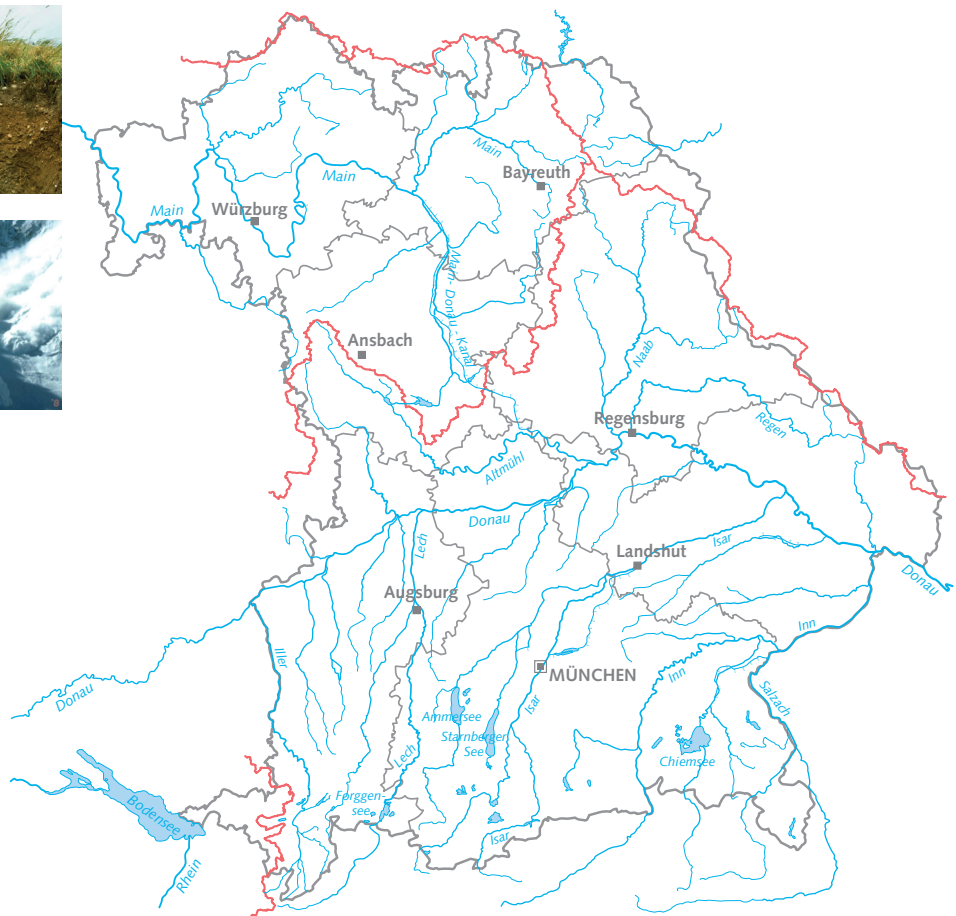
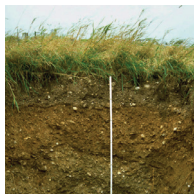
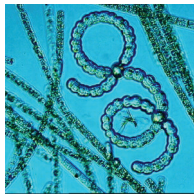




Wasser in Bayern

Gewässerkundlicher Jahresbericht
für Bayern
2006



Inhaltsverzeichnis

Erläuterungen und Vorbemerkungen zum
Gewässerkundlichen Jahresbericht

Zusammenfassung

Witterung



Niederschläge

Fließgewässer



Abflüsse



Hochwasser



Gewässerqualität

Seen



Wasserstände



Gewässerqualität

Grund- und Bodenwasser



Grundwasserstände



Beschaffenheit



Bodenfeuchte

Sonderthemen

Klimaveränderung

EU-Wasserrahmenrichtlinie

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

Gewässerkundliches Informationssystem
<http://www.bayern.de/lfw/technik/gkd/>
Herausgeber ist das Bayerische Landesamt
für Umwelt, Dienstort Hof, Hans-Högn-Str.
12, 95030 Hof

Bei evtl. Fragen wenden sie sich bitte an
Birgit.Wolf@lfu.bayern.de



Jahresbericht 2006 – Gewässerkundlicher Dienst

Zusammenfassung

Gewässerkunde im Jahresverlauf

Ein Wechselbad der Gefühle – so kann das Jahr 2006 kurz umrissen werden.

Zu Beginn frostig kalt, bildete sich auf vielen Flüssen und Seen eine Eisdecke - durch anhaltenden Bodenfrost konnte sich kein Sickerwasser bilden. Starke Schneefälle Anfang **Januar, Februar** und **März** wechselten sich mit ausgeprägten Schnee schmelzen ab. Letztere riefen Hochwasser und deutlich erhöhte Ammoniumwerte in den Flüssen hervor.



Abbildung 1 Das Dach einer Gewerbehalle ist durch Schneemassen eingedrückt worden

Ab **Februar** führte das Wasserdargebot auch bei den Grundwasserständen nach einer langen Stagnationsphase zu einem allmählichen Anstieg. In den sehr nassen Monaten **März / April** stiegen die Pegel an Flüssen und Seen. Starkregen-Niederschläge führten zu Hochwassern. Unter diesen Bedingungen konnte sich in vielen Regionen erstmals in diesem Jahr wieder in größerem Umfang Sickerwasser bilden, das auch der Grundwasser neubildung diene. Der langjährige mittlere Grundwasserstand konnte so an vielen Messstellen wieder überschritten werden.

Im **Juni** drehten sich die Verhältnisse: es gab eine erste Trockenperiode mit nur einzelnen Gewittern

und es wurde deutlich wärmer. Der **Juli** zeigte sich trocken und vor allem markant zu warm.



Abbildung 2 Das fast ausgetrocknete Flussbett der Dreisam

Die Seen erreichten Rekordwassertemperaturen. Auch die Bodentemperatur lag nahe der des Jahrhundertssommers 2003. In Fließgewässern sanken die Sauerstoffgehalte, größere Fischsterben wurden jedoch nicht beobachtet. Lediglich Gewässer mit Vorschädigung zeigten Beeinträchtigungen.

Einen weiteren jähen Umschwung brachte der **August**, der kühl und feucht ausfiel. Die Abflüsse stiegen über den monatlichen Durchschnitt. An den Seen wurden die mittleren Hochwasserstände für den Monat überschritten.

Der Rest des Jahres war wiederum deutlich zu warm und sehr trocken. Starkregen-Niederschläge im Fichtelgebirge und nachfolgendes Hochwasser mit Meldestufe 4 stellten nur lokale Phänomene dar. Die Wasserbilanz kehrte sich ins Negative um, sinkende Pegel, Austrocknung der Böden, fallende Grundwasserstände waren weit verbreitet. Am Ende des Jahres lag in etwa die gleiche Ausgangssituation wie im Vorjahres-Dezember vor.

Die Niederschlagssummen lassen den wechselvollen Verlauf des Jahres 2006 nicht erkennen: sie entsprechen fast exakt dem langjährigen Mittel der letzten 30 Jahre. Eine deutliche Tendenz zeigen jedoch die Temperaturen von Luft, Wasser und Boden. Der Vorjahrestrend mit insgesamt sehr warmen Monaten setzte sich fort, teilweise wurden Höchstwerte erreicht. Auch die häufigen Trockenperioden und heftigen Starkregenereignisse wiederholten sich. Derartige Beobachtungen lassen die

Frage nach signifikanten Trends und einem eventuellen Zusammenhang zu Klimaveränderungen aufkommen. Die Entwicklung der Hochwasserwahrscheinlichkeiten wurde dahingehend untersucht. Die Ergebnisse werden im **Sonderthema 1** vorgestellt.

Bei der Überwachung der Gewässerqualität spielen neben witterungsabhängigen Prozessen, Beeinträchtigungen durch stoffliche Einträge und hydro-morphologische Prozesse eine Rolle. Nährstoffbelastungen sind in Flüssen, Seen, Sickerwasser und Grundwasser relevant. Eine signifikante Verbesserung ist in 2006 nicht festzustellen. Auch Pflanzenschutzmittel werden weiterhin in allen Kompartimenten nachgewiesen. Neu ins Blickfeld rückten Verunreinigungen der Gewässer im Einflusssbereich von Biogasanlagen.

Ausgelöst durch neue europäische Vorgaben, wird sich die Überwachung der Gewässerqualität von Flüssen, Seen und dem Grundwasser ab 2007 deutlich verändern. Anforderungen, Überwachungskonzepte und Vorarbeiten hierzu werden im **Sonderthema 2** vorgestellt.

Die Komponenten des Wasserhaushaltes im Einzelnen

Das Jahr 2006 war in Bayern im langjährigen Vergleich deutlich zu warm, womit sich der Vorjahrestrend weiter fortsetzte. Im Juli wurde sogar eine markante Abweichung der Temperatur mit einer Überschreitung des Mittelwertes von mehr als 4 Grad Celsius sowohl in Nord- als auch in Südbayern verzeichnet. Verglichen mit dem langjährigen Mittel der Niederschläge war es in beiden Gebieten etwas zu trocken.

Das **Abfluss**geschehen der bayerischen Gewässer wies im Jahresverlauf große Unterschiede auf. Als Folge der großen Schneemassen im Winter 2005/06 kam es im Frühjahr in ganz Bayern zu einem deutlichen Wasserüberschuss. Erst ab Juni normalisierten sich die Verhältnisse wieder und durch die heißen Temperaturen im Juli kehrte sich der Trend schließlich um, so dass bis zum Jahresende Niedrigwasserwerte erreicht wurden.

Durch Einsetzen des Tauwetters und lang anhaltende, ergiebige Niederschläge trat Mitte Februar im südlichen Donauvorland und im Nordwesten Bayerns das erste **Hochwasser** des Jahres auf. Im März kam es, ebenfalls auf Grund von Tauwetterlagen und Starkregen, zu zwei weiteren Hochwasserereignissen. Zwischen 8. und 10. März waren erneut die Gebiete des Februarhochwassers und zusätzlich die Donau betroffen, bei dem Ereignis Ende des Monats der Osten und Norden

Bayerns, wobei örtlich die höchste Meldestufe 4 überschritten wurde.

Ende Mai ereignete sich im Einzugsgebiet des Weißen und Roten Mains ein weiteres größeres Hochwasser, Pegelstände mit Jährlichkeiten von über 100 Jahren wurden erreicht. Beim letzten Hochwasserereignis des Jahres im September, kam es durch Starkniederschläge im Bereich des Fichtelgebirges zu starken lokalen Überflutungen, zum Teil ebenfalls mit Überschreiten der höchsten Meldestufe.

Trotz der außerordentlich hohen Wassertemperaturen, die sich im Juli einstellten, wurden 2006 bei der **Qualität der Fließgewässer** keine extremen Sauerstoffgehalte oder Fischsterben verzeichnet. Allerdings zeigten sich in wasserarmen Regionen dennoch Beeinträchtigungen wie z.B. an der Altmühl. Ebenfalls witterungsbedingt, auf Grund des ungewöhnlich schneereichen, kalten Frühjahrs, wurden im Februar/März deutlich erhöhte Ammoniumwerte gemessen, die aber größtenteils unter den Zielvorgaben der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) lagen. Bei den Stofffrachten konnten 2006 trotz Maßnahmen zur Nährstoffreduzierung noch keine Verbesserungen festgestellt werden. Die Belastung der Gewässer mit Schadstoffen war im Allgemeinen gering, es traten jedoch für einige Substanzen regional erhöhte Werte wie z.B. an der Alz auf. Verbreitet wurden außerdem dauerhafte Belastungen von Arzneimittelwirkstoffen festgestellt, deren Auswirkungen auf Gewässerorganismen jedoch erst noch genauer untersucht werden müssen. Ein Untersuchungsschwerpunkt lag 2006 auf Pflanzenschutzmitteln: in kleineren Gewässern und intensiv landwirtschaftlich genutzten Regionen wurden erhöhte Belastungen, teilweise mit Überschreitung der Qualitätsnormen festgestellt. Im Zusammenhang mit Biogasanlagen traten auch 2006 wieder vermehrt Schadensfälle mit Gewässerverunreinigungen auf.

Die **Wassertemperatur** der Seen – dargestellt am Beispiel des Ammersees - lag 2006 um 0,7 Grad Celsius über dem langjährigen Mittelwert. Im heißen Juli wurden Rekordwassertemperaturen von bis zu 28 Grad Celsius gemessen. Nach dem extremen Wetterwechsel Anfang August fielen diese jedoch in kürzester Zeit um bis zu 8 Grad Celsius. Trotz der hohen Temperaturen im Sommer 2006 wurden bei der **Qualität der Seen** keine Auffälligkeiten oder extremen Güteverhältnisse verzeichnet. Die Trophiebedingungen waren ähnlich der Vorjahre.

Auf Grund unterdurchschnittlicher Niederschläge im Herbst 2005 und niedriger Neubildungsrate im

Winter 2005/2006 waren die **Grundwasserstände** Anfang des Jahres bereits relativ niedrig. Erst im Frühjahr nach Einsetzen der Schneeschmelze fand eine Trendumkehr statt, die sich ab April auch auf tiefere Grundwasserleiter erstreckte. Über die Sommermonate sanken die Grundwasserstände, mit kurzer Erholung im August, wieder ab und durch den anschließenden trockenen Herbst lagen sie Ende des Jahres fast überall zwar im Bereich des Vorjahres, und damit unterhalb der langjährigen Mittelwerte.

Bezüglich der **Grundwasserbeschaffenheit** war auch 2006 die Auswaschung von Nitrat und Pflanzenschutzmitteln aus landwirtschaftlichen Flächen ein wichtiges Überwachungsthema. Über die Trinkwasserverordnung und die EU-Wasserrahmenrichtlinie ist für Nitrat der Grenzwert 50 mg/l vorgegeben, der an einigen Messstellen noch überschritten wurde. Durchschnittlich haben sich die Nitratgehalte im Grundwasser in den letzten 12 Jahren wenig verändert. Die Konzentrationen des Pflanzenschutzmittels Atrazin und seines Abbauproduktes Desethylatrazin sind 2006 weiter gesunken, trotzdem liegen noch mehrere Messstellen über dem Grenzwert von 0,1 µg/l.

Die Entwicklung der **Bodenfeuchte** im Jahresverlauf 2006 war stark abhängig von der jeweiligen Nutzung und Bodenart. Auf einem ackerbaulich genutzten Lehmstandort im Donautal wurden auf Grund des trockenen Winters 2005/06 und dem zu trockenen Herbst 2006 ausreichende Feuchtwerte mit Sickerwasserbildung nur während einer kurzen Phase im März/April gemessen. Im Vergleich dazu war der Boden auf einem Waldstandort im Bayerischen Wald bis auf zwei intensive Trockenphasen im heißen Juli und im Herbst weitgehend feucht. Die im Sickerwasser gemessenen Nitratkonzentrationen hängen ebenfalls sehr von der Landnutzung ab: die Messwerte reichten von 0 mg/l unter Buchenwald bis 70 mg/l unter Weizen. Hohe Nitratkonzentrationen bei gleichzeitig stattfindender Grundwasserneubildung können – wie im Frühjahr 2006 – im Grundwasser erhebliche Nitratbelastungen verursachen.



Fließgewässer

Abflüsse

Das **Jahr 2006** war aus gewässerkundlicher Sicht ein sehr interessantes Jahr.

Die großen Schneemassen des Winters 2005/2006 sorgten gerade im Frühjahr in ganz Bayern für einen deutlichen Wasserüberschuss. Erst ab Juni normalisierten sich die Verhältnisse ehe sich dann die Bilanz zum Jahresende hin in einen Wassermangel umkehrte. Ungewöhnlich war auch, dass sich die großen bayerischen Flussgebiete Donau und Main in der Tendenz kaum unterschieden.

Nordbayern:

Im **Januar** wirkten sich die Niederschläge zu Beginn des Monats und in der Zeit vom 20. bis 23. nur kurzfristig auf die Wasserführung aus. Für wenige Tage wurden die mittleren Abflüsse überschritten.

Der **Februar** lag zunächst deutlich unter dem Durchschnitt. Bis Mitte des Monats bewegten sich die Abflüsse meist im Bereich der mittleren Niedrigstabflüsse für diesen Monat (MNQ). Vom 16. bis 20. kamen Niederschlag und Schneeschmelze zusammen. In dieser kurzen Zeit wurden höhere Abflüsse ermittelt.

Der **März** war von zwei Hochwasserereignissen und einem starken Wasserüberschuss geprägt.

Schneeschmelze und Regen ließen die Pegelstände ab dem 9. rasch ansteigen und führten in ganz Franken zu Hochwasser. Die Überschwemmungen gingen weit über die üblichen Frühjahrshochwasser hinaus. Bis zum 25. blieben die Abflüsse deutlich über dem Soll.

Das zweite Hochwasser begann am 25. März und dauerte bis in den **April** hinein. Betroffen waren vor allem das obere Maingebiet sowie die Pegnitz, die Sächsische Saale, die Eger und die Wondreb. Dabei wurden die mittleren Hochwasserabflüsse (MHQ) für den März überschritten.

Die ablaufende Hochwasserwelle führte auch im April zu einem gewaltigen Monatsplus. Es floss doppelt so viel ab wie in einem durchschnittlichen April (z.B. Kemmern / Main 2006 = 122 m³/s, 1924 – 2005 = 60 m³/s).

Diese Tendenz setzte sich im **Mai** weiter fort. So bewegten sich die Abflüsse bis zum 26. Mai im Bereich der mittleren Abflüsse (MQ). Dann stiegen die Wasserstände vor allem in Ober- und Unterfranken schnell an und blieben bis zum Monatsende auf hohem Niveau. Dabei wurden an fast allen Pegeln die mittleren Hochwasserabflüsse für den Mai (MHQ_{Mai}) überschritten.

Besonders hervorzuheben ist das Ereignis am 28. Mai im Gebiet des Roten und Weißen Mains und im bayerischen Egergebiet. Hier wurden die seit Jahrzehnten gemessenen Höchstabflüsse (HQ) zum Teil erheblich überschritten.

Der **Juni** 2006 verlief ebenso untypisch. Er brachte etwa doppelt so viel Abfluss wie im langjährigen Monatsmittel (MQ_{Juni}). Dies ist nicht so sehr einem Regenüberschuss zuzuschreiben, als vielmehr den sehr hohen Ausgangswerten zu Beginn des Monats.

Erst durch die lange Trockenperiode und hohen Temperaturen im **Juli**, mit sehr hohen Verdunstungsraten, kehrte sich der Trend um.

Kurze lokale Regenfälle ließen manchen Fluss kurzzeitig anschwellen, überörtlich blieb aber die Wirkung aus. Einige wenige Messstellen lieferten am Ende des Monats Abflüsse im Bereich des kritischen mittleren Niedrigwasserabflusses (MNQ). Dennoch blieb eine Niedrigwasserperiode aus. Die kühlere Witterung und die zahlreichen Niederschläge im **August** ließen die Pegelstände wieder deutlich steigen, sodass die Bilanz selbst im sonst sehr abflussschwachen Monat August ein kleines Plus verzeichnen konnte.

