



# Wasser in Bayern

Gewässerkundlicher Jahresbericht  
für Bayern

2003



# Gewässerkundliche Verhältnisse in Bayern

## - Jahresbericht 2003 -

### Vorwort

Der Gewässerkundliche Dienst (GkD) am Bayerischen Landesamt für Wasserwirtschaft hat im Rahmen der Umweltbeobachtung als wesentliche Aufgaben

- den Zustand und die Entwicklung der Fließgewässer, der Seen und des Grundwassers nach Menge und Beschaffenheit sowie der Gewässer als Lebensraum festzustellen und
- für die langfristige angelegte landesweite Beobachtung der Wasserhaushaltskomponenten die notwendigen Messnetze zu betreiben.

Der Gewässerkundliche Dienst nimmt seine Aufgaben in enger Zusammenarbeit mit den Wasserwirtschaftsämtern und den Regierungen wahr. Ein Überblick über die gewässerkundlichen Verhältnisse eines Jahres in Bayern wird jeweils in Form eines Jahresberichts gegeben. Die im Jahr 2003 an den Messnetzen gewonnenen Informationen sind nachstehend summarisch für die einzelnen Komponenten des Wasserhaushalts zusammengestellt und sollen der interessierten Öffentlichkeit eine Rückschau auf das vergangene Jahr und einen Vergleich mit den langjährigen mittleren Verhältnissen ermöglichen. Der vorliegende Jahresbericht 2003 gliedert sich wie folgt:

### Inhaltsverzeichnis

1 Gewässerkundliche Gesamtsituation – Zusammenfassung.....	3
2 Gewässerkundliche Größen Niederschlag, Lufttemperatur, Wasserstand, Abfluss und Grundwasserstände.....	4
2.1 Niederschlag und Lufttemperatur.....	4
2.2 Wasserstand und Abfluss.....	7
2.3 Grundwasserstände und -vorräte.....	10
3 Gewässerqualität.....	13
3.1 Wassertemperatur.....	13
3.2 Qualität der Fließgewässer.....	15
3.3 Qualität der Seen.....	18
3.4 Qualität des Grund- und Sickerwassers.....	19
4 Besondere gewässerkundliche Aktivitäten.....	21
4.1 2003 - Ein trockenes Jahr.....	21
4.2 Einfluss der Züsickerung von Grundwasser auf die Fließgewässer...	21
4.3 Der Hitzesommer 2003 im Bayerischen Wald.....	23
4.4 Gewässerkundliche Entwicklungsvorhaben.....	24

#### Bearbeitung:

Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft  
Referat 11 (Grundsätze, Koordination, Klimaveränderungen und Wasserwirtschaft)  
unter Verwendung von Fachbeiträgen der Referate 12-16 der Abteilung "Gewässerkundlicher Dienst"



## 1 Gewässerkundliche Gesamtsituation – Zusammenfassung

Nach dem Nassjahr 2002 war das Jahr 2003 hydrologisch in anderer Hinsicht bemerkenswert. Auslöser waren die in zehn von zwölf Monaten stark unterdurchschnittlichen Niederschläge und die gegenüber dem 30-jährigen Mittel (1961-90) deutlich erhöhten Lufttemperaturen. Das aufgetretene Niederschlagsdefizit von ca. 30% hat in ganz Bayern extreme Niedrigwasserstände der oberirdischen Gewässer bewirkt und auch die anfänglich noch hohen Grundwasserstände im Jahresverlauf deutlich zurückgehen lassen. Trotz dieser relativen Wasserknappheit waren in Bayern keine besonderen Engpässe bei der Wasserversorgung zu verzeichnen.

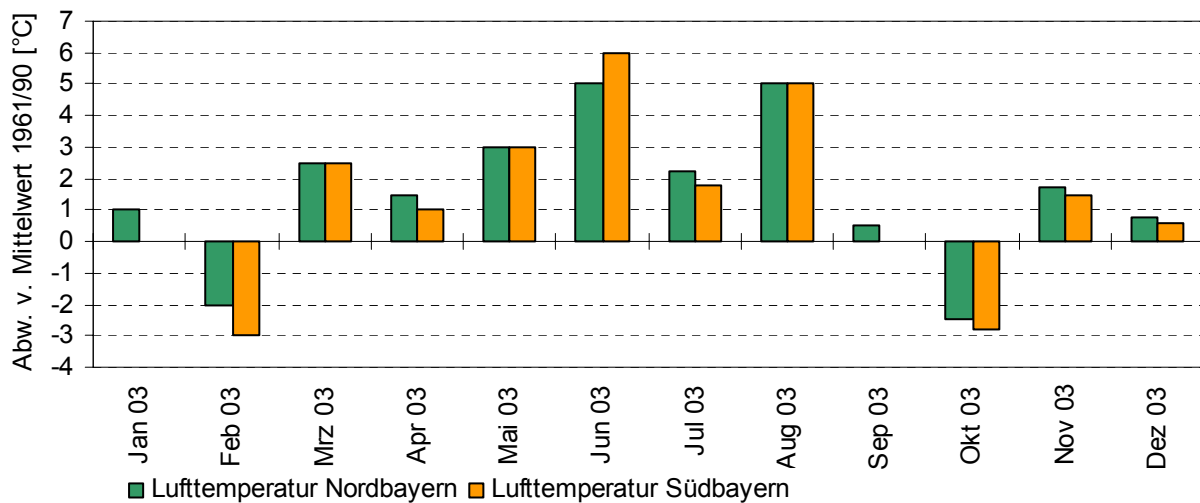
Als Folge der erhöhten Lufttemperaturen wurden Wassertemperaturen gemessen, die landesweit ebenfalls um mehrere Grad über den Durchschnittswerten lagen. Aufgrund der insgesamt positiven Entwicklung der Wasserqualität in den vergangenen Jahren blieben außergewöhnliche Belastungssituationen glücklicherweise aus. Mit Ausnahme des zum Jahresbeginn betroffenen Main Einzugsgebietes spielten Hochwasserereignisse im Berichtsjahr 2003 keine größere Rolle.



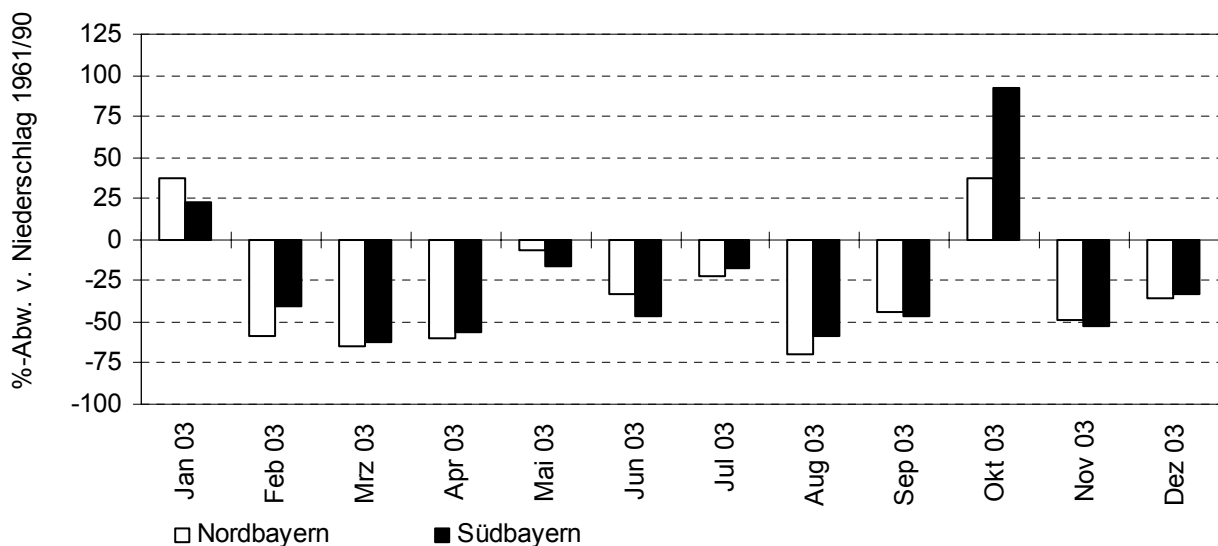
## 2 Gewässerkundliche Größen Niederschlag, Lufttemperatur, Wasserstand, Abfluss und Grundwasserstand

### 2.1 Niederschlag und Lufttemperatur

Außergewöhnlich im Jahr 2003 waren die häufigen und lang anhaltenden Hochdruckwetterlagen über Mitteleuropa, die warme Luftmassen aus Südwesten heranführten und weitgehend wolkenloses Wetter verursachten. Durch die ungehinderte solare Einstrahlung waren 10 von 12 Monaten überdurchschnittlich sonnig; die Folge war ein im Vergleich zur Referenzperiode 1961-1990 markant zu warmes (Abb. 1) und deutlich zu trockenes Jahr (Abb. 2). Insbesondere der Sommer 2003 war der Heißeste in Deutschland seit Beginn der Gebietsmittelzeitreihe im Jahre 1901 (Auswertung des Deutschen Wetterdienstes).



**Abb. 1:** Lufttemperatur - Abweichung der Monatsmittel 2003 (in °C) von den langjährigen Werten der Periode 1961/90 in Bayern



**Abb. 2:** Niederschlag - Abweichung der Monatsmittel 2003 (in %) von den langjährigen Werten der Periode 1961/90 in Bayern



Die starke sommerliche Erwärmung, das Ausbleiben von Niederschlägen und Kaltluft-einbrüchen hatte auch starken Einfluss auf die alpinen Gletscher, bei denen außergewöhnlich hohe Abschmelzraten registriert wurden.

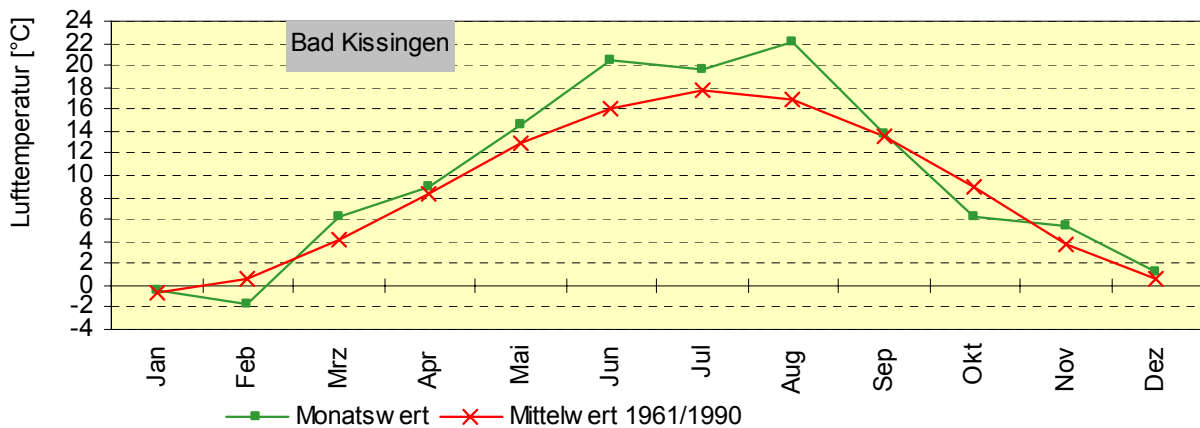
Die Witterung im Kalenderjahr 2003 wird im Folgenden anhand der regionalen Auswertung für die Bereiche Nord- und Südbayern (Abgrenzung nördlich bzw. südlich der Donau) beschrieben.

