöht – an der Hälfte der Messstellen (vor allem aber an

Tauber und Wörnitz) wurden die Zielvorgaben der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) überschritten. Dagegen lagen Ammonium-Gehalte und BSB-Werte in 2004 wieder auf normalem Niveau – nur wenige Messstellen überschritten die LAWA-Zielvorgaben. Im Jahr 2003 waren, bedingt durch den höheren Abwasseranteil am Gesamtabfluss der Gewässer, lokal erhöhte Werte dieser Messgrößen aufgetreten. Die extremen Bedingungen 2003 hatten somit keinen dauerhaften negativen Einfluss auf die Gewässerqualität (vgl. Grafik). Vielmehr zeigt sich, dass die Gewässer durch natürliche Selbstreinigung zu einer Regeneration fähig waren .





Durch den jährlichen Wechsel des Witterungsgeschehens wenig beeinflusst, zeigten sich die Konzentrationen von Ortho-Phosphat im Gewässer: Erhöhte Werte wiesen Tauber, Wörnitz, Untermain, Fränkische Saale, Wörnitz, Aisch und Rodach auf – etwa ein Drittel der Messstellen überschritt die LAWA-Zielvorgaben.

Was das Ortho-Phosphat anbetrifft, gibt es auch 2004 wiederum einen eindeutigen Trend zur Verbesserung vor allem im südbayerischen Raum an Inn, Tiroler Achen, Salzach, Iller und der Donau im Raum Kelheim. Einen deutlichen Qualitätssprung gab es an der oberen Isar im Grenzbereich zu Österreich in Folge des Ausbaus der Abwasserentsorgung. Auch die anderen Messgrößen weisen zum Teil positive Trends auf. Selbst Nitrat nimmt an einigen Messstellen (Mindel, Aisch, Itz) tendenziell ab.

Gewässergüte - Saprobie

Die Bewertung der Saprobie erfolgte 2004 wie in den Vorjahren im 7-stufigen Saprobien-system, unabhängig vom Gewässertyp. Ein Wechsel auf das 5-stufige System im Zuge der Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie wird zur Zeit vorbereitet.

Im Vergleich zu 2003 wurden wenige, regional eng begrenzte Änderungen mit überwiegend positiver Tendenz registriert.

Hervorzuheben ist vor allem die Verbesserung der oberen Isar von Güteklasse II auf I-II, die bereits bei der Entwicklung der Phosphatwerte beschrieben wurde. Weiterhin haben sich einige Gewässer von Güteklasse II-III auf II verbessert: die Röslau kann nun gesichert in II eingestuft werden, bei der Fränkischen Saale setzt sich zunehmend auf dem ganzen Gewässerlauf (mit Ausnahme unterhalb der Großkläranlagen und im landwirtschaftlich intensiv genutzten Oberlauf) diese Güteklasse durch. Ebenso am Main, wo 2004 ein weiteres Stück im Bereich Kleinwallstadt in Güteklasse II eingestuft werden konnte sowie an Teilstrecken der Sulz, Schwarzen Laber, Pfreimd und einiger kleinerer Gewässer. Diese positiven Entwicklungen sind in erster Linie auf abwassertechnische Maßnahmen zurückzuführen.

Einige Untersuchungen führten auch zur Abwertung kleinerer Gewässer, insbesondere wenn sie durch

Fischsterben und Gewässerverunreinigungen veranlasst waren.

Neu kartierte Gewässerstrecken wurden überwiegend in Güteklasse II, teilweise auch besser eingestuft.



Bild: Cloeon dipterum, ein Indikatororganismus der Güteklasse II, kurz vor der Häutung

Kartierung Trophie

Die Bewertung erfolgt nach dem so genannten „trophischen Aspekt“. Zur Indikation wird die für das jeweilige Gewässer charakteristische Pflanzengruppe herangezogen. Für das eine Gewässer sind dabei höhere Wasserpflanzen, für andere Algen des Gewässergrundes typisch, für große langsam fließende Gewässer ist es das Plankton.

In der Bewertung der Gewässer hat sich 2004 nur wenig verändert. Der Lech verbesserte sich bis zur sechsten Staustufe von eutroph (II) auf mesotroph (I-II) und auch die trophische Lage des Mains hat sich in den letzten fünf Jahren verbessert. Es treten zunehmend schwächere Algenblüten im Sommer auf. Die Donau befindet sich im Grenzbereich zwischen II und II-III, je nach Witterung und hydrologischen Bedingungen des jeweiligen Jahres.



Schadstoffe

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 2004 kaum Belastungen durch "VOC- leichtflüchtige Halogenverbindungen" auf. Ebenso konnten keine auffälligen Verunreinigungen durch **organische Substanzen im Schwebstoff** der Gewässer festgestellt werden.

Die Situation bezüglich der **Schwermetalle** hat sich wenig verändert. Werden die Zielvorgaben der LAWA zur Beurteilung herangezogen, treten in der Wasserphase nur bei Blei und Quecksilber Überschreitungen auf. In der Schwebstoffphase werden Zink, Kupfer und Cadmium häufiger überschritten, weitere Schwermetalle vereinzelt an einigen Messstellen. Ein Teil der Belastung, vor allem im Bayerischen Wald, ist durch die natürlichen geologischen Verhältnisse bedingt. Die Kupferkonzentrationen sinken an mehreren Messstellen seit einigen Jahren. Im Zuge der EU-Wasserrahmenrichtlinie werden die Zielwerte für Schwermetalle europaweit neu überarbeitet. Hier wird

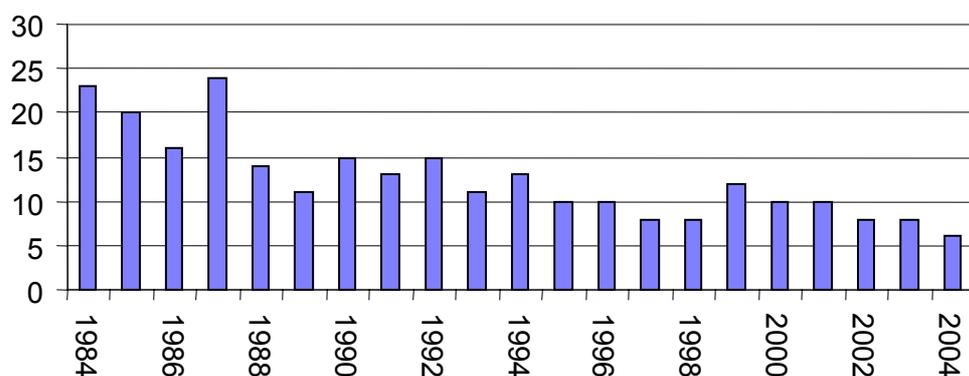
es künftig eine Neueinschätzung geben. Dies gilt auch für **Pflanzenschutzmittel**. Derzeit werden Trinkwassergrenzwerte und Zielwerte der LAWA zur Beurteilung verwendet. Diese sind von einigen Untersuchungswerten überschritten. Problemstoffe sind nach wie vor Atrazin, Diuron, Isoproturon und Bentazon.

Zur Erfüllung der Bayerischen Gewässerqualitätsverordnung wurden im Jahr 2004 für **Dibutylzinn**, Nachuntersuchungen durchgeführt, die aufgrund von Überschreitungen von Qualitätszielen in 2003 veranlasst waren. Zusätzlich wurde auf Bentazon untersucht, um die bei den Messungen 2002 festgestellten Befunde, die sich im Trockenjahr 2003 nicht bestätigten nochmals abzusichern. Es wurden keine Überschreitungen der Qualitätsziele beobachtet.

Eine **Altlast** im oberbayerischen Chemiedreieck ist für die anhaltende Belastung von Alz und Inn mit Hexachlorbutadien verantwortlich. Die Sanierung ist nach wie vor im Gange, bis zur vollständigen Erholung der Gewässer werden noch einige Jahre vergehen.

Regnitz: Kupfergehalte im Wasser in µg/l (90Perzentile)

Rückgang der Kupfergehalte in der Regnitz von 1984 bis 2004 (Dargestellt sind 90Perzentile, d.h. Werte, die von 90Prozent der Messwerte eines Jahres unterschritten werden)



Regionale Kartierung der Versauerung:

Die Entwicklung an den Monitoringstellen ist unterschiedlich. Während sich im Bayerischen Wald im Einzugsgebiet der Großen Ohe und ihrer Zuflüsse eine Verbesserung der biologischen Situation zeigt, ist dies im Fichtelgebirge nicht an allen Stellen der Fall. So ist an der Großen Ohe seit 1989 ein deutlicher Anstieg der Taxazahlen zu verzeichnen, der sich auch in einer Verbesserung der Säurezustandsklasse niederschlägt.

Im Fichtelgebirge zeigt lediglich die Eger eine leichte Verbesserung der biologischen Situation im Gewässer. Zwar steigen die Taxazahlen auch an Zinnbach und Röslau allmählich an. Allerdings schlägt sich dies bisher nicht in einer Verbesserung der Säurezustandsklasse nieder. Diese beiden Gewässer sind nach wie vor als ständig stark sauer (Säurezustandsklasse 4) einzustufen.



Fließgewässer-Bewertung nach EU-Wasserrahmenrichtlinie

Bestandsaufnahme Fließgewässer 2004

Für die Bestandsaufnahme nach EU-Wasserrahmenrichtlinie wurden vier Bewertungskriterien definiert:

- organische Belastung / Saprobie,
- Nährstoffe / Trophie,
- Schadstoffe / Chemie,
- Hydromorphologische Veränderungen.

Bewertet wurde die Gewässerqualität hinsichtlich der in der Richtlinie genannten Ziele in drei Bewertungskategorien:

- Zielerreichung zu erwarten,
- Zielerreichung unklar,
- Zielerreichung unwahrscheinlich.

Bei über 60 % der Fließgewässerstrecke ist jeweils bei

den Kriterien organische Belastung/Saprobie und Nährstoffe/Trophie die Zielerreichung zu erwarten, beim Kriterium Schadstoffe/Chemie ist der Anteil noch größer. Dagegen treten hydromorphologische Veränderungen bei sehr vielen Fließgewässern auf (s. Tabelle). Ursachen für eine Einstufung in Zielerreichung unwahrscheinlich liegen zu einem geringeren Teil im Bereich von Abwassereinleitungen. Eine größere Rolle spielen Nährstoffeinträge, die vor allem diffus aus der Fläche kommen. Strukturelle Veränderungen des Gewässers sind bei den vielfältigen Nutzungen der Gewässer z.B. als Energiequelle, Schifffahrtsstraße häufig zu finden. Sie können zu einer Degradation des Gewässers führen, die sich auch bei anderen Belastungen negativ auswirken kann.

Karten und einen Methodenband zum Thema finden Sie im Internet unter:

www.wasserrahmenrichtlinie.bayern.de

Bestandsaufnahme nach EU-Wasserrahmenrichtlinie – Einschätzung der Erreichung der in der Richtlinie definierten Ziele in % der Fließgewässerstrecke	Bewertung	Organ. Belastung / Saprobie	Nährstoffe / Trophie	Schadstoffe	Hydromorphologie
	Zielerreichung zu erwarten	61 %	61 %	96 %	34 %
	Zielerreichung unklar	21 %	08 %	02 %	33 %
	Zielerreichung unwahrscheinlich	18 %	31 %	02 %	33 %

Ausblick: Neue Bewertungsverfahren für den ökologischen und chemischen Zustand

In den nächsten Jahren werden die bisherigen Bewertungsverfahren für die Gewässerqualität an die neue EU-Wasserrahmenrichtlinie angepasst. Dies bedeutet:

Es werden mehr biologische Bewertungskomponenten als bisher für die Beurteilung herangezogen: Makrozoobenthos, Makrophyten/Phytobenthos, Phytoplankton und Fische. Die Gewässer werden Typ bezogen bewertet, d.h. für jeden Gewässertyp gibt es ein eigenes Zielsystem. Alpine Bäche werden z.B. anders bewertet als silikatreiche Gewässer des Mittelgebirges. Außerdem wird der Gewässerzustand durch Vergleich mit einem Referenzzustand ermittelt. Im chemischen Bereich werden insbesondere neue Qualitätsnormen diskutiert. Mit den Bewertungs-

verfahren ändern sich auch die Untersuchungsprogramme und die zu betrachtenden Gewässernetze. Ende 2006 soll dieser Anpassungsprozess abgeschlossen sein und mit den neuen Untersuchungen begonnen werden können.

Das ökologische Potenzial

Wenn die Struktur eines Fließgewässers stark verändert ist und eine naturnähere Gestaltung nachteilig für wichtige dauerhafte Nutzungen wäre, kann künftig der Status „erheblich verändert“ vergeben werden. Für diese Gewässer gilt statt des guten Zustandes ein reduziertes, an die Nutzung angepasstes Qualitätsziel, das ökologische Potenzial. Bei der Bestandsaufnahme wurden vorläufig 23 % der Fließgewässer als künstlich oder erheblich verändert eingestuft.



Seen

Wasserstände

Nach dem außergewöhnlichen Trockenjahr 2003 wurden im Jahr 2004 an den Pegeln bayerischer Seen wieder mittlere Jahreswerte registriert, die unter den langjährigen Mittelwerten lagen.

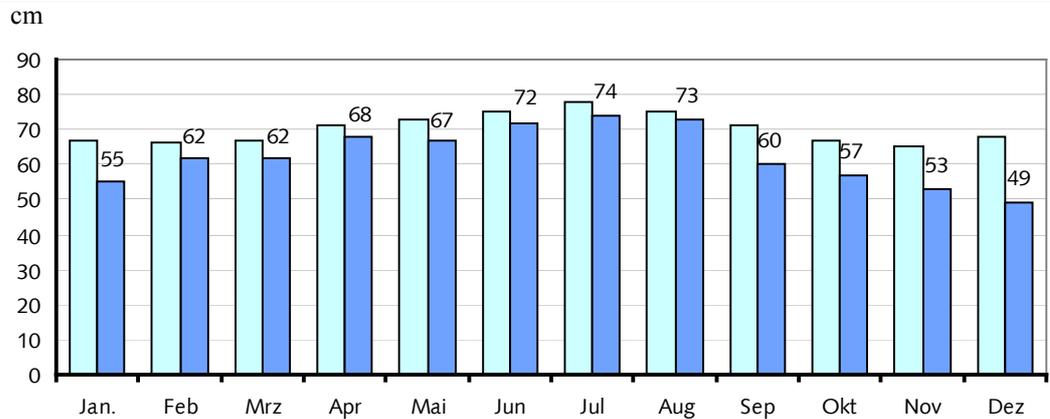
Nur am Chiemsee lag das Monatsmittel Juni 2004 weit über den Werten der langjährigen Reihe.