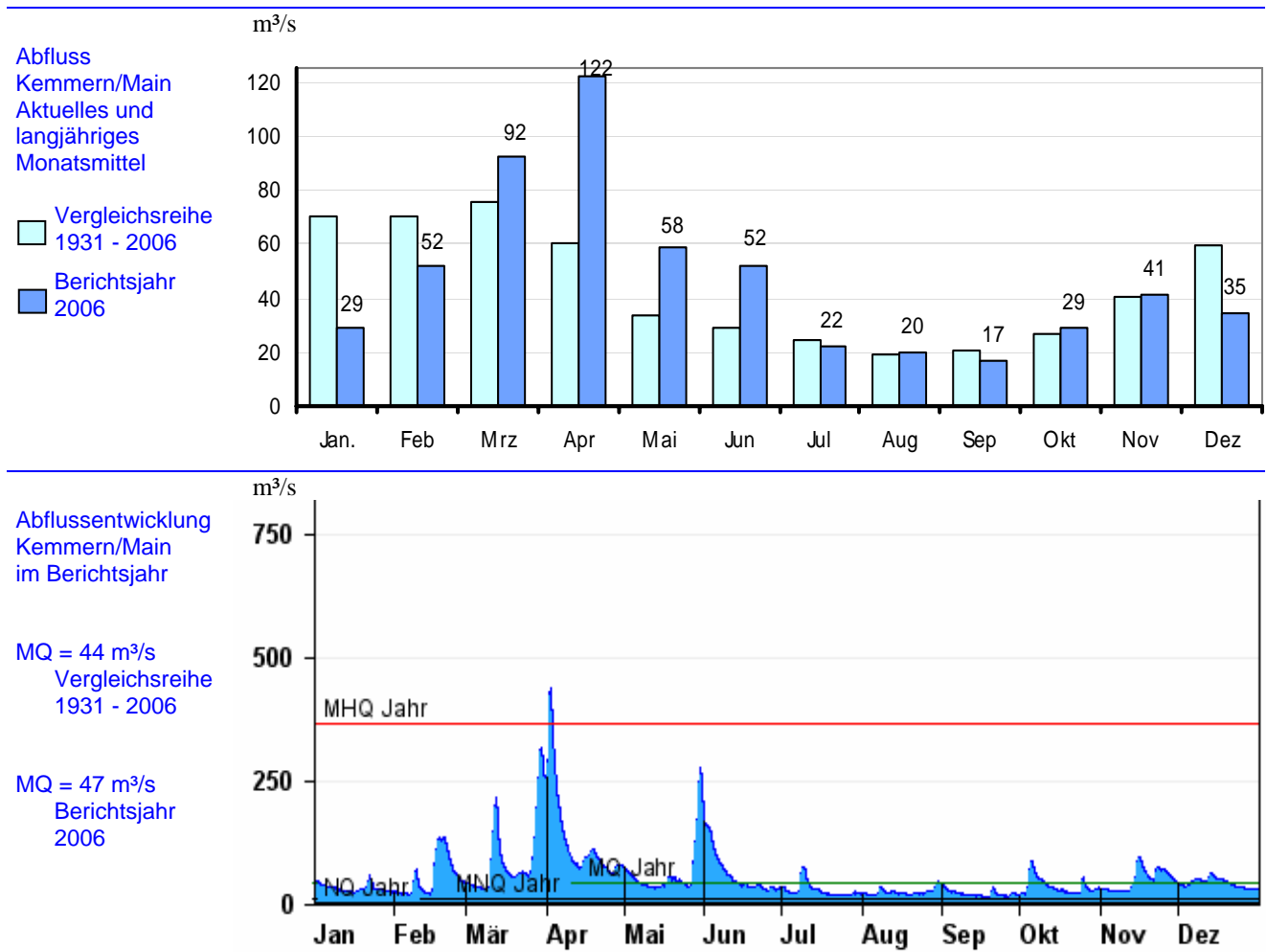
Aus gewässerkundlicher Sicht „normal“ verhielten sich der **September**, **Oktober** und **November**. Die Abflüsse an den Pegeln pendelten sich um die langjährigen Mittelwerte ein.



Kurzzeitige Schlechtwetterperioden führten jedoch nur zu einem sprunghaften Anstieg der Abflüsse und zu lokalen Überschwemmungen in Oberfranken.

Zeit unter dem langjährigen Jahresmittelwert. An vielen Pegeln wurden sogar die mittleren Niedrigwasserabflüsse erreicht bzw. leicht unterschritten.

Außergewöhnlich trocken ging das Jahr 2006 zu Ende. Im **Dezember** lagen die Abflüsse über lange





Südbayern:

In Folge der kühlen und trockenen Witterung im **Januar** und **Februar** stellte sich im Donaugebiet ein deutliches Abflussdefizit ein. Die Abflüsse lagen nur im Bereich der mittleren Niedrigstablüssen. Einige Pegel waren durch Eisbildung stark beeinträchtigt. Erst ab Mitte Februar stellte sich die Wetterlage um. Es wurde kurzfristig wärmer, mit zum Teil ergiebigen Niederschlägen und steigenden Abflüssen.

Nahezu alle Pegel zeigten im **März** einen deutlichen Wasserüberschuss mit zwei Hochwasserspitzen.

In Folge von Regen und Schneeschmelze kam es ab dem 9. März zu einem ersten Anstieg der Pegel. Besonders betroffen waren vor allem die kleineren Donauzuflüsse wie Günz, Mindel und Wörnitz. Die Paar am Pegel Manching erreichte einen neuen Höchstwert, der deutlich über dem bisherigen Hochwasser (HQ) lag.

Zum Monatsende stiegen die Pegel erneut an. Diese zweite Hochwasserwelle erreichte eine erhebliche Fülle (mit Spitzenwerten zum Teil über dem mittleren Hochwasser (MHQ)), die sich bis in den **April** fortsetzte. Eine weitere Hochwasserwelle im Bereich der Oberpfalz aber auch in den südlichen Donauzuflüssen folgte zur Monatsmitte. Die Niederschläge Ende des Monats zeigten wegen der bereits hohen Wasserstände und der Schneeschmelze in den Alpen ihre Wirkung. Dies summierte sich zu einem Abflussüberschuss, wie er seit vielen Jahren nicht mehr gemessen wurde.

Im **Mai** beruhigte sich dann die Situation langsam. Erst zum Ende des Monats stiegen die Wasserstände erheblich. An mehreren Gewässern des Allgäus, des Bayerischen Waldes und des Oberpfälzer Waldes gab es Hochwasser mit Überschreitung von Meldestufen. Besonders auffallend waren die hohen Abflüsse während des gesamten Monats aus dem Starnberger See (Würm) und dem Chiemsee (Alz).

Insgesamt gab es in Südbayern gegenüber den langjährigen Mittelwerten Abflussüberschüsse.

Eine ausgeglichene Bilanz zeigte der **Juni**. Zwar waren die Pegelstände am Monatsanfang noch

deutlich erhöht, begannen aber mit den steigenden Temperaturen langsam zu sinken. Dieser Trend setzte sich im **Juli** fort. Da insbesondere zu wenig Nachschub aus dem alpinen Raum kam und die vielen heißen Tage zu hohen Verdunstungen führten, gab es ein deutliches Defizit beim Abfluss. Örtlich wurden die fallenden Pegelstände nur durch kurze intensive Regenschauer unterbrochen. Ausgeprägtes Niedrigwasser wie beispielsweise im Sommer 2003 trat nicht auf.

Nach dem trockenen und heißen Juli folgte ein kühler **August** mit zwei größeren Niederschlagsereignissen. In den Oberläufen wurden sogar die Hochwassermeldestufen überschritten. Insgesamt lagen die Abflüsse im August über dem monatlichen Durchschnitt.

Langjährige Beobachtungen lassen bei den Flüssen im Donaugebiet für **September** nur geringe Abflüsse erwarten. Der September 2006 war, nach dem regenreichen August, ein nahezu ereignisloser Monat. Die Abflüsse pendelten um den üblichen Mittelwert des Monats, bevor sie dann im **Oktober** einen stetigen Abwärtstrend einschlugen. An manchen Messstellen lagen die Abflusswerte nahe an den mittleren Jahresniedrigwasserwerten (MNQ).

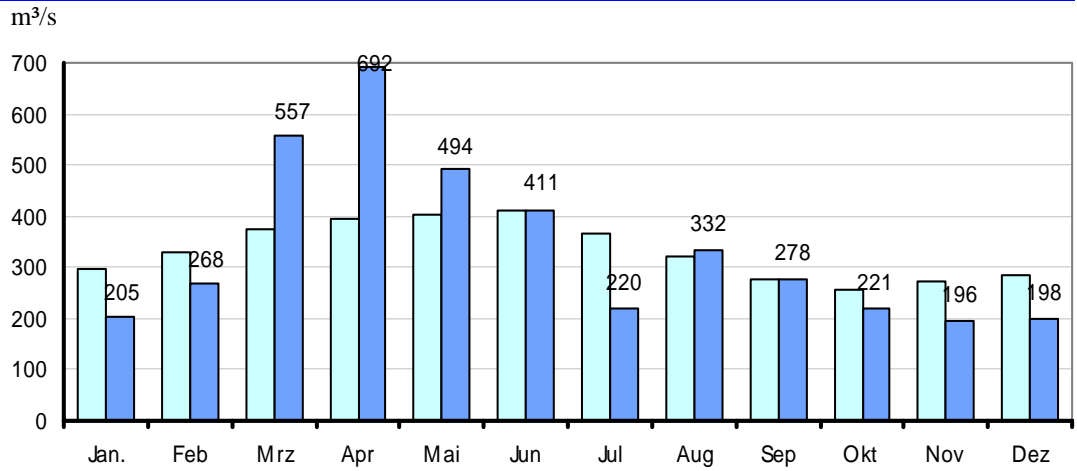
An dieser Situation änderte sich auch nichts in den beiden Folgemonaten. Die Abflüsse schwankten im **November** und **Dezember** um den langjährigen Niedrigwasserwert (MNQ).

Trotz der Trockenheit lagen die Wasserstände und Abflüsse aber nicht mehr im kritischen Bereich. Ausgesprochenes Niedrigwasser wurde an keinem Pegel gemessen.



Abfluss
Kelheim/Donau
Aktuelles und
langjähriges
Monatsmittel

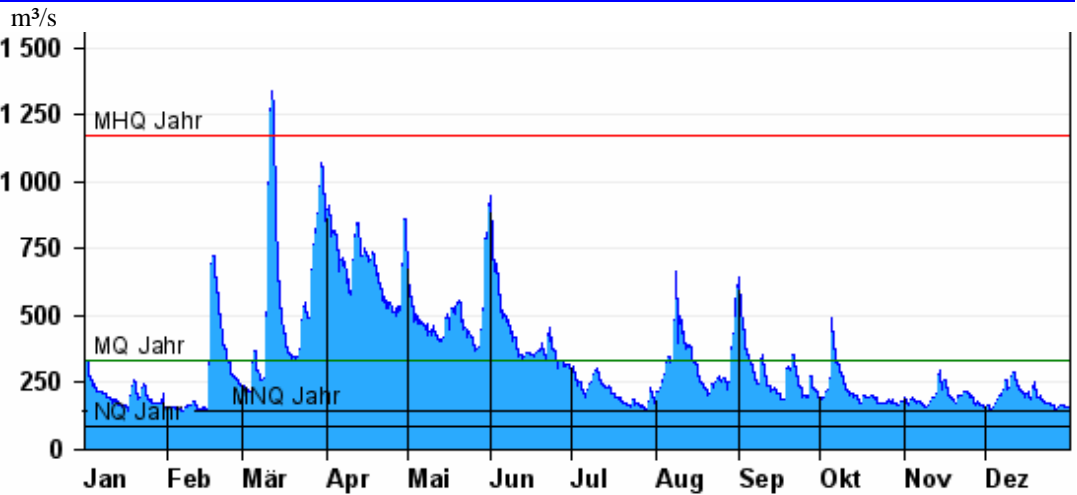
■ Vergleichsreihe
1924 - 2006
■ Berichtsjahr
2006



Abflussentwicklung
Kelheim/Donau
im Berichtsjahr

MQ = 332 m³/s
Vergleichsreihe
1924 - 2006

MQ = 338 m³/s
Berichtsjahr
2006





Fließgewässer

Hochwasser

Die Hochwasserereignisse des Jahres 2006 konzentrierten sich auf den Winter und insbesondere das Frühjahr. Hier führten Taufluten Mitte und Ende März zu den schadbringendsten Ereignissen des Jahres mit vielfachen Überschreitungen der Meldestufen 1 bis 3 und einigen Überschreitungen der höchsten Meldestufe 4. Die überwiegende Zahl der bayerischen Pegel erreichte während dieser Ereignisse auch ihre Jahreshöchststände.

Im **Januar** war bayernweit kein überörtliches Hochwasser zu verzeichnen.

Rekordschneehöhen, insbesondere in Ost- und Südostbayern, und die damit verbundene potenzielle Hochwassergefahr durch Taufluten erforderten im **Februar** und Anfang **März** die zusätzliche Herausgabe von „Informationen zur Hochwassergefahr“.

Ergiebige, langanhaltende Niederschläge und einsetzendes Tauwetter führten Mitte Februar im südlichen Donauvorland und im Nordwesten Bayerns zum ersten Hochwasser des Jahres. Betroffen waren die kleinen Flüsse im südlichen Donauvorland und in den Einzugsgebieten von Fränkischer Saale und Ilz. Ebenso traten die Gewässer der Frankenhöhe und die Flüsse Rednitz und Regnitz über die Ufer. Neben weiträumigen Überschreitungen der Meldestufe 1 und 2 wurde vereinzelt auch Meldestufen 3 und 4 erreicht. Die Jährlichkeiten lagen verbreitet bei ein bis zwei Jahren, an der Abens und der Glonn bei etwa fünf Jahren und im Unterlauf der Paar zwischen 10 und 20 Jahren.

Wie bereits im Vormonat traten auch im **März** zwei weitere Hochwasserereignisse aufgrund von Tauwetterlagen mit einhergehenden Regenfällen in Bayern auf (Abb. 1). So traf es zwischen 8. und 10.

März die Gebiete des Februarhochwassers erneut, zusätzlich jedoch auch noch die Donau, hier im Raum Kelheim bis Regensburg. Dabei wurde weiträumig Meldestufe 1 und 2, verbreitet Meldestufe 3 und örtlich auch die höchste Meldestufe 4 an der Rednitz, der Zusam, der unteren Paar und an der Donau in Kelheim erreicht.

Das zweite Märzereignis trat Ende des Monats im Osten und Norden Bayerns auf. Im Gegensatz zur Entstehung des Ersteren konnte hierbei ab dem 25. März besonders in den höheren Lagen ein tagesperiodisches, schmelzwasserbedingtes "Aufschaukeln" der Pegelstände beobachtet werden. Durch die starken Regenfälle am 31. ihre Höchstwerte erreichte. Neben den Einzugsgebieten des oberen Mains, der Fränkischen Saale und östlich der Regnitz waren vor allem die Schwarze Laber, die Naab, der Regen und die Ilz sowie die niederbayrische Vils betroffen. In der Folge führten auch Donau und Main Hochwasser. Verbreitet wurden die Meldestufen 1 und 2, örtlich die Meldestufe 3 sowie an der unteren Donau in Vilshofen und Passau die Meldestufe 4 überschritten. Der Hochwassernachrichtendienst publizierte während dieses Hochwassers insgesamt 24 Lageberichte.

Die statistischen Wiederkehrintervalle beider März-Hochwasser lagen meist bei ein bis fünf Jahren. Die höchsten Jährlichkeiten wurden beim ersten Ereignis am Unterlauf der Paar mit bis zu 50 Jahren sowie beim zweiten Ereignis an der Ilz mit etwa 20 Jahren erreicht.

Die hohen Wasserstände des zweiten Märzhochwassers zogen sich in Bayern bis in den **April** hinein. Zugleich führten im April Schneeschmelze und wiederholte ergiebige Regenfälle zwischen Österreich und dem Schwarzen Meer zu einem der stärksten Donau-Hochwasser der letzten Jahrzehnte. In Budapest erreichte die Donau den höchsten Wasserstand seit 120 Jahren. In Rumänien und Bulgarien wurden entlang der Donau weite Landstriche überschwemmt.



Eine äußerst niederschlagsintensive Periode mit rasch aufeinanderfolgenden Starkregenfällen in Nord- und Ostbayern verursachte Ende **Mai** im Einzugsgebiet des Weißen und Roten Mains ein größeres Hochwasser. Verbreitet wurde hier die Meldestufe 3, an einigen Pegeln auch die höchste Meldestufe 4 überschritten. An der Fränkischen Saale und der Itz, in den östlichen Zuflüssen zur Regnitz, im Einzugsgebiet der Naab, des Regen und der Ilz führten die Niederschläge zu einem kleineren bis mittleren Hochwasser. In den genannten Bereichen wurden weiträumig Meldestufe 1 bis 2, örtlich auch Meldestufe 3 und 4 erreicht. Im weiteren Verlauf kam es auch an der schiffbaren Donau zu Überschreitungen der Meldestufe 1 bis 2. Die Wiederkehrintervalle lagen im Mittel bei ein bis fünf Jahren. Insbesondere an den Pegeln im Einzugsgebiet des Weißen und Roten Mains traten jedoch auch Hochwasserspitzen auf, die deutlich seltener als alle 100 Jahre erreicht oder überschritten werden.

Der **Juni** und **Juli** waren infolge trockener Witterung hochwasserfrei.

Vom 6. bis 8. **August** führten Niederschläge am Alpenrand und in den Alpen vor allem im Osten Bayerns zu einem kleineren bis mittleren Hochwasser. An den Pegeln der kleineren Flüsse im

Einzugsgebiet der Iller, dem Lech, der Isar und der Mangfall kam es vereinzelt zu Hochwasser. Stärker betroffen waren die meisten Pegeln im Einzugsgebiet der Traun, der Tiroler Achen, der Saalach und der Salzach. Dabei wurde an einigen Pegeln Meldestufe 1 und 2 überschritten. Die Scheitelabflüsse erreichten Jährlichkeiten von bis zu 10, z.T. auch bis zu 20 Jahren.

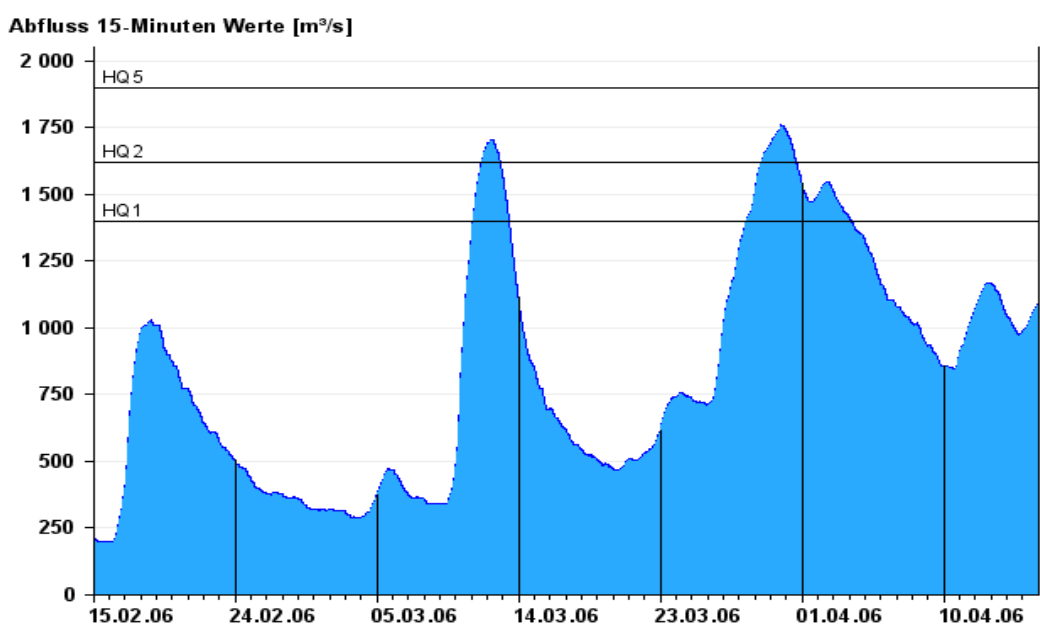
In der Nacht vom 18. zum 19. **September** verursachte Tief „Nora“ im Bereich des Fichtelgebirges Starkniederschläge, welche vor allem im Gebiet des Roten Mains lokal zu starken Überflutungen führten. Am Pegel Untersteinach /Warme Steinach wurde die höchste Meldestufe 4, am Pegel Gampelmühle/ Ölschnitz die Meldestufe 3 sowie am unterliegenden Pegel Bayreuth/Roter Main die Meldestufe 2 für einige Stunden überschritten. Das statistische Wiederkehrintervall dieses Hochwasserereignisses liegt am Pegel Untersteinach/Warme Steinach im Bereich von 100 Jahren.