### Nordbayern

Im Jahr 2003 waren nur die Monate Januar sowie (gebietsweise) Mai und Oktober nasser als das langjährige Mittel der Reihe 1961-1990. Alle anderen Monate blieben unter den durchschnittlichen Werten, wobei insbesondere die Monate Februar, März, April und August deutlich zu trocken ausfielen. Insgesamt waren verbreitet 10 von 12 Monaten (davon 8 Monate in Folge) trockener als das 30-jährige Mittel 1961-90. Dadurch summierten sich die Niederschläge in Nordbayern auf lediglich 560 mm, was einem gemessenen Defizit von ca. 30 % entspricht.

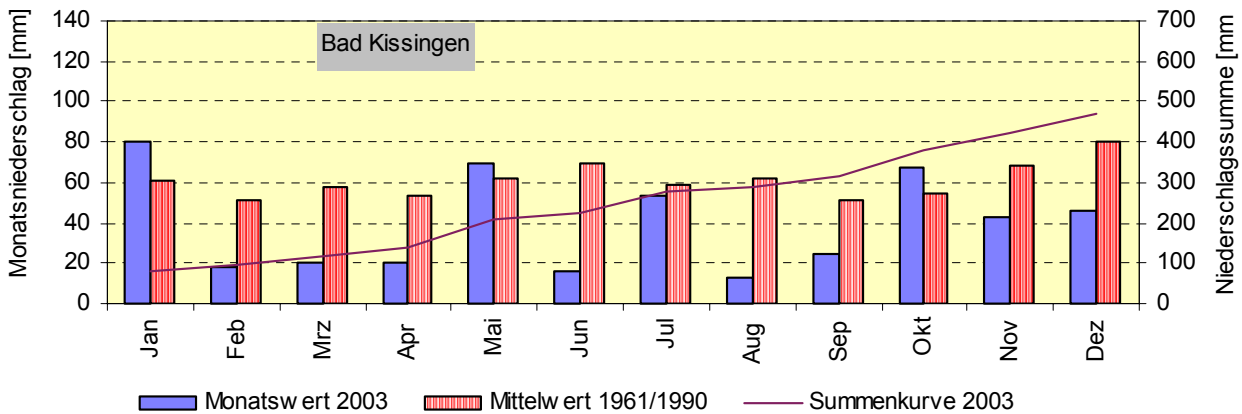
Deutlich niedrigere Temperaturen als die langjährigen Durchschnittswerte wurden in den Monaten Februar und Oktober gemessen. Die übrigen 10 Monate waren statistisch betrachtet zu warm. Insbesondere März, Mai und Juli waren deutlich zu warm und die Monate Juni und August sogar markant zu warm (Abweichung > 4 °C).

Das Maingebiet wies im Kalenderjahr 2003 eine Gebietsniederschlagshöhe von 528 mm auf und lag mit 32 % deutlich unter dem Mittelwert 1961-1990. Der Temperaturverlauf (Abb. 3) und das Niederschlagsgeschehen (Abb. 4) sind beispielhaft für die Niederschlagsstation Bad Kissingen nachstehend graphisch dargestellt.



**Abb. 3:** Klimastation Bad Kissingen - Mittlere Monatswerte der Lufttemperatur 2003 im Vergleich zur Referenzperiode 1961/90.



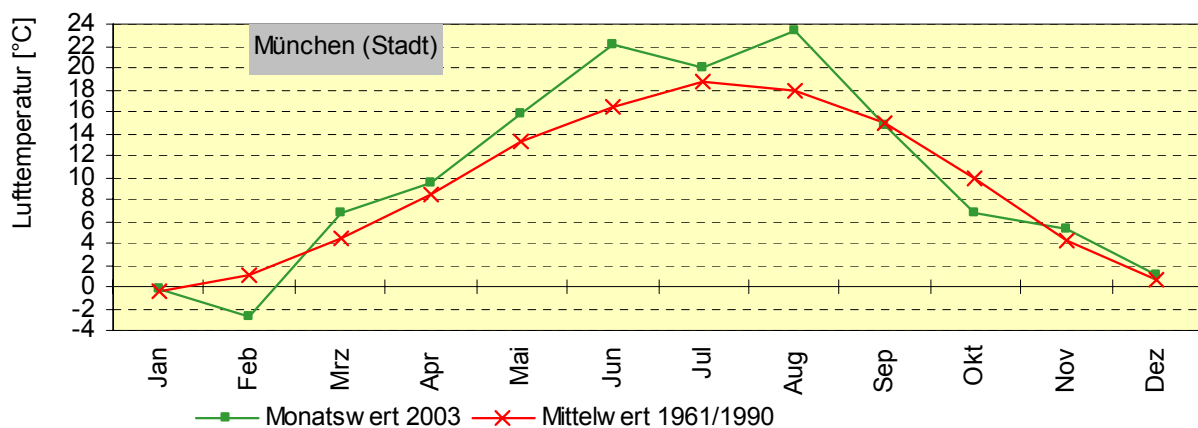


**Abb. 4:** Klimastation Bad Kissingen - Mittlere Monatswerte der Niederschlagshöhe 2003 im Vergleich zur Referenzperiode 1961/90.

## Südbayern

Nur zwei Monate des Kalenderjahres 2003 waren im vieljährigen Vergleich (1961-1990) zu nass. Dazu zählen der Januar und vor allem der sehr niederschlagsreiche Oktober. Alle anderen Monate fielen deutlich trockener aus. Von Februar bis September blieben 8 Monate in Folge unter den Durchschnittswerten, wobei sich März, April, August und November sogar als deutlich zu trocken erwiesen. Der Jahresniederschlag erreichte in Südbayern nur 799 mm, was einem Niederschlagsdefizit von 29 %, bezogen auf den Mittelwert 1961-1990, entspricht.

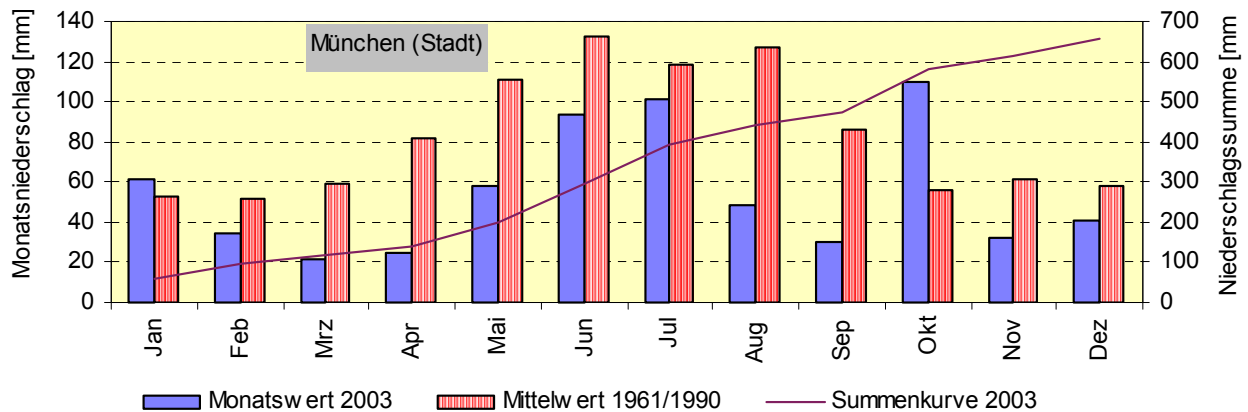
Die Monatsmittel der Lufttemperatur entsprachen im Januar und September dem langjährigen Mittelwert (1961-1990). Im Februar und Oktober blieben die Temperaturen unter den Durchschnittswerten, während die restlichen Monate des Jahres gegenüber der 30-jährigen Referenzperiode 1961/90 erhöhte Werte zeigten. Insbesondere März und Mai waren deutlich sowie Juni und August sogar markant zu warm.



**Abb. 5:** Klimastation München - Mittlere Monatswerte der Lufttemperatur 2003 im Vergleich zur Referenzperiode 1961/90



Die Gebietsniederschläge im Donaugebiet lagen im Jahr 2003 deutlich unter den Mittelwerten der Reihe 1961-1990 und summierten sich auf nur 720 mm. Damit errechnet sich ein Jahresdefizit von 25 % im Donaeinzugsgebiet oberhalb von Regensburg einschließlich dem Gebiet des Regens und ein Minus von 29 % im Donaeinzugsgebiet unterhalb von Regensburg. Beispielhaft für das Donaugebiet zeigen Abb. 5 + 6 die monatlichen Messwerte der Lufttemperatur und Niederschlagshöhe für die Klimastation München (Stadt) im Vergleich zu den langjährigen Mittelwerten 1961/90.



**Abb. 6:** Klimastation München - Mittlere Monatswerte der Niederschlagshöhe 2003 im Vergleich zur Referenzperiode 1961/90.

## 2.2 Wasserstand und Abfluss

Der südliche Teil Bayerns gehört zum Einzugsgebiet der Donau, der nördliche Teil zum Einzugsgebiet des Mains und ein kleiner Teil im Nordosten entwässert zur Elbe. Vom gesamten Main-Einzugsgebiet mit einer Größe von 27.208 km<sup>2</sup> liegen bis zur Grenze nach Hessen 19.685 km<sup>2</sup>, also rund 70 %, auf bayerischem Gebiet. Das Elbegebiet in Bayern umfasst im Bereich der Saale und der Eger ca. 1.500 km<sup>2</sup>. Das Donau-Einzugsgebiet erreicht bis zur Grenze zu Österreich unterhalb der Innmündung eine Größe von 76.635 km<sup>2</sup>. Davon liegen rund 48.700 km<sup>2</sup> auf bayerischem Gebiet. Bis Ulm oberhalb der Illermündung hat die Donau ein Einzugsgebiet von 5.348 km<sup>2</sup>, das zu Baden-Württemberg gehört. Das deutsche Donaugebiet mit ihrem Oberlauf in Baden-Württemberg und Bayern einschließlich des Inns umfasst aber lediglich 7,3 % vom Gesamteinzugsgebiet der Donau bis zum Schwarzen Meer, das bis zur Mündung eine Größe von 817.000 km<sup>2</sup> erreicht. Das bayerische Gebiet, das zum Bodensee (Rheineinzugsgebiet) entwässert, umfasst 590 km<sup>2</sup>.

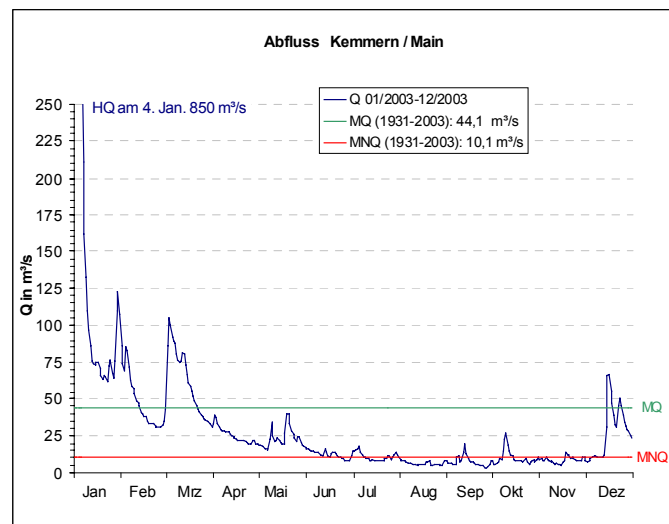
Das Abflussgeschehen des Jahres 2003 begann mit einem Hochwasser, dessen Schwerpunkt in Nordbayern lag. Betroffen waren vor allem der Main, viele Zuflüsse des Mains und das Flussgebiet der Naab. Die anschließende Trockenperiode vom Februar bis zum Jahresende und die extrem hohen Temperaturen im Sommer führten zu einem langanhaltenden Niedrigwasser. Nur in der ersten Oktoberhälfte wurde diese außergewöhnliche Situation kurz unterbrochen. Das Jahr 2003 brachte damit ein seltenes Niedrigwasserereignis, das im Vergleich zu früheren Niedrigwasserperioden durch den langen Zeitraum und die Größe des betroffenen Gebietes herausragt. Eine bemerkenswerte Niedrigwasserperiode gab es im Sommer 2003 nicht nur in Bayern, sondern in ganz Mitteleuropa. Die Abflüsse lagen zum Teil monatelang unter dem Mittel der jährlich niedrigsten Werte (MNQ). Die niedrigsten Wasserstände und Abflüsse, die bisher an einzelnen Pegeln gemessen worden sind (NW bzw. NQ), wurden aber nirgends erreicht oder gar unterschritten.