Ein Vergleich der Mittelwerte (MW) der Jahre 2004 und 2003 mit den Mittelwerten der langjährigen Reihen (30-jährige Messwertreihen, Chiemsee 29-jährige Reihe) zeigt für die Bilanz die Defizite auf:

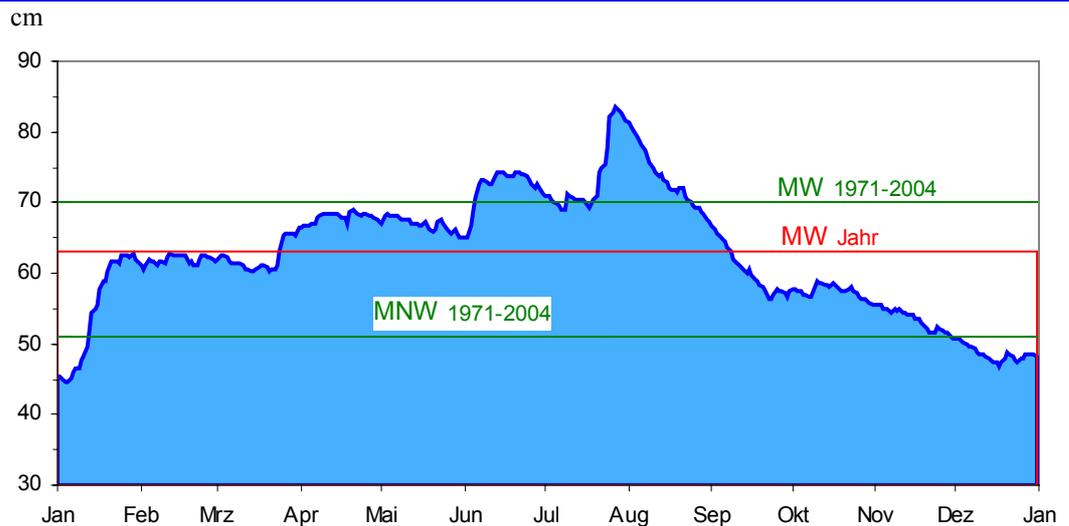
	2004	2003	langjähr. MW
Ammersee	130 cm	(128 cm)	140 cm
Starnberger See	63 cm	(63 cm)	71 cm
Tegernsee	30 cm	(25 cm)	32 cm
Chiemsee	79 cm	(68 cm)	85 cm

Wasserstand
Starnberg/
Starnberger See
Aktuelles und
langjähriges
Monatsmittel

- Vergleichsreihe
1971 - 2004
- Berichtsjahr
2004



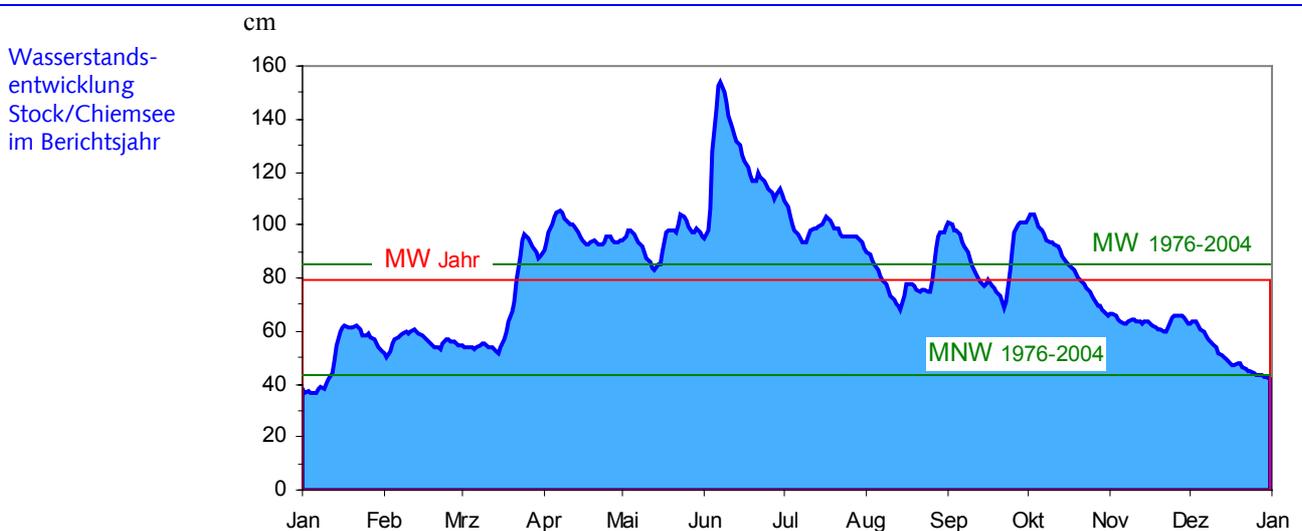
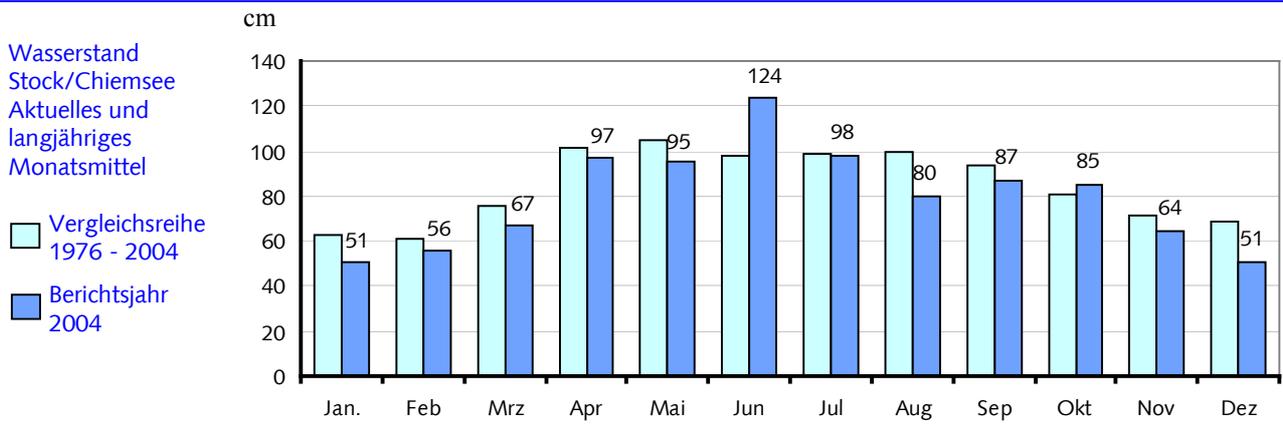
Wasserstands-
entwicklung
Starnberg/
Starnberger See
im Berichtsjahr





An den bayerischen Seen wurden zu Jahresbeginn 2004 sehr niedrige Wasserstände gemessen. Mit den lang anhaltenden Regen Mitte Januar stiegen die Pegel, außer am Chiemsee, markant an. Am Starnberger See stabilisierten sich die Wasserstände danach auf Höhe des Jahresmittels (63 cm), jedoch nicht an den anderen südbayerischen Seen. Für weitere Anstiege der Wasserstände und damit nachhaltig höhere Seenspiegel (bei insgesamt niedrigen Jahresmittelwerten) sorgten Starkregenereignisse Ende März/Anfang April und besonders Anfang Juni. Am 06./07. Juni wurden an den Seen die höchsten Wasserstände gemessen (außer am Starnberger See). Die Hochwasserspitzen lagen aber unter den Werten mittlerer Hochwasserstände, z.B. am Ammersee (159 cm), Chiemsee (154 cm) und Tegernsee (79 cm)

(MHW). Der höchste Wasserstand am Starnberger See wurde nach ergiebigen Niederschlägen am 25. Juli mit 54 cm (und damit unter MHW) gemessen. Über das Jahr wies der Starnberger See mit seinem im Verhältnis zur Seefläche kleinem Einzugsgebiet nur eine geringe Schwankungsbreite von 40 cm zwischen Niedrig- und Hochwasser auf. Am Ammersee betrug die Schwankungsbreite ebenfalls 40 cm. Hier sorgt eine feste Schwelle am Seeauslauf, dass bei Trockenwetter der Wasserstand nicht unter ein Mindestmaß abfallen kann. Am Chiemsee mit der Tiroler Achen als alpinen Zufluss, lag die Schwankungsbreite über das Jahr bei ca. 120 cm. Nach dem jahreszeitlich bedingten Absinken der Seen ab August fielen die meisten Pegel im Dezember unter ihre langjährigen Niedrigwasserstände (MNW).





Seen - Qualität

Messnetz und Messprogramme

Der ökologische Zustand und die Entwicklung der Seen wird im Landesmessnetz Seen beobachtet. Dieses Messnetz wurde vor dem Hintergrund der EG-Wasserrahmenrichtlinie erweitert und umfasst seit 2005 mit 54 Messstellen alle Seen Bayerns mit einer Oberfläche > 0,5 km². Das sind 32 natürliche Seen, 17 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. Die Trophie wird an Seen derzeit in 4 Stufen (mit Zwischenstufen) von gering bis übermäßig produktiv klassifiziert.

Im Jahr 2004 wurde in Umsetzung der neuen EU-Wasserrahmenrichtlinie eine Bestandsaufnahme zur Gewässerqualität an allen Seen > 0,5 km² durchgeführt.

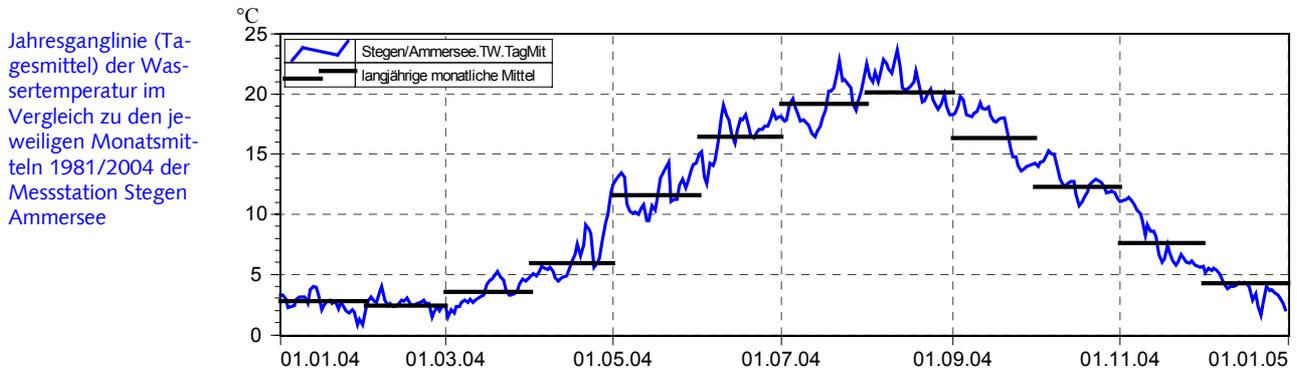
Seentemperaturen

Im Gegensatz zum Niedrigwasserjahr 2003 mit außergewöhnlich hohen Wassertemperaturen, verhielten sich die See- und Fließgewässertemperaturen im Jahr 2004 eher unauffällig.

Am Beispiel des Ammersees erkennt man größere Abweichungen der Wassertemperatur zum langjährigen Monatsmittel im April und im August bis Oktober, mit einer durchschnittlich erhöhten Wassertemperatur von ca. 0,7°C. Die für die Jahreszeit zu kalten Lufttemperaturen im Dezember 2004 ließen

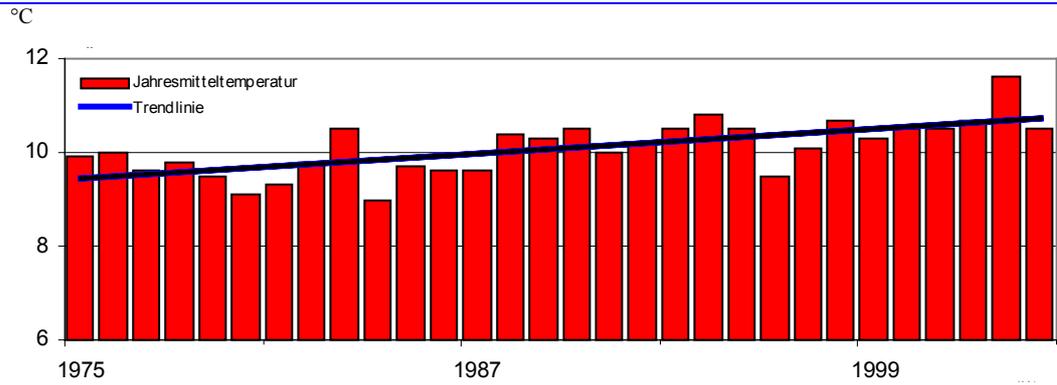
auch die Wassertemperaturen im Dezember meist unter das langjährige Monatsmittel von 4,3°C sinken. Insgesamt lag das Jahresmittel der Wassertemperatur im Jahr 2004 nur um 0,3°C über dem langjährigen Jahresmittel (1981-2004) von 10,2°C.

Im Balkendiagramm der Reihe 1975-2004 erkennt man anhand der Trendlinie eine Wassertemperaturerhöhung der letzten 30 Jahre um ca. 1,5°C. Dieser langjährige Trend der Wassertemperaturerhöhung ist ebenfalls bei den Fließgewässern zu beobachten.





Jahresmitteltemperat-
uren der Messstation
Stegen Ammersee von
1975 bis 2004



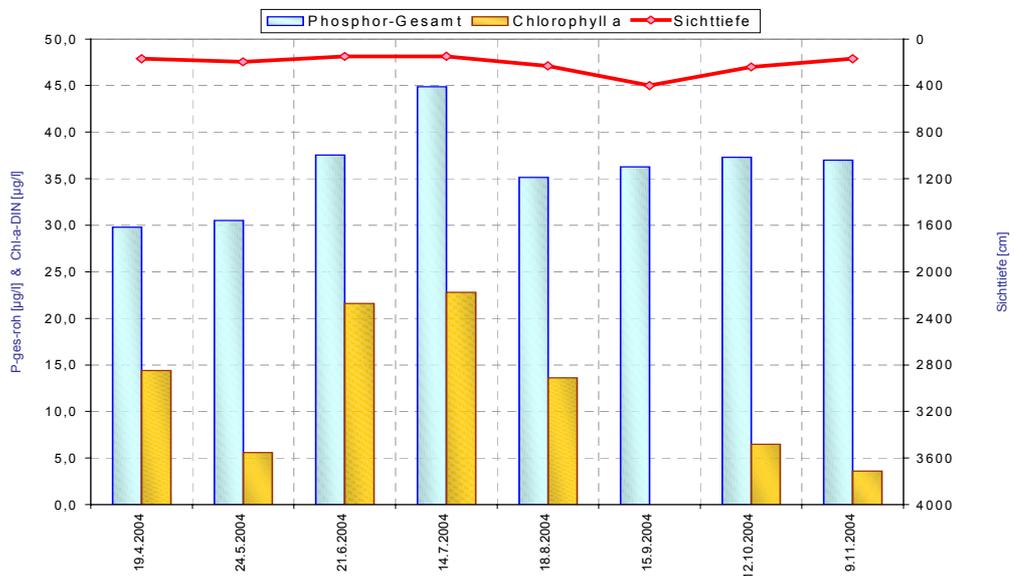
Gewässerökologie – Zustand und Entwicklung 2004

Die meisten größeren Seen haben durch die abwassertechnischen Maßnahmen der vergangenen Jahrzehnte wieder einen guten, mesotrophen (mäßige pflanzliche Produktion) Zustand erreicht, wie die Gütekarten seit 1995 zeigen. Während die chemisch-physikalischen Kenngrößen oft bereits wieder gute Verhältnisse anzeigen, reagieren die biologischen Komponenten stark z.T. verzögert auf Maßnahmen zur Verbesserung der Gewässerqualität. Beispiele dafür sind Hopfensee (s. Grafik), Simssee, Waginger See, Schliersee sowie der Altmühlsee. Diese Seen zeigen vor allem hohe Phosphor-Konzentrationen, geringe Sichttiefen und zeitweise auftretende

Algenblüten von großem Ausmaß, die den Stoffhaushalt belasten und zu Sauerstoffdefiziten führen (s. Grafik). Ein Beispiel für die vielen Seen im guten Zustand ist der Alpsee mit geringen Phosphor-Konzentrationen und Algenmengen (Chlorophyll a) sowie hohen Sichttiefen (s. Grafik.). In solchen Seen gibt es keine Sauerstoffprobleme. Das Jahr 2004 ist hydrologisch als Durchschnittsjahr zu werten. Auffälligkeiten am Zustand der Seen oder extreme Güteverhältnisse waren daher nicht zu verzeichnen. Die Trophieverhältnisse stellten sich nicht schlechter als in den Vorjahren dar. Extreme Algenentwicklungen blieben 2004 in den großen Seen weitgehend aus. Im Jahr 2004 waren bei den untersuchten Seen keine Veränderungen der Einstufung der Wasserqualität gegenüber 2003 veranlasst.