Im verbleibenden Rest des Jahres 2006 wurden keine weiteren Hochwasser registriert.

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

Abb. 1:
Der beobachtete Abfluss am Pegel Pfelling/Donau zeigt die Abfolge der Frühjahrshochwässer im Donaueinzugsgebiet von Mitte Februar bis Anfang April.

Die Scheitelwerte an der Donau selbst entsprechen einer statistischen Jährlichkeit von etwa 2 -5 Jahren, während sie an den Zuflüssen z.T. deutlich höher lagen.





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, sowie die im Wasser lebenden Organismen, Tiere wie Pflanzen.

Neu entwickelt wurde im Jahr 2006 das Untersuchungsprogramm „PSM-Regio“ für Pflanzenschutzmittel: es wird in intensiv landwirtschaftlich genutzten Gebieten durchgeführt.

Die Messstellen wechseln im zweijährigen Turnus. Um Spitzenkonzentrationen, die direkt nach der Anwendung von Präparaten auftreten, erfassen zu können, werden Mischproben gewonnen. Neben dem Monitoring im Landesmessnetz gibt es einige Sonderuntersuchungen. Exemplarisch erwähnt sei hier nur die Sonderuntersuchung „Pflanzenschutzmittel in kleinen Fließgewässern“, die die Ergebnisse des Landesmessnetzes wesentlich ergänzt. Im Vorgriff auf die Überwachungsprogramme der europäischen Wasserrahmenrichtlinie wurden 2006 außerdem Oberflächengewässerkörper, deren Zustand mit „Zielerreichung unklar“ gekennzeichnet war, nach neuen Anforderungen biologisch untersucht. Weiterhin konnten einige Schwermetalle aus der deutschen Kandidatenliste für spezielle Schadstoffe erstmalig beprobt werden.

Zustand und Entwicklung 2006

Sauerstoff- / Nährstoffhaushalt und Gewässerökologie

Die Fließgewässer in Bayern verkrafteten die hohen, teilweise rekordverdächtigen Wassertemperaturen im Juli 2006 erfreulich gut. Zwar lag der Sauerstoffgehalt in vielen Gewässern niedrig (s. Abb. 1), aber die Werte entsprachen überwiegend den jahreszeitlichen Verhältnissen. Weder extreme Sauerstoffdefizite, noch Fischsterben mussten vermeldet werden. Beeinträchtigungen zeigten sich an Gewässern in wasserarmen Regionen, insbesondere wenn eine „Vorschädigung“ z.B. durch Aufstau oder übermäßigen Nährstoffeintrag vorlag. So fielen die Sauerstoffwerte der oberen Altmühl beispielsweise in der letzten Juliwoche im Tagesverlauf regelmäßig deutlich unter fünf Milligramm pro Liter ab. Algenblüten traten vor allem im Mai auf, im heißen Juli war die Algenentwicklung dagegen gering, sodass die Gewässer (insbesondere der Main) insgesamt sehr klar waren und auch rein äußerlich einen intakten Eindruck

boten. Die außergewöhnliche Herbstalgenblüte des Vorjahres an der Donau wiederholte sich in 2006 nicht.

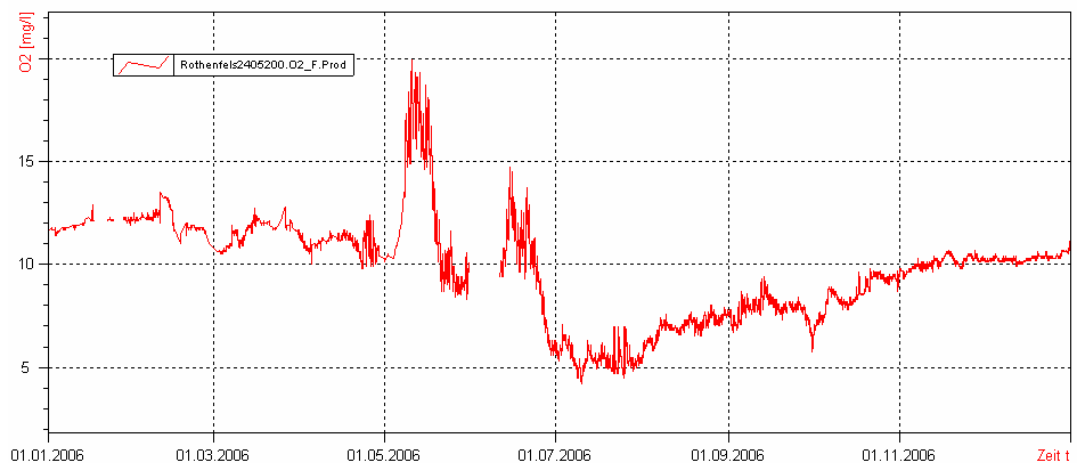
Die mittleren Nährstoffkonzentrationen zeigten 2006 keine Auffälligkeiten. Die Frühjahreswerte für Ammonium waren jedoch an der Mehrzahl der Messstellen deutlich erhöht. Dies ist auf die Witterung zurückzuführen, da im ungewöhnlich schneereichen, kalten Februar und März die Nitrifikation (Umwandlung von Ammonium zu Nitrat) stark gehemmt war. Zudem führten Mitte Februar starke Niederschläge auf gefrorenem Boden, verbunden mit Schneeschmelze zu vermehrten Einträgen von Ammonium. Vereinzelt mag auch die Gülleausbringung auf Schnee ursächlich sein – der lange Winter überstieg mancherorts die Lagerkapazitäten. Trotzdem waren an rund 70% der untersuchten Gewässer die Zielvorgaben der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) für Ammonium eingehalten, an rund zwei Dritteln für Phosphat und etwa einem Drittel für Nitrat. Keine Veränderungen ergab sich für die Stoff-Frachten: am Kraftwerk Jochenstein transportierte die Donau rund 92 000 Tonnen Stickstoff und 4600 Tonnen



Phosphor von Deutschland nach Österreich. Die Maßnahmen zur Nährstoffreduzierung lassen sich damit (noch) nicht in den Gewässern nachweisen. Durch den Wechsel von Schneefall und Tauwetter sowie Regen auf gefrorenem Boden im späten Winter und Frühjahr floss örtlich ein Großteil des Wassers oberflächlich zum Gewässer ab. Daher

kam es immer wieder zu erhöhten Schwebstoffgehalten im Gewässer, verbunden mit höheren Phosphor und Schwermetallkonzentrationen, da diese Stoffe sich stark an Schwebstoffpartikel anlagern. Der gleiche Prozess ist für Starkregenereignisse im Mai und Juni zu beobachten.

Abb. 1:
Verlauf der
Sauerstoffkonzentrationen im Jahr 2006 an
der Messstation
Main/Rotenfels:



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 2006 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: trotz teilweise rückläufiger Gehalte, gibt es regional immer noch Zielwertüberschreitungen. Werden die Zielvorgaben der LAWA zur Beurteilung herangezogen, traten in der Wasserphase bei Quecksilber häufiger Überschreitungen auf, bei Blei an der Salzach sowie der oberpfälzer Vils und bei Kupfer am Main. Die sehr strengen Qualitätszielevorschläge der EU-Kommission werden für Cadmium an zwei Messstellen überschritten. Schwermetalle, die an Schwebstoffe im Wasser gebunden sind, überschreiten die Zielvorgaben der LAWA für Zink, Cadmium und Kupfer häufiger, weitere Schwermetalle vereinzelt an einigen Messstellen. An

der sächsischen Saale überschreitet der Chromgehalt des Schwebstoffs sogar die hoch angesetzte Qualitätsnorm der Bayerischen Gewässerbestandsaufnahme und Zustandseinstufungsverordnung. Ein Teil der Belastung, vor allem im Bayerischen Wald, ist durch die natürlichen geologischen Verhältnisse bedingt. Verbessert hat sich insbesondere die Schwermetallbelastung der Regnitz (Abb. 2) und der Röslau. An mehreren Messstellen sinken die Kupfer- und Bleiwerte im Schwebstoff seit einigen Jahren.

Besondere Aufmerksamkeit wurde im Jahr 2006 der Untersuchung von **Pflanzenschutzmitteln (PSM)** gewidmet. An den großen und mittleren Fließgewässern des Landesmessnetzes wurden 18 Substanzen nachgewiesen, acht davon mit Maximalwerten über dem Trinkwasser-grenzwert von 0,1 µg/l. Die Qualitätsnormen der EG-Wasserrahmenrichtlinie wurden bei diesen Gewässern nicht überschritten. Anders stellt sich die Situation an kleinen Fließgewässern dar: im Sonderuntersuchungsprogramm für kleine Fließgewässer wurden durchgehend höhere Belastungen festgestellt - Spitzenwerte liegen sogar über 1 µg/l. Gleiches zeigt sich im neuen Programm PSM-Regio, das intensiv



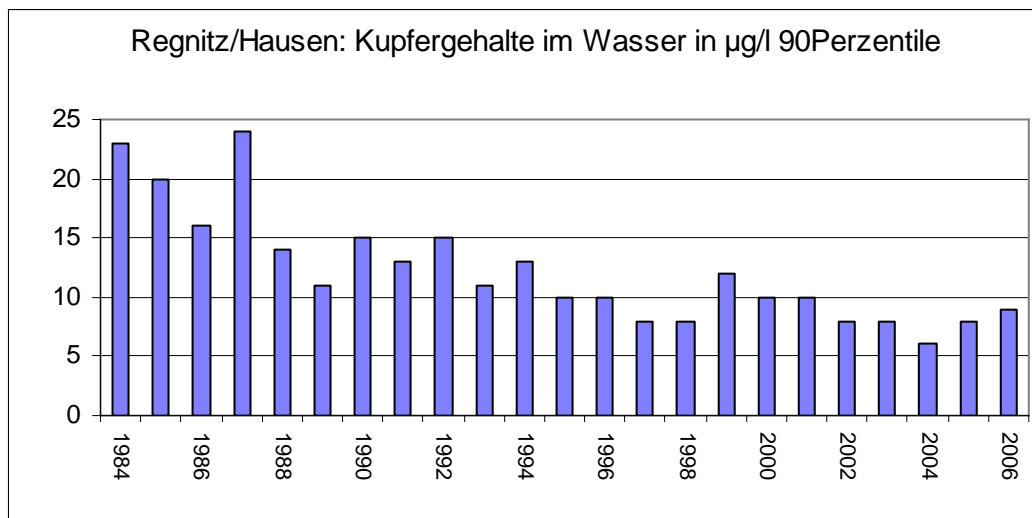
landwirtschaftlich genutzte Regionen untersucht. Signifikante Belastungen treten z.B. für Bentazon auf: die Qualitätsnorm der bayerischen Gewässerzustands- und -einstufungsverordnung wird zur Hälfte überschritten. Damit muss dieser Stoffe weiter intensiv überwacht werden und Maßnahmen zu einer Reduktion im Gewässer entwickelt werden. Weitere ähnlich problematische Stoffe sind Metolachlor, Isoproturon und Terbutryn. Untersuchungen von Oberflächengewässern unterschiedlicher Größe zeigen dauerhafte Belastungen mit **Arzneimittelwirkstoffen** bzw. deren Abbauprodukten in Größenordnungen bis ca. 100 ng/l. In Kläranlagenabläufen als Hauptquelle dieser Stoffe sind Konzentrationen von mehreren µg/l für mengenmäßig bedeutsame Arzneimittelwirkstoffe feststellbar. Eine abschließende Bewertung der Befunde ist derzeit nicht möglich, da für eine Reihe

von Stoffen keine ausreichenden Daten zur Wirkung auf Gewässerorganismen vorliegen.

Im Jahr 2006 wurde erstmals auf das Vorhandensein von **perfluoralkylierten organischen Verbindungen** geprüft. Dabei wurde ein Belastungsschwerpunkt mit dem Einzelstoff Perfluorooctan-carbonsäure an der Alz festgestellt. Die Konzentration im Flusswasser lag allerdings schon kurz unterhalb der Einleitungsstelle unterhalb des ökotoxikologisch abgeleiteten Schwellenwertes. Auf Grund der hohen Persistenz der Stoffklasse wurde mit Untersuchungen von Abwässern, Grundwässern sowie Fischen begonnen.

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.

Abb. 2:
Rückgang der Kupfergehalte in der Regnitz von 1984 bis 2006 (Dargestellt sind 90Perzentile, d.h. Werte, die von 90Prozent der Messwerte eines Jahres unterschritten werden)



Schadensfälle

Im Zusammenhang mit Biogasanlagen, deren Gesamtzahl in Bayern inzwischen auf mehr als 1350 angestiegen ist, traten auch 2006 vermehrt Gewässerverunreinigungen auf. Insgesamt wurden mehr als 70 Schadensfälle an Fließgewässern bekannt, dazu kamen über 25 weitere Fälle die zu Boden- oder Grundwasserverunreinigungen führten. Die Hauptursache für die Schadensfälle lag im

Austritt von Silosickerwasser aus zu klein bemessenen oder undichten Lagerflächen. Zum Teil führten auch Unfälle oder Bedienfehler zum Austreten von Gülle oder Gärmaterial.

Die Schwerpunktgebiete der Schadensfälle lagen in den Regierungsbezirken Niederbayern, Schwaben, Oberbayern und Mittelfranken, wobei sich in diesen Gebieten auch die größte Anzahl an Biogasanlagen befindet (Lkr. Ansbach >130, Lkr. Donau-Ries >70,



Lkr. Unterallgäu >60 Lkr. Ostallgäu >60, Lkr. Rottal-Inn >55, Lkr. Traunstein, Rosenheim und Erding jeweils >50). Durch die Verunreinigungen verschlechterte sich die Gewässergüte i.d.R. nach Güteklasse III-IV, zum Teil auch nach Güteklasse IV. In einigen Fällen traten auch Fisch- und Muschelsterben auf. Zur Regenerationszeit nach Verunreinigungen liegen noch keine konkreten Angaben vor, da hierzu noch keine eigenen Untersuchungen durchgeführt wurden. Allgemein wird jedoch von einem Regenerationszeitraum mindestens eines Jahres ausgegangen, bis die Biozönose des Gewässers wieder hergestellt ist; bei wiederholten Beeinträchtigungen kann sich dieser allerdings auf mehrere Jahre verlängern.

Die derzeit laufende Fortschreibung des „Biogashandbuch Bayern“ berücksichtigt die aktuellen Probleme, die im Zusammenhang mit den Biogas-

anlagen auftreten. In der Neufassung sind Änderungen bezüglich der Abdichtung der Anlage, der Prüfung durch Sachverständige und auch der Gestaltung der „Anlagen zum Lagern und Abfüllen von nachwachsenden Rohstoffen“ (Silos), die derzeit das Hauptproblem in Bezug auf Schadensfälle darstellen, enthalten.

Als weiteres Problem, muss die zunehmende Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion durch den Anbau von Mais zur Biogasnutzung angesehen werden. Die daraus folgende erhöhte Erosionsgefahr und Zunahme diffuser Stickstoff- und Pflanzenschutz-mittleinträge, stellen eine weitere negative Auswirkung von Biogasanlagen auf die Gewässerqualität dar.



Seen

Wasserstände

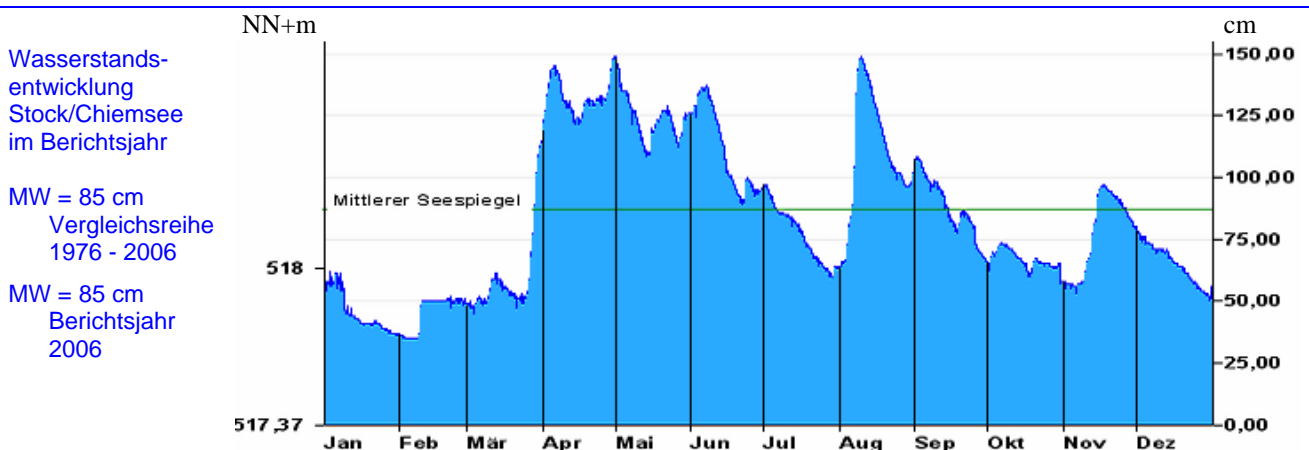
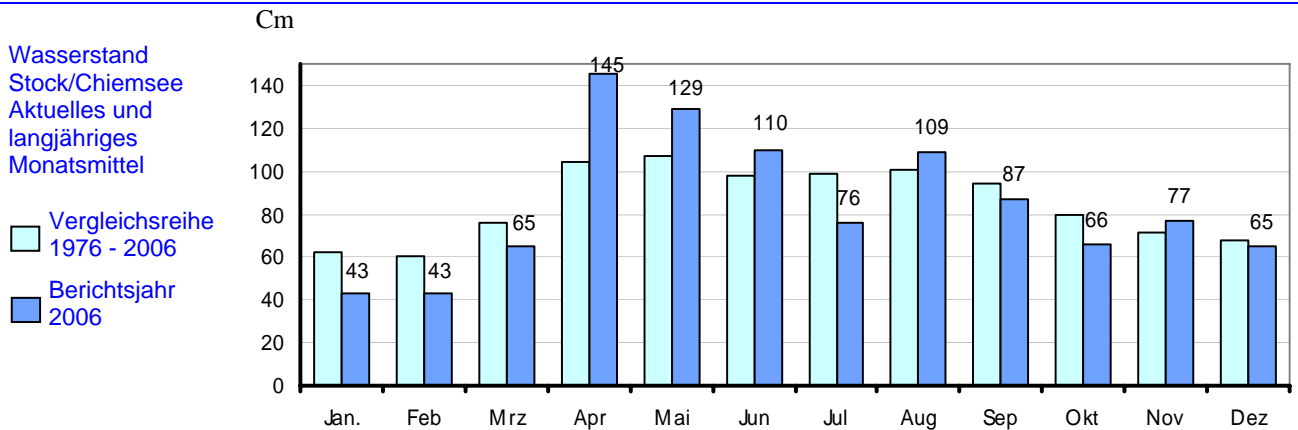
Die Summe der Seewasserstände im Jahr 2006 lag für die südbayerischen Seen im Bereich der mittleren Verhältnisse.

Besonders hervorzuheben sind jedoch die starken jahreszeitlichen Schwankungen mit historischen Tiefstwerten zu Beginn des Jahres und stark erhöhten Wasserstände in den Monaten April bis Juni. Hier führte die Schneeschmelze des langen Winters 2005/2006 zu einem deutlichen Anstieg der Seepegel. Auch der nasse und kühle August

zeichnet sich in den Ganglinien der Seewasserstände ab.

Von **Januar** an bis Mitte **Februar** sanken die Pegel der Seen bis auf historische Tiefstände. Am Chiemsee, wurde das langjährige mittlere Niedrigwasser (MNW) um 8 cm unterschritten. Durch den lang anhaltenden Dauerforst froren die meisten Seen sogar zu.

Erst die einsetzenden Niederschläge ab Mitte **März** und die langsam steigenden Temperaturen führten zu einem schnellen Anstieg der Wasserstände. Allein der Chiemsee verzeichnete ein Plus von 70 cm. Nur der Bodensee blieb noch deutlich unter seinem mittleren Wasserstand.