Das Zusatzwasser aus den staatlichen Wasserspeichern besserte die Abflüsse an vielen bayerischen Gewässern entscheidend auf. Besonders zu erwähnen bezüglich der Abflussaufhöhung sind die Isar unterhalb des Sylvensteinspeichers, die Iller mit dem Rottachsee, das Regnitz- bzw. Main- Gebiet durch Überleitung von Altmühl und Donau, die Sächsische Saale mit der Förmitztalsperre und der Regen mit der Trinkwassertalsperre Frauenau.

## Nordbayern

Das Hochwasser zum Jahreswechsel 2002/2003 betraf weite Teile Frankens und der Oberpfalz. So stieg z.B. an der Fränkischen Saale der Wasserspiegel am 2. und 3. Januar sehr rasch an und erreichte eine Jährlichkeit von bis zu 200 Jahren, bevor die Abflüsse monatelang sanken. Als Beispiel dafür dient die Jahressganglinie des Pegels Kemmern am oberen Main (Abb. 7). Der niedrigste Wert lag im September; er tritt statistisch nur etwa alle 30-50 Jahre auf.



**Abb. 7:** Oberer Main, Pegel Kemmern - Abflussganglinie 2003

An der Rodach, einem rechtsseitigen Zufluss des oberen Mains, wurden Niedrigwasserstände, die nur alle 20 bis 30 Jahre zu erwarten sind, und an der Fränkischen Saale Niedrigwasserstände mit einem Wiederkehrintervall von 5-10 Jahren registriert. Im Main unterhalb des Zuflusses der Regnitz blieb das Niedrigwasser dank der Zugaben aus dem Rothsee und dem Brombachsee (Altmühl- und Donauwasser-Überleitung) moderat. In der Oberpfalz wurden an der Haidenaab Niedrigwasser-Jährlichkeiten von 10-20 Jahren und an der Waldnaab von 30-50 Jahren ermittelt.

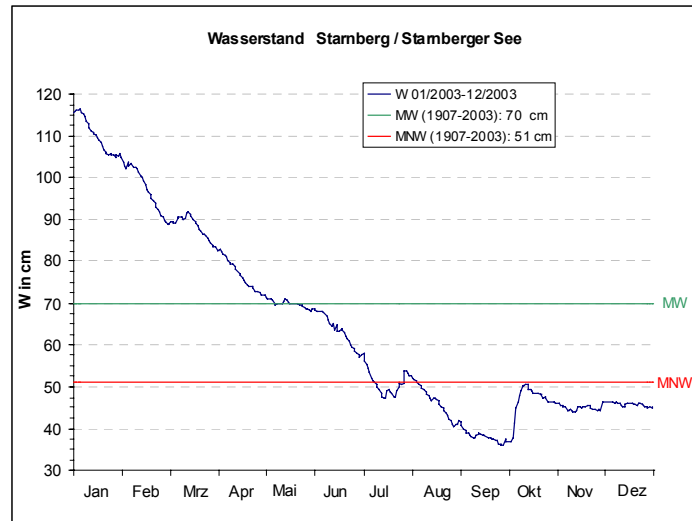
## Südbayern

Die erhöhten Abflüsse zu Beginn des Jahres erreichten in Südbayern, im Gegensatz zum Norden des Landes, nur vereinzelt die Hochwassermeldestufen. Danach machten sich auch im Süden die Niederschlagsdefizite immer deutlicher bemerkbar. Die niedrigsten Wasserstände und Abflüsse traten meist im August ein.

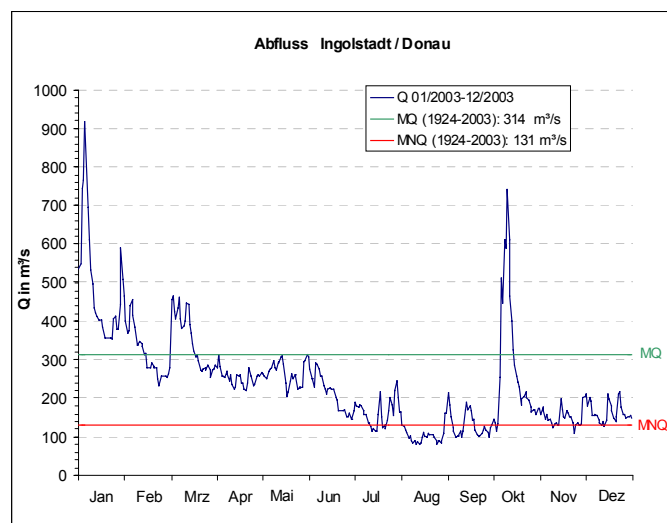




Der Starnberger See war ebenso wie der Ammersee von der Trockenwetterperiode 2003 und der hohen Verdunstung in den heißen Sommermonaten stark betroffen. Die Wasserstände fielen auf Werte deutlich unter dem mittleren jährlichen Niedrigwasserstand (MNW); im Starnberger See wurde der zweitniedrigste Wasserstand seit Beginn der Messungen erreicht (Abb. 8). Derartig niedrige Wasserstände wurden am Tegernsee und am Chiemsee nicht gemessen.



**Abb. 8:** Starnberger See, Pegel Starnberg - Wasserstandsganglinie 2003



**Abb. 9:** Donau, Pegel Ingolstadt - Abflussganglinie 2003

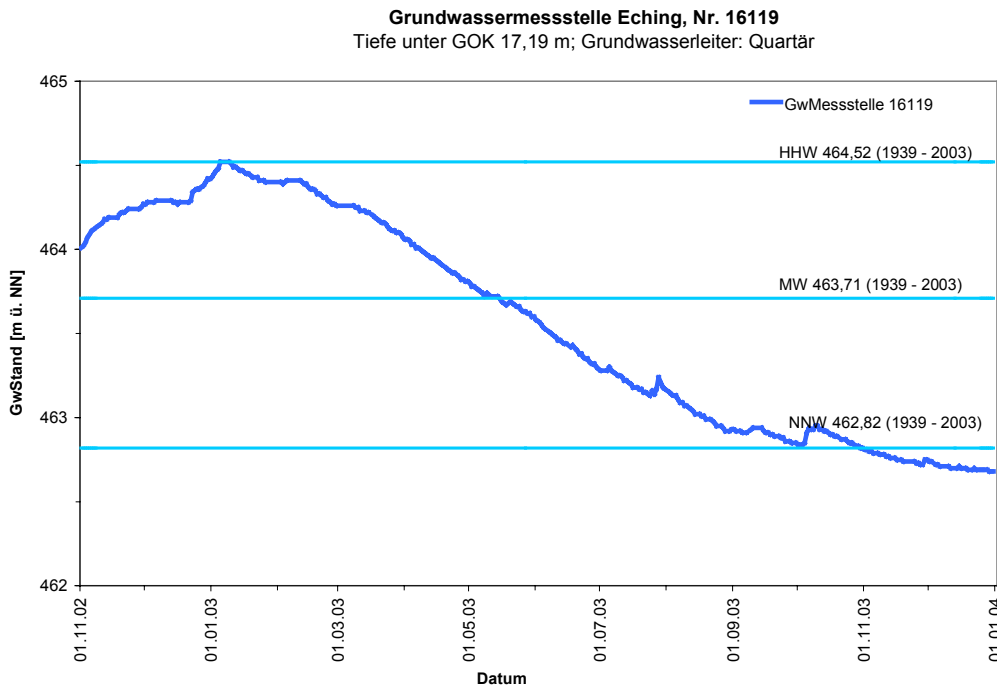
Am unteren Lech und an der Donau in Ingolstadt (Abb. 9) wurden Wasserstände erreicht, die im Mittel seltener als einmal in 30 Jahren erreicht oder unterschritten werden. Im weiteren Verlauf der Donau entschärften Zuflüsse die Niedrigwassersituation. An Ammer, Amper und Würm traten Niedrigwasser-Jährlichkeiten von 10-20 Jahren auf. Auffallend war der Inn, der ganz gegen den Trend in den Sommermonaten Abflüsse über dem langjährigen Mittelwasser führte; dies ist mit der Gletscherschmelze im Einzugsgebiet zu begründen.



## 2.3 Grundwasserstände und -vorräte

Die Grundwasservorkommen Bayerns lassen sich elf großräumigen hydrogeologischen Einheiten zuordnen. Ihre hydrologische Reaktion orientiert sich an den Gesteinseigenschaften der jeweiligen geologischen Formation. Ferner unterscheiden sie sich in Bezug auf Ergiebigkeit und Größe der zusammenhängenden Grundwasserkörper. Die folgende landesweite Darstellung der Grundwasserverhältnisse im Jahr 2003 behandelt die südbayerischen Porengrundwasserleiter (Tertiär, Quartär) ebenso wie die wichtigen Kluft- und Karstgrundwasserleiter (Trias-Kreide) nördlich der Donau. Nicht berücksichtigt werden das kristalline Grundgebirge (Bayerischer und Böhmerwald), der voralpine Moränengürtel und der alpine Raum, da in diesen drei hydrogeologischen Räumen nur kleinräumige Grundwasservorkommen anzutreffen sind.

Die Grundwasserstände werden an rund 2000 staatlichen Messstellen beobachtet. Für die Beschreibung der Verhältnisse im Kalenderjahr 2003 wurden rd. 150 repräsentative Messstellen ausgewählt. Die Situation im Jahr 2003 wird unter anderem anhand des langfristigen Verhaltens der Grundwasserstände bewertet. Alle Angaben zu Mittel-, Höchst- oder Niedrigstwerten beziehen sich auf die gesamte Beobachtungszeit 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 werden über 45 Jahre bis hin zu 65 Jahren beobachtet.



**Abb. 10:** Grundwassermessstelle Eching (Grundwasserleiter: Quartär) - Grundwasserstand, Jahresganglinie 2003



Im Januar 2003 wurden bayernweit noch relativ hohe Grundwasserstände beobachtet, die auf die hohen Niederschläge im Jahr 2002 (Augusthochwasser 2002) zurückzuführen waren. Bei den Messstellen der quartären Schotterflächen südlich der Donau war anschließend bis Ende 2003 ein kontinuierliches Absinken des Grundwasserspiegels zu verzeichnen. Die Anfang Oktober auftretenden überdurchschnittlichen Niederschläge führten jedoch nicht bei allen Messstellen zu einer signifikanten Aufhöhung des Grundwasserspiegels, wie die Ganglinie für die Messstelle Eching bei Freising erkennen lässt (Abb. 10).