Hopfensee

Mittlere Sichttiefe,
volumengewichtete
Mittelwerte
für Phosphor gesamt
und
Chlorophyll a

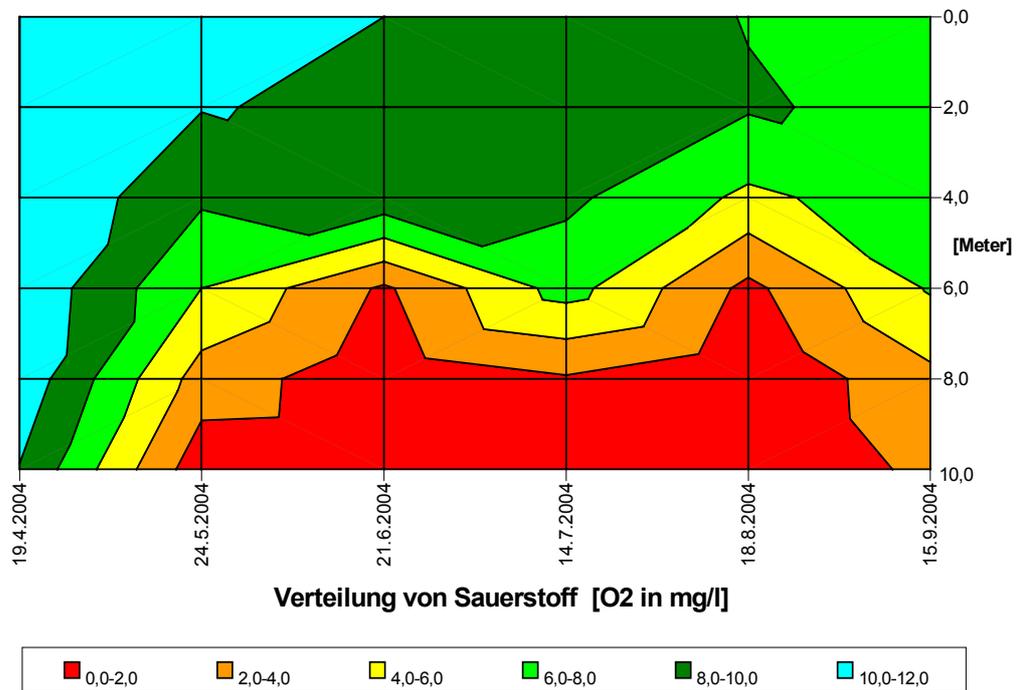




Hopfensee

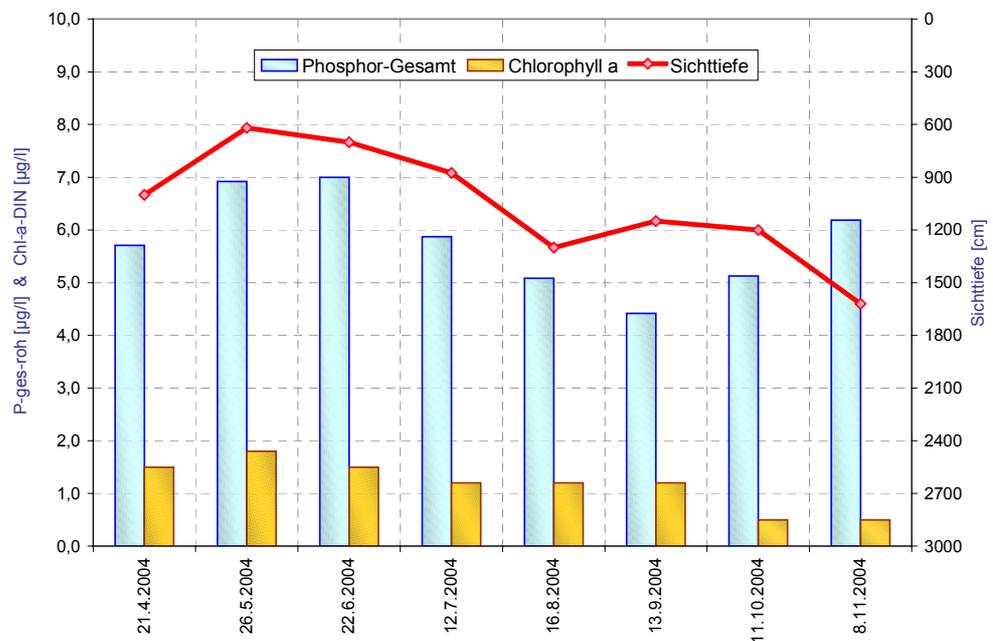
Isoplethendarstellung

Sauerstoffgehalte in verschiedenen Tiefenstufen: in den Sommermonaten tritt bereits ab 6 Metern ein Sauerstoffdefizit auf.



Alpsee bei Füssen

Mittlere Sichttiefe volumengewichtete Mittelwerte für P_{gesamt} und Chlorophyll a





Seen-Bewertung nach EU-Wasserrahmenrichtlinie

Bestandsaufnahme Seenqualität 2004

Für die Bestandsaufnahme nach EU-Wasserrahmenrichtlinie wurden drei Bewertungskriterien definiert:

- Nährstoffe / Trophie,
- Schadstoffe / Chemie,
- Uferstruktur

Bewertet wurde die Gewässerqualität hinsichtlich der in der Richtlinie genannten Ziele in drei Bewertungskategorien:

- Zielerreichung zu erwarten,
- Zielerreichung unklar,
- Zielerreichung unwahrscheinlich.

Bei 24 Seen ist die Zielerreichung zu erwarten, bei 22 ist sie unklar und bei 8 Seen unwahrscheinlich. Für die Kategorie unwahrscheinlich wird durch weitere Untersuchungen im Verlauf der nächsten Jahre noch eine eindeutige Einstufung möglich.

Ursachen für eine Einstufung in Zielerreichung unwahrscheinlich liegen vor allem in den Nährstoffeinträgen, die diffus aus der Fläche kommen. Über die Uferstruktur liegen noch keine genaueren Informationen vor, so dass dafür lediglich Abschätzungen getroffen werden konnten.

Weitere Informationen zum Thema finden Sie im Internet unter: www.wasserrahmenrichtlinie.bayern.de

Ausblick: Neue Bewertungsverfahren für den ökologischen und chemischen Zustand

In den nächsten Jahren werden die bisherigen Bewertungsverfahren für die Gewässerqualität an die neuen EU-Wasserrahmenrichtlinie angepasst. Dies bedeutet:

Es werden mehr biologische Bewertungskomponenten als bisher für die Beurteilung herangezogen: Makrozoobenthos, Makrophyten/Phytobenthos, Phytoplankton und Fische. Die Seen werden Typ bezogen bewertet, d.h. für jeden Gewässertyp gibt es ein eigenes Zielsystem. Tiefe alpine Seen werden z.B. anders bewertet als flache Voralpenseen. Außerdem wird der Gewässerzustand anhand eines Referenzzustandes ermittelt. Im chemischen Bereich werden insbesondere neue Qualitätsnormen diskutiert. Mit den Bewertungsverfahren ändern sich auch die Untersuchungsprogramme und die zu betrachtenden Gewässernetze. Ende 2006 soll dieser Anpassungsprozess abgeschlossen sein und mit den neuen Untersuchungen begonnen werden können.

Das ökologische Potenzial für Seen

Wenn die Struktur eines Gewässers stark verändert ist und eine naturnähere Gestaltung nachteilig für wichtige dauerhafte Nutzungen wäre, kann künftig der Status „erheblich verändert“ vergeben werden. Für diese Gewässer gilt statt des guten Zustandes ein reduziertes, an die Nutzung angepasstes Qualitätsziel, das ökologische Potenzial. Bei der Bestandsaufnahme wurden vorläufig 22 stehende Gewässer als künstlich oder erheblich verändert eingestuft. Hierzu gehören: Talsperren, Tagebaurestseen und Flusstauere

Interkalibrierung

Damit EU-weit der gleiche Bewertungsmaßstab zur Beurteilung des Seen-Zustandes benutzt wird, werden erstmalig die Verfahren der verschiedenen Staaten miteinander verglichen und aneinander geeicht (=interkalibriert). Die Wasserrahmenrichtlinie macht hierzu Vorgaben, der Abstimmungsprozess wird von der EU-Kommission begleitet.



Grund- und Bodenwasser

Grundwasserstände

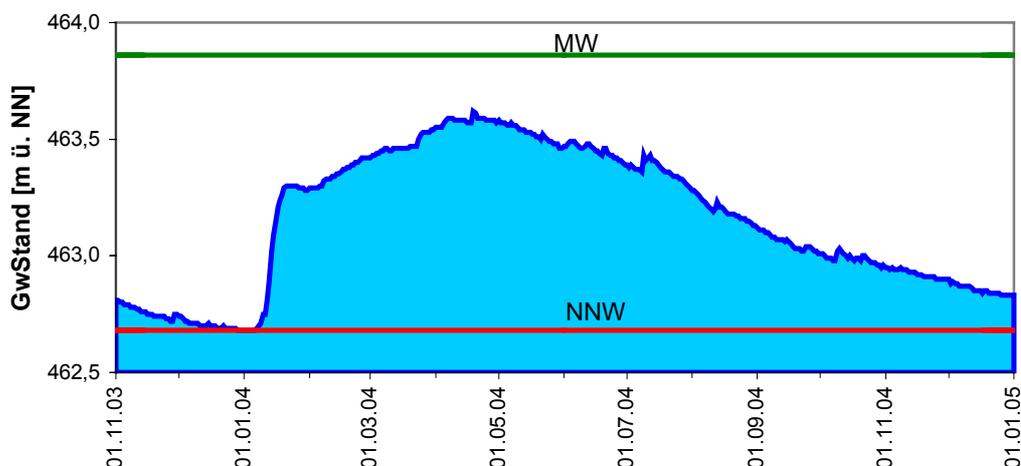
Die Grundwasservorkommen Bayerns lassen sich elf großräumigen hydrogeologischen Einheiten zuordnen. Ihre unterschiedlichen hydrologischen Reaktionen werden im Wesentlichen von den Eigenschaften des Kluft- und Porenraums in der jeweiligen geologischen Formation bestimmt. Ferner unterscheiden sie sich in Bezug auf Ergiebigkeit und Größe der zusammenhängenden Grundwasserkörper. Die folgende landesweite Darstellung der Grundwasserverhältnisse im Jahr 2004 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

der Grundwasserverhältnisse im Kalenderjahr 2004 wurden rd. 150 repräsentative Messstellen ausgewählt, von denen wiederum sechs Messstellen exemplarisch dargestellt werden. Die Situation im Jahr 2004 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.

Anfang 2004 wurden bayernweit relativ niedrige Grundwasserstände beobachtet, eine Folge des trockenen Sommers 2003. Nur in kleinen Einzugsgebieten wurden die Grundwasserdefizite im Jahresverlauf vollständig ausgeglichen. In großen Talgrundwasserleitern und vor allem in der Münchener Schotterebene setzte sich infolge des etwas zu trockenen Sommers 2004 der Abwärtstrend im Grundwasser fort. Langjährige Tiefststände wurden aber nur vereinzelt erreicht. Zum Jahresende hin trat eine merkliche Erholung der Grundwasserstände ein.

Abb. 1:
Verlauf der Grundwasserstände im Niederterrassenschotter der Münchener Schotterebene (Messstelle Eching 275D, beobachtet seit 1939)



HHW: 465,59 m ü. NN
MW : 463,86 m ü. NN
NNW: 462,68 m ü. NN



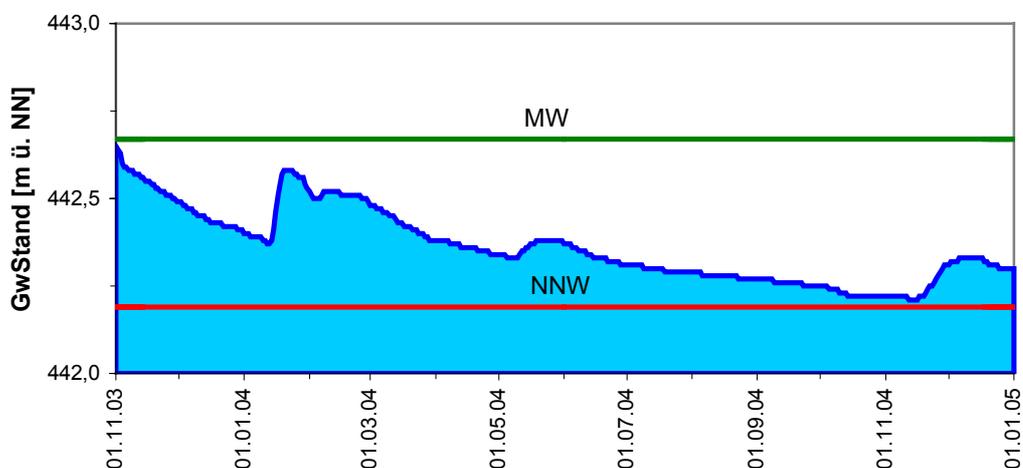
Im Bereich der **quartären Schotterflächen südlich der Donau** waren Anfang Januar sehr niedrige Grundwasserstände zu verzeichnen. Bedingt durch die starken Niederschläge im Januar stieg der Grundwasserspiegel rasch an. Ende Januar wurden die langjährigen Mittelwerte z. T. deutlich überschritten. Anschließend sanken die Grundwasserstände bis Ende 2004 kontinuierlich ab. Lediglich im Abstrombereich der Münchener Schotterebene setzte sich der Anstieg abgeschwächt bis Ende April fort (siehe Abb. 1 – Messstelle Eching, NNW erreicht). Die Anfang Oktober in Südbayern aufgetretenen Niederschläge führten in den Talschottern zu einer signifikanten Aufhöhung des Grundwasserspiegels, nicht jedoch im träge reagierenden Grundwasser der Münchener Schotterebene.

In den mächtigeren **quartären Flusstalfüllungen nördlich der Donau** begann das Jahr ebenfalls mit niedrigen Grundwasserständen. Die Januarniederschläge führten auch hier zu einem deutlichen

Grundwasseranstieg, wobei der langjährige Mittelwert jedoch nur selten erreicht wurde. Anschließend war ein anhaltender Abwärtstrend zu beobachten, unterbrochen von einer kurzen niederschlagsbedingten Erholungsphase im Mai. Erst Mitte November begann auf breiter Front der Wiederanstieg (siehe Abb. 2 – Messstelle Pressath Bürgerwald).

Die geringmächtigen, oberflächennahen Grundwasservorkommen in den Flusstälern stehen in der Regel in Wechselwirkung mit den Fließgewässern. Sie zeigen deshalb rasche Grundwasserstandsschwankungen, aber auch eine rasche Erholung bei Niederschlägen. Da sich zum Ende des Jahres 2004 die Niedrigwassersituation in den Oberflächengewässern wieder normalisiert hatte, reagierte auch das gewässernahe Grundwasser mit einem Wiederanstieg.