Dieser Trend setzte sich dann im **April** fort. So wurden am Ammersee, Tegernsee und Schliersee die langjährigen Mittelwerte erheblich überschritten.

Den absoluten Höhepunkt erreichten die Seepegel Anfang **Mai**. So wurden am Starnberger See an allen Tagen im Mai Pegelstände über den mittleren



Hochwasserständen (MHW) der langjährigen Reihe registriert. Auch der Ammersee und der Chiemsee erreichten die Hochwassermarken.

Erst im **Juni** stagnierten die Wasserstände der Seen auf einem sehr hohen Niveau. Das trockene Wetter und die hohen Temperaturen – pünktlich zur Fußballweltmeisterschaft – führten aber gleichzeitig zu einem Absinken der Wasserstände. Nur die kurzen, oft unwetter-artigen Gewitterregen stoppten den Abwärtstrend kurzfristig.

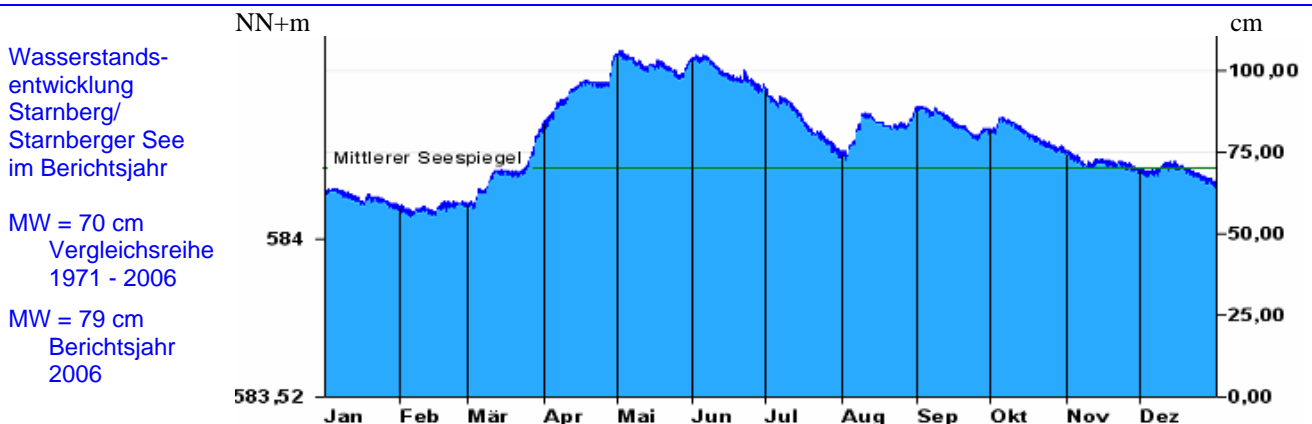
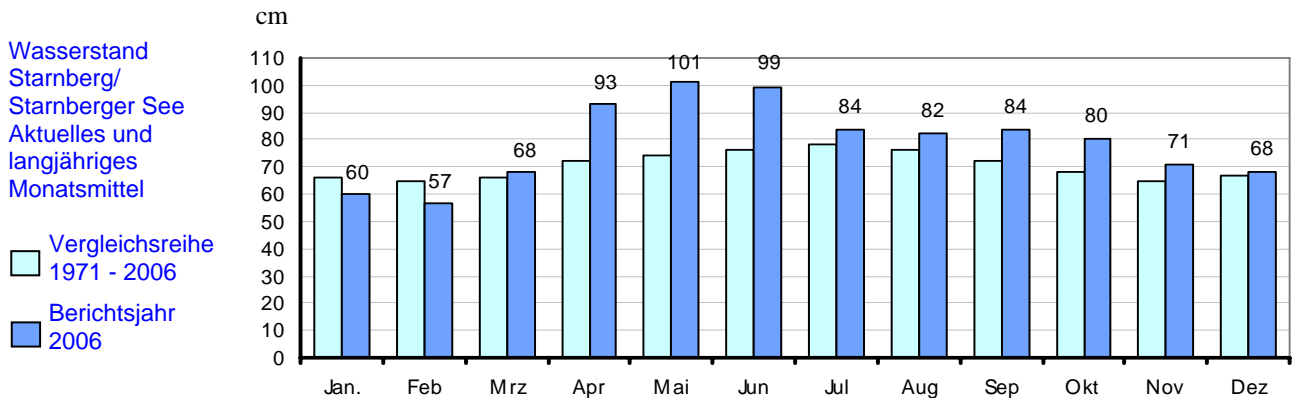
In der Folge konnten im **Juli** nur noch Wasserstände deutlich unter dem langjährigen Mittelwert verzeichnet werden. Große Ausnahme davon war der Starnberger See. Hier konnten sich auch im Juli noch die mittleren Verhältnisse einstellen.

Der viel zu nasse **August** stoppte den Abwärtstrend. Bereits am 07. August verzeichnete der Tegernsee einen Anstieg von 50 cm. Die anhaltenden Niederschläge führten an nahezu allen Seen zum

Überschreiten der mittleren Hochwasserstände für den Monat.

Erst im **September** entspannte sich die Situation. Die Seepegel gingen alle bis auf ihre mittleren Wasserstände zurück. Nur die kurzzeitig auftretenden Gewitter machten sich durch Spitzen an den kleineren Seen (Hopfensee, Schliersee) bemerkbar. Die Tiefststände wurden dann im **Oktober** erreicht.

Mitte **November** konnten wieder steigende Wasserstände festgestellt werden. Doch bereits im **Dezember** sanken die Wasserstände wieder deutlich ab und erreichten ihre Tiefststände.





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 53 Messstellen alle Seen Bayerns mit einer Oberfläche > 0,5 km². Das sind 32 natürliche Seen, 16 Talsperren und Speicher in Fließgewässersläufen sowie 5 Restseen des Braunkohleabbaus. Untersucht werden der chemisch-physikalische und biologische Zustand im Hinblick auf die Trophie, also die biologische Produktionsintensität als Auswirkung der Nährstoffkonzentrationen. Neben allgemeinen

Qualitätskriterien wie Temperatur, pH-Wert, Sauerstoffgehalt und Leitfähigkeit sind die wesentlichen Nährstoffkomponenten für das Pflanzenwachstum Phosphor, Stickstoff und Silikat zu messen. Untersucht werden weiterhin die trophieanzeigenden Kriterien: Menge, Art und Entwicklung der pflanzlichen Organismen wie z.B. planktische Mikroalgen und sichtbare Wasserpflanzen der Flachwasserzonen, Hilfskriterien sind die Chlorophyll-a-Konzentration und die Sichttiefe. Seit dem Jahr 2005 werden im Zuge der Umsetzung der neuen EG-Wasserrahmenrichtlinie die Seen einer ökologischen Zustandsbewertung mit Hilfe von bis zu 4 biologischen Qualitätskomponenten und den bisherigen chemisch-physikalischen Parametern unterzogen.

Seentemperaturen

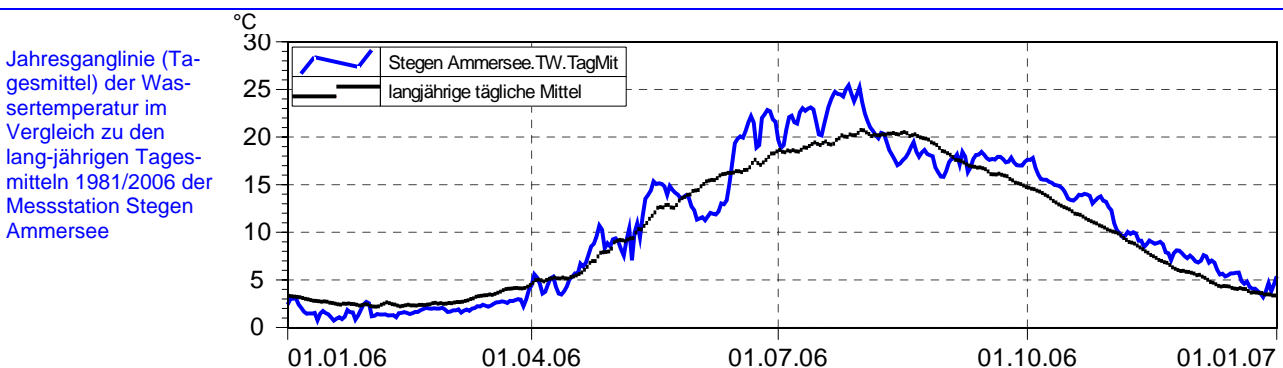
Die Wassertemperaturentwicklung im Jahr 2006 wird am Beispiel des Ammersees beschrieben.

Charakteristisch für die Wassertemperaturentwicklung im Jahr 2006 waren extreme Temperaturschwankungen und lange Wärmeperioden.

Die schon im Dezember 2005 beginnende Kälteperiode setzte sich auch im ersten Quartal des Jahres 2006 fort. Dabei lagen die Wassertemperaturen um durchschnittlich 1°C unter den langjährigen Tagesmitteln. Örtlich kam es zu Eisbildungen an den Flüssen. Die Seen froren teilweise großflächig zu. Der Frühling mit größeren Wassertemperaturschwankungen im Bereich der langjährigen Tagesmittel, wurde durch eine stabile Hochdruckwetterlage mit hohen Lufttemperaturen im Juni und Juli abgelöst. Dabei wurden im Juli, mit bis zu 28°C die Rekordwassertemperaturen des heißen Sommers 2003

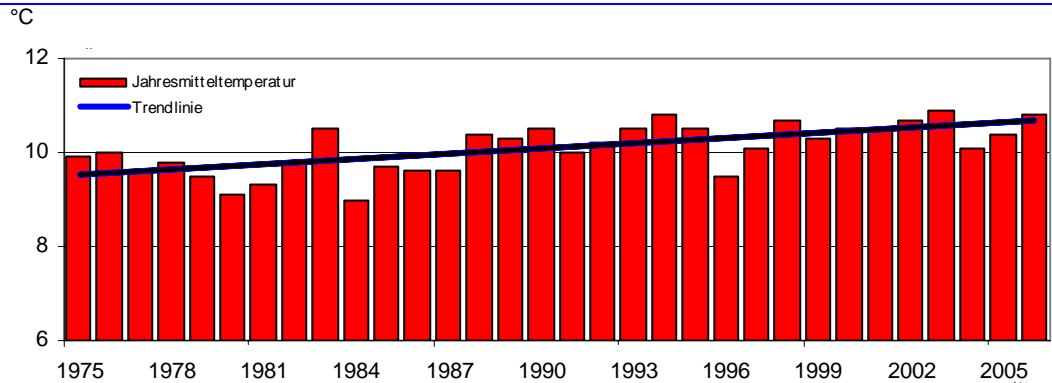
noch übertroffen. Ausgelöst durch einen extremen Wetterwechsel Anfang August, mit feucht kühlen Luftmassen, fiel die Wassertemperatur in kürzester Zeit um 8°C. Erst im September kletterten die Wassertemperaturen wieder über die langjährigen Tagesmittel. Der schöne Herbst mit stabilen Hochdrucklagen führte zu einer starken Erwärmung und ließ die Wassertemperatur auch über längere Zeiträume um bis zu 3°C über die langjährigen Tagesmittel steigen. Die Monate Oktober bis Dezember waren dabei die jeweils wärmsten Monate seit 32 Jahren. Erst durch kühlere Luftmassen Ende Dezember fiel die Wassertemperatur wieder auf das Niveau der langjährigen Tagesmittel.

Insgesamt lag das Jahresmittel der Wassertemperatur im Jahr 2006 um 0,7°C über dem langjährigen Jahresmittel (1975-2006).





Jahresmitteltemperat-
uren der Messstation
Stegen Ammersee
von 1975 bis 2006



Im Balkendiagramm der Reihe 1975-2006 erkennt man anhand der Trendlinie eine Wassertemperaturerhöhung der letzten 32 Jahre um ca. 1,5°C.

Dieser langjährige Trend der Wassertemperaturerhöhung ist ebenfalls bei vielen Fließgewässern zu beobachten.

Gewässerökologie – Zustand und Entwicklung 2006

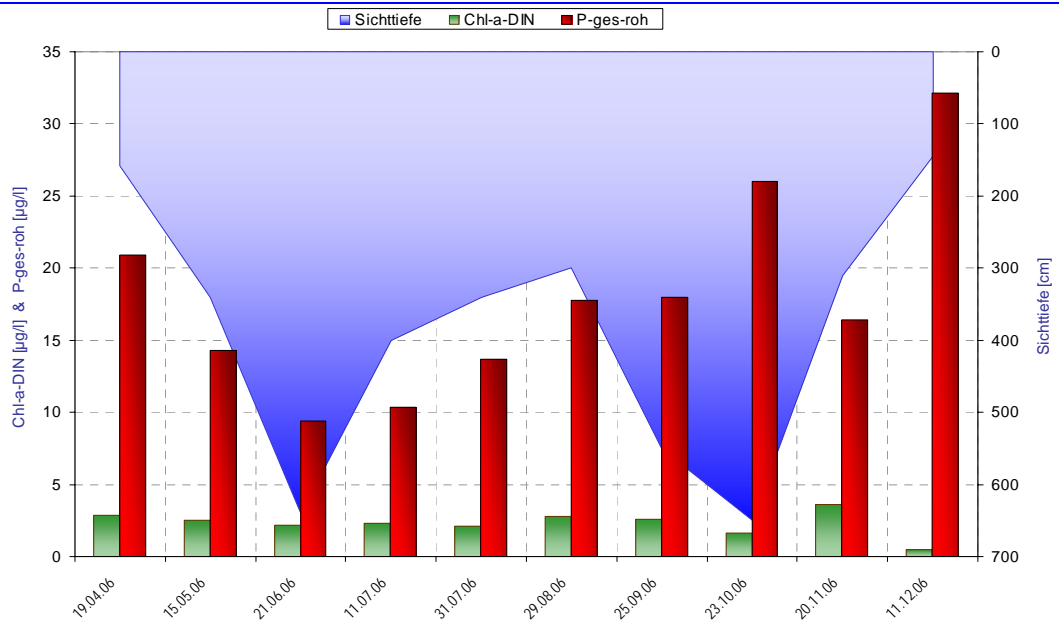
Die meisten größeren natürlichen Seen haben durch die abwassertechnischen Maßnahmen der vergangenen Jahrzehnte wieder einen guten, mesotrophen (mäßige pflanzliche Produktion) Zustand erreicht,

wie die Gütekarten seit 1995 zeigen.

Das Beispiel Alpsee zeigt trophierelevante Kriterien eines Sees an der Schwelle von eutroph zu mesotroph bzw. vom moderaten zum guten ökologischen Zustand.

Großer Alpsee 2006

Sichttiefe, volumengewichtete Mittelwerte für Gesamt-Phosphat und Chlorophyll a,

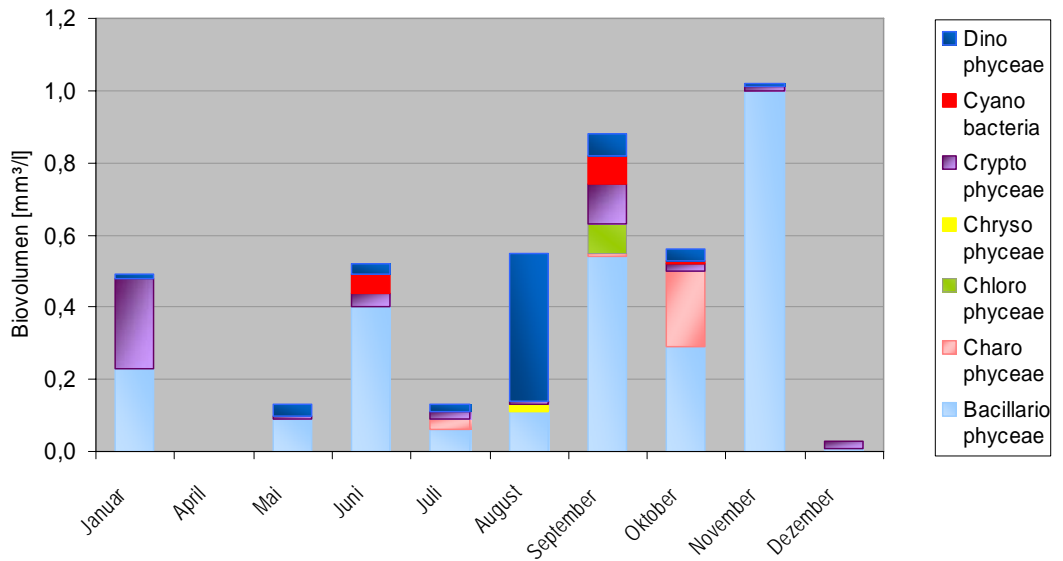


Phosphorkonzentrationen und in Folge auch die Sichttiefe können in solchen Seen im Jahresverlauf hohen Schwankungen unterliegen. Dies zeigt sich auch in der jährlichen Planktonentwicklung. Diese ist beim Alpsee durch Dominanz von Kieselalgen (oft

Indikatoren nährstoffärmerer Seen) auf einem niedrigen Biomasseniveau geprägt, so dass mit einem baldigen Erreichen des guten ökologischen Zustandes zu rechnen ist.

Großer Alpsee
2006

Entwicklung des Biovolumens der vorkommenden Algenklassen

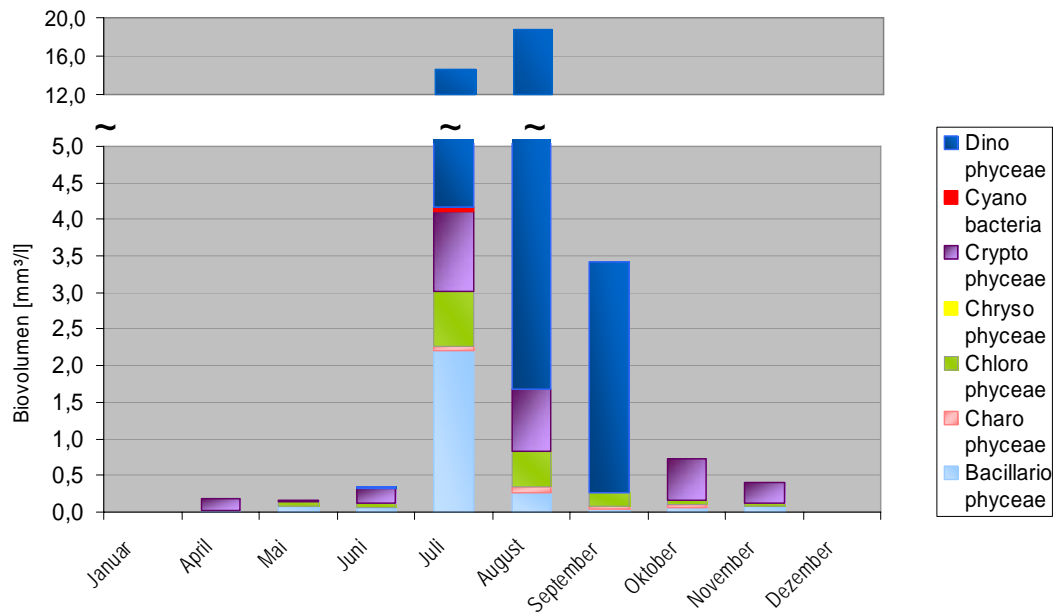


Ein anderes Bild zeigt sich beispielsweise beim Rothsee (s. Abbildung) als Vertreter der künstlichen Seen. Diese sind oft belastet und weisen demzufolge

zeitweise hohe Algenbiomassen von anderen Algengruppen (hier z.B. Feueralgen, Grünalgen, Kryptomonaden) auf.

Rothsee
2006

Entwicklung des Biovolumens der vorkommenden Algenklassen



Das Jahr 2006 ist hydrologisch für die meisten Seen trotz des warmen Sommers eher als Durchschnittsjahr zu werten. Auffälligkeiten am Zustand der Seen oder extreme Güteverhältnisse waren daher in der Regel nicht zu verzeichnen. Die Trophieverhältnisse stellten sich nicht anders als in den Vorjahren dar. Extreme bzw. ungewöhnliche Algenentwicklungen

blieben 2006 in den großen natürlichen Seen weitgehend aus. Im Jahr 2006 waren bei den untersuchten Seen keine Veränderungen der Einstufung der Wasserqualität gegenüber 2005 veranlasst.