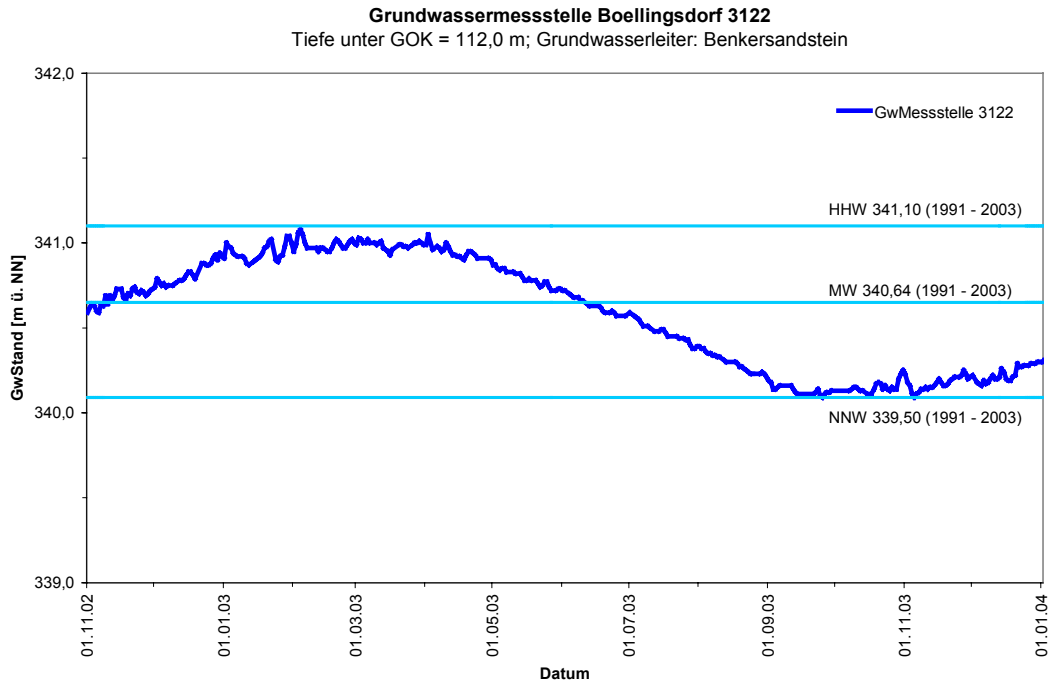
Auch in den mächtigen quartären Flusstalfüllungen nördlich der Donau ist neben dem seit Anfang 2003 bis zum Ende des Jahres anhaltenden Abwärtstrend im Grundwasserstand erkennbar, dass die Oktoberniederschläge lediglich geringe Anstiege des Grundwasserstandes bewirkten. Bei den geringmächtigen Flusstalfüllungen, die mit den Fließgewässern in hydraulischer Verbindung stehen, haben die Wasserstandsschwankungen in den Gewässern meist stabilisierende Auswirkungen auf den oberflächennahen Grundwasserleiter. Da sich zum Ende des Jahres 2003 die Niedrigwassersituation in den Oberflächengewässern wieder normalisiert hatte, zeigen auch viele der Ganglinien der gewässernahen Grundwassermessstellen ab Oktober bzw. November 2003 eine Stagnation oder sogar einen Wiederanstieg des Grundwasserspiegels.

Das Grundwasser im Tertiär (Raum südlich der Donau bis zur Linie Memmingen-Starnberg-Burghausen) liegt unter gering durchlässigen Schichten in Tiefen zwischen 60 und 200 m. Die Einflüsse der hohen Niederschläge bis zum Dezember 2002 wirkten sich hier zeitverzögert aus. So wurde der höchste Grundwasserstand im Jahr 2003 an fast allen tertiären Messstellen erst im Januar und Februar erreicht; er lag bei allen Messstellen über dem mehrjährigen Mittel. Danach war bis zum Herbst 2003 ein allgemeiner Abwärtstrend des Grundwasserstandes erkennbar. Nach den ab Oktober wieder stärker einsetzenden Niederschlägen stieg der Grundwasserspiegel bei der Mehrzahl der Messstellen dauerhaft an, wobei das langjährige Mittel bis November 2003 noch nicht wieder erreicht wurde. Bei den anderen Messstellen wurde der Abwärtstrend gestoppt.

Im Jura (Raum Eichstätt-Regensburg-Bamberg-Bayreuth) bewegt sich das Grundwasser auf Klüften und Schichtfugen, die vielfach durch Verkarstung in unterschiedlichem Ausmaß zu unterirdischen Fließgerinnen erweitert worden sind. Aus diesem Grunde ist das Verhalten der Ganglinien an den beobachteten Messstellen nicht einheitlich. Bei der Mehrzahl der Messstellen wurde Anfang des Jahres 2003 der mittlere Grundwasserstand überschritten. Von diesem Zeitpunkt an erfolgte eine stetige Abnahme des Grundwasserstandes. Aufgrund der guten Wasserwegsamkeit des Grundwasserleiters reagierte dieser regional unterschiedlich auf kräftige Niederschlagsereignisse mit einem teilweise raschen Anstieg des Grundwasserstandes. So bewirkten bei einigen Messstellen auch stärkere Niederschlagsereignisse (Gewitterregen) im Sommer 2003 einen kurzzeitigen Grundwasseranstieg. Der allgemeine Abwärtstrend flachte ab Oktober 2003 ab.

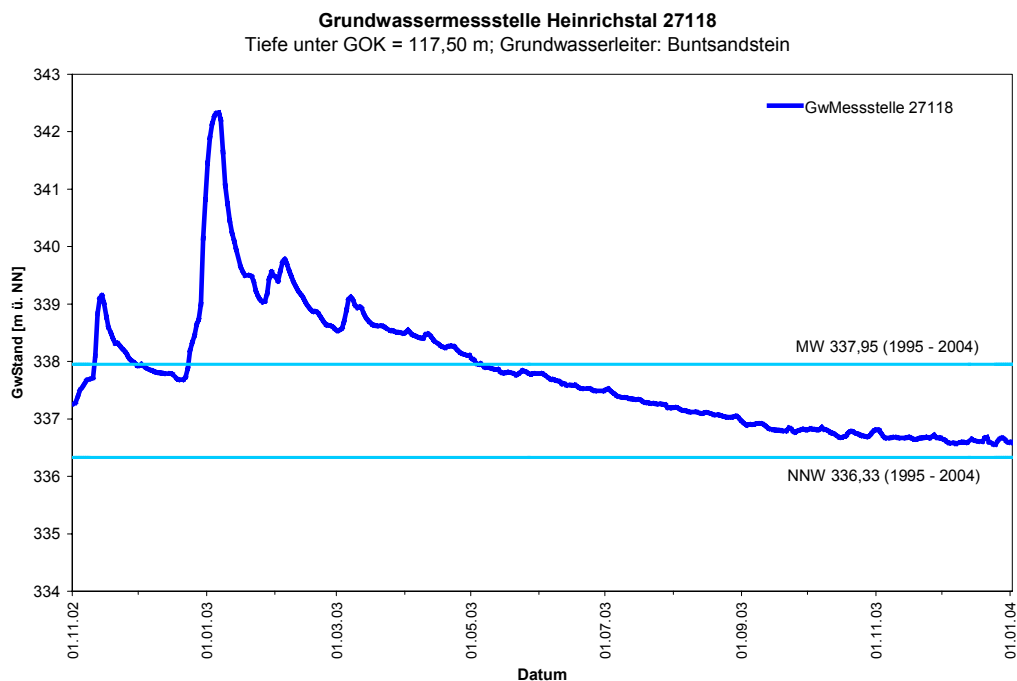
Im Sandsteinkeuper (Raum Ansbach-Nürnberg-Coburg) reagierte der Grundwasserleiter ähnlich auf die Trockenperiode wie im Benker Sandstein (Raum Ansbach-Nürnberg-Neustadt/Aisch). Die höchsten Grundwasserstände wurden zwischen Februar und April erreicht. Danach folgte ein Absinken bis unter das mehrjährige Mittel, das bis Mitte September anhält. Obwohl zu diesem Zeitpunkt noch keine vermehrten Niederschläge auftraten, blieb der Grundwasserspiegel bis Mitte Oktober nahezu konstant, um dann langsam wieder anzusteigen (Abb. 11).





**Abb. 11:** Grundwassermessstelle Boellingsdorf (Grundwasserleiter: Benkersandstein) - Grundwasserstand, Jahresganglinie 2003

An den Messstellen im Muschelkalk (Raum Rothenburg-Würzburg-Schweinfurt-Mellrichstadt) stellte sich zeitverzögert zwischen Februar und April 2003 der höchste Grundwasserstand ein, der an allen Messstellen über dem mehrjährigen Mittelwert lag. Nach einem stetigen Absinken im Sommerhalbjahr wurde der niedrigste Grundwasserstand Ende September 2003 erreicht.



**Abb. 12:** Grundwassermessstelle Heinrichstal (Grundwasserleiter: Buntsandstein) - Grundwasserstand, Jahresganglinie 2003



Im Buntsandstein (Raum Aschaffenburg-Bad Brückenau-Mellrichstadt) traten, im Gegensatz zu den Vorjahren, die Höchstwerte im Grundwasserstand überwiegend bereits im Januar auf. Die Grundwasserstände fielen dann während des Frühjahrs und Sommers annähernd kontinuierlich unter das mehrjährige Mittel ab. Ein Anstieg des Grundwasserstandes am Ende des Jahres 2003 erfolgte nicht. Vielmehr stagnierte der Grundwasserspiegel Ende Oktober oder aber zeigte weiterhin einen schwachen Abwärtstrend (Abb. 12).

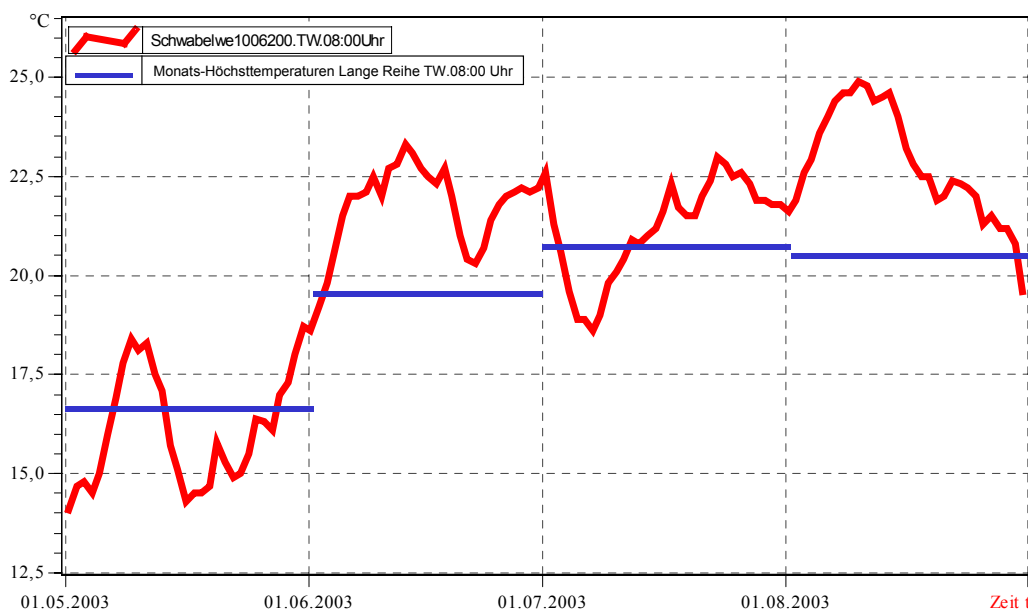
### 3 Gewässerqualität

#### 3.1 Wassertemperatur

Die Aufeinanderfolge der überdurchschnittlich warmen Monate März bis August ließ die Wassertemperaturen ungewöhnlich stark steigen und führte an vielen Messstellen um den 12. August zu neuen Höchstwerten ( $HT_W$ ) seit Beginn der Messungen ( $HT_W$  an einigen Messstellen Ingolstadt: 26,0 °C am 12.08., Kemmern: 26,3 °C am 11.08. und Stegen: 27,7 °C am 12.08.2003).