Abb. 2:
Verlauf der
Grundwasserstände
im Quartär
(Messstelle Pressath
Bürgerwald II 980,
beobachtet seit 1984)



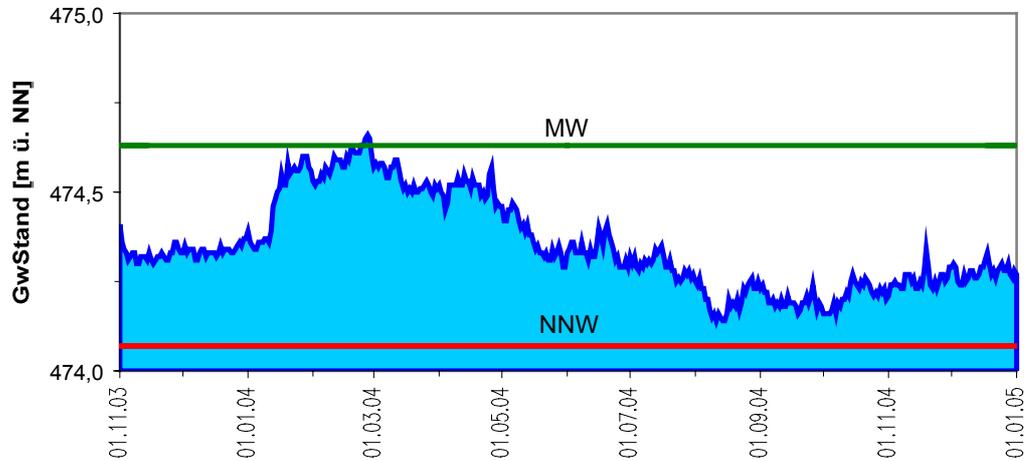
HHW: 443,89 m ü. NN
MW : 442,67 m ü. NN
NNW: 442,19 m ü. NN

Das Grundwasser liegt im **tertiären Molassebecken** (Raum südlich der Donau, grundwasserführend bis zur Linie Memmingen-Starnberg-Burghausen) in Tiefen von 60 bis 200 m. Daher wirken sich Niederschlagsphasen im Allgemeinen zeitlich verzögert aus. Die Messstelle Niederroth (siehe Abb. 3)

reagiert jedoch deutlich auf die starken Januarniederschläge und erreicht Ende Februar den langjährigen Mittelwert und zugleich das Jahreshoch. Der nachfolgende Abwärtstrend wurde ab August von einer leichten Erholung auf niedrigem Niveau abgelöst.



Abb. 3:
Verlauf der
Grundwasserstände
der Oberen
Süßwassermolasse
des Tertiärs
(Messstelle
Niederroth T 7f,
beobachtet seit 2001)

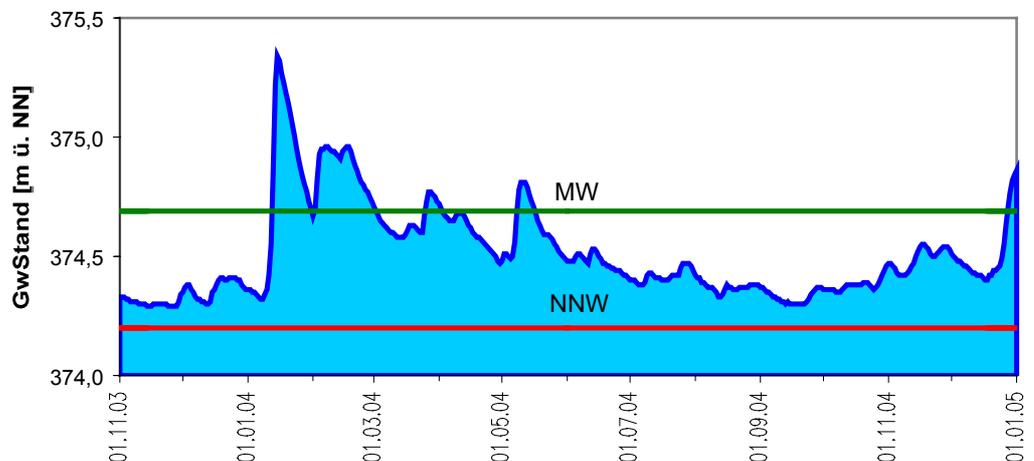


HHW: 475,19 m ü. NN
MW : 474,64 m ü. NN
NNW: 474,07 m ü. NN

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. Das Grundwasser reagiert rasch auf Niederschlagsereignisse. Nach der langen Trockenphase im Vorjahr verursachen die Januarniederschläge einen besonders heftigen Grundwasseranstieg bis weit über den langjährigen Mittelwert (siehe Abb. 4 – Messstelle Gungolding). Nach weiteren Spitzen bis in den Mai fällt der Grundwasserspiegel bis zum Herbst langsam, aber ungleichmäßig ab. Erst die Niederschläge der zweiten Dezemberhälfte bewirken einen Wiederanstieg bis über den Mittelwert.

Die tiefen Grundwasservorkommen im **Sandsteinkeuper**, **Gipskeuper** (Benker Sandstein) und **Muschelkalk** in Mittel- und Unterfranken zeigen einen sehr ähnlichen, durch träge Reaktion geprägten Jahresgang (siehe Abb. 5 – Messstelle Fürth-Unterfürberg). Der höchste Grundwasserstand – im Keuper über dem mehrjährigen Mittelwert, im Muschelkalk deutlich darunter – wurde trotz hoher Januarniederschläge erst zwischen Mitte Februar und Mitte Mai erreicht. Danach sank der Grundwasserspiegel bis Mitte September, im Benker Sandstein sogar bis Anfang November, deutlich unter das mehrjährige Mittel ab. Zum Jahresende stieg der Grundwasserstand wieder schwach an.

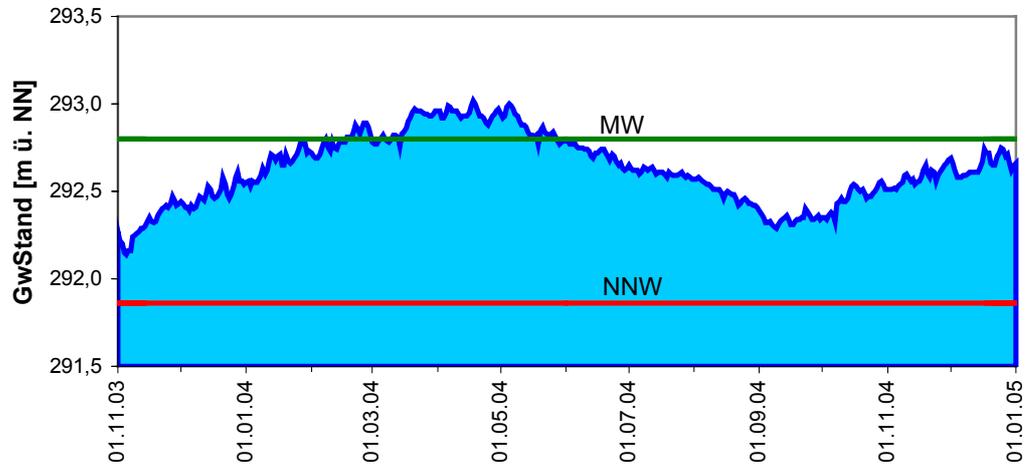
Abb. 4:
Verlauf der
Grundwasserstände
im Malmkarst
(Messstelle
Gungolding 928,
beobachtet seit 1982)



HHW: 376,80 m ü. NN
MW : 374,69 m ü. NN
NNW: 374,20 m ü. NN



Abb. 5:
Verlauf der
Grundwasserstände
im Benker Sandstein
(Messstelle Fürth-
Unterfürberg B2,
beobachtet seit 2000)

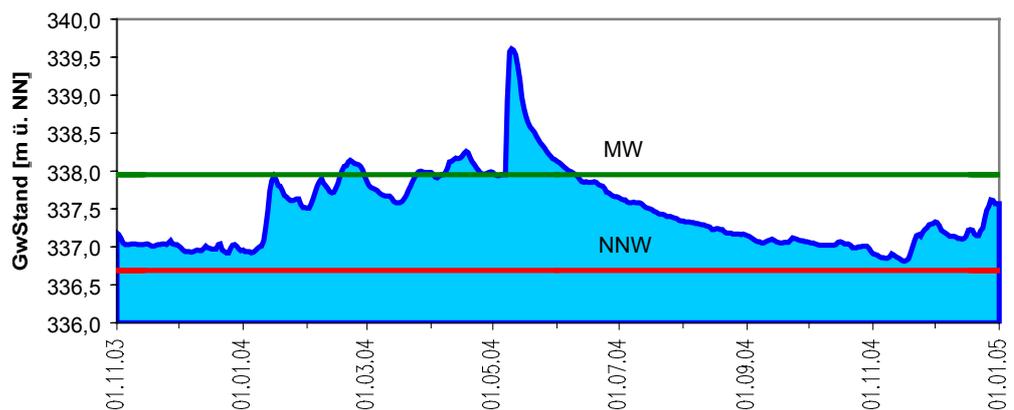


HHW: 293,66 m ü. NN
MW : 292,80 m ü. NN
NNW: 291,86 m ü. NN

Die Grundwasserdynamik im **Buntsandstein** (Raum Aschaffenburg-Bad Brückenau-Mellrichstadt) kennzeichnen langfristige und kurzfristige Komponenten. Der Grundwasserspiegel reagierte auf die Niederschläge im Januar kurzfristig (nach etwa einer Woche) mit einem Anstieg auf Mittelwasser-niveau, das bis zum Mai durch wiederholte Niederschlagszufuhr gehalten wurde. Die Mai-niederschläge verursachten einen letzten, sehr starken, aber nur kurzfristigen Grundwasseranstieg. Beginnend mit einer Trockenphase ab Mitte Mai

und zunehmender Gebietsverdunstung fielen die Grundwasserstände annähernd kontinuierlich bis nahezu auf den mehrjährigen Niedrigstwert. Auffällig ist, dass sich kurze Starkregenereignisse in der verdunstungsintensiven Sommer- und Herbstphase nicht auf den Grundwasserstand auswirken. Erst mit den Niederschlägen im November und Dezember waren die Bodenwasservorräte soweit aufgefüllt, dass das Grundwasser wieder leicht ansteigen konnte (siehe Abb. 6 – Messstelle Heinrichsthal).

Abb. 6:
Verlauf der
Grundwasserstände
im Buntsandstein
(Messstelle
Heinrichsthal Bo A,
beobachtet seit 1995)



HHW: 345,90 m ü. NN
MW : 337,95 m ü. NN
NNW: 336,69 m ü. NN



Grund- und Bodenwasser

Grundwasserbeschaffenheit

Das Grundwasser liefert 93 % 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 den Basisabfluss der Bäche und Flüsse, wie auch grundwasserabhängige Landökosysteme. Die Grundwasserbeschaffenheit in der Fläche, ihre zeitliche Entwicklung und ihre Beziehung zum Wasser- und Stoffkreislauf wird langfristig in zwei Messnetzen beobachtet:

- Landesmessnetz Grundwasserbeschaffenheit (272 Messstellen, bis zu 120 überwachte Stoffe)
- Messnetz Stoffeintrag-Grundwasser (7 Intensivmessgebiete mit 92 Messstellen, ca. 30 überwachte Stoffe), siehe Kapitel Bodenwasser

Großflächig bleibt die Auswaschung von Nitrat und Pflanzenschutzmitteln (PSM) aus landwirtschaftlichen Flächen ein wichtiges Überwachungsthema.

Nitrat als wesentlicher Pflanzennährstoff stammt aus natürlichen Mineralisierungsprozessen im Boden sowie aus organischen und mineralischen Düngern. Bis zu 15 Milligramm pro Liter Nitrat können natürlicher Herkunft sein. Nitrat ist im Trinkwasser unerwünscht. Deshalb gibt die Trinkwasserverordnung einen Grenzwert von 50 mg/l vor. In der Wasserrahmenrichtlinie ist ein entsprechender Wert als Qualitätsstandard für das Grundwasser vorgesehen. Nitrat trägt auch zur Nährstoffbelastung in Bächen, Flüssen und Meeren bei und wirkt bereichsweise versauernd.

Im Jahr 2004 wurden an 76 Prozent der Messstellen des Landesmessnetzes Grundwasserbeschaffenheit mittlere Nitratwerte unter 25 mg/l nachgewiesen, bei 20 Prozent lagen sie zwischen 25 und 50 mg/l. Der Grenzwert von 50 mg/l wurde bei 4 Prozent überschritten. Die Belastungsschwerpunkte liegen in Unter- und Mittelfranken. Die Messwerte der letzten 10 Jahre zeigt nur geringfügige Veränderungen. Zwischen 1995 und 2004 zeichnet sich jedoch eine leichte Verbesserung der Belastungssituation ab. So wiesen 1995 rund 73 Prozent, 2004 rund 76 Prozent der Messstellen Konzentrationen unter 25 mg/l auf.

Abb. 1:
Entwicklung der Nitratkonzentration im Grundwasser 1995-2004. Ausgewertet wurden Jahresmittelwerte

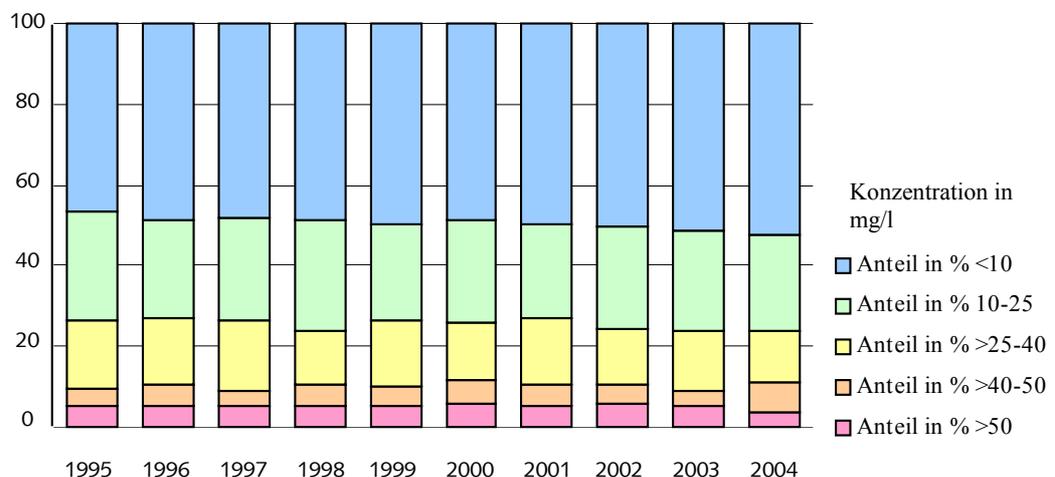
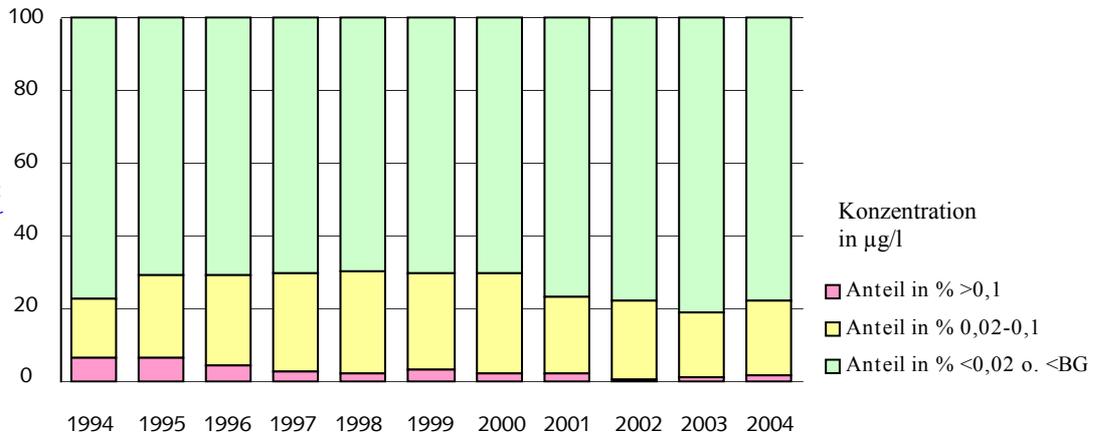




Abb. 2:
Entwicklung der
Atrazinkonzentration
im Grundwasser
1995-2004.
Ausgewertet wurde
der jüngste Messwert
je Messstelle und Jahr



Für das Pflanzenschutzmittel **Atrazin** besteht seit 1991 ein Anwendungsverbot. Pflanzenschutzmittel sind im Trinkwasser unerwünscht, deshalb gibt die Trinkwasserverordnung einen Grenzwert von 0,1 µg/l vor. In der Wasserrahmenrichtlinie ist ein entsprechender Wert als Qualitätsstandard für das Grundwasser vorgesehen. Bei Atrazin ist eine langfristige Verbesserung der Belastungssituation zu beobachten. Das vor Jahren vor allem beim Maisanbau eingesetzte Atrazin und sein Abbauprodukt Desethylatrazin werden trotz des Anwendungsverbotes immer noch häufig im Grundwasser nachgewiesen.