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 2006 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.

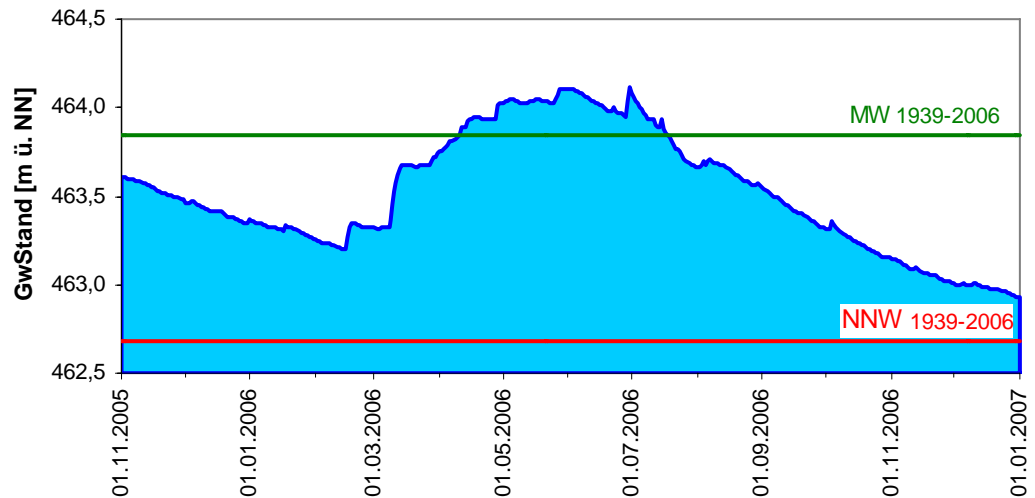
Die Grundwasserstände werden an rund 2000 staatlichen Messstellen beobachtet. Für die Beschreibung der Grundwasserverhältnisse im Kalenderjahr 2006 wurden rd. 150 repräsentative Messstellen ausgewählt, von denen wiederum sechs Messstellen exemplarisch dargestellt werden. Die Situation im Jahr 2006 wird 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.

Aufgrund unterdurchschnittlicher Niederschläge im Herbst 2005 blieb der für den Beginn des Winterhalbjahres erwartete übliche Grundwasseranstieg in Bayern aus. Gleichzeitig waren in den Mittelgebirgen und im Alpenraum zu Beginn des Jahres 2006 erhebliche Niederschlagsmengen als Schnee gebunden, die in größerem Ausmaß bedingt durch Sonneneinstrahlung und Windeinfluss verdunsteten und so der Grundwassererneubildung nicht zur Verfügung standen. Erst aufgrund der im Februar einsetzenden Schneeschmelze und ergiebigen Niederschlägen im März verbunden mit Hochwasserereignissen kam es vor allem in den flachen Grundwasserleitern zu einer Trendumkehr. Der Anstieg des Grundwasserstandes hielt im April an und wirkte sich nun auch in tieferen Grundwasserleitern aus. Vor allem in Nordbayern konnte das langjährige Mittel an vielen Grundwassermessstellen wieder überschritten werden. Geringe Niederschläge Anfang Mai machten sich zunächst nur in den flachen Grundwasserleitern bemerkbar. Mit anhaltender Trockenheit bis Ende Juli sanken auch in den tieferen Grundwasserleitern die Grundwasserstände wieder ab, was allerdings für die Sommermonate nicht unüblich ist. Trotz lokal ergiebiger Niederschläge im August war bayernweit keine nennenswerte Grundwassererneubildung zu beobachten. Die anschließenden trockenen Monate bis Ende 2006 führten in ganz Bayern vor allem in den oberflächennahen Grundwasserleitern zu einem Absinken der Grundwasserstände. Ende Dezember lagen sie fast überall unterhalb der langjährigen Mittelwerte.



Abb. 1:
Verlauf der
Grundwasserstände
im Niederterrassen-
schotter der Mün-
chener Schotter-
ebene
(Messstelle Eching
275D, beobachtet
seit 1939)

HHW: 465,59 m ü. NN
MW : 463,84 m ü. NN
NNW: 462,68 m ü. NN



Im Bereich der **quartären Schotterflächen südlich der Donau** setzte sich der bereits im Oktober 2005 beginnende Rückgang des Grundwasserstandes bis Mitte Februar 2006 fort. Insgesamt reagierte der Grundwasserleiter aufgrund seiner Größe aber nur gedämpft auf das relativ hohe Niederschlagsdefizit. Ab Mitte Februar zeigte sich eine merkliche Reaktion auf die Schneeschmelze und erhöhte Niederschläge, sodass Anfang Mai – nach zwei Jahren – der langjährige Mittelwert wieder erreicht bzw. überschritten wurde. In den darauf folgenden zwei Monaten kam es lediglich zu kurzen Starkregenereignissen, die hauptsächlich oberflächlich abfließen und so nicht zur Grundwasserneubildung beitragen. Aufgrund dessen sank der Grundwasserspiegel im Juli – nach kurzer Stagnation im Juni – wieder ab. Starke Niederschläge im August füllten den Grundwasserleiter erneut über das langjährige Mittel auf. Dieses Niveau wurde bis Mitte Oktober gehalten. Anschließend sank der Grundwasserspiegel bis Ende des Jahres kontinuierlich ab, lag aber am 31.12.2006 über dem Niveau von Ende Dezember 2005.

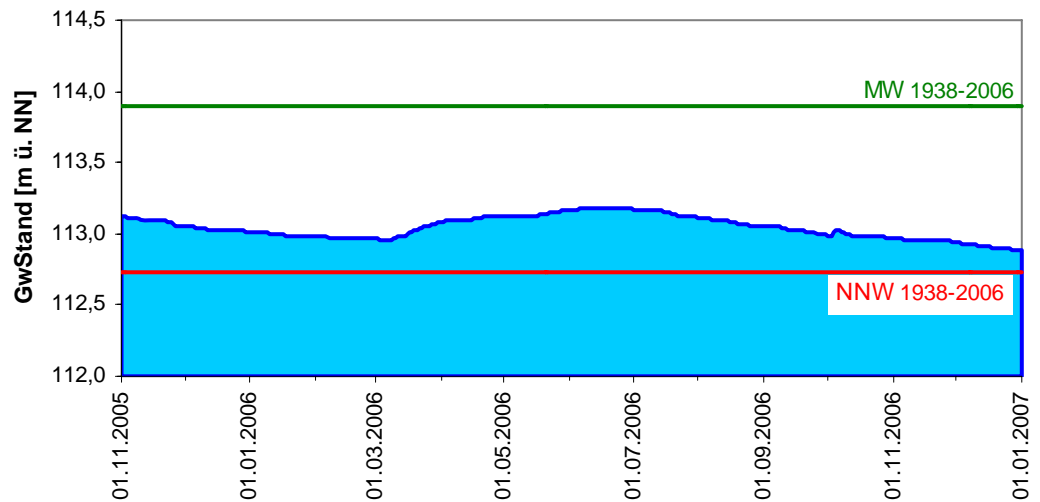
In den **mächtigeren quartären Flusstalfüllungen nördlich der Donau** sanken die Grundwasserstände bereits seit Juni 2005 kontinuierlich. Dieser Trend setzte sich bis Ende Februar 2006 fort (s. Abb. 2). Erst stärkere

Niederschläge und die Schneeschmelze. Im März verursachten einen Anstieg des Grundwasserstandes. Anschließend fiel der Grundwasserstand bis Ende des Jahres. Das langjährige Mittel wurde im Jahr 2006 deutlich unterschritten.

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. So wurden im Februar und März als Reaktion auf die Hochwasserereignisse nach der Schneeschmelze (Südbayern) bzw. auf ergiebige Niederschläge (Nord- und Südbayern) kurzzeitige Anstiege der Grundwasserstände verzeichnet. Im Mai kam es infolge intensiver Niederschläge zu einem dauerhaften Anstieg des Grundwasserstandes. Während der darauf folgenden trockenen Monate bis einschließlich Juli reagierte der Grundwasserleiter dagegen nur kurzfristig auf lokale Starkregenereignisse. Erst ergiebige Niederschläge im August führten zu einer nennenswerten Grundwasserneubildung. September und Oktober wiesen erneut ein Niederschlagsdefizit auf. Hier gab es lediglich temporäre Grundwasserspitzen. Bis Ende des Jahres folgte ein kontinuierliches Absinken der Grundwasserstände.



Abb. 2:
Verlauf der Grundwasserstände im Quartär (Messstelle Frühlingslust, beobachtet seit 1938)

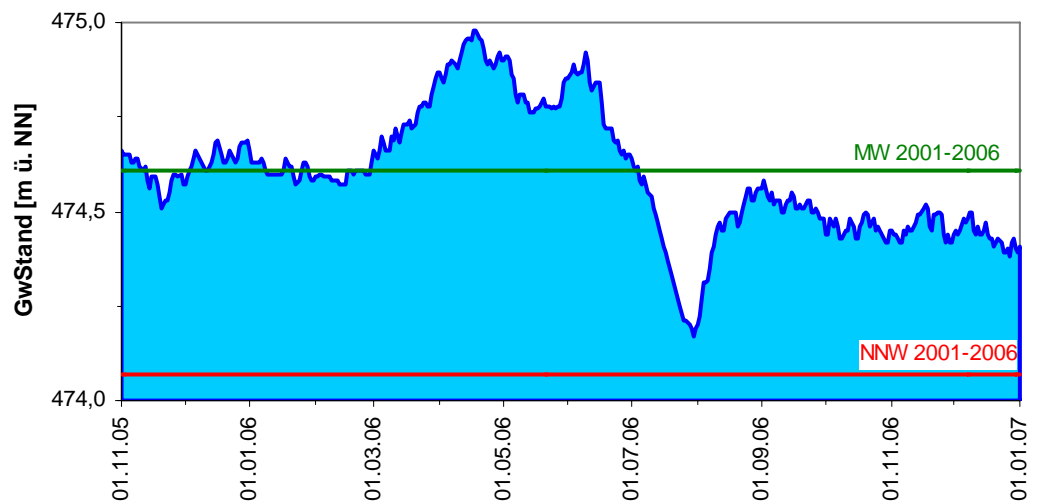


HHW: 116,34 m ü. NN
MW : 113,90 m ü. NN
NNW: 110,31 m ü. NN

Das Grundwasser im **tertiären Molassebecken** (Raum südlich der Donau, grundwasserführend bis zur Linie Memmingen-Starnberg-Burghausen) liegt in Tiefen von 60 bis 200 m. Anfang 2006 zeigten viele Grundwassermessstellen einen niedrigen Grundwasserstand, meist unterhalb des langjährigen Mittels. Ab Februar stiegen die Grundwasserstände und erreichten März bis Mai

ihren Höchststand für 2006. Ende Juli zeigten sich an vielen Messstellen erneut niedrige Grundwasserstände, die z. T. tiefer lagen als zu Jahresbeginn. Mit den Augustniederschlägen trat eine leichte Erholung ein. Dennoch wurde bis Ende des Jahres der Dezemberwert des Vorjahres häufig nicht erreicht und auch das langjährige Mittel wurde vielfach unterschritten (s. Abb. 3).

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



HHW: 475,19 m ü. NN
MW : 474,61 m ü. NN
NNW: 474,07 m ü. NN

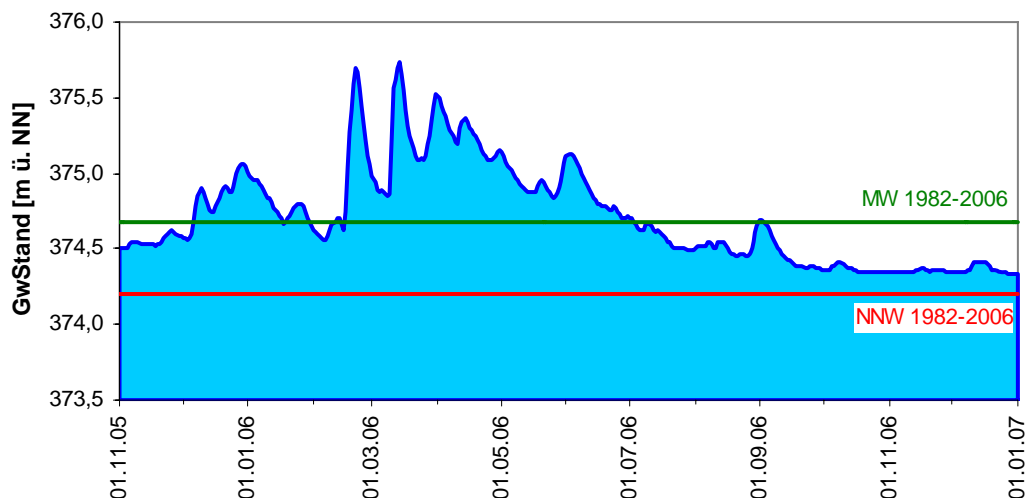
Im **Weißem Jura** (Raum Eichstätt-Regensburg-Bamberg-Bayreuth) bewegt sich das Grundwasser auf Klüften und Schichtfugen, die vielfach durch Verkarstung zu unterirdischen Fließgerinnen erweitert sind. Die Ausprägung der Klüfte bestimmt stark die Reaktion des Grundwassers. In der Regel reagiert dieses rasch auf Niederschlags- und Hochwasserereignisse, andererseits können die oberhalb des Grundwasserspiegels gelegenen Hohlräume auch als Zwischenspeicher dienen. An fast allen Grund-

wassermessstellen wurde im Februar ein Tiefstand beobachtet. Während dieser regional noch bis März anhielt, kam es in anderen Bereichen im Februar bereits zu Grundwasserneubildung. Grundwasserhöchststände konnten im Weißem Jura je nach Region in den Monaten Februar bis September beobachtet werden. In den Monaten November und Dezember sank der Grundwasserspiegel überall ab und zeigte fast an allen ausgewerteten Messstellen ähnliche Werte wie im Dezember des Vorjahres. (s.Abb.4)



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

HHW: 376,80 m ü. NN
MW : 374,68 m ü. NN
NNW: 374,20 m ü. NN

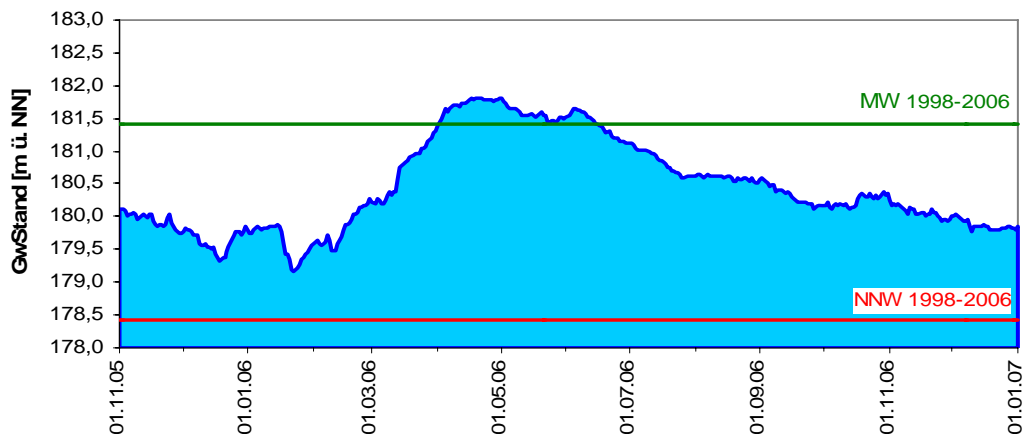


Die Grundwasservorkommen im **Muschelkalk**, **Sandsteinkeuper** und **Gipskeuper** (Benker Sandstein) in Mittel- und Unterfranken reagieren zeitlich verzögert auf Niederschlagsereignisse und zeigen einen insgesamt trägeren Verlauf als oberflächennahe Grundwasserleiter. Im Muschelkalk lag Anfang 2006 ein niedriger Grundwasserstand vor, der bis Februar anhält. Danach kam es, bedingt durch Schneeschmelze und Regenereignisse, zu einer Auffüllung des Grundwasserleiters, sodass im April ein erster Grundwasserhöchststand erreicht wurde. Nach einem kurzen Rückgang im Mai stieg der Grundwasserstand im Juni erneut an und erreichte nochmals ein Maximum. Anschließend fand keine Grundwasserneubildung mehr statt, so dass Ende des Jahres ein erneuter Tiefststand erreicht wurde. Auch beim Sandsteinkeuper waren von November 2005 bis Februar 2006 – teilweise auch noch im

März – geringe Grundwasserstände zu beobachten. Anschließend erfolgte eine stetige Grundwasserneubildung, so dass von März bis Juni die höchsten Grundwasserstände erreicht wurden. Sie lagen fast überall oberhalb des langjährigen Mittelwertes. Der anschließende Rückgang hielt bis Ende des Jahres an. Die Grundwasserstände erreichten im Dezember einen vorläufigen Tiefststand. Der Grundwasserspiegel im Benker-Sandstein hielt sein Niveau seit November 2005 bzw. es war ein leichter Anstieg zu beobachten. Zwischen März und Juni wurde das Jahresmaximum erreicht. Anschließend erfolgte keine weitere Grundwasserneubildung. Ende Dezember lag der Grundwasserstand im Muschelkalk, Sandstein- und Gipskeuper auf gleichem Niveau bzw. leicht unterhalb des gleichen Monats des Vorjahres und fast überall unterhalb des langjährigen Mittelwertes. (s. Abb. 5)

Abb. 5:
Verlauf der
Grundwasserstände
im Muschelkalk
(Messstelle Rothof,
beobachtet seit 1998)

HHW: 185,37 m ü. NN
MW : 181,41 m ü. NN
NNW: 178,43 m ü. NN



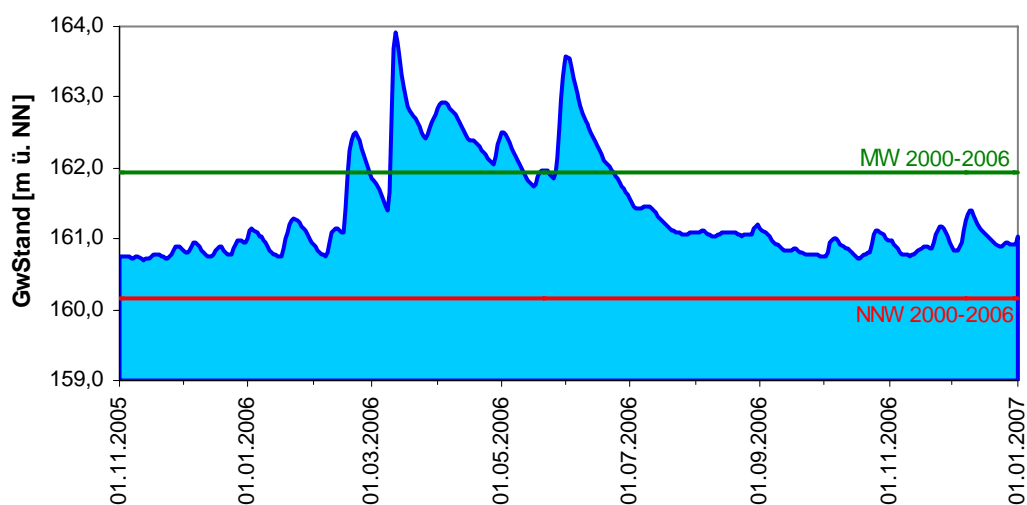


Das Jahr 2006 begann im **Buntsandstein** (Raum Aschaffenburg-Bad Brückenau-Mellrichstadt) mit geringen Grundwasserständen, die z. T. bis Februar anhielten. Die Schneeschmelze sowie vermehrte Regenereignisse führten dann zu Grundwasserneubildung. Bis März/April erreichte der Grundwasserstand seinen ersten Höchststand, um – nach einem kurzen Rückgang im Mai – im Juni erneut ein Maximum zu zeigen. Das langjährige Mittel wurde

dabei größtenteils überschritten. Bis Ende des Jahres fand dann keine Grundwasserneubildung mehr statt. Einige Grundwassermessstellen erreichten bereits im September einen Tiefststand, der bis Dezember aushielt. Dennoch lag das Grundwasserniveau Ende 2006 in einer ähnlichen Größenordnung wie Ende 2005, z. T. auch darüber (s. Abb. 6). Es bewegte sich aber fast überall unterhalb des langjährigen Mittels.