Die Auswertung des Abflussjahres 2003 ergab eine deutliche Überschreitung der bisherigen Monatshöchsttemperaturen von Mai bis September, wobei der Juni und der August die wärmsten Wassertemperaturdaten aufzuweisen hatten. Auch die Anzahl der Tage mit hohen Wassertemperaturen war im Juni und August deutlich höher als im langjährigen Mittel.

$T_W$  Jahresganglinie Mai - August 2003 Station Schwabelweis (Donau)  
Wassertemperaturen um 8° (MESZ)

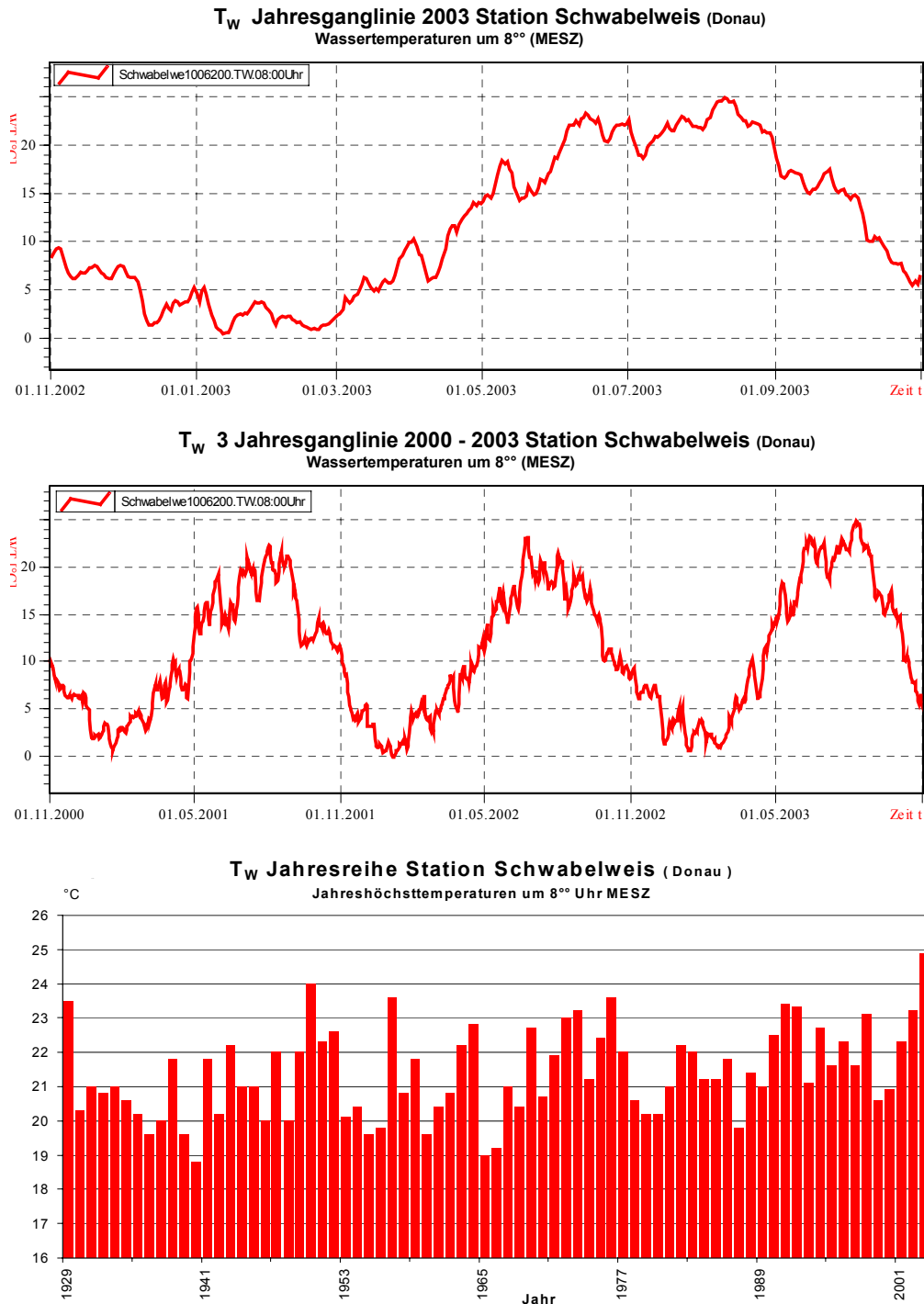


**Abb. 13:** Station Schwabelweis (Donau) - Wassertemperatur: Ganglinie Mai-August 2003

Am Beispiel der Messstation Schwabelweis (Abb. 13) erkennt man zeitweise eine Temperaturerhöhung gegenüber dem langjährigen Monatsmittel im Juni von bis zu ca. 2,5°C, im Juli von ca. 1,5°C und im August von ca. 4°C. Die Jahreshöchstwerte der gesamten Messreihe sind in Abb. 14 dargestellt.



Bei einigen Wassertemperatur-Messstellen mit über 30-jähriger Aufzeichnung finden sich allerdings in den Trockenperioden 1947 und 1976 noch höhere Wassertemperaturen als im Jahr 2003. Weitere Höchststände der Wassertemperatur wurden in den Jahren 1957, 1992, 1993 erreicht. Trotz der hohen Wassertemperaturen wurden an keinem bayerischen Wärme- bzw. Kernkraftwerk die per Bescheid erlassenen Grenztemperaturen der Abwärmeeinleitung in die Fließgewässer im Jahr 2003 überschritten.



**Abb. 14:** Station Schwabelweis (Donau) - Wassertemperatur: Jahresganglinie 2003 (oben), 3-Jahresganglinie 2000-2003 (Mitte), Jahreshöchstwerte der Gesamtreihe 1929-2003 (unten)



### 3.2 Qualität der Fließgewässer

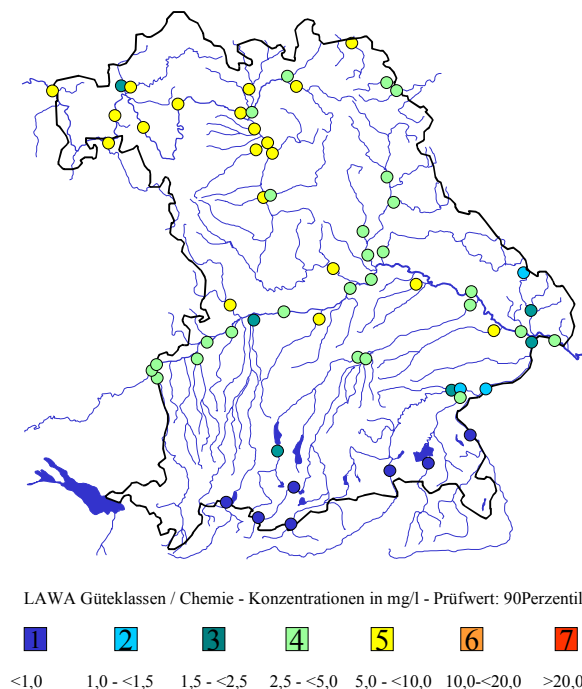
Der Zustand und die langfristige Entwicklung der Gewässerqualität in Bayern werden im Landesmessnetz Fließgewässer erfasst. Die zugehörigen Messstellen liegen an 40 verschiedenen bedeutenden Gewässern und an 2 Kanälen. Sie decken eine Vielfalt an naturräumlichen Gegebenheiten, Abflussverhältnissen und Belastungen ab. Untersucht wurden der Wasserkörper selbst, die im Wasser schwebenden organischen und anorganischen Teilchen, der so genannte Schwebstoff sowie die im Wasser lebenden Organismen. Am Schwebstoff haften häufig schwerer lösliche, organische Substanzen und Schwermetalle an.

**Bayernweiter Überblick:** Das Trockenjahr 2003 zeichnete sich durch hohe Wassertemperaturen und eine besonders geringe Schwebstoffführung in den Gewässern aus. Der Sauerstoffhaushalt war belastet aber nicht kritisch beeinträchtigt. Es kam trotz der extremen Bedingungen weder zu außergewöhnlichen Fischsterben, noch zu gravierenden Beeinträchtigungen des Stoffhaushaltes oder der Gewässerbiozöten. In Nordbayern waren allerdings die Muschelgewässer gefährdet. Aktionen zur Umsiedlung von Muscheln waren in Einzelfällen notwendig, als die Wasserführung in den Flüssen zu stark abnahm.

Die südbayerischen Gewässer reagieren zum Teil empfindlicher auf Temperaturerhöhungen, da die Biozöten an kühlere Verhältnisse angepasst sind. Dies ist insbesondere relevant, wenn Flüsse z.B. durch Kühlwassernutzungen anthropogen beeinflusst sind. Für die Isar, deren Mitteltemperatur ca. 2 Grad über den Vorjahresverhältnissen lag, wurde eine Ausnahmegenehmigung für eine Mischtemperatur von 27°C zur Kühlung des Kernkraftwerkes Isar I beantragt, die aber dann nicht in Anspruch genommen werden musste.

#### Landesmessnetz Fließgewässer

NO<sub>3</sub>-N (mg/l) 2003  
Bewertung der Messergebnisse nach LAWA Zielvorgaben



**Abb. 14:** Landesmessnetz Fließgewässer - Darstellung der Nitratkonzentrationen auf der Grundlage der LAWA-Güteklassen



## Physikalisch-chemische Gewässerqualität

Im Jahr 2003 wurde insbesondere der Sauerstoffhaushalt sorgsam beobachtet. Erwartungsgemäß kam es im Frühjahr und Frühsommer zu ausgeprägten Sauerstoffschwankungen und dann im Sommer vor allem in den Mittelgebirgen zu einem starken Abfall des Sauerstoffgehaltes. Jedoch fielen sogar im Main, der in der Vergangenheit in solchen Situationen besonders kritisch reagierte, die Konzentrationen nur zeitweise auf 5mg Sauerstoff pro Liter. Dies ist den enormen Verbesserungen im Gewässerschutz zu verdanken, die zu einem deutlich reduzierten Eintrag leicht abbaubarer organischer Substanzen führten. So wurden im Main trotz der extremen Witterung nur BSB5-Gehalte von 8mg/l gemessen.

Die Nährstoffsituation war im Jahr 2003 günstig. Aufgrund fehlender Niederschläge wurden nur in geringem Maße Stoffe in die Gewässer eingespült. Zwar hat diese Entwicklung nur wenig Einfluss auf die Bewertung der Nährstoffbelastung, da hierfür vor allem die Winterkonzentrationen Ausschlag gebend sind, die Jahresfrachten der Gewässer (= Produkt aus Abfluss und Konzentration) nahmen jedoch deutlich ab. An der Donau-Messstelle Jochenstein (Grenze zu Österreich) wurde nur etwa die Hälfte der Phosphorfracht des Vorjahres gemessen und damit der niedrigste Wert (2200 Tonnen) seit Beginn der Untersuchungen im Jahr 1976 registriert.

**Schadstoffprogramme:** Generell kann die Schadstoffbelastung der Gewässer in Bayern als gering bezeichnet werden, für einige Substanzen liegen aber auch regional Belastungen vor. Wie im Jahr 2002 traten kaum Belastungen durch "VOC- leichtflüchtige Halogenverbindungen" auf. Ebenso konnten keine auffälligen Belastungen durch organische Substanzen im Schwebstoff der Gewässer festgestellt werden.