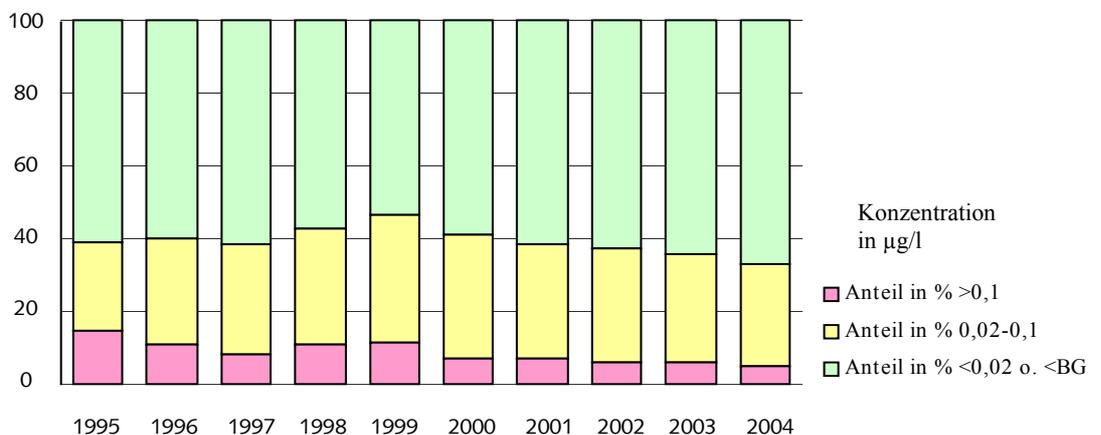
Atrazin wurde im Jahr 2004 an 22 Prozent der Messstellen über der Bestimmungsgrenze bzw. über 0,02 µg/l gefunden, wobei nur noch 1,5 Prozent der Messstellen den Grenzwert der Trinkwasserverordnung von 0,1 µg/l überschritten. Dies stellt gegenüber dem Vorjahr eine leichte Verschlechterung dar, jedoch

kann 2003 durch die besondere Witterungssituation (Trockenjahr) nicht als typisch angesehen werden.

Desethylatrazin als Abbauprodukt von Atrazin, das derzeit noch auf einem höheren Belastungsniveau liegt, zeigt die abnehmende Tendenz deutlich stärker. Die höchsten Belastungen wurden 1999 gemessen, wobei an 46 Prozent der Messstellen Desethylatrazin über der Bestimmungsgrenze bzw. über 0,02 µg/l nachgewiesen wurde. Im Jahr 2004 sind noch 33 Prozent der Messstellen betroffen. Während 1999 noch über 11 Prozent der Messstellen über dem Grenzwert der Trinkwasserverordnung von 0,1 µg/l liegen, waren es 2004 nur noch 5 Prozent.

Bei der gegenwärtigen Belastung mit Atrazin und Desethylatrazin handelt es sich um mobilisierte Rückstände aus den Altanwendungen. Darauf deutet auch das Konzentrationsverhältnis der beiden Stoffe hin.

Abb. 3:
Entwicklung der
Desethylatrazin-
konzentration im
Grundwasser 1995-
2004. Ausgewertet
wurde der jüngste
Messwert je
Messstelle und Jahr





Seit 2002 wird im Landesmessnetz Grundwasserbeschaffenheit **2,6-Dichlorbenzamid** untersucht. Diese Verbindung ist das Abbauprodukt des Herbizides **Dichlobenil**. Pestizide mit dem Wirkstoff Dichlobenil wurden vor allem im Grünland zur Ampferbekämpfung eingesetzt. Weitere Anwendungsgebiete waren die Unkrautbekämpfung im Obst- und Weinbau sowie im Forst. Auf Pflasterflächen wurde das Pestizid zum Teil auch mit Sprühpistolen ausgebracht, um den unliebsamen Bewuchs zu entfernen.

Im Grundwasser wird in der Regel nicht Dichlobenil, sondern nur das Abbauprodukt 2,6-Dichlorbenzamid gefunden. Die positiven Befunde liegen relativ kon-

stant bei 8 % der Messstellen, Grenzwertüberschreitungen gab es im Landesmessnetz lediglich an einer Messstelle. Es zeigen sich Belastungsschwerpunkte im voralpinen Bereich und in Unterfranken.

Diese Nachweise führten dazu, dass das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) am 23. August 2004 die Zulassung in Deutschland für Pflanzenschutzmittel mit dem Wirkstoff Dichlobenil widerrufen hat, weil eine weitere Verunreinigung des Grundwassers mit diesem Wirkstoff nicht auszuschließen ist. Es besteht eine Rückgabepflicht für Pflanzenschutzmittel mit dem Wirkstoff Dichlobenil.



Grund- und Bodenwasser

Bodenwasser

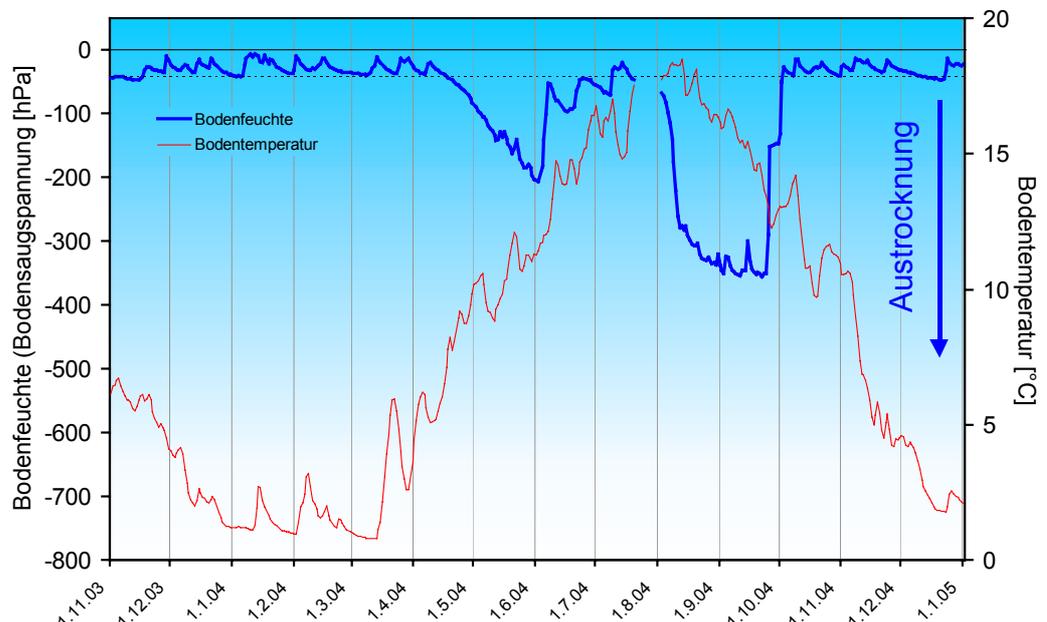
Das Messnetz Stoffeintrag-Grundwasser (MSGw) dient der integrierenden Beobachtung von Stoffflüssen und Stoffbelastungen im Wasserkreislauf (<http://www.bayern.de/LFW/technik/gkd/lmn/intensivmess/welcome.htm>). Dazu wird in sieben wasserwirtschaftlich bedeutenden Messgebieten der Weg des Wassers mit seinen Inhaltsstoffen vom **Niederschlag** über das **Sickerwasser** bis zum **Grundwasser** und zum **Gebietsabfluss** untersucht. Hier dargestellt ist der Gang der Bodenfeuchte in je einem Messgebiet in Süd- und Nordbayern sowie die Nitratbelastung des Bodensickerwassers für alle Gebiete. Die Hydrologie des Messgebietes Lehstenbach im Fichtelgebirge wird in einem [Sonderthema](#) genauer dargestellt.

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 4 Saugspannungsmesser (Tensiometer) eingebaut. Hier dargestellt werden die Durchschnittswerte für eine Bodentiefe von 50 cm. Die Grafiken zur Bodenfeuchte charakterisieren je einen repräsentativen Standort im Lockergestein des eher feuchten Südbayern (Münchener Schotterebene) und im Festgestein des eher trockenen Nordbayern (Buntsandstein-Spessart).

Der Messstandort Anzing in der Münchener Schotterebene liegt in extensiv genutztem Grünland. Er ist gekennzeichnet durch einen 50 bis 60 cm mächtigen steinhaltigen, sandigen Lehm über sandigem Kies (Schotter) in ebener Lage. Die Wasserdurchlässigkeit ist hoch, das Wasserspeichervermögen gering. Nach ergiebigen Niederschlägen kann trotzdem Wassersättigung mit Bodensaugspannungen nahe Null auftreten. So war der Januar 2004 von extrem hoher Bodenfeuchte gekennzeichnet (s. Abb. 1). Vom 7.1. bis 14.1. war der Boden nahezu durchgehend wassergesättigt. Am 17.1. führten Niederschläge von 25,6 mm in 6 Stunden nochmals zu kurzfristiger Wassersättigung und starker Sickerwasserbildung.

Abb. 1:
Jahresverlauf der Bodenfeuchte und –temperatur (in 50 cm Tiefe), Messstelle Anzing, Münchener Schotterebene (Grünland)

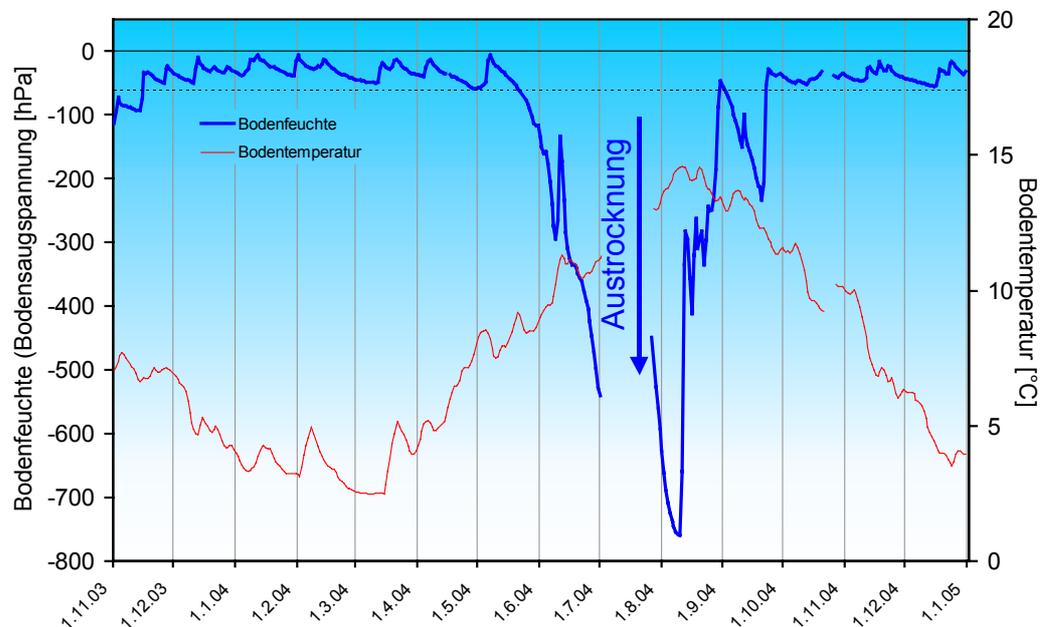




Im warmen und niederschlagsarmen April begann die Bodenaustrocknung untypisch früh und hielt bis in den Mai hinein an. Die Niederschläge Anfang Juni konnten das Defizit vorübergehend wieder auffüllen. Weiteres Niederschlagswasser wurde vollständig der Verdunstung zugeführt, so dass die Sickerwasserbildung im gesamten Zeitraum von Ende April bis Anfang Oktober unterbrochen war. Auch die Ende September einsetzende herbstliche Wiederbefeuch-

ung des Bodens und die damit verbundene mäßige Grundwasserneubildung konnte das ganzjährige Absinken der Grundwasserstände in der südlichen Münchener Schotterebene nicht verhindern. Vielmehr ging die Bodenfeuchte in der niederschlagsfreien ersten Dezemberhälfte erneut bis auf den Wert der Feldkapazität (-40 hPa) zurück und verschärfte das bereits vorhandene Grundwasserdefizit.

Abb. 2:
Jahresverlauf der Bodenfeuchte und –temperatur (in 50 cm Tiefe), Messstelle Bischbrunn, Hochspessart (Waldstandort, Buche)



Der Messstandort Bischbrunn im Hochspessart liegt in einem Buchenaltbestand in Hangfußlage. Er ist gekennzeichnet durch einen 50 bis 60 cm mächtigen lehmigen Sand über verwittertem Mittleren Buntsandstein. Die Wasserdurchlässigkeit ist hoch, das Wasserspeichervermögen gering, die Feldkapazität liegt bei etwa -60 hPa.

Auch im Hochspessart wurden in der ersten Januarhälfte aufgrund der überdurchschnittlichen Niederschläge sehr feuchte Bodenzustände bis zur Sättigung erreicht (s. Abb. 2). In der zweiten Monatshälfte bildete sich eine Schneedecke aus, die Anfang Februar abschmolz und zu Versickerung von Bodenwasser führte. Von Februar bis Ende April verursachten

Niederschlagsdefizite immer wieder ein Absinken der Bodenfeuchte bis auf Feldkapazität, die Bildung von Sickerwasser war phasenweise stark eingeschränkt. Von Mitte Mai bis Ende September fand trotz erheblicher Niederschläge gar keine Sickerwasserbildung statt, da Boden- und Vegetationsverdunstung das Wasserangebot in Gänze aufzehrten. Die Bodenaustrocknung war im Spessart wegen der geringeren Niederschläge, aber auch der hohen Verdunstungsintensität des Buchenbestandes, deutlich höher als am Grünlandstandort der Münchener Schotterebene. Vor allem durch die Trockenheit des Frühjahrs, in dem in der Regel die höchsten Sickerwasserraten erwartet werden, war die Grundwasserneubildung im Jahr 2004 sehr niedrig (s.