Abb. 6:
Verlauf der
Grundwasserstände
im Buntsandstein
(Messstelle
Schneeberg 179,
beobachtet seit 1977)

HHW: 166,19 m ü. NN
MW : 161,94 m ü. NN
NNW: 160,15 m ü. NN





Grund- und Bodenwasser

Grundwasserbeschaffenheit

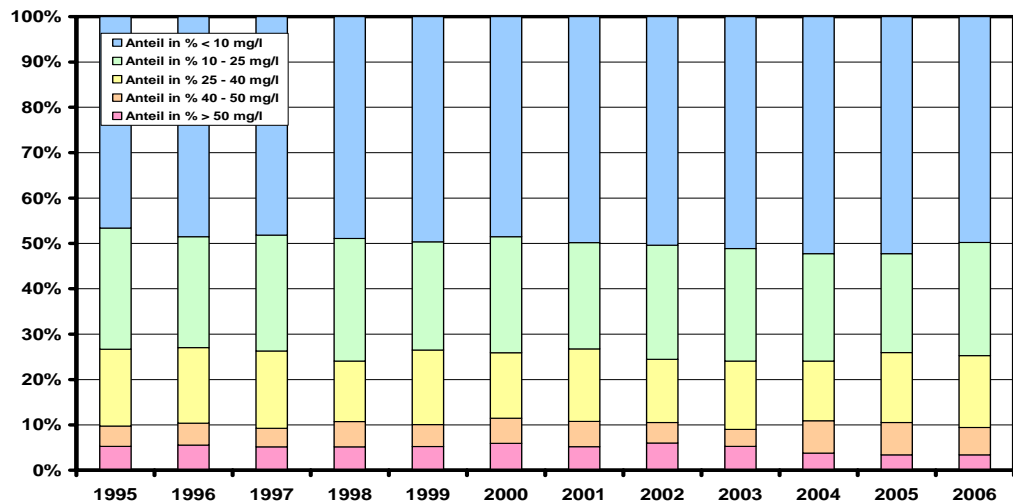
Das Grundwasser liefert 93 % des Trinkwassers in Bayern. Aus versickernden Niederschlägen wird Grundwasser ständig neu gebildet und im porösen Untergrund bevorratet. Gelöste Stoffe, zugeführt mit dem Sickerwasser und im Untergrund freigesetzt, bestimmen seinen chemischen Charakter, u.a. seine Härte. 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 werden 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

Ab 2007 wird die Anzahl der Messstellen des Landesmessnetzes Grundwasserbeschaffenheit im Rahmen der Umsetzung der europäischen Wasserrahmenrichtlinie auf 500 erhöht. (siehe Sonderthema)

Abb. 1:
Entwicklung der Nitratkonzentration im Grundwasser 1995-2006.



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

Nitrat-Stickstoff als wesentlicher Pflanzennährstoff stammt aus natürlichen Mineralisierungsprozessen im Boden sowie aus organischen und mineralischen Düngern. Bis zu 15 Milligramm pro Liter Nitrat können natürlicher Herkunft sein. Nitrat ist im Trinkwasser unerwünscht, deshalb gibt die Trinkwasserverordnung einen Grenzwert von 50 mg/l vor. In der

europäischen Wasserrahmenrichtlinie ist ein entsprechender Wert als Qualitätsstandard für das Grundwasser festgelegt. Nitrat trägt auch zur Nährstoffbelastung in Bächen, Flüssen und Meeren bei und wirkt bereichsweise versauernd.

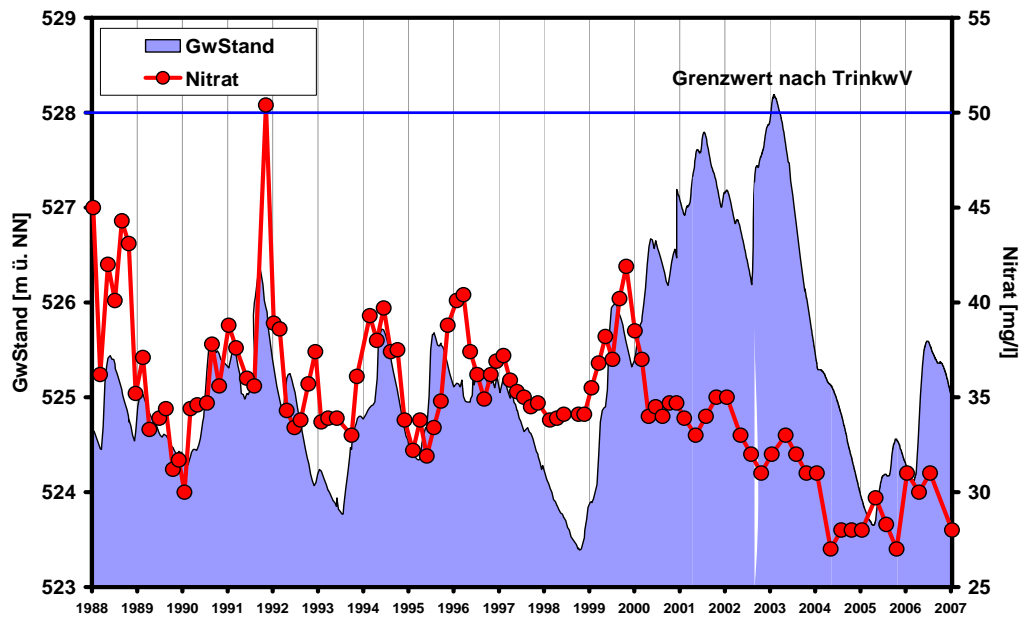
In den vergangenen 12 Jahren haben sich die durchschnittlichen landesweiten Nitratgehalte im Grundwasser wenig verändert (Abb. 1). Der Anteil an Messstellen mit Nitratgehalten > 40 mg/l liegt bei rund 10 %.



Im landwirtschaftlich beeinflussten Grundwasser der südbayerischen Schotterplatten liegen die Nitratgehalte verbreitet bei 20 bis 40 mg/l, so auch in der Münchener Schotterebene. Kräftige Grundwasserneubildung ist i.d.R. mit schubweiser Nitratauswaschung aus den Böden, entsprechend einer Konzentrationserhöhung, verbunden (Abb. 2). Trotz dieses Effekts wirkten die über-

durchschnittlichen Sickerwasserraten der Jahre 1999-2002 (mit Nachlauf im Trockenjahr 2003) in der Summe verdünnend auf die Nitratkonzentration. Vorläufig stabilisiert sich der Nitratgehalt auf niedrigerem Niveau. Es ist möglich, dass mittlerweile auch eine Verringerung von Nährstoffüberschüssen im Einzugsgebiet zur Wirkung kommt.

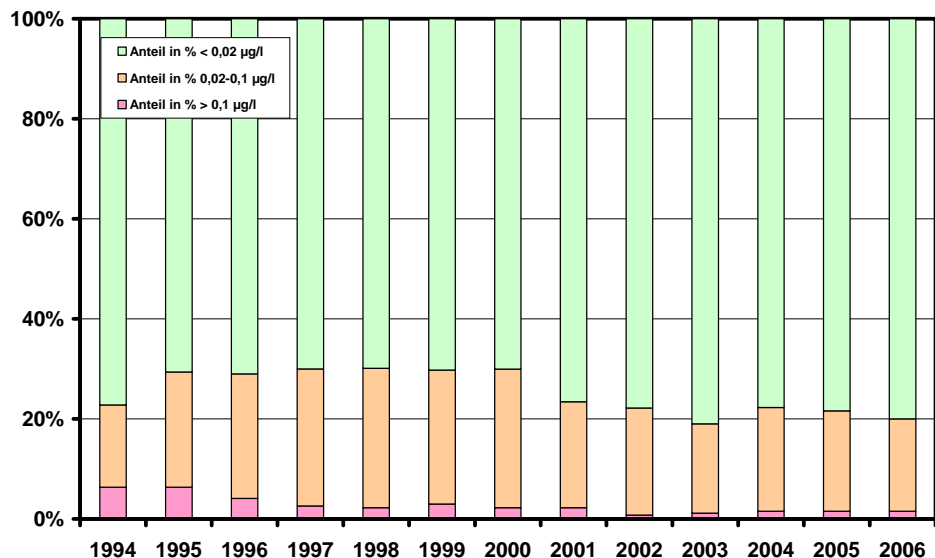
Abb. 2:
Langjährige
Entwicklung von
Nitratkonzentration
und Grundwasser-
stand einer
Messstelle der
östlichen Münchener
Schotterebene



Pflanzenschutzmittel sind im Grund- und Trinkwasser unerwünscht, weshalb die Trinkwasserordnung und die europäische Wasserrahmen-

richtlinie einen strengen Grenzwert von 0,1 µg/l vorgeben. Für das Pflanzenschutzmittel Atrazin besteht seit 1991 ein Anwendungsverbot.

Abb. 3:
Entwicklung der
Atrazinkonzentration
im Grundwasser
1994-2006.



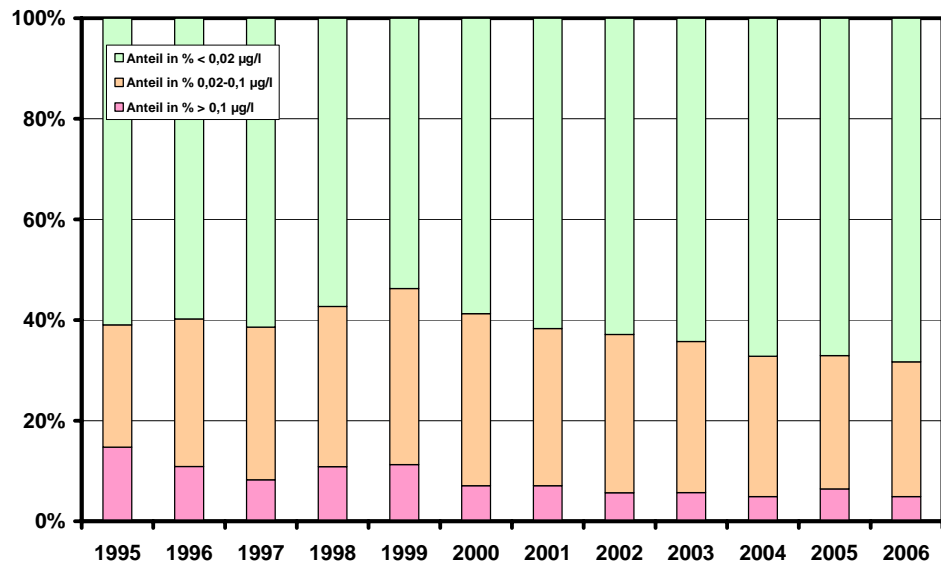


Während bei Atrazin 2006 nur noch 1,5 % bzw. 4 Messstellen eine Grenzwertüberschreitung zeigten (Abb. 3), liegen beim Abbauprodukt Desethylatrazin weiterhin ca. 5 % der Messstellen über dem Grenzwert (Abb. 4). Beide Substanzen zeigen in den letzten Jahren einen abnehmenden Trend auf. Es ist

mit einem allmählichen weiteren Rückgang der Konzentrationen zu rechnen.

Atrazin und **Desethylatrazin** werden immer noch im Grundwasser nachgewiesen, da der Abbau von Rückständen in vielen Böden und Grundwasserleitern sehr langsam erfolgt.

Abb. 4:
Entwicklung der
Desethylatrazin-
konzentration im
Grundwasser 1995-
2006





Grund- und Bodenwasser

Bodenwassermenge und -qualität

Das Messnetz Stoffeintrag-Grundwasser (MSGw) dient der integrierenden Beobachtung von Stoffflüssen und Stoffbelastungen im Wasserkreislauf (http://www.lfu.bayern.de/wasser/daten/bodenwasser_messgebiete/index.htm) Dazu wird in sieben landwirtschaftstypischen Wassereinzugsgebieten der Weg des Wassers mit seinen Inhaltsstoffen vom **Niederschlag** über das **Sickerwasser** bis zum **Grundwasser** und zum **Gebietsabfluss** untersucht. Hier dargestellt ist der Gang der Bodenfeuchte als Regulativ für die Entwicklung der Sickerwasserflüsse und der Grundwasserneubildung. Durchfeuchtung und Austrocknung des Bodens werden vom Wechselspiel aus Niederschlag und Verdunstung bestimmt. Bei hoher Bodenfeuchte bildet sich freies Sickerwasser, das in durchlässigen Böden dem Grundwasser zufließt.

Die Bodenfeuchte wird indirekt als Bodensaugspannung in Hektopascal (hPa) gemessen. Als Messgeräte sind pro Messtiefe je 4 Tensiometer für

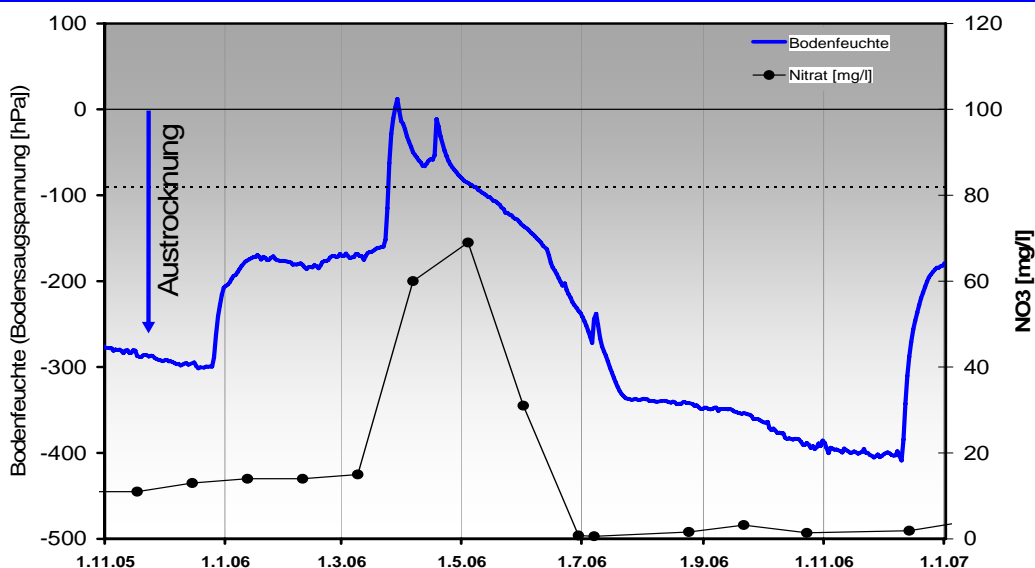
die Saugspannungsmessung und 8 Saugkerzen zur Entnahme von Bodenwasser eingebaut.

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.

Für zwei Messstandorte in Ostbayern, einen Lösslehmstandort im Donautal und einen Mittelgebirgsstandort im Bayerischen Wald, wird die Bodenwassercharakteristik 2006 dargestellt.

Der **Lehmstandort bei Straubing** wird von einem viehlosen Ackerbaubetrieb bewirtschaftet (2006: Weizen). Hier sind auf mehrere Meter mächtigen Lösslehmen schluffig-lehmige Böden entwickelt, die bis zu 190 l/m² als pflanzen-verfügbare Wassermenge (nutzbare Feldkapazität) speichern können. Das Grundwasser wird in 9 bis 11 m Tiefe in den unterlagernden Terrassenschottern angetroffen. Bei einem durchschnittlichen Jahresniederschlag von nur 756 l/m² (1997-2002) bildet sich Sickerwasser überwiegend im Winter und Frühjahr, wenn die Böden ausreichend durchnässt sind.

Abb. 1:
Jahresverlauf der Bodenfeuchte und Nitratkonzentration des Sickerwassers (100 cm Tiefe), Messstelle Straubing, Donau/Gäuboden (Acker)





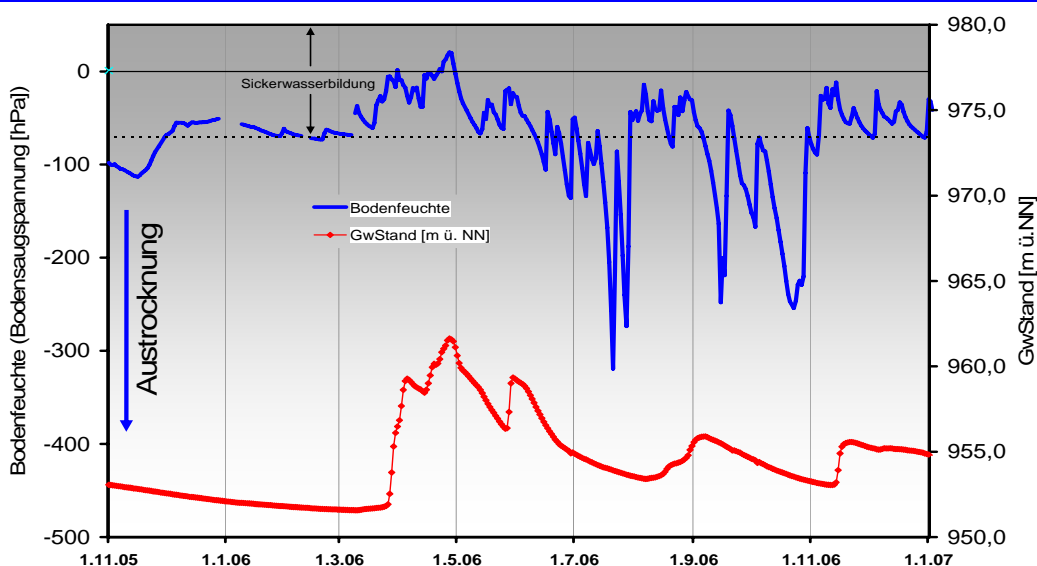
Im Winter 2005/2006 blieb der Boden in 1 m Tiefe mit Saugspannungswerten unter -90 hPa außergewöhnlich lange trocken (Abb. 1). Bei geringen Niederschlägen und einer dauerhaften Schneedecke, zusammen mit lang anhaltendem Bodenfrost, konnte sich kein Sickerwasser bilden. Der Feuchteschub zur Jahreswende war zu schwach. Erst Ende März und April 2006 bewirkten höhere Niederschläge und Schneeschmelze eine starke Bodendurchfeuchtung und somit die einzige Grundwasserneubildungs-Phase des Jahres. Ab Mai trocknete der Boden, für die Jahreszeit typisch, dauerhaft aus. Die Niederschläge im feuchten August konnten die weitere Austrocknung abschwächen. Sie wurden jedoch überwiegend im Oberboden gespeichert und standen dort den Pflanzen zur Verfügung. Nach den zu trockenen Monaten September bis November wurde der Bodenwasserspeicher bis Jahresende merklich aufgefüllt, ohne jedoch Sickerwasser zu bilden. Es hat sich insgesamt eine defizitäre Phase der Grundwasserneubildung eingestellt. Über die weitere Entwicklung wird weitgehend das Sickerwasserangebot der Wintersaison 2007/2008 entscheiden.

Die **Nitratkonzentration** des Bodensickerwassers schwankt am Ackerstandort saisonal sehr stark in Abhängigkeit von Bodenbewirtschaftung, Sickerwassermenge, Temperatur und Bewuchs.