Auch die Situation bezüglich der Schwermetalle hat sich nicht verändert. Werden die Zielvorgaben der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) zur Beurteilung herangezogen, traten in der Wasserphase nur bei Blei und Quecksilber Überschreitungen auf. In der Schwebstoffphase wurden Zink, Kupfer und Cadmium häufiger überschritten, weitere Schwermetalle vereinzelt an einigen Messstellen. Ein Teil der Belastung, vor allem im Bayerischen Wald, ist durch die natürlichen geologischen Verhältnisse bedingt.

Im Zuge der EU-Wasserrahmenrichtlinie werden die Zielwerte für Schwermetalle europaweit überarbeitet um eine konsistente Neueinschätzung zu ermöglichen. Dasselbe gilt auch für Pflanzenschutzmittel. Derzeit werden Trinkwassergrenzwerte und Zielwerte der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser zur Beurteilung herangezogen. Diese waren von einigen Untersuchungswerten überschritten. Problemstoffe sind nach wie vor Atrazin, Diuron, Isoproturon und Bentazon.

Zur Erfüllung der Bayerischen Gewässerqualitätsverordnung wurden im Jahr 2003 für Dibutylzinn, Bentazon, Benzo(a)pyren und Fluoranthen Nachuntersuchungen durchgeführt, die aufgrund der Überschreitung von Qualitätszielen in 2002 veranlasst waren. Nur für Dibutylzinn ergaben sich weiterhin erhöhte Werte.





## Biologisch-ökologische Gewässerqualität

Neben den chemischen Untersuchungen im Landesmessnetz (Abb. 14) werden auch biologische Kartierungen von Gewässerstrecken durchgeführt. Sie münden alle drei Jahre in die Erstellung der Gütekarten Saprobie und Trophie. Weiterhin kümmerten sich die Mitarbeiter des gewässerkundlichen Dienstes im Sommer 2003 besonders um sensible Gewässer. Im Vergleich zu den Vorjahren waren längere Gewässerstrecken trocken gefallen. In der Regel wirkt sich dies jedoch nicht anhaltend negativ auf die Lebensgemeinschaften aus, da die Gewässerorganismen an solche Situationen angepasst sind. Nur für wenige Arten mussten Hilfsmaßnahmen ergriffen werden, so z.B. für Großmuscheln in einzelnen oberfränkischen Fließgewässern, die zeitweise umgesiedelt wurden.

**Kartierung Saprobie:** Im Vergleich zu 2002 wurden wenige, regional eng begrenzte Änderungen mit überwiegend positiver Tendenz registriert. Besonders hervorzuheben ist die nun gesicherte Verbesserung der Salzach von Güteklasse II-III auf II, die auf abwassertechnische Maßnahmen zurückzuführen ist. Die Witterung hatte insgesamt nur geringen Einfluss auf die Saprobiebewertung der Gewässer.

Salzach	
Jahr	Güte- klasse
1990	III-IV
1991	III
1992	
1993	III
1993	II-III
1993	II-III
1994	II-III
1995	II-III
1996	II-III
1997	II-III
1998	II-III
1999	II-III
2000	II-III
2000	II-III
2001	II-III
2002	II
2003	II

**Tab. 1:** Entwicklung der Gewässergüte der Salzach zwischen 1990 und 2003

Seit 1990 konnte die Qualität der Salzach erheblich verbessert werden. Nachdem die biologischen Untersuchungen das Ergebnis von 2002 auch im Jahr 2003 bestätigten, konnte die Salzach nun in Güteklasse 2 eingestuft werden.

**Kartierung Trophie:** Die Bewertung erfolgt nach dem sogenannten „trophischen Aspekt“. Zur Indikation wird dabei die für das jeweilige Gewässer charakteristische Pflanzengruppe herangezogen, so dass höhere Wasserpflanzen, Algen des Gewässergrundes oder für große langsam fließende Gewässer auch das Plankton maßgeblich sein können. Die trophische Belastung der Fließgewässer wird in dreijährigen Berichtszeiträumen zusammengefasst. Die letzte Zusammenstellung erfolgte im Jahr 2002 für den Zeitraum 1998-2001. Im Jahr 2003 konnten verschiedene Vorgänge beobachtet werden. In vielen Gewässern, z.B. im Main gab es eine geringere Planktonentwicklung und die Gewässer zeigten sich erstaunlich klar. Hintergrund waren geringere Nährstoffeinträge und Hemmung durch die starke UV-Strahlung in diesem Jahr. Dagegen konnten sich in einigen Gewässern die Pflanzen des Gewässerbettes (Phytobenthos) stark entwickeln und z.B. deutlich sichtbare Überzüge auf dem Substrat des Gewässers bilden oder zu einem Teppich aus Algen heranwachsen. Die höheren Pflanzen (Makrophyten) entwickelten sich unterschiedlich. Die überdurchschnittliche Sonneneinstrahlung führte zu einem stärkeren Pflanzenwachstum. In alpin beeinflussten Bereichen fehlten die sonst üblichen größeren Schmelzhochwasser und damit die alljährliche Reduzierung der Pflanzen. In anderen Bereichen vertrockneten sie vielerorts am Gewässerufer durch die niedrigen Wasserstände.



**Regionale Kartierung der Versauerung:** Bei der Versauerung kann von einer sich in Einzelfällen abzeichnenden Verkürzung versauerter Abschnitte gesprochen werden. Veränderungen, die auf eine Regeneration der Biozönose (Makrozoobenthos) hindeuten, sich also in einer Änderung der Säurezustandsklassen niederschlagen, ließen sich jedoch auch in diesem Jahr noch nicht belegen.

### 3.3 Qualität der Seen

Der ökologische Zustand und die Entwicklung der Seen wird im Landesnetz Seen beobachtet. Dieses Landesnetz wurde vor dem Hintergrund der EU-Wasserrahmenrichtlinie erweitert und umfasst seit 2002 mit 37 Messstellen alle natürlichen Seen Bayerns mit einer Oberfläche > 0,5 km<sup>2</sup>, die 3 künstlichen Seen des Überleitungssystems (Altmühl-, Brombach- und Rothsee) in Mittelfranken und die 2 bayerischen Trinkwassertalsperren (Mauthaus und Frauenau).

Untersucht werden der chemisch-physikalische und biologische Zustand im Hinblick auf die Trophie, die biologische Auswirkung der Nährstoffverhältnisse. Neben allgemeinen Qualitätskriterien wie Temperatur, pH-Wert und Sauerstoffgehalt sind die wesentlichen Nährstoffkomponenten Phosphor und Stickstoff zu untersuchen. Die trophieanzeigenden Kriterien sind die pflanzlichen Organismen wie z.B. planktische Mikroalgen und sichtbare Wasserpflanzen der Flachwasserzonen, Hilfskriterien sind die Chl.-a-Konzentration und die Sichttiefe. Die Trophie wird an Seen derzeit in 4 Stufen (mit Zwischenstufen) von gering bis übermäßig produktiv klassifiziert.

Die meisten größeren Seen haben durch die abwassertechnischen Maßnahmen der vergangenen Jahrzehnte wieder einen guten, mesotrophen Zustand (mäßige pflanzliche Produktion) erreicht, wie die Gütekarten seit 1995 zeigen. Während die chemisch-physikalischen Kenngrößen oft bereits wieder gute Verhältnisse anzeigen, reagieren die biologischen Komponenten stark verzögert auf Maßnahmen zur Verbesserung der Gewässerqualität. Beispiele dafür sind Hopfensee, Simssee, Waginger/Tachinger See, Schliersee sowie der Altmühlsee. Diese Seen zeigten vor allem zeitweise auftretende Algenblüten von großem Ausmaß, die den Stoffhaushalt belasteten und zu Sauerstoffdefiziten führten.

Das extreme Trockenjahr 2003 zeigte erfreulicherweise kaum negative Auswirkungen auf die Wasserqualität der Seen. Ein zu beobachtendes Phänomen waren allerdings die niedrigen Wasserstände durch die fehlenden Niederschläge und die hohe Verdunstung. Beispielweise fiel der Wasserstand des Starnberger Sees um fast einen Meter (Abb. 8). Die Trophieverhältnisse stellten sich nicht schlechter als in den Vorjahren, in vielen Fällen sogar günstiger dar. Die lange Trockenperiode 2003 war durch Fehlen von Gewittern und Starkregenereignissen gekennzeichnet. Solche Ereignisse bringen normalerweise hohe Stoßbelastungen an Nährstoffen für die Seen mit sich, was im Sommer oft zu Algenblüten und letztlich zu Sauerstoffzehrungen führt. Solche Algenentwicklungen blieben 2003 in den großen Seen weitgehend aus, was durch die bessere Belichtung des ufernahen Gewässerbodens zu verstärktem Wasserpflanzenwachstum führte.

In wenigen, derzeit noch stärker belasteten kleineren Seen gab es vereinzelte Fischsterben. Bei solchen Seen ist ab einer Tiefe von ca. fünf Metern kein Sauerstoff mehr im Tiefenwasser vorhanden. Wenn in der oberflächennahen Wasserschicht die Temperaturen weit über 20°C steigen, versuchen empfindlichere Fischarten wie z.B. Renken kühlere und tiefere Bereiche aufzusuchen. Dies ist in solchen Seen wegen des fehlenden Sauerstoffes nicht möglich, weswegen die Fische dann absterben können.



Die folgende Tabelle 2 zeigt die Spitzenwerte der Oberflächentemperaturen einiger Seen im Jahr 2003 (Sommer) verglichen mit denen eines Durchschnittsjahres. Trotz der erhöhten Wassertemperaturen waren im Jahr 2003 bei den untersuchten Seen keine Veränderungen der Wasserqualität gegenüber 2002 festzustellen.

### Wassertemperatur in °C

- Vergleich 2003 (Extremjahr) mit 2000 (Normaljahr) -

Seename	2003	2000
Altmühlsee	34,9	22,3
Rothsee	26,7	23,0
Pilsensee	26,3	21,3
Sarnberger See	25,9	19,5
Chiemsee	25,3	20,0
Brombachsee	24,6	23,6
Ammersee	24,0	21,8
Walchensee	23,6	16,2
Kochelsee	21,7	16,7

**Tab. 2:** Vergleich der Wassertemperaturen ausgewählter bayerischer Seen der Jahre 2003 und 2000

### 3.4 Qualität des Grund- und Sickerwassers

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 des Landes wird langfristig in zwei Messnetzen beobachtet:

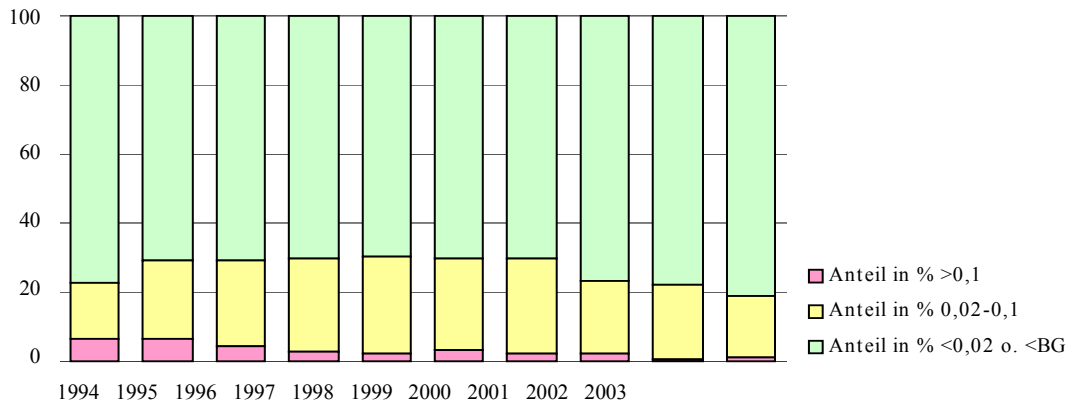
- Landesmessnetz Grundwasserbeschaffenheit (268 Messstellen, 30/120 überwachte Stoffe)
- Messnetz Stoffeintrag-Grundwasser (7 Intensivmessgebiete mit 92 Messstellen, ca. 30 überwachte Stoffe)

Großflächig bleibt die Auswaschung von Nitrat und Pflanzenschutzmitteln (PSM) aus landwirtschaftlichen Flächen ein wichtiges Überwachungsthema. Nitrat als wesentlicher Pflanzennährstoff stammt aus natürlichen Mineralisierungsprozessen im Boden sowie aus organischen und mineralischen Düngern. Bis zu 15 Milligramm pro Liter Nitrat können natürlicher Herkunft sein. Nitrat ist im Trinkwasser unerwünscht (Grenzwert 50 mg/l). Es trägt auch zur Nährstoffbelastung in Bächen, Flüssen und Meeren bei und wirkt bereichsweise versauernd. Im Jahr 2003 wurden an 76 % der 268 Grundwassermessstellen Nitratwerte unter 25 mg/l nachgewiesen, bei 19 % lagen sie zwischen 25 und 50 mg/l und der Grenzwert von 50 mg/l wurde bei 5 % der Messstellen überschritten. Die Belastungsschwerpunkte liegen in Unter- und Mittelfranken. Ein Vergleich der Messwerte der letzten 10 Jahre zeigt nur geringfügige Veränderungen im langjährigen Schwankungsbereich.