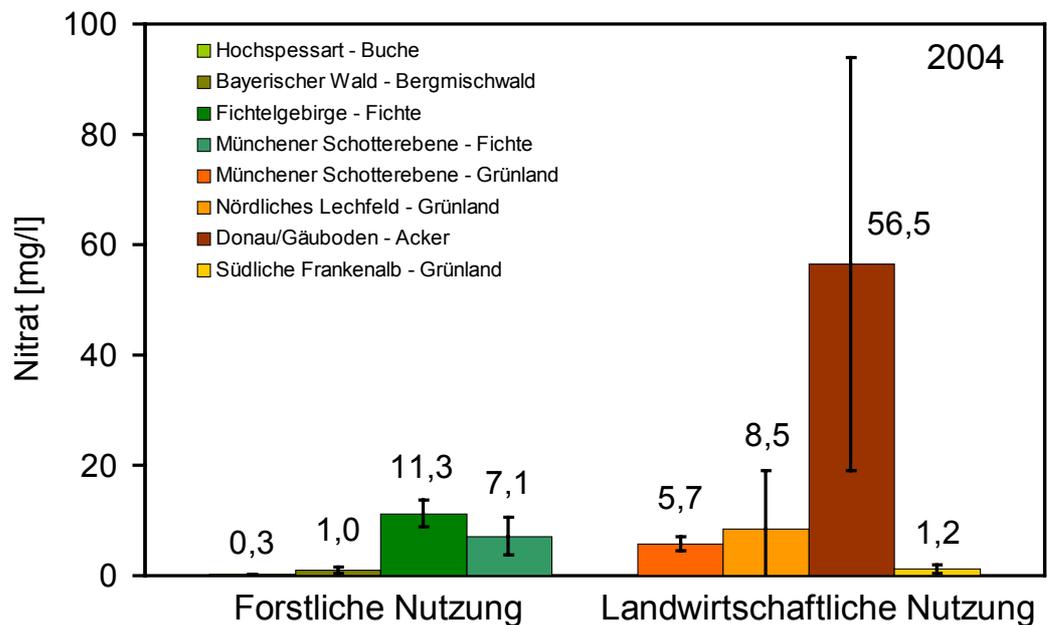


Kapitel Grundwasserstand, Messstelle Heinrichsthal). Auch gegen Jahresende (Oktober bis Dezember) war die Sickerwasserbildung unterdurchschnittlich und verursachte einen nur geringen Anstieg der Grundwasserstände.

Die mittlere Bodentemperatur in 50 cm Tiefe lag 2004 im Hochspessart bei 7,8 °C, im Schotter Südbayerns

dagegen bei 8,5 °C, trotz der im Süden niedrigeren mittleren Lufttemperatur. Ursache ist die im Gegensatz zum offenen Grünlandstandort temperaturausgleichende Wirkung des Waldbestandes. Häufig können Versickerungsereignisse infolge des Temperaturgradienten zwischen Niederschlagswasser und Boden auch an Veränderungen der Bodentemperatur erkannt werden.

Abb. 3:
Nitratkonzentration
(Jahresmittel und
Standardabweichung)
im Bodensickerwasser
unterhalb der
Wurzelzone in den
sieben Messgebieten



Die Nitratbelastung der Bodensickerwässer wird im Wesentlichen vom Stickstoffeintrag aus der Luft und der Landnutzung einerseits sowie dem Rückhalt 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 auch in Waldböden enorme Stickstoffvorräte, die in instabilen Phasen teilweise mobilisiert werden können.

An acht untersuchten Standorten lag die Nitratkonzentration im Sickerwasser unterhalb der Wurzelzone (Nitrat auswaschung) im Jahresmittel 2004 zwischen 0,3 und 56,5 mg/l (s. Abb. 3). Buchenbestände und extensiv genutztes Grünland zeigen die geringsten Nitratverluste. Unter den Fichtenbeständen ist die mittlere Nitratkonzentration erhöht, jedoch werden im

Jahresverlauf 20 mg/l nicht überschritten. Der ursprüngliche Fichtenstandort im Bayerischen Wald entwickelt sich nach Borkenkäferbefall 1997 zu einem von Laubholz dominierten Bestand mit erhöhtem Stickstoffbedarf. Entsprechend sank die mittlere Nitratkonzentration im Sickerwasser über die Jahre auf nur noch 1 mg/l.

Auf der Ackerfläche wurde 2004 Weizen angebaut. Hier konnte ab Juli 2004 wegen Trockenheit kein Sickerwasser beprobt werden. Die Nitratkonzentration erreichte im April mit 98 mg/l das Maximum seit Beobachtungsbeginn im Jahre 1998. Bereits im Juni wurden nur noch 4,9 mg/l registriert. Pflanzlicher Stickstoffentzug, Nitratabbau durch Denitrifikation und Nitrat auswaschung wirken hier gleichzeitig. Die Vorgänge werden zur Unterstützung des örtlichen Trinkwassermanagements weiter untersucht.



Niederschlagsmessnetz

Die Bayerische Wasserwirtschaftsverwaltung und der Deutsche Wetterdienst (DWD) betreiben gemeinsam ein automatisiertes Niederschlagsmessnetz (s. Karte Ombrometermessnetz). Im Jahr 2004 konnte der Stationsaufbau von der Bayerischen Wasserwirtschaft weitgehend abgeschlossen werden und seit Juni 2003 sind die meisten Niederschlagsmessstellen im operationellen Abrufbetrieb.

Hintergrund

Im Nachgang zum Pfingsthochwasser 1999 in Südbayern hat das Bayerische Landesamt für Wasserwirtschaft das Innovationsprogramm "Quantitative Hydrologie" angeregt. Im Februar 2000 wurde das Teilprojekt "Aufbau eines Niederschlagsmessnetzes in Bayern (Ombrometermessnetz)" vom Bayerischen Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (StMLU, heute StMUGV) genehmigt. Außerdem wurde mit dem DWD eine Vereinbarung zur Zusammenarbeit geschlossen.

Nutzung

Die automatisierten Niederschlagsstationen (Niederschlagsintensitäten) und die Pegel an den Gewässern (Wasserstands- und Abflussermittlung) liefern online hochaufgelöste Daten, die insbesondere die Grundlage für die Niederschlags-Abflussmodellierung bilden und präzise Hochwasservorhersagen ermöglichen.

Stationsmerkmale

- einheitlicher Gerätestandard (DWD, Bayer. Wasserwirtschaft und weitere Messnetzbetreiber anderer Bundesländer),
- leistungsfähiger Niederschlagssensor (Messunsicherheit: 0,04 mm, zeitliche Auflösung: 1 min),
- automatischer Datenabruf und Übermittlung von Statusmeldungen (meteorologische Schwellwertüberschreitungen und technische Statusinformationen),
- tägliche Kontrollmessungen des Niederschlags und Meldung weiterer Messgrößen (Niederschlagsart, Erdbodenzustand, Schneeparameter) durch den Stationsbeobachter,
- einfache Servicearbeiten und Gerätekontrolle durch den Stationsbeobachter.



Ombrometerstation mit folgenden Komponenten (v. lks. nach re.): Niederschlagsmesser nach Hellmann, Stationsrechner mit ISDN-Anschluss und Pluviometer der Fa. Ott



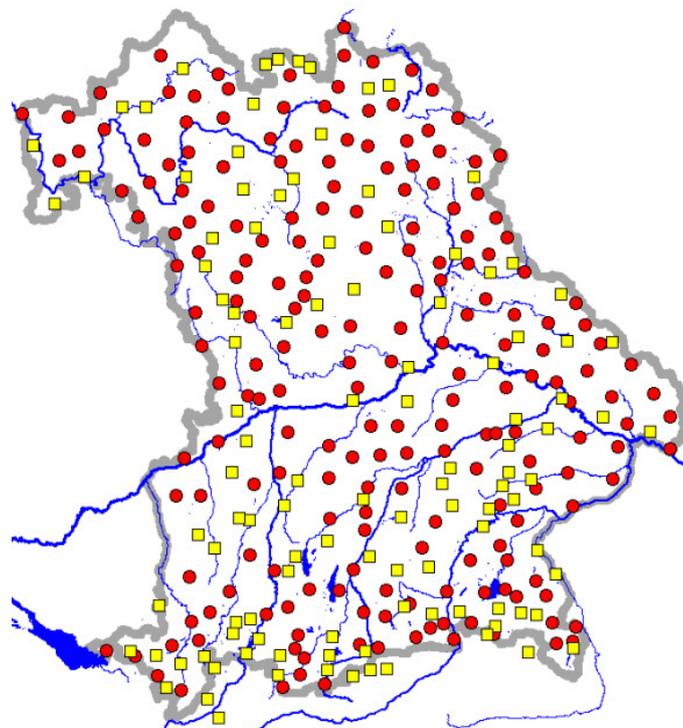
Datenbereitstellung im Internet

- Aktualisierung: mindestens 2x täglich (im Starkregen- oder Dauerregenfall stündlich),
- Ganglinien-Darstellung mit Zeitbereichsauswahl (bzw. Tabellenform) und Kartendarstellung mit Isohyeten: <http://www.hnd.bayern.de>
- im Hochwasserfall werden die Daten auch von externen Messnetzen bereit gestellt.

Stationservice und Wartung

7 Elektrofachleute wurden mit Prüf- und Tauschgeräten ausgestattet. Seit einer Schulung im Jahr 2004 sind diese Fachkräfte ämterübergreifend bei der Fehlersuche und -behebung tätig. Über eine Messnetzapplikationssoftware können Alarm- und Statusmeldungen der Stationen angezeigt werden und diese erleichtern die Fehlersuche. Ferner werden die Servicekräfte mit einem täglichen Status-E-Mail über fehlerhafte Stationen informiert.

Ombrometermessnetz i



Ombrometerstationen in Bayern

Symbol	Messnetzbetreiber	Ausbauziel
●	Deutscher Wetterdienst	216
■	Bayer. Wasserwirtschaft	110

Betreiber	operationell in Betrieb	aufgebaut	geplant
Bayer. Wasserwirtschaft	104	107	110
DWD	109	142	216

Ausblick

Drei im Alpenraum geplante Stationen sollen noch realisiert werden (Beobachterprobleme bzw. Standortklärung). Weitere Messstellen sollen nur in begründeten Einzelfällen (z.B. fehlende Radarabdeckung) errichtet werden.

Um Taufluten besser quantifizieren zu können, müssen auch Schneeparameter an den Ombrometermessstellen erfasst werden. Ab dem Winter 2005/2006 sollen bayernweit die Schneeparameter (Schneehöhe, Wasseräquivalent, Schneebedeckung) mit manuellen Messgeräten ermittelt werden.



Untersuchungen zum Klimawandel in Bayern - das Vorhaben KLIWA

Die Länder Baden-Württemberg und Bayern, vertreten durch die Landesanstalt für Umweltschutz in Karlsruhe und das Bayerische Landesamt für Wasserwirtschaft, vereinbarten Anfang 1999 zusammen mit dem Deutschen Wetterdienst das Kooperationsvorhaben KLIWA, um Veränderungen im regionalen Klima und ihre Auswirkungen auf die Wasserwirtschaft zu untersuchen.

Das Vorhaben gliedert sich methodisch in drei Bereiche, die in dieser Reihenfolge auch zeitlich im Projektverlauf bearbeitet wurden. Zunächst als Blick in die Vergangenheit die Untersuchung des Langzeitverhaltens meteorologischer und hydrologischer Größen mittels Verfahren der Zeitreihenanalyse. Der zweite Bereich beinhaltet den Blick in die Zukunft mittels regionaler Klimaszenarien und ihrer Kopplung mit Wasserhaushaltsmodellen, um flussgebietsbezogene Aussagen treffen zu können. Eine im Rahmen von KLIWA erstellte Grundsatzstudie der ETH Zürich (Stand: 2000) zog das Fazit, dass es noch kein optimales Verfahren für die Erstellung regionaler Klimaszenarien aus den globalen Klimamodellen gibt. Aus diesem Grunde wurden drei verschiedene regionale Klimamodelle verwendet, um eine Bandbreite möglicher Entwicklungen zu erhalten. Der dritte, aktuelle Bereich ist die Ableitung von Handlungsempfehlungen für die Wasserwirtschaft, um aus Vorsorgegründen den Klimawandel in der Planung bspw. von Hochwasserschutzanlagen schon heute zu berücksichtigen.

Wichtige Meilensteine im Vorhaben KLIWA waren im Jahr 2004:

Anfang Mai fand in Würzburg das 2. KLIWA-Symposium mit rund 180 Teilnehmern aus Politik, Presse, Wissenschaft und Verwaltung statt. Beim Symposium wurde der damalige Erkenntnisstand im Kooperationsvorhaben dargestellt. Alle Beiträge sind in einem Berichtsband in der Reihe KLIWA-Hefte veröffentlicht.

Aus den bisherigen Auswertungen der Klimaszenarien mittels der Wasserhaushaltsmodelle wurde, um dem Vorsorgeprinzip der Wasserwirtschaft Rechnung zu tragen, in Bayern und Baden-Württemberg Sicherheitszuschläge bei der Bemessung von Hochwasserschutzanlagen zur Berücksichtigung

möglicher Klimaänderungen festgelegt. Anfang Oktober 2004 richtete das LfW den internationalen Workshop im EU-Projekt ESPACE "Klimawandel und Vulnerabilität" aus, in dem die Notwendigkeit zur Anpassung wasserwirtschaftlicher Anlagen sowie die Hochwasservorsorge an den Klimawandel diskutiert wurde. Dargestellt wurden anhand von Fallbeispielen die bisherigen deutschen Überlegungen zu den Strategien zum Risikomanagement in der Wasserwirtschaft bei der Entwicklung von transnationalen Ansätzen auf europäischer Ebene ("best practice"). Das Projekt ESPACE ist eng mit KLIWA assoziiert und ergänzt oben erwähnten dritten Projektschwerpunkt für entsprechende Untersuchungen im Maingebiet.

Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse folgendes Bild des Klimawandels in Bayern: Trendanalysen ergaben einen Anstieg der Jahresmitteltemperaturen, vor allem während der letzten 15 Jahre. Für den untersuchten Zeitraum 1931-2000 (Basis: 354 Messstationen) nahm die Lufttemperatur um 0,5-1,2°C zu, in den Wintermonaten z.T. sogar bis 2,7°C. Gleichzeitig ging die Zahl der Schneedeckentage in den mittleren und tieferen Lagen um 10-40% zurück, in größeren Höhen (> ca. 800 m ü. NN) allerdings nur um weniger als 10%. Insgesamt zeigte sich eine Tendenz zu milderen, schneeärmeren Wintern. Bei etwa gleichbleibenden Jahresniederschlägen veränderte sich die innerjährliche Niederschlagsverteilung (Winter feuchter, Sommer trockener). Die Starkniederschläge nahmen im Winterhalbjahr z.T. um bis zu 35% regional zu, während im Sommerhalbjahr kaum Änderungen festgestellt wurden. Regional kam es bei den winterlichen Hochwasserabflüssen während der letzten 30-40 Jahre zu einer Zunahme bei insgesamt wenig geänderten Jahresabflüssen.