Ausgehend von einem niedrigen Niveau stiegen die Nitratkonzentrationen im Frühjahr 2006 auf Werte über 60 mg/l. Saisontypisch entstanden sogenannte unvermeidbare Nährstoffverluste. In Verbindung mit gleichzeitig stattfindender Grundwasserneubildung verursachen sie im Grundwasser der Donauterrassen erhebliche Nitratbelastungen. Am Messstandort ist eine geschlossene, tiefgründige Lehmedecke ausgebildet. Hier wird das Nitrat nachweislich auf dem weiteren Sickerweg stark abgebaut (Denitrifikation). Ab Ende Juni wurde der Nitratstickstoff von den Pflanzen so stark verwertet, dass die Nitratkonzentration wieder auf Werte unter 10 mg/l sank. Der Erntetermin des Weizens Mitte August zeigte in 1 m Tiefe keine Auswirkungen. Ungenutztes oder neu gebildetes Nitrat wird erst mit einem weiteren Sickerwasserschub in diese Tiefe verlagert.

Die anhaltende Kälte des Winters 2005/2006 bewirkte in 1 m Tiefe, gedämpft durch die Schneedecke und den mäßig wärmeleitenden Lehm, ein Minimum der Bodentemperatur am 27. März von 2,2 °C. Mit 17,3 °C erreichte die Bodentemperatur im heißen Juli 2006 fast den Rekordwert des „Jahrhundertssommers“ 2003 (17,9 °C). Im milden Dezember wurde mit 7,7 °C die höchste Durchschnittstemperatur seit Beginn der Aufzeichnungen (1998) registriert.

Abb. 2:
Jahresverlauf der Bodenfeuchte (50 cm Tiefe) und Grundwasserstand, Messstelle Racheldiensthütte, Nationalpark Bayerischer Wald





Der **Mittelgebirgsstandort** liegt im **Nationalpark Bayer. Wald** (Wassereinzugsgebiet Markungsgraben/Pegel Racheldiensthütte). Hier wird das Bodenwasser unter einem nachwachsenden Bergmischwald (nach Totalverlust des Altfichtenbestandes) in knapp 1000 m Höhe beobachtet. Bodentyp ist eine für die Höhenlage typische, blockreiche Lockerbraunerde über einer glazial-periglazialen Sedimentdecke auf Granit. Der sandige Lehmboden bildet ab ca. 65 cm Tiefe einen stark verdichteten, für viele Mittelgebirge typischen „Grundsutt“. Er wirkt bei hohen Niederschlägen stauend und verstärkt den Direktabfluss im Hang. Die pflanzenverfügbare Wassermenge des Bodens (nutzbare Feldkapazität) beträgt nur 70 mm, wird aber in der Regel durch häufigen Niederschlag ausgeglichen. Der Grundwasserstand schwankt zwischen 2 und 12 m unter Gelände. Bei einem mittleren Jahresniederschlag von 1748 mm wird auch im Sommer und Herbst häufig Sickerwasser gebildet. Die Schneedecke erreicht regelmäßig Höhen bis 2 m und kann bis Ende April andauern.

Im Jahr 2006 blieb der Boden in 0,5 m Tiefe bis auf zwei intensive Trockenphasen weitgehend feucht. (Abb. 2). Schneeschmelze und Niederschläge verursachten von März bis Anfang Mai einen kräftigen Sickerwasserstrom und unmittelbaren Anstieg des Grundwasserstandes um 10 m. Über einige Tage wurde Stauwasser gebildet, das einen erheblichen Direktabfluss auslöste (zweithöchster Jahreswert am Abflusspegel). Im heißen Juli 2006 trocknete der Boden auf Saugspannungswerte bis unter -300 hPa aus. Die Augustniederschläge bewirkten dann eine starke Wiederbefeuchtung, bevor der Boden im Herbst nochmals ungewöhnlich lang austrocknete. Erst ab November wurde wieder Sickerwasser gebildet. Bei milden Temperaturen blieb der Boden bis Ende des Jahres feucht ohne jedoch weitere Direktabflüsse auszulösen.

Die Bodentemperatur in 0,5 m Tiefe schwankte 2006 zwischen 1 und 14 °C.

Die **mehrfährige Nitratdynamik** wird vergleichend für vier typische Standorte vorgestellt (Abb. 3).

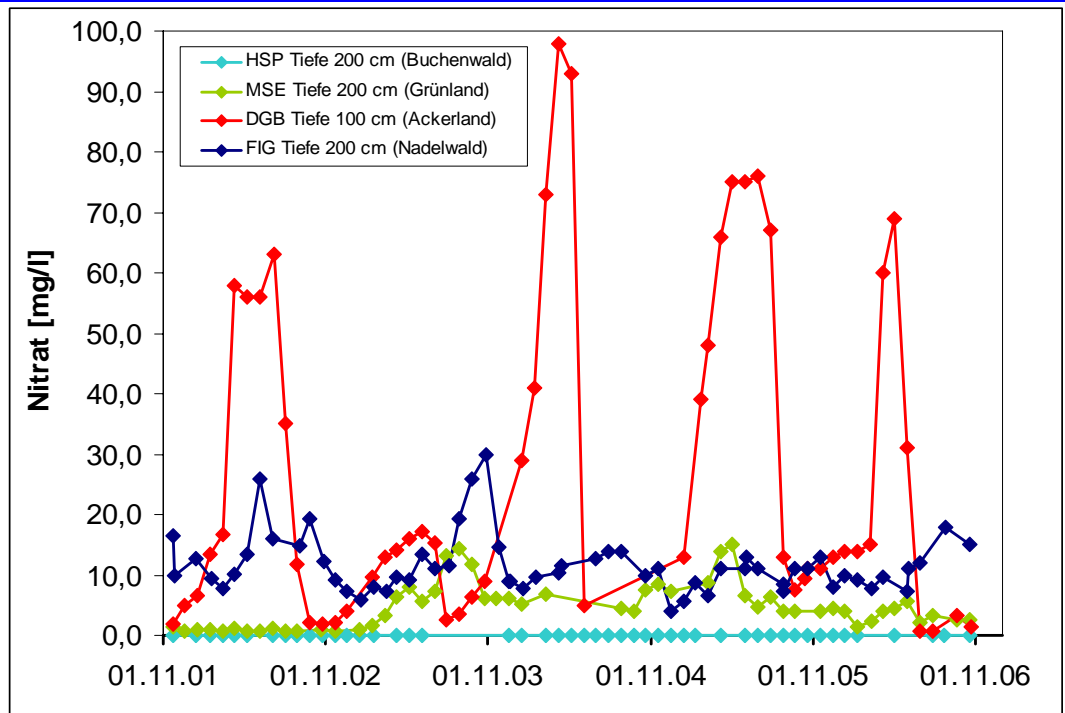
Die **Nitratbelastung** der Bodensickerwässer wird vom Stickstoffeintrag aus der Landnutzung und aus der Luft einerseits sowie der Umsetzung in Boden und Vegetation andererseits gesteuert. In Wäldern sind die Stickstoffumsätze wesentlich geringer als auf landwirtschaftlichen Flächen mit jährlicher Düngung und Ernte. Allerdings bilden sich langfristig auch in Waldböden Stickstoffvorräte von einigen Tausend kg/ha. Sie können in instabilen Phasen teilweise mobilisiert werden und dann die gute Grundwasserqualität gefährden.

Unterhalb der Wurzelzone, d.h. im Sickerwasser, das der Grundwasserneubildung dient, liegen die

mittleren Nitratgehalte zwischen 0 und 27 mg/l. Die höchsten Gehalte werden im Ackerboden, die niedrigsten im Waldboden unter einem Buchenbestand registriert. In laubholzreichen Waldökosystemen werden Stickstoffverluste minimiert, insbesondere auch beim derzeitigen Überangebot an luftverfrachtetem Stickstoff aus Industrie, Verkehr und Landwirtschaft. Die Nitratkonzentration unter Fichtenbeständen ist dagegen häufig erhöht, wie das Beispiel aus dem Fichtelgebirge zeigt. Schädigungen des Fichtenbestandes in Verbindung mit geringem Stickstoff-Speichervermögen können Nitratspitzen bis über 100 mg/l, hier 30 mg/l, verursachen. Grünland mit stabilisierter extensiver Bewirtschaftung zeigt eine schwache, von Klimaverlauf und Nutzungseingriffen gesteuerte Nitratdynamik.



Abb. 3:
Zeitliche Entwicklung der Nitratkonzentration im Boden-sickerwasser, das zur Grundwasserneubildung beiträgt, bei unterschiedlicher Landnutzung



Am Ackerstandort (viehloser Betrieb) werden überwiegend Kartoffeln, Zuckerrüben und Getreide im Wechsel angebaut. In der Regel steigt die Nitratkonzentration im Frühjahr/ Fröhsommer auf Spitzen-

werte von 50 bis 100 mg/l (2006 unter Weizen: 70 mg/l). In diesem Zeitraum können erhebliche Auswaschungsverluste auftreten.

Sonderthemen

Der Klimawandel – Folgen für Hochwasserabflüsse in Bayern?

Motivation

Die sich derzeit abzeichnende Veränderung des Klimas, ausgelöst durch den Menschen mit seiner hoch entwickelten Lebens- und Wirtschaftsweise und dem damit verbundenen enormen Verbrauch fossiler Energieträger, geht bereits jetzt über die langjährig beobachtete natürliche Variabilität der klimatischen Verhältnisse hinaus. Eine direkte Folge des bisher noch ungebremsten Anstiegs der Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre wird die weitere globale Erwärmung sein. In den Flussgebieten wird sich der Klimawandel wohl auf den Wasserkreislauf und das Hochwassergeschehen auswirken. Das gehäufte Auftreten außergewöhnlicher Hochwasserereignisse, die in den letzten zwei Jahrzehnten auch im mitteleuropäischen Raum zu verzeichnen waren, scheint diese Erwartung bereits zu untermauern.

Im Rahmen des Kooperationsvorhabens KLIWA wurde in Zusammenarbeit mit Baden-Württemberg und dem Deutschen Wetterdienst im Jahr 2000 erstmals untersucht, in welchem Umfang lange Zeitreihen der beobachteten Abflüsse Hinweise auf den Klimawandel enthalten – mit anderen Worten, ob sich das Langzeitverhalten der Hochwasserabflüsse statistisch verändert hat. Derartige Veränderungen lassen sich durch Trends detektieren. Die Auswertungen im Jahr 2000 führten zu der Feststellung, dass eine signifikante flächendeckende Veränderung im Langzeitverhalten der Hochwasserabflüsse in Bayern bisher nicht eingetreten ist. Es ergaben sich aber Hinweise auf Änderungen im Jahresgang der Hochwasserabflüsse und regional Hinweise auf eine Häufigkeitszunahme von Hochwasserabflüssen. Die Hochwasserereignisse in Teilen Bayerns im Zeitraum von 1999 bis 2005 waren nun Anlass, erneut Trendauswertungen mit den aktualisierten Abflusszeitreihen durchzuführen.

Anhand der bis zum Jahr 2005 aktualisierten Zeitreihen wurden nun erweiterte statistische Untersuchungen im Rahmen des Kooperationsvorhabens KLIWA am Institut für Wasser und

Gewässerentwicklung der Universität Karlsruhe durchgeführt. Einige Ergebnisse dieser Untersuchung wurden kurz dargestellt.

Methodik und Datengrundlage

Als repräsentative Datengrundlage dienten Messreihen von 60 Pegeln in Bayern, an denen Daten der Wasserstände und der Abflüsse seit mindestens 1932 vorliegen.

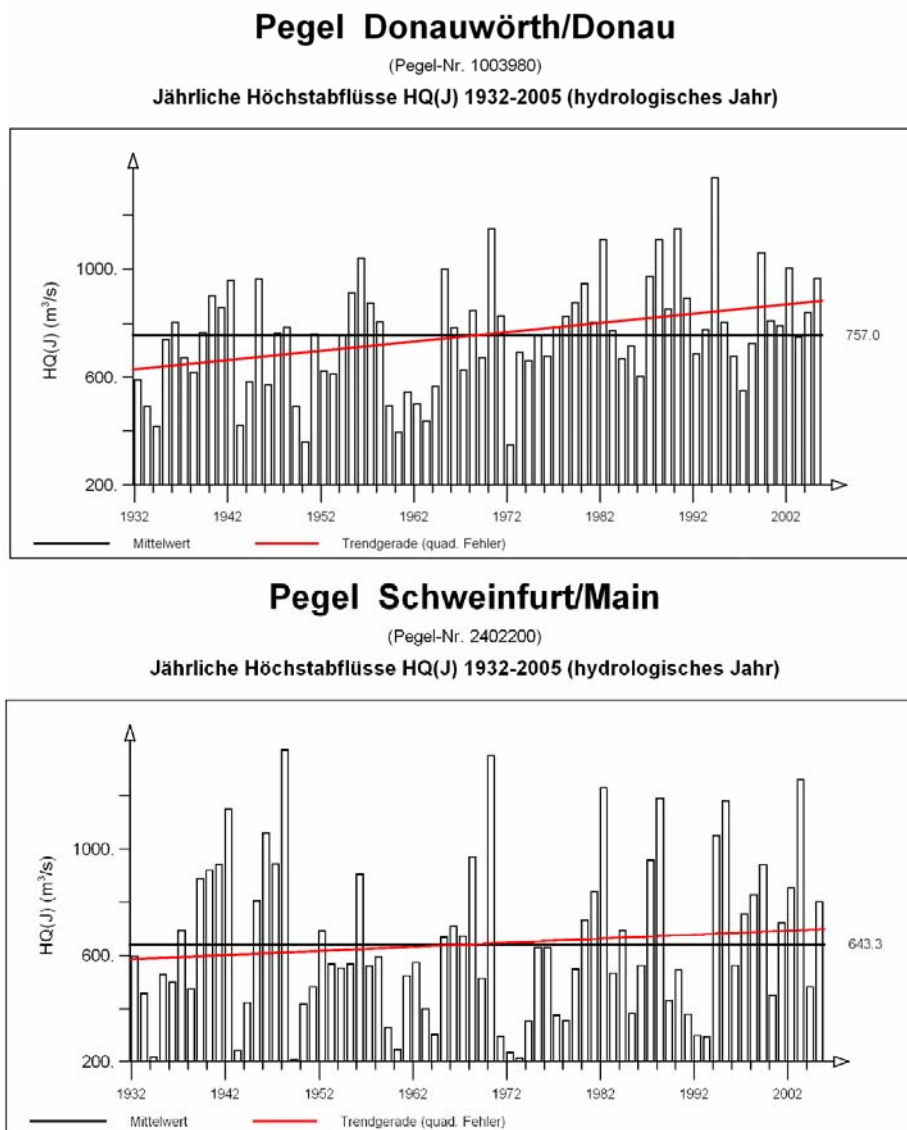
Für die statistische Betrachtung des Langzeitverhaltens der jährlichen Abflusshöchstwerte $HQ(J)$ eines Pegels wurden die vorliegenden monatlichen Höchstwerte in Jahresserien für das hydrologische Jahr, das Sommer- und das Winterhalbjahr zusammengefasst. Anschließend wurden für diese Serien jeweils lineare Trends und deren Signifikanz ermittelt. Die statistische Signifikanz ermöglicht Aussagen, ob ein Trend überwiegend durch die natürliche Variabilität der Werte hervorgerufen wird oder auch eine kausale Veränderung der Werte ausdrückt.

Zusätzlich wurde der mittlere Jahresgang der Monatshöchstwerte der Abflüsse betrachtet. Um eventuelle Veränderungen in den Monatswerten zu erkennen, wurde die verfügbare Zeitreihe in den Jahren 1951, 1964 und 1974 geteilt und für das hydrologische Jahr und die Halbjahre getrennt ausgewertet. Hier sollen exemplarisch nur die Ergebnisse der Trennung im Jahre 1974 diskutiert werden.

Neben den Abflusshöchstwerten wurde zusätzlich die Anzahl von Hochwasserereignissen innerhalb eines Jahres und deren Veränderung auf der Basis von monatlichen Abflusshöchstwerten untersucht. Mit Hilfe eines definierten Schwellenwertes lässt sich die Häufigkeit der Überschreitung eines bestimmten Hochwasserabflusses ermitteln. Für diese Untersuchung wurde als Schwellenwert der jeweilige Median der Monathöchstwerte des Abflusses gewählt, bezogen auf den Jahreszeitraum bzw. die Halbjahre. Die so erstellten Häufigkeitszeitreihen der Hochwasserereignisse wurden ebenfalls auf das Vorhandensein von Trends und deren Signifikanz untersucht.

Abb. 1:

Ergebnisse der
Trenduntersuchung
für zwei ausgewählte
Pegel



Ergebnisse

Am Beispiel der zwei Pegel Donauwörth (15.000 km²) an der Donau und Schweinfurt (12.700 km²) am Main sind in Abbildung 1 die ermittelten Trends anhand der berechneten roten Trendgerade dargestellt. Beide Pegel in der Abbildung zeigen ansteigende Trends, am Pegel Donauwörth ist ein Trend von 0,45 % und am Pegel Schweinfurt von 0,24 % pro Jahr bezogen auf den jeweiligen MHQ-Wert zu beobachten. Die Trendauswertungen aller betrachteten Pegel zeigen eine starke räumliche Variabilität. Belastbare regionale Muster des Trendverhaltens und der Trendstärke sind derzeit aber nicht erkennbar. Die Ergebnisse der Trenduntersuchungen in Bayern sind für alle 60 Pegel in Tabelle 1 zusammengefasst dargestellt. Die bis 2005 durchgeführte Trendanalyse der Hochwasserabflüsse zeigt für den überwiegenden Teil der 60 Pegel einen ansteigenden Trend (80 %), nur 12 Pegel (20 %) weisen bei der Betrachtung des

gesamten Jahres eine Abnahme auf. Ein sehr ähnliches Bild ist auch für das hydrologische Winterhalbjahr zu beobachten. Im hydrologischen Sommerhalbjahr ist die Entwicklung weniger deutlich ausgeprägt. Ansteigende Trends der Hochwasserabflüsse zeigen nur 65% der Pegel. Bei der Bewertung der Ergebnisse muss jedoch berücksichtigt werden, dass die berechneten Trends im Mittel nur an ca. 40 % der Pegel signifikant sind. Der Vergleich der Untersuchungsergebnisse der Jahre 2000 und 2006 zeigt deutliche Ergebnisverschiebungen auf. Durch die Verlängerung der Untersuchungsperiode bis 2005 ist eine Zunahme der Pegel mit einem Trend zur Hochwassererschärfung zu erkennen, analog sind weniger fallende Trends zu beobachten.

Tabelle 1:

Überblick über das Trendverhalten der Hochwasserabflüsse (Vergleich der Auswertungen 1998 / 2005) und der Hochwasserhäufigkeiten (Auswertung 2005) an den 60 untersuchten bayerischen Pegeln

	Trendverhalten der Hochwasserabflüsse		Trendverhalten der Hochwasserhäufigkeiten
Tendenz	Anzahl Pegel der Zeitreihen 1932 - 1998	Anzahl Pegel der Zeitreihen 1932 - 2005	Anzahl Pegel der Zeitreihen 1932 - 1998
Hydrologisches Gesamtjahr			
abnehmender Trend	23	12	14
zunehmender Trend	37	48	46
Hydrologisches Winterhalbjahr			
abnehmender Trend	14	11	5
zunehmender Trend	46	49	55
Hydrologisches Sommerhalbjahr			
abnehmender Trend	33	21	29
zunehmender Trend	27	39	31

Dies ist auf die Hochwässer der vergangenen Jahre zurückzuführen, die nun bei der Auswertung bis 2005 berücksichtigt wurden. Darüber hinaus hat die Signifikanz der Trends zugenommen. In der Auswertung bis 1998 waren im Mittel nur 25 % der Trends signifikant, bis 2005 bereits 40 %. Dies zeigt, wie bedeutend es ist, auch die aktuellen Werte beim Monitoring von Klimaveränderungen zu berücksichtigen, und welchen Einfluss die Zeitreihenlänge bei statistischen Auswertungen besitzen kann. Zusätzliche statistische Analysen, bei denen auch verkürzte Zeitreihen ab 1951 und 1974 ausgewertet wurden, zeigten überwiegend einen stärker ausgebildeten Trend der Abflusszunahme.