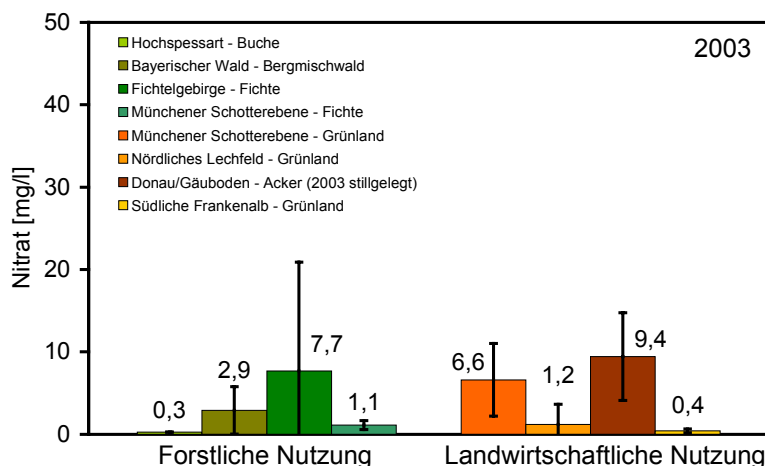
Die Messwerte der Jahre 2002 und 2003 lassen jedoch eine Tendenz zur leichten Verbesserung der Belastungssituation erkennen. Im Gegensatz dazu ist bei dem Pflanzenschutzmittel Atrazin eine deutliche Verbesserung der Belastungssituation zu beobachten.

Das vor Jahren vor allem beim Maisanbau eingesetzte Atrazin (Abb. 15) und sein Abbauprodukt Desethylatrazin werden zwar trotz des Anwendungsverbotes von 1991 immer noch im Grundwasser nachgewiesen, jedoch mit abnehmenden Konzentrationen. Atrazin wurde im Jahr 2003 an 19 Prozent der Messstellen gefunden, wobei nur noch 1 Prozent der Messstellen den Grenzwert der Trinkwasserverordnung von  $0,1\mu\text{g/l}$  überschritten.



**Abb. 15:** Entwicklung der Atrazinkonzentration im Grundwasser 1994-2003.

Sickerwasseruntersuchungen wurden in acht ständig untersuchten Trinkwassereinzugsgebieten mit unterschiedlicher Landnutzung durchgeführt. Die Nitratkonzentrationen unterhalb der durchwurzelten Bodenzone überschritten 2003 in sieben Fällen einen mittleren Wert von  $10\text{ mg/l}$  nicht (Abb. 16), lediglich für eine teilextensivierte Ackerfläche wurden Werte um  $25\text{ mg/l}$  ermittelt. Mit einem Waldanteil von über 30 % besitzt Bayern große, ungedüngte Gebiete, in denen besonders nitratarmes Grundwasser gebildet wird. Um diese Grundwasserqualität nachhaltig zu sichern, muss vor allem der zu hohe atmosphärische Eintrag von Ammoniak-Stickstoff aus der Landwirtschaft und von Stickoxiden aus dem Kfz-Verkehr weiter reduziert werden.



**Abb. 16:** Nitratgehalte im Boden-Sickerwasser von Trinkwassereinzugsgebieten in Abhängigkeit von der Landnutzung (Mittelwerte und Standardabweichung)



## 4 Besondere gewässerkundliche Aktivitäten

### 4.1 2003 – Ein trockenes Jahr

Das Jahr 2003 wird als außergewöhnlich warmes und trockenes Jahr in Erinnerung bleiben. So wurden bereits im Februar und April mehr als 20-tägige Trockenperioden verzeichnet, während im August überdurchschnittlich viele Sommertage mit Höchsttemperaturen von  $\geq 25$  °C (z.B. 28 Sommertage in Bad Kissingen) auftraten. Der heißeste Tag des Sommers war der 13. August (z.B. Bad Kissingen: 37,5 °C). Trotz insgesamt sehr geringer Niederschläge konnten einzelne Starkniederschlagsereignisse beobachtet werden, die z.B. Anfang Januar in Nordbayern zu einem Winterhochwasser führten oder im Juni lokale Überschwemmungen und Murenabgänge am Alpenrand bewirkten.

Ähnlich extreme Verhältnisse wie 2003 wurden zuletzt im Jahr 1976 beobachtet. Vergleicht man den Wasserhaushalt beider Trockenjahre, so fallen jedoch einige bemerkenswerte Unterschiede auf. Während das Jahr 2003 aufgrund des vorangegangenen Nassjahres 2002 ("August-Hochwasser") mit einer starken Wasserführung der Fließgewässer, hohen Grundwasserständen und gut gefüllten Speichern begann, war die Wasserverfügbarkeit zu Beginn des Jahres 1976 deutlich ungünstiger. Dies hatte zur Folge, dass die Auswirkungen der Trockenheit auf die Wasserwirtschaft 2003 weniger gravierend als noch 1976 waren, obwohl insgesamt höhere Temperaturen und länger andauernde Trockenperioden registriert wurden. Eine detaillierte Beschreibung der wasserwirtschaftlichen Situation in Bayern 2003, auch im Vergleich zu 1976, enthält der in Kürze erscheinende "Wasserwirtschaftliche Bericht - Trockenperiode 2003". Eine Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse ist im Internet unter <http://www.lfw.bybn.de/lfw/service/download/trockenperiode2003.pdf> verfügbar.

### 4.2 Einfluss der Zusickerung von Grundwasser auf die Fließgewässer

Zwischen Grund- und Oberflächenwasser bestehen vielfältige Wechselwirkungen, die direkt von den hydrometeorologischen Rahmenbedingungen abhängig sind. Bei hohen Grundwasserständen, wie sie z.B. Anfang 2003 vorlagen, besteht ein starkes Fließgefälle zum Vorfluter hin. Daraus resultiert ein auch quantitativ bedeutsamer Zufluss aus dem Grundwasserleiter in die oberirdischen Gewässer. Bei niedrigen Grundwasserständen, wie sie z.B. zu Beginn des Trockenjahres 1976 vorlagen, sind die Zuflüsse in die Fließgewässer entsprechend reduziert. Zur Verdeutlichung dieses Effektes zeigt die nachfolgende Tabelle (Tab. 3) einen jahresbezogenen Vergleich (1976 – 2003) der Wasserspiegellagen ausgewählter Grundwasser-Messstellen.

So ist z.B. deutlich erkennbar, dass der Grundwasserstand an der Messstelle Forstern allein im Jahr 2003 um rd. 3,0 m abgesunken ist. Der damit verbundene hohe Grundwasserabfluss aus den großräumigen Grundwasserleitern der Münchener Schotterebene bewirkte eine spürbare Stabilisierung der Niedrigwasserverhältnisse in den lokalen Fließgewässern. An der Grundwassermessstelle Eching (Abb. 10) wurde im gleichen Zeitraum eine Absenkung von rd. 1,7 m beobachtet, während im Trockenjahr 1976 hier nur rd. 0,7 m dokumentiert sind. Vor diesem Hintergrund ist es nicht verwunderlich, wenn in der LfW-Publikation "Die Trockenperiode 1976 – Eine hydrologische Monographie und Niedrigwasseranalyse" über extreme Niedrigwässer in den Fließgewässern sowie reduzierte Sauerstoffwerte, erhöhte Wassertemperaturen und vereinzelte Fischsterben informiert wird.



**Tab. 3:** Vergleich der Grundwasserstände der beiden Trockenjahre 1976 und 2003

lfd. Nr.	LGD-Mst-Name	LGD-Mst-Nr.	GwStand 1. Woche 1976 [m+NN]	NW in 1976 [m+NN]	Differenz [m]	GwStand 01.01.2003 [m+NN]	NW in 2003 [m+NN]	Differenz [m]	Differenz 2003 zu 1976 (Delta h)
1	ANZINGERSAUSCHUETT305	16000	517,95	516,62	1,33	519,71	517,34	2,37	1,04
2	LAUFZORN SCHLOSS 247	16001	576,33	575,13	1,20	577,26	575,08	2,18	0,98
3	AYING 258	16004	572,81	571,31	1,50	573,28	571,86	1,42	-0,08
4	EGLFING LEHRER 265B	16006	525,38	523,89	1,49	526,89	525,02	1,87	0,38
5	GERMERING HSNR 46 285B	16008	530,40	529,37	1,03	531,2	530,15	1,05	0,02
6	ROTHSCHWAIGE 293	16010	482,03	481,67	0,36	482,53	481,71	0,82	0,46
7	UNTERBIBERG 255	16103	535,02	532,64	2,38	536,3	533,18	3,12	0,74
9	ECHING 275D	16119	463,86	463,1	0,76	464,43	462,68	1,75	0,99
10	EICHENAU 282A	16123	518,03	517,7	0,33	518,75	517,57	1,18	0,85
11	OBERMENZING 292	16130	509,64	508,38	1,26	510,98	508,91	2,07	0,81
12	ERLAU 301AA	16135	425,57	424,92	0,65	428,15	426,53	1,62	0,97
13	PASTETTEN 308A	16137	502,02	500,93	1,09	502,84	500,94	1,9	0,81
14	MAISACH 425B	16144	510,01	509,46	0,55	511,02	509,63	1,39	0,84
15	SCHWAIGERMOOS 528	16170	436,72	436,43	0,29	437,2	436,48	0,72	0,43
17	OESTL.DIETERSHEIM G9	16609	466,10	465,92	0,18	466,92	466,04	0,88	0,70
18	WIMPASING 611	21121	409,42	408,46	0,96	410,03	408,53	1,5	0,54
19	WINKL KLAFFENB. 246A2	25100	697,07	696,87	0,20	697,48	696,48	1	0,80
20	ARZBACH 246C	25106	660,51	660,51	0,00	660,99	660,22	0,77	0,77
21	WEINDORF 573	25111	650,86	650,27	0,59	652,03	649,75	2,28	1,69
22	ST.ANDRAE 612	25117	604,34	603,67	0,67	604,99	603,28	1,71	1,04
23	KRONAU 616	25121	613,01	611,86	1,15	614,2	611,37	2,83	1,68
24	OBERAU 2/3 TR	25668	651,06	651,03	0,03	651,29	650,79	0,5	0,47
<b>Summe der Wasserspiegeldifferenzen [ m ]</b>					<b>18,00</b>			<b>34,93</b>	<b>16,93</b>
<b>Mittelwert der Differenzen [ m ]</b>					<b>0,75</b>			<b>1,46</b>	

Am Beispiel der Isar lassen sich für das Einzugsgebiet von München die verschiedenen Abflussanteile beschreiben (Tab. 4). Von Bedeutung ist hier vor allem der Einfluss der Grundwasserkomponente. Bei Betrachtung der Werte muss allerdings berücksichtigt werden, dass der Anteil des Grundwasserzuflusses vermutlich sehr viel höher als die ausgewiesenen 31 % lag, da auch die abgeführten Wassermengen von Sylvensteinspeicher und Walchensee teilweise aus dem Grundwasser stammen. Auffallend ist außerdem, dass der Einfluss der Kläranlagen lediglich rd. 1% ausmacht.