Die regionalen Klimaszenarien zeigen mit unterschiedlicher Intensität weitgehend ähnliche Tendenzen für den Zielzeitraum 2021-2050. Bezogen auf das Jahr nehmen die Temperaturen in Süddeutschland, je nach Modell und Region, von 1,1 bis 1,9°C zu, wobei bei zwei Klimamodellen die Temperatur im Winterhalbjahr stärker zunimmt als im Sommerhalbjahr (siehe Abb.). Diese Veränderungen im Winter können großen Einfluss auf die Zwischenspeicherung von Niederschlag als Schnee haben und sind somit entscheidend für das zukünftig zu erwartende Abflussregime. Bei den Niederschlägen zeigen die Klimaszenarien unterschiedliche regionale Zunahmen bis annähernd 20%. In der innerjährlichen Verteilung werden jedoch

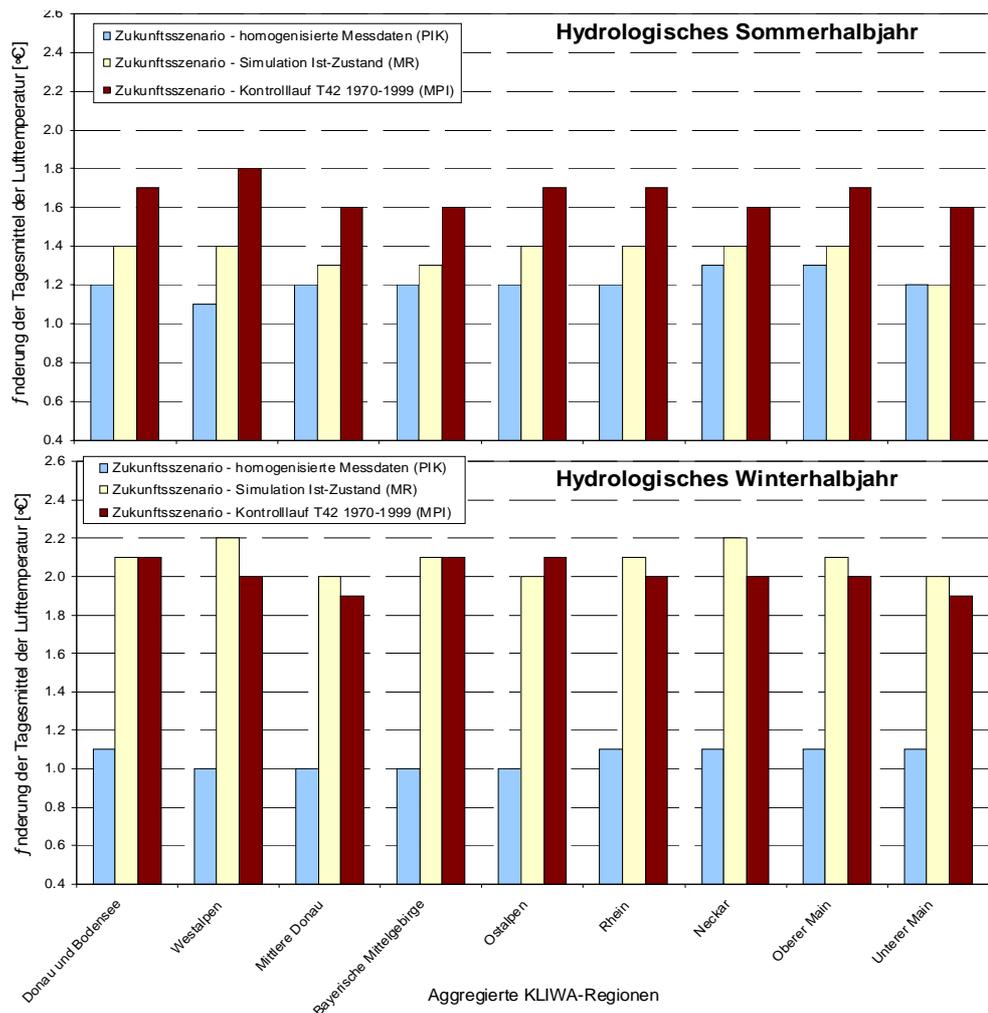


auch deutliche Unterschiede zwischen den einzelnen Klimaszenarien deutlich, die entsprechenden Auswertungen wurden in 2004 noch nicht vollständig abgeschlossen. Um auf der Basis der derzeit vorliegenden Ergebnisse trotz der Unsicherheiten erste Konsequenzen für die Wasserwirtschaft der Länder Baden-Württemberg und Bayern ableiten zu können, wurde eine Wertung der Ergebnisse der Klimamodellierer bezüglich der methodischen Ansätze unter Einbeziehung meteorologischer und hydrologischer Bewertungskriterien sowie der Ergebnisse in der Vergangenheit durchgeführt. Dabei wurde zunächst ein regionales Klimamodell ausgewählt und den weiteren Untersuchungen sowie den ersten Szenariensimulationen mit Wasserhaushaltsmodellen zugrundegelegt. Diese zeigen in Piloteinzugsgebieten (Oberer Main, Neckar)

eine Zunahme der mittleren, winterlichen Hochwasser.

Trotz der bestehenden Unsicherheiten in der Modellkette vom globalen Klimamodell über die regionalen Klimamodelle hin zum Wasserhaushaltsmodell wurde aus Vorsorgegründen eine Anpassung von Hochwasserschutzmaßnahmen als notwendig erachtet und für Bayern ein pauschaler Zuschlag für die Bemessungsgrößen festgelegt, der im Zuge der Wasserhaushaltssimulationen für weitere bayerische Flussgebiete noch regional differenziert werden kann. Schwerpunkte bei der weiterführenden Auswertung der Wasserhaushaltsszenarien werden dabei neben dem Hochwasserschutz auch auf der Wasserversorgung, dem Gewässerschutz und der Siedlungsentwässerung liegen.

Temperaturänderung zwischen Zukunftsszenario 2021-2050 und Ist-Klima 1971-2000 für das hydrologische Sommer- und Winterhalbjahr der drei regionalen Klimamodelle (MPI: Max-Planck-Institut Potsdam, PIK: Potsdam Institut für Klimafolgenabschätzung, MR: MeteoResearch, Berlin).





Praxistest WRRL Bayern

Gewässerzustand und Wasserrahmenrichtlinie (WRRL)

Durch die Wasserrahmenrichtlinie der Europäischen Union (WRRL) werden in der Gewässeruntersuchung derzeit neue Wege beschritten. Wo früher vielfach chemische Untersuchungen des Wassers vorgenommen wurden, spielt jetzt die Biologie die Hauptrolle. Von der winzigen einzelligen Alge (Abb. 1) über Wasserpflanzen (Abb. 2), Insektenlarven (Abb. 3) und Fische: Nahezu alle tierischen und pflanzlichen Organismen des Gewässers werden untersucht und ihre Lebensgemeinschaften mit so

genannten Referenzzuständen aus unbelasteten Gewässern verglichen. Dabei wird besonderes Augenmerk auf die Zusammensetzung dieser Lebensgemeinschaften gelegt: Sind die Arten vorhanden, die in diesen Gewässertyp „hinein gehören“? Fehlen manche Arten oder kommen neue hinzu? Kommen Arten häufiger oder weniger häufig vor als in den Vergleichsgewässern? Enthält die Gemeinschaft alle wichtigen Entwicklungsstadien (z.B. Insektenlarven, Jungfische) der Organismen? Übereinstimmungen oder Abweichungen vom Referenzzustand (der in unbelasteten Gewässern vorliegt) zeigen den Ökologischen Zustand eines Gewässers an, der gemäß WRRL mindestens „gut“ sein sollte (Tab. 1).

Tab. 1: Einteilung der Ökologischen Zustände der Gewässer nach WRRL	Ökologische Zustandsklasse	Farbe	Ökologischer Zustand
	1	blau	sehr gut
	2	grün	gut
	3	gelb	mäßig
	4	orange	unbefriedigend
	5	rot	schlecht

Abb. 1: Kieselalgen: mikroskopisch klein, aber fein! (Bild: C. Schranz)



Abb. 1

Abb. 2: Die Schwanenblume (Butomus umbellatus) hebt ihre Blüten über die Wasseroberfläche, wächst aber auch untergetaucht im Gewässer. (Bild: P. Meilinger)



Abb. 2

Abb. 3: Die Köcherfliegenlarve (Fam. Goeridae) baut sich ein Gehäuse aus Steinchen (Bild: LfW)



Abb. 3

Abb. 4: Für die biologischen Untersuchungen arbeiten viele Spezialisten zusammen. Sie haben die neuen Methoden genau unter die „Lupe“ genommen! (Bild: O. König, WWA Krumbach)



Abb. 4



Bayerischer Praxistest „Ökologische Gewässerbewertung“

Für die Untersuchung und Bewertung all dieser Organismengruppen wurden speziell für die WRRL bundesweit neue Verfahren entwickelt. Im Projekt „Praxistest Ökologische Gewässerbewertung zur Umsetzung der EU-WRRL in Bayern“, werden die neuen Verfahren auf Herz und Nieren geprüft und die Mitarbeiter der bayerischen Wasserbehörden fit für die neuen Herausforderungen gemacht. An über 90 Fließgewässer-Probestellen und 15 Seen in Bayern

wurden in den Jahren 2003/2004 die neuen Methoden geübt und auf ihre Tauglichkeit für die Praxis getestet. Ergebnisse des Praxistests sind nun einerseits viele wichtige Anregungen für die Verfeinerung und Weiterentwicklung der Verfahren und andererseits auch ein erster Überblick über den Ökologischen Zustand bayerischer Gewässer im Sinne der WRRL, wie z.B. für die Lauterach (Abb. 5). Ab dem Jahr 2007 kommen die Methoden flächendeckend in ganz Bayern zum Einsatz.

Abb. 5: Die Lauterach (Oberpfalz) wurde im Rahmen des Praxistest WRRL Bayern untersucht (Bild: J. Wehera, WWA Amberg)

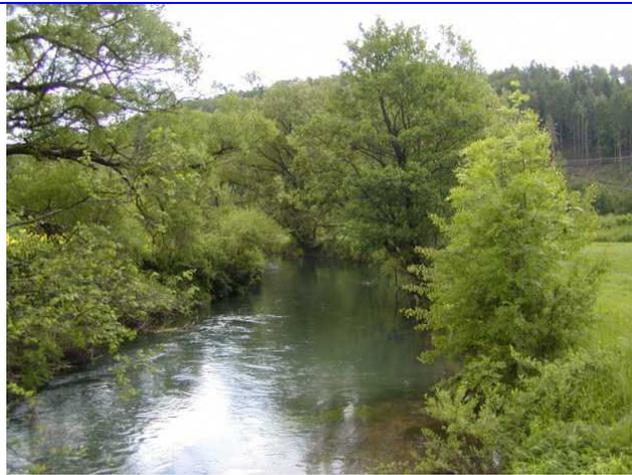


Abb. 5

Tab. 2: Ökologische Bewertung der Lauterach gemäß WRRL (Begriffserläuterungen siehe Text)	Organismengruppe	Ökologischer Zustand	Gesamtbewertung nach WRRL
	Phytoplankton	(nicht relevant)	gut
	Makrophyten & Phytobenthos	gut	
	Makrozoobenthos	gut	
	Fische	sehr gut	

Für die Gesamtbewertung eines Gewässers werden die ökologischen Zustandsklassen aller Organismengruppen (Phytoplankton = freischwebende Algen, Makrophyten = Wasserpflanzen & Phytobenthos = am Substrat verankerte Algen, Makrozoobenthos = Wirbellose Gewässertiere und Fische) einander gegenübergestellt (Tab. 2). Das schlechteste Bewertungsergebnis bestimmt die Gesamtbewertung der Probestelle. Damit ist sichergestellt, dass alle negativen Einflüsse auf das Gewässer (wie z.B. Verschmutzung mit Abwässern oder Düngemitteln, Versauerung oder strukturelle Defizite) erfasst werden.

Erreicht der Ökologische Zustand die Klasse 1 oder 2, ist das Gewässer gemäß WRRL in Ordnung und muss nur gegen eine Verschlechterung geschützt werden. Die Klassen 3, 4 und 5 zeigen dagegen Handlungsbedarf an, d.h. hier müssen Maßnahmen für die Verbesserung des Gewässerzustandes ergriffen werden.

Diese Untersuchungen, der Schutz unserer Gewässer vor Verschlechterung des ökologischen Zustandes und auch Maßnahmen, die zur Erreichung des Ziels „mindestens guter ökologischer Zustand“ führen, sind nicht nur für die Wasserwirtschaft, sondern für uns alle eine wichtige Aufgabe für die Zukunft!



Das Jahr 2004 im Intensivmessgebiet Lehstenbach, Fichtelgebirge

In Bayern betreibt der Gewässerkundliche Dienst mehrere hydrologische Intensivmessgebiete. Als Quellbach der Eger entwässert der Lehstenbach ein 4,2 km² großes, bewaldetes Einzugsgebiet im granitischen Fichtelgebirge. Das Gebiet ist typisch für wasserwirtschaftliche Fragen der nordost-bayerischen Grundgebirgsregion und repräsentiert insbesondere die Folgen der Luftverschmutzung im ehemals hoch belasteten „Schwarzen Dreieck“.

Das Hydrologische Jahr 2004 (1.11.2003 - 31.10.2004) war im nördlichen Fichtelgebirge wie bereits im Jahr davor (Jahrhundertsummer !) zu trocken. Immerhin erreichten die Niederschläge 95 % des langjährigen Mittels (s. Tab.). Der Gebietsabfluss lag dage-

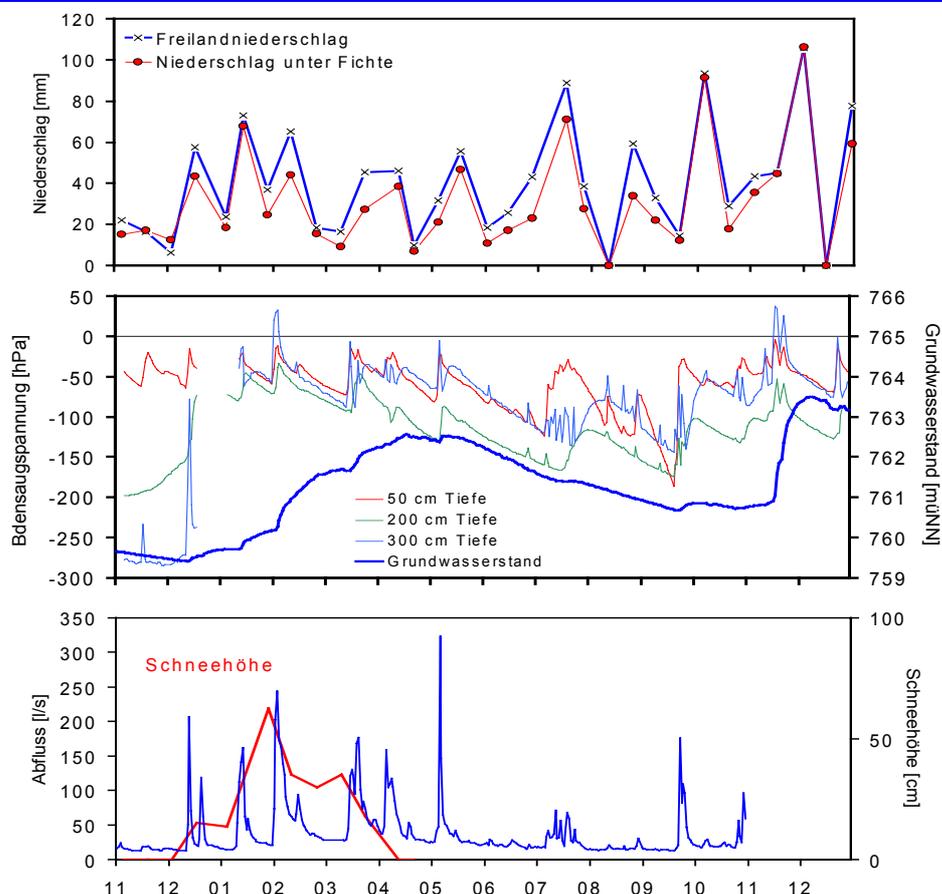
gen bei nur noch 60 %, die für die Grundwasserneubildung maßgebliche Sickerwasserrate unterhalb der Wurzelzone bei 74 % des langjährigen Mittelwertes. Welche Vorgänge begleiten diesen ausgeprägten Wassermangel ?

Wasserhaushalt im Einzugsgebiet Lehstenbach [mm]

	Nieder-schlag	Abfluss	Unterschieds-höhe	Sickerwas-serrate
2004	967	279	688	409
88-03	1019	467	552	553

Bis Dezember 2003 war das Gebiet weitgehend ausgetrocknet. Erst wenn sich der Oberboden vollständig mit Wasser sättigt, wie Anfang Februar und Mitte November 2004 beobachtet (positive Bodensaugspannung), wird neben der Grundwasserneubildung auch kräftiger hangparalleler Abfluss ausgelöst (Abb. 1). Ein Teil der Niederschläge blieb jedoch von Dezember bis April in der anhaltenden Schneedecke gebunden.