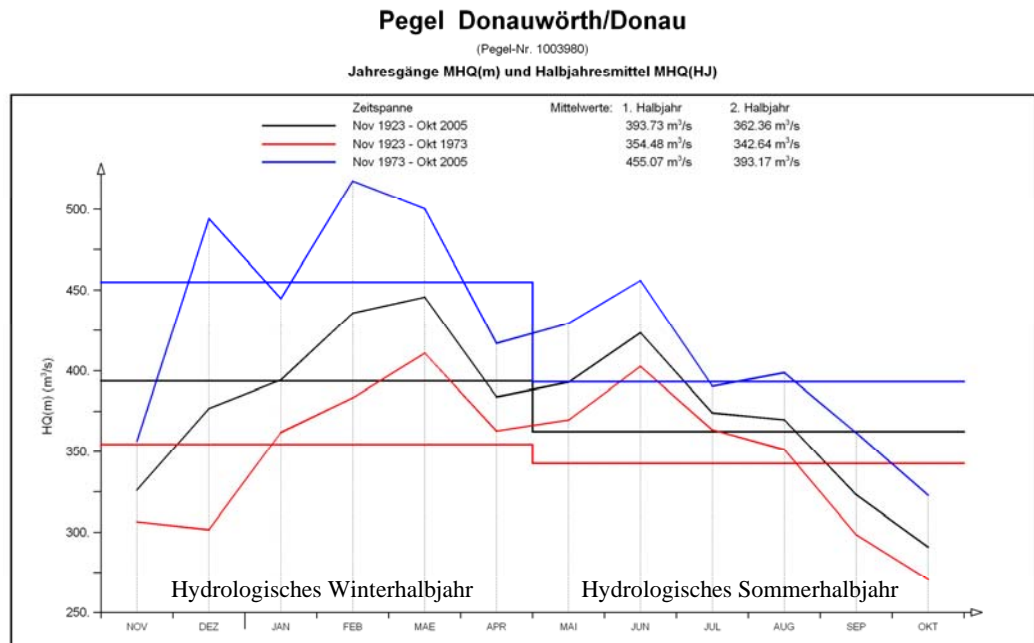
Dieses Ergebnis wird auch durch die Auswertung des Jahresganges der monatlichen Abflusshöchstwerte unterstützt. In Abbildung 2 sind exemplarisch für den Pegel Donauwörth der Jahresgang bezogen auf die einzelnen Monate und die Mittelwerte für die beiden hydrologischen Halbjahre aufgetragen. Zusätzlich wurde die Zeitreihe im Jahr 1974 geteilt. Dies ermöglicht Rückschlüsse auf mögliche Veränderungen der Höchstwerte. Die mittleren

Hochwasserabflüsse (MHQ) der Zeitperiode von 1974 bis 2005 liegen deutlich über dem Mittelwert der gesamten Zeitreihe und der früheren Periode von 1932 bis 1973. Diese Zunahme wird überwiegend durch eine Erhöhung der Hochwasser im hydrologischen Winterhalbjahr hervorgerufen (+28 %), während im Sommerhalbjahr geringere Veränderungen (+14 %) auftreten. Diese Entwicklung deckt sich mit der Auswertung des Trendverhaltens.

Die Häufigkeiten von Hochwasserabflüssen und deren Entwicklung wurden in einer zusätzlichen Auswertung untersucht. Tabelle 1 zeigt, dass bei der Betrachtung des Gesamtjahres und des hydrologischen Winterhalbjahres bei der Mehrzahl der Pegel eine zunehmende Überschreitung des definierten Schwellenwertes (Median der monatlichen Höchstwerte der Hochwasserabflüsse) erfolgt und sich die Häufigkeit der Hochwasserereignisse erhöht. Bei steigenden Trends der Hochwasserabflüsse werden auch definierte Hochwasserspitzen häufiger überschritten.

Abb. 2:

Jahresgang der
mittleren monatlichen
Höchstabflüsse
MHQ(m)



Dies ist wohl insbesondere auf die häufigeren kleinen Winterhochwässer zurückzuführen, da im hydrologischen Sommerhalbjahr an weniger Pegeln ansteigende Trends zu beobachten sind. Fallende und steigende Trends der Anzahl der Hochwasserereignisse sind für das hydrologische Sommerhalbjahr gleichmäßig an den Pegeln verteilt, so dass für diesen Zeitraum eine Zunahme der Hochwasserhäufigkeit nicht erkennbar ist.

Zusammenfassung

Es ist aus den Trenduntersuchungen zu folgern, dass die Hochwasserabflüsse in Bayern an den meisten untersuchten Pegeln in den letzten Jahrzehnten hinsichtlich Häufigkeit und insbesondere Höhe deutlich zugenommen haben. Diese

allgemeine Feststellung ist jedoch einzuschränken, da die Trendrichtung und -stärke regional stark variieren und statistisch nur teilweise als signifikant untermauert sind. Die Auswertung des Jahresgangs zeigt, dass die Erhöhung der Hochwasserabflüsse im hydrologischen Winterhalbjahr besonders ausgeprägt ist. Die festgestellten Veränderungen der Abflusshöchstwerte sind gemeinsam mit der Veränderung der hydrometeorologischen Größen Temperatur und Starkniederschlag, die ebenfalls im Vorhaben KLIWA ausgewertet wurden, als erste Auswirkungen des seit einigen Jahrzehnten erkennbaren Klimawandels zu deuten. Bisherige Simulationsrechnungen mit regionalen Klimaszenarien lassen für die Zukunft regional ebenfalls eine weitere Hochwasserverschärfung erwarten.

Sonderthemen

Fit für Europa – die neuen Untersuchungsprogramme zur Gewässerqualität

Das Jahr 2006 markiert einen Wechsel in der Überwachung der Qualität der Oberflächengewässer und des Grundwassers. Anlass ist die Europäische Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL), die fordert, dass ab 2007 Messnetze und Untersuchungsprogramme europaweit nach einheitlichen Zielen und Kriterien aufgestellt werden.

Aufgabe der letzten Jahre war es, die neuen internationalen Anforderungen in die Überwachung der bayerischen Gewässeraufsicht zu integrieren. Bereits im Jahr 2004 wurden zu diesem Zweck in einem bayernweiten Praxistest an über 100 Messstellen

neue Bewertungsansätze geprüft und optimiert. Im Folgejahr wurden Kriterien für die Messnetzplanung entwickelt und in Pilotgebieten getestet. Basierend auf diesen Vorarbeiten wurde im Jahr 2006 das Überwachungskonzept von der Probenahme bis zur Ergebnisbewertung für ganz Bayern aufgestellt. Mit dem Jahr 2007 kann nun die Gewässerüberwachung nach den neuen Anforderungen offiziell starten.

Überwachung von Fließgewässern und Seen

Parallel zur Erstellung des neuen Überwachungskonzeptes fanden bereits umfassende Untersuchungen nach den neuen Probenahme- und Bewertungsmethoden statt. Im Blickfeld standen hier vor allem Gewässer, deren Qualität bei der Bestandsaufnahme aufgrund einer zu geringen Datenbasis zu-nächst mit „unklar“ eingestuft wurde. Die intensive Entwicklungsarbeit erforderte es, die Ressourcen zu bündeln und die routinemäßige biologische Flächenkartierung an Fließgewässern zu Gunsten des Aufbaues des neuen Gewässermonitorings vorübergehend zu reduzieren.

Die Überwachung der Gewässer nach der neuen EG-WRRL ist streng nach zwei Zielen ausgerichtet:

- **Überblicksüberwachung:** an größeren Gewässern, integrierend für ganze Einzugsgebiete, zielt allgemein auf Veränderungen der Gewässerqualität. Diese können sowohl natürlicherweise oder aber vom Menschen (anthropogen) ausgelöst sein.
- **Operative Überwachung:** Repräsentative Untersuchung vorwiegend belasteter Gewässer zur Zustandsermittlung und Maßnahmenplanung.



Abbildung 1 Brunnenkresse

Während frühere EU-Richtlinien einzelne Aspekte des Gewässerschutzes an Fließgewässern und Seen betrachteten (Fischgewässerrichtlinie, Nitrat-Richtlinie, Richtlinie zur Ableitung gefährlicher Stoffe etc.) umfasst die EU-WRRL das gesamte Spektrum der Gewässerqualität. Die Überwachung vereint die Bestimmung und Bewertung der Biozönosen einschließlich Fischen mit der Analyse umfangreicher Schadstofflisten und Abgleich mit festgelegten Qualitätsnormen.



Abbildung 2 Eintagsfliegenlarve

Ein neues Element stellt die explizite Aufnahme von Referenzstellen in das landesweite Mess-

netz dar: an diesen weitgehend unbeeinflussten Gewässern werden natürliche Veränderungen registriert. Bezüglich der Untersuchungen selbst gibt es vor allem im Bereich der Biologie zahlreiche Neuerungen: wichtig ist die Einführung bundesweit bzw. europaweit standardisierter Probenahme- und Untersuchungsverfahren. Erstmals wurden Fische als Indikatoren des Gewässerzustands in die Untersuchungen einbezogen. Während die bisherigen biologischen Aufnahmen bei Fließgewässern den gesamten Flusslauf erfassten, wird die Qualität dort künftig stärker anhand repräsentativ gesetzter Messstellen erfolgen. Dies ermöglicht eine intensivere Beschäftigung mit der Probestelle, stellt aber auch hohe Anforderungen an die Messstellenauswahl.

Bei Seen erfolgte die Routineuntersuchung bisher überwiegend an einzelnen Messstellen im Freiwasser ausgewählter Gewässer. Künftig ist eine noch größere Anzahl von Seen in das Monitoring einzubeziehen. Hinzu kommen weitere Messstellen am Seeufer und die Untersuchung des ufernahen Sediments.

Überwachung des Grundwassers

Für das Grundwasser stellte sich die Aufgabe, die Überwachungsanforderungen nach EG-WRRL mit der seit Jahren laufenden Modernisierung der Landesbeobachtung zu verbinden. Kernziel für das Grundwasser-Beschaffenheitsmessnetz war die Einrichtung einer ausreichenden Zahl repräsentativer Grundwassermessstellen zur landesweiten Beobachtung regionaler Entwicklungen und zur gesicherten Überwachung der Grundwasserkörper nach EG-WRRL. Aus Kostengründen sollten alle neu hinzu kommenden Messstellen aus dem vorhandenen Bestand an Grundwasseraufschlüssen (Brunnen und Quellen der Wasserversorgung, Messstellen des Landesgrundwasserdienstes und Dritter) ausgewählt werden.

Auch hier steigt die Anforderung an eine Auswahl repräsentativer Messstellen, da diese das Untersuchungsergebnis maßgeblich beeinflussen kann.



Abbildung 3 Blaualge - *Amphora ovalis*

Nicht nur das Überwachungskonzept ändert sich grundlegend, im neuen Kleid werden sich auch die künftigen Karten zur Gewässerqualität präsentieren. Die Erstausgabe der Karten ist für 2009 vorgesehen. Die bisherigen Gewässergütekarten auf Landesebene werden damit abgelöst.



Abbildung 4 Ellerbachquelle im Raum Bamberg

Flächenhafte Belastungen beeinträchtigen das Grundwasser als Ökosystem und Trinkwasserressource, wirken aber auch auf Nachbarsysteme über den unterirdischen Stofftransport. Um die Wirkungen vielfältiger

Formen der Landnutzung und der Grundwasser leitenden Gesteine auf die Grundwasserbeschaffenheit ausreichend zu erfassen, wurde eine landesweit gleichmäßige Messstellendichte von 1 pro 140 km² angesetzt. Soweit Nutzungen bestehen, wurden auch tiefe Grundwasservorkommen bzw. –stockwerke mit geeigneten Messstellen berücksichtigt. Im Pilotgebiet Unterer Main konnten mit dieser Messnetzkonfiguration die Ergebnisse der Bestandsaufnahme bestätigt und Bewertungsansätze für den Zustand des Grundwasserkörpers erfolgreich getestet werden. Die größere Messstellendichte macht es möglich, das Messnetz stärker als bisher auch nach regionalen Belastungsmustern zu beproben und das Auftreten neuer Problemstoffe an Standardmessstellen nachzuweisen. Aktuell ist hier die Recherche auf neue, bzw. bisher nicht analysierbare Pflanzenschutzmittel-Metaboliten zu nennen.

Flexibilisierung und höhere Messstellenzahl erhöhen den Betreuungsaufwand, der durch Reduzierung der Standarduntersuchungen auf nur einen Jahrestermin aufgefangen werden musste. Diese für die verpflichtend zu untersuchenden Messgrößen nach EG-WRRL geltende Mindestanforderung soll im Einzelfall, z.B. bei starker Saisonalität der Stoffkonzentration, durch vorhandene Untersuchungsergebnisse oder Zusatzmessungen erweitert werden.

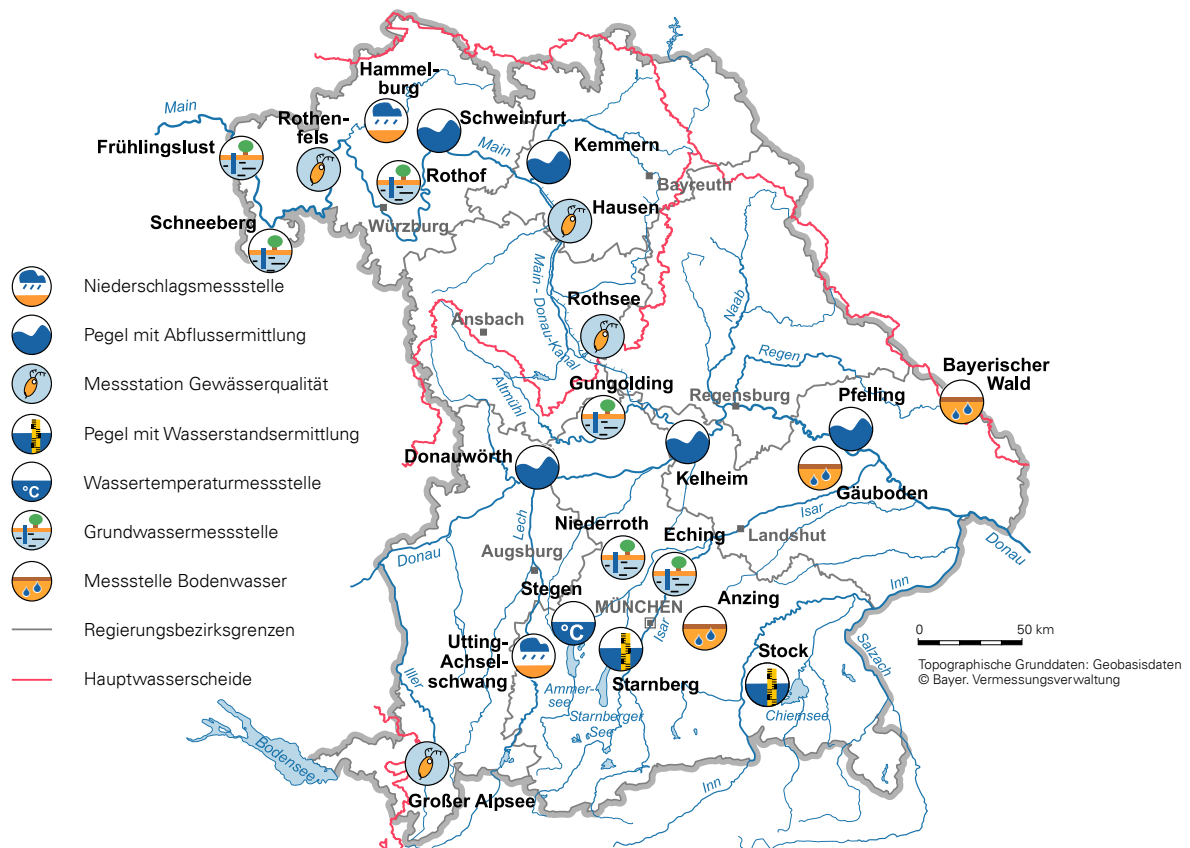
In Verbindung mit den umfangreichen Daten aus Überwachungsprogrammen Dritter erfüllt das neu geordnete Landesmessnetz Grundwasserbeschaffenheit die Anforderungen an die Überblicks-Überwachung auf diffuse Schadstoffeinträge in Bayern. Gleichzeitig bildet es die Basis der später zu intensivierenden operativen (Maßnahmen begleitenden) Überwachung in jenen Grundwasserkörpern, die gemäß Bestandsaufnahme von 2004 den guten chemischen Zustand bis 2015 wahrscheinlich nicht erreichen.

Die Grundwassermenge wird nach WRRL ausschließlich Überblicksweise überwacht, da gegenwärtig keine Gefährdung vorliegt. Bei einer Messstellendichte von 1 pro 300 km² ist jeder Grundwasserkörper mit mindestens drei Messstellen bzw. mindestens einer Messstelle je hydrogeologischer Einheit bestückt. Dazu wurden nach eingehender Datenanalyse repräsentative Messstellen aus den Landesmessnetzen Grundwasserstand und Quellschüttung (im Aufbau) herangezogen.

Durch Verschneidung der vier Messnetze im Landesgrundwasserdienst (Grundwasserbeschaffenheit, Grundwasserstand, Quellschüttung, Stoffeintrag-Grundwasser) ist jetzt für viele Messstellen eine Mehrfachnutzung sichergestellt mit der Möglichkeit, den Stoffhaushalt im Grundwasser bzw. in Wassereinzugsgebieten intensiver zu untersuchen.

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
Hochwasser	Pfelling	Niederbayern	Straubing-Bogen	2.305 km
Hochwasser	Donauwörth/Donau	Schwaben	Donauwörth	2.508 km
Hochwasser	Schweinfurt/Main	Unterfranken	Schweinfurt	330 m ü. NN
Gewässerqualität	Hausen/Regnitz	Oberfranken	Forchheim	30 km
Gewässerqualität	Main/Rothenfels	Unterfranken	Main-Spessart	1857 m ü. NN
Gewässerqualität	Großer Alpsee	Schwaben	Immenstadt	724 m ü. NN
Gewässerqualität	Rothsee	Mittelfranken	Roth	374 m ü. NN
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	Schneeberg 179	Unterfranken	Miltenberg	187 m ü. NN
Grundwasserstand	Frühlingslust	Unterfranken	Aschaffenburg	118 m ü. NN
Grundwasserstand	Rothof	Unterfranken	Würzburg	186 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	Donau/Gäuboden 100	Niederbayern	Straubing	339 m ü. NN
Bodenwasser	Bayerischer Wald 200	Niederbayern	Freyung - Grafenau	960 m ü. NN
Bodenwasser	Anzing/Münchner Schotterebene	Oberbayern	Ebersberg	544 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 Sensorniveaus an.	NW bzw. NQ	Niedrigster Wasserstand bzw. Abfluss in einem vorgegebenen Zeitraum
		pH-Wert	Neben dem Sauerstoffhaushalt werden auch die pH-Wertschwankungen durch das Algenwachstum geprägt. Die pH-Werte liegen meist leicht über 8,0.
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.	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.
		Q	Abfluss in m ³ /s
Feldkapazität	Die im Boden zurückgehaltene Wassermenge, nachdem das durch Schwerkraft bewegbare Wasser abgeflossen ist.	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.
h _N	Niederschlagshöhe in mm (1 mm entspricht 1 l/m ²)		
h _S	Höhe der Gesamtschneedecke [cm]		
HW bzw. HQ	Höchster Wasserstand bzw. Abfluss in einem vorgegebenen Zeitraum	T _w	Wassertemperatur in °C
		T _w -TagMit	Tagesmittelwert der Wassertemperatur
Leitfähigkeit in µS/cm	Die spezifische elektrische Leitfähigkeit hängt sehr stark vom Abflussgeschehen ab.	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.
Meldestufe	Im Hochwassernachrichtendienst in Bayern wird das Ausmaß der Überflutung durch vier Meldestufen beschrieben		
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		
MW bzw. MQ	Mittlerer Wasserstand bzw. Abfluss in einem vorgegebenen Zeitraum	W	Wasserstand in cm