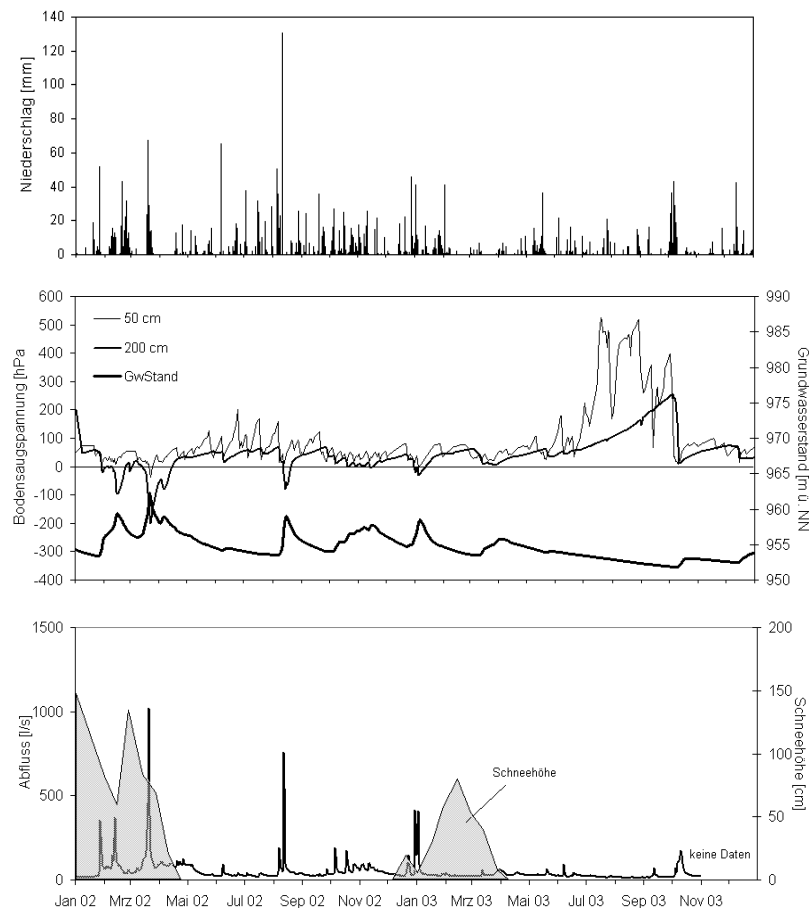
**Tab. 4:** Zusammensetzung der Abflusssumme an der Isar in Höhe von München (Stichtag: 11.8.2003)

Abflussanteile an der Isar in Höhe von München Stichtag: Montag, 11.08.2003	Tagesmittel	Prozent
Niedrigwasserabfluss am Pegel München $Q_{TM}$	24,6 m <sup>3</sup> /s	
+ Anteil Eisbach $Q_{TM}$	24,1 m <sup>3</sup> /s	
+ Anteil Schwabinger Bach $Q_{TM}$	4,8 m <sup>3</sup> /s	
<b>Abflusssumme in Höhe von München [<math>Q_{TM}</math>]</b>	<b>53,5 m<sup>3</sup>/s</b>	<b>100 %</b>
- Anteil Sylvensteinspeicher $Q_{TM} = 14,5 - 4,6 \text{ m}^3$ (4,6 m <sup>3</sup> = Grundwasserzufluss zum Speicher)	9,9 m <sup>3</sup> /s	19 %
- Anteil Walchensee (hier $Q_{TM}$ vom Pegel Kochel)	26,1 m <sup>3</sup> /s	49 %
- Anteil d. 46 kommunale Kläranlagen südlich von München (ermittelt wurde die Jahresschmutzwassermenge; der Trockenwetterabfluss ist geringer)	< 0,7 m <sup>3</sup> /s	1 %
- Anteil von Gletscherwasser	0,0 m <sup>3</sup> /s	0 %
- Anteil von Schneeschmelze (ab 10.07.03 war Zugspitze schneefrei)	0,0 m <sup>3</sup> /s	0 %
- Niederschlagssumme (von 01.08. bis 12.08.2003)	0,0 mm	0 %
<b>Verbleibende Exfiltration aus dem Grundwasser</b>	<b>16,8 m<sup>3</sup>/s</b>	<b>31 %</b>

Die beschriebenen Exfiltrationsvorgänge aus dem Grundwasser bewirkten im Abflussjahr 2003 einen erhöhten Frischwasserzufluss in die oberirdischen Gewässer, was wiederum qualitativ positive Effekte zur Folge hatte. Zusätzlich günstig wirkte sich die Tatsache aus, dass das Grundwasser eine mittlere Wassertemperatur von lediglich ca. 10 °C hat und damit auch wichtige Güteparameter (z.B. Sauerstoff etc.) meist relativ unbeeinflusst waren. Im Vergleich zu früheren Trockenjahren wie z.B. 1976 konnte 2003 ein deutlich höherer Grundwasserzustrom und somit spürbar günstigere Voraussetzungen für die Fließgewässerbeschaffenheit registriert werden.

#### 4.3 Der Hitzesommer 2003 im Bayerischen Wald

Der Bayerische Wald zeichnet sich im langjährigen Mittel durch hohe Niederschläge mit Werten von z.T. mehr als 1500 mm/a aus. Von dieser prinzipiell guten Wasserverfügbarkeit profitieren auch die zahlreichen ortsnahen Quellwasserversorgungen, die aufgrund des geringen Wasserspeichervermögens des Untergrundes jedoch empfindlich auf längere Trockenperioden reagieren können. In welcher Weise sich die extremen Trockenverhältnisse des Jahres 2003 auf den Wasserkreislauf und das regionale Grundwasserdargebot ausgewirkt haben, wird nachfolgend am Beispiel eines Kleinzugsgebietes im Nationalpark Bayerischer Wald gezeigt (Abb. 17).



**Abb. 17:** Hydrologische Wirkung des trockenen Sommers 2003 auf das Bodensicker- und Grundwasser im Bayerischen Wald



Niederschlags- und Schmelzwasser füllen zunächst den Bodenspeicher auf. Bei Bodensaugspannungen unter 50 Hektopascal kommt die Versickerung zum Grundwasser in Gang, unter 0 Hektopascal wird die Bildung von Stauwasser angezeigt. Gebietstypisch für das Jahr 2002 waren häufige, im Frühjahr durch kräftige Schneeschmelze verstärkte, Sickerwasserphasen. Grundwasserstand und Gebietsabfluss stiegen darauf hin kurzzeitig sehr stark an. Das Jahr 2003 begann dann bereits mit einer recht schwachen Schneeschmelze. Im Sommer bewirkte das Ausbleiben ergiebiger Niederschläge eine ungewöhnlich lang anhaltende Bodenaustrocknung. Vor allem kleine Grund- und Quellwasserspeicher kamen erheblich ins Defizit. Sie konnten sich erst nach der schnellen herbstlichen Wiederbefeuchtung der Böden teilweise regenerieren.

#### 4.4 Gewässerkundliche Entwicklungsvorhaben

Nach dem verheerenden Pfingsthochwasser von 1999 billigte der Bayerische Landtag ein **Innovationsprogramm Gewässerkundlicher Dienst** mit einer Laufzeit von 2000 bis 2004. Im Jahr 2003 wurde im Teilprojekt Ombrometermessnetz der Stationsaufbau, die elektrotechnische Endinstallation und die datenbanktechnische Einrichtung der automatischen Niederschlagsstationen der Bayerischen Wasserwirtschaft fortgesetzt. Am Jahresende waren bereits 86 der insgesamt geplanten 110 Ombrometermessstellen in das LfW-Niederschlags-Messnetz eingebunden. Bei der Pegelerneuerung konnten 2003 viele Messstellen redundant mit zwei Messwertgebern für den Wasserstand ausgestattet werden. Im Rahmen des Entwicklungsvorhabens "Operationelle Hochwasservorhersage" wurden die Niederschlag-Abfluss-Modelle für die Mittlere Donau mit Altmühl, Naab und Regen und für den oberen Main mit Regnitz fertiggestellt. Damit konnten neben der Vorhersagezentrale Iller/Lech auch die Vorhersagezentralen Main und Donau im Probetrieb starten. Die aktuellen Niederschlagshöhen und Abflussvorhersagen sind im Internet unter [www.hnd.bayern.de](http://www.hnd.bayern.de) verfügbar.

Im Berichtsjahr wurde außerdem das Vorhaben **KLIWA (Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft)** fortgeführt. Wesentliche Arbeitsschwerpunkte stellten die Erstellung der regionalen Klimaszenarien und deren weitergehende Berücksichtigung im Rahmen der Wasserhaushaltsmodellierung dar. Auf der Grundlage der inzwischen vorliegenden Ergebnisse wurden bereits erste wasserwirtschaftliche Handlungsempfehlungen diskutiert. Weitergehende Informationen sind unter [www.kliwa.de](http://www.kliwa.de) zu finden. Darüber hinaus begannen Ende 2003 die Arbeiten des LfW als Partner innerhalb des EU-Vorhabens **ESPACE (European Spatial Planning: Adapting to Climate Events)**. Wichtiges Ziel von ESPACE ist es, sich in enger Abstimmung mit KLIWA vor allem mit den planungsrelevanten Aspekten des Klimawandels und möglichen (wasserwirtschaftlichen) Anpassungsmaßnahmen zu befassen. Das Forschungsvorhaben hat eine Laufzeit von 2003 bis 2007. Nähere Informationen zu den Projektzielen und den beteiligten Institutionen sind im Internet unter [www.espace-project.org](http://www.espace-project.org) verfügbar.

Im Bereich Gewässergüte sollen ab dem Jahr 2006 alle Gewässer nach den Vorgaben der EU-Wasserrahmenrichtlinie untersucht und bewertet werden. Die dazu zum Teil erforderlichen neuen Bewertungsansätze werden zur Zeit bundesweit in verschiedenen Forschungsgruppen entwickelt. Das Bayerische Landesamt für Wasserwirtschaft hat dabei die biologische Bewertungskomponente "Makrophyten & Phytobenthos" (kurz: **PHYLIB**) übernommen und 2003 eine Methode zur qualitätsgesicherten Probenahme, Befundaufnahme und Bewertung für die verschiedenen Gewässertypen Deutschlands erarbeitet. Eine Kurzbeschreibung des Forschungsvorhabens und weitergehende Hinweise finden sich im Internet unter: [http://www.lfw.bybn.de/lfw/technik/gkd/lmn/fliessgewaesser\\_seen/pilot/welcome.htm](http://www.lfw.bybn.de/lfw/technik/gkd/lmn/fliessgewaesser_seen/pilot/welcome.htm)