Abb. 1:
Beobachtung des Wasserhaushaltes im Jahr 2004, Einzugsgebiet Lehstenbach

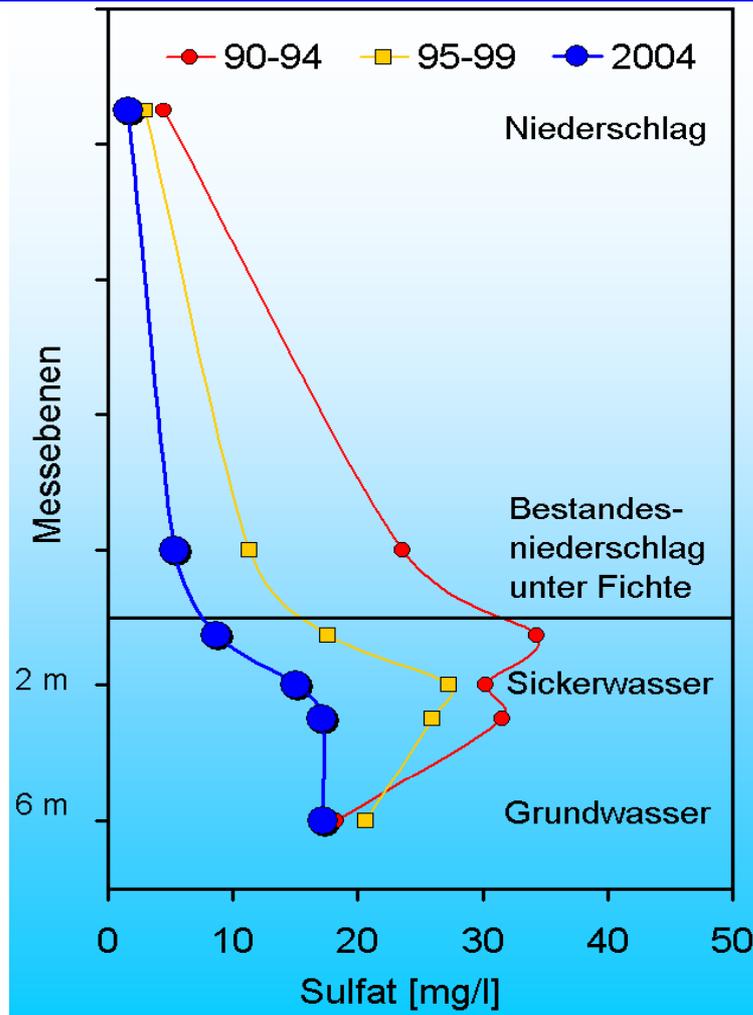




Einmalig im Mai führten Starkniederschläge zu dem gebietstypischen Phänomen, dass Bodenwasser aus den bachnahen anmoorigen Bereichen sehr schnell in den Bach gedrückt wurde. Dabei wurde eine kurzfristige Abflussspitze von mehreren 100 l/s erzeugt.

Die bis zum Herbst anhaltende Bodenaustrocknung trug zum bisher niedrigsten im Jahresmittel gemessenen Grundwasserstand bei. Der langjährige mittlere Grundwasserstand 1987-2004 liegt fast 1 m höher.

Abb. 2
Rückgang der
Gewässerversauerung
im Messprofil

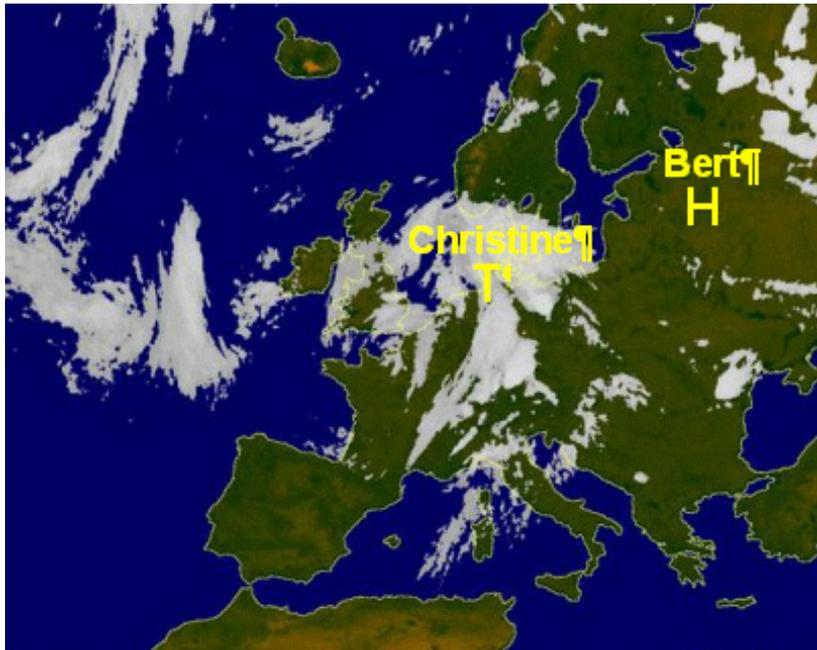


Granit und Granitzersatz bilden den Untergrund des Einzugsgebietes. Infolge sehr hoher Schwefelsäureeinträge in diese pufferschwachen Substrate wurden die Böden tiefgründig und die Gewässer intensiv versauert. Inzwischen macht sich der massive Rückgang der Niederschlagsbelastungen im Sickerwasser sehr **deutlich** bemerkbar. 2004 lagen die mittleren Sulfatkonzentrationen auf 3 m beobachteter Sickerstrecke erstmals unter 20 mg/l (Abb. 2). Dagegen ist das Grundwasser unverändert als „stark versauert“ einzustufen. Dies ist auch eine Folge der jetzt zuneh-

menden Freisetzung von Restschwefel im tieferen Sickerraum, ergänzt durch die ebenfalls versauernd wirkende atmosphärische Stickstoffbelastung. Generell wird dadurch die Wiedererholung des Grundwassers, aber auch der in Verbindung stehenden quellnahen Fließgewässer verzögert. Prognosen zur Wiedererholung des Grundwassers liegen im Bereich von mehreren Jahrzehnten. Betroffene Wasserversorger sind hierauf weitgehend aufbereitungstechnisch vorbereitet.

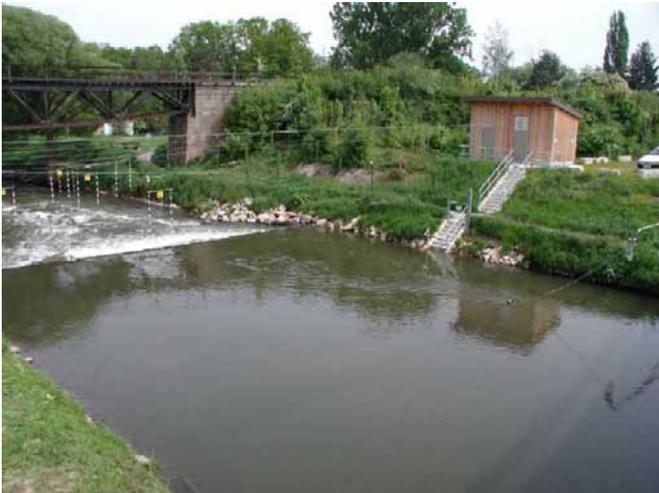


Gewässerkunde in Bildern



Infrarot-Satellitenbild vom 08.07.2004, 17:30 Uhr. Am Frontensystem des Sturmtiefs "Christine" kommt es zu kräftigen Gewittern, Starkregen (um 40 mm in 24h) und Hagel (Korngrößen bis zu 7 cm).





Pegel Neumühle/Rednitz WWA Nürnberg
Neubau der Seilkrananlage



Pegel Mönchröden/Röden WWA Hof 24.05.2004



Abflussmessung mit einem Messflügel und dem
Messwagen des WWA Landshut



Pegel Reißbachklamm/Reißbach WWA Weilheim



Biologische Probenahme an der Wertach



Vergleichsuntersuchung zur biologischen Gewässer-
gütebewertung (Bild: O. König, WWA Krumbach)



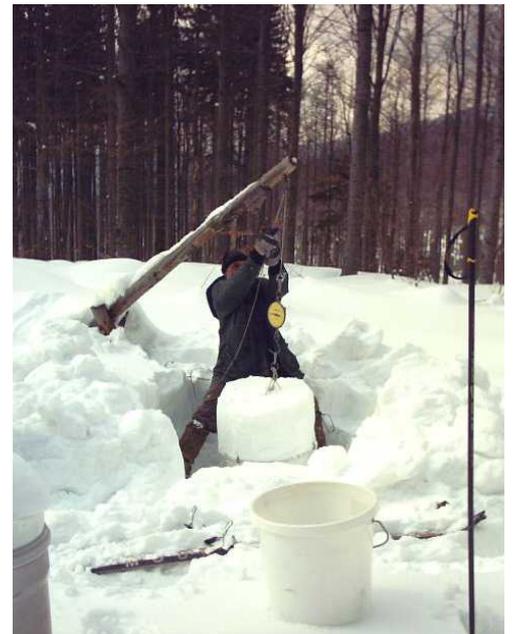
Beobachtung von Niederschlag und Bodensickerwasser in der Münchner Schotterebene (Ebersberger Forst)



Sammelkasten zur Gewinnung von Bodensickerwasser im winterlichen Fichtelgebirge



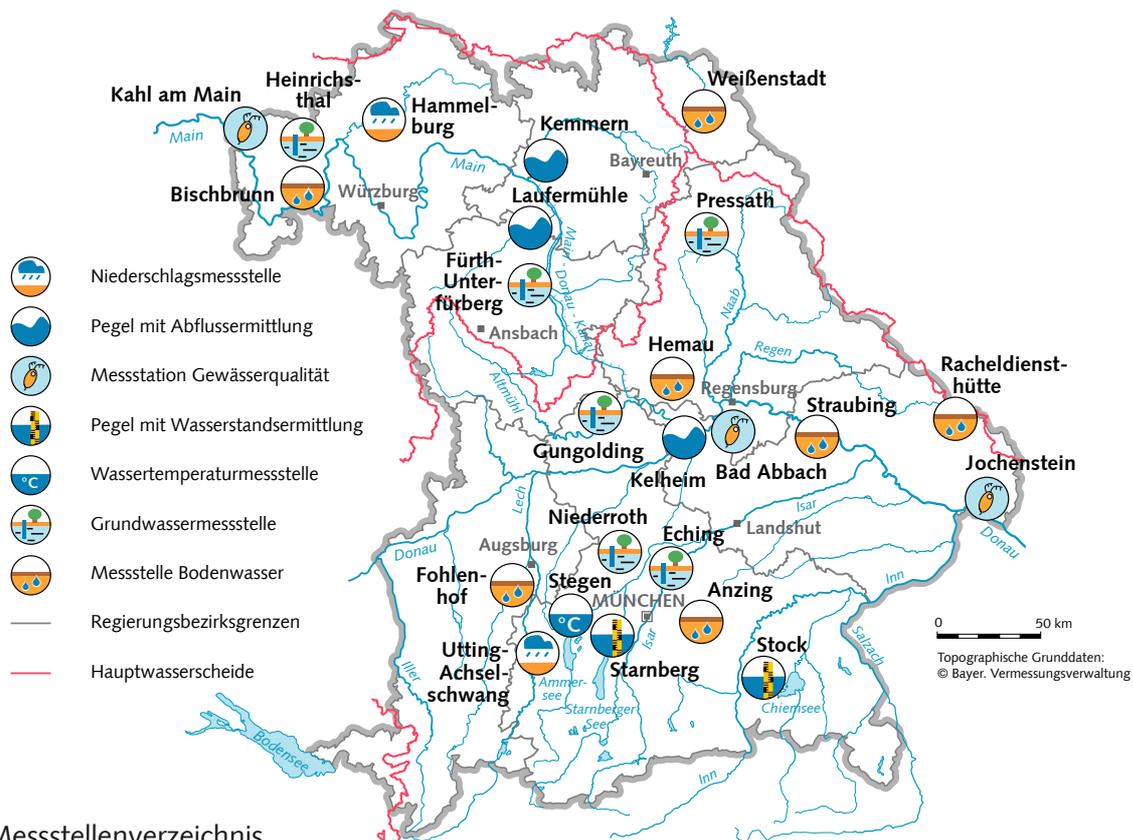
Gewinnung von Bodensickerwasser vom Messschacht unter einer Ackerfläche bei Straubing



Erfassung von Schneeniederschlag im Bayerischen Wald.
(Bild: L. Höcker, Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald)

Standorte ausgewählter Messstellen

- Nach Anklicken eines Messstellensymbols wird der Detailbericht gezeigt -



Messstellenverzeichnis

Messgröße	Messstation	Regierungsbezirk	Landkreis	Lage *)
Niederschlag	Hammelburg	Unterfranken	Bad Kissingen	220 m ü. NN
Niederschlag	Utting-Achselschwang	Oberbayern	Landsberg a. Lech	591 m ü. NN
Abfluss	Kelheim/Donau	Niederbayern	Kelheim	2.415 km
Abfluss	Kemmern/Main	Oberfranken	Bamberg	400 km
Abfluss	Laufermühle/Aisch	Oberfranken	Forchheim	14 km
Gewässerqualität	Kahl am Main	Unterfranken	Aschaffenburg	67 km
Gewässerqualität	Bad Abbach/Donau	Niederbayern	Kelheim	2.397 km
Gewässerqualität	Jochenstein/Donau	Niederbayern	Passau	2.200 km
Wasserstand	Starnberg/Starnberger See	Oberbayern	Starnberg	584 m ü. NN
Wasserstand	Stock/Chiemsee	Oberbayern	Rosenheim	517 m ü. NN
Wassertemperatur	Stegen/Ammersee	Oberbayern	Landsberg a. Lech	532 m ü. NN
Grundwasserstand	Heinrichsthal/BO A	Unterfranken	Main-Spessart	338 m ü. NN
Grundwasserstand	Fürth-Unterfürberg B2	Mittelfranken	Fürth	293 m ü. NN
Grundwasserstand	Pressath/Bürgerwald II 980	Oberpfalz	Neustadt a.d. Waldnaab	443 m ü. NN
Grundwasserstand	Gungolding	Oberbayern	Eichstätt	375 m ü. NN
Grundwasserstand	Niederroth T 7f	Oberbayern	Dachau	475 m ü. NN
Grundwasserstand	Eching 275D	Oberbayern	Freising	464 m ü. NN
Bodenwasser	Bischbrunn/Hochspessart	Unterfranken	Main-Spessart	430 m ü. NN
Bodenwasser	Weißentadt/Fichtelgebirge	Oberfranken	Hof	770 m ü. NN
Bodenwasser	Fohlenhof/Nördl. Lechfeld	Schwaben	Aichach-Friedberg	522 m ü. NN
Bodenwasser	Hemau/Südl. Frankenalb	Oberpfalz	Regensburg	490 m ü. NN
Bodenwasser	Straubing/Donau Gäuboden	Niederbayern	Stadt Straubing	339 m ü. NN
Bodenwasser	Racheldiensthütte/Nationalpark Bayerischer Wald	Niederbayern	Freyung-Grafenau	970 m ü. NN
Bodenwasser	Anzing/Münchener Schotterebene	Oberbayern	Ebersberg	523 m ü. NN

*) entweder Stationshöhe in m ü. NN oder Entfernung von der Mündung in km

Verzeichnis der 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 Sensor-niveaus 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 ²)	Q	Abfluss in m ³ /s
h_s	Höhe der Gesamtschneedecke [cm]	Sauerstoff O ₂	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_w	Wassertemperatur in °C
Leitfähigkeit in $\mu\text{S/cm}$	Die spezifische elektrische Leitfähigkeit hängt sehr stark vom Abflussgeschehen ab.	$T_w\text{-TagMit}$	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		