

Gewässerkundlicher Jahresbericht

2011



Inhalt

1	Vorwort	3
2	Witterung	4
2.1	Regionaler Überblick	4
2.1.1	Nördlich der Donau	4
2.1.2	Südlich der Donau	5
2.2	Niederschläge	6
3	Fließgewässer und Seen	11
3.1	Abflüsse von Fließgewässern	11
3.1.1	Nordbayern	11
3.1.2	Südbayern	13
3.2	Wasserstände an Seen	14
3.3	Hochwasser	16
3.4	Wasserspeicher	17
3.5	Gewässerqualität	17
3.5.1	Gewässerüberwachung nach EG-Wasserrahmenrichtlinie	17
3.5.2	Überwachung des ökologischen und chemischen Zustandes	18
3.5.3	Qualität der Fließgewässer	19
3.5.4	Qualität der Seen	25
4	Grund- und Bodenwasser	30
4.1	Grundwasserstände	30
4.2	Grundwasserbeschaffenheit	34
4.3	Bodenwasser	35
5	Lawinenwarndienst	38
6	Zusammenfassung	40
	Abbildungsverzeichnis	42

1 Vorwort

Mit dem Gewässerkundlichen Jahresbericht 2011 setzen wir die Reihe der Jahresberichte fort, mit denen wir Sie zeitnah über Daten und Fakten aus dem Bereich der Gewässerkunde in Bayern des vergangenen Jahres informieren möchten: Können Sie sich noch an das Hochwasser im Januar 2011, die Trockenperiode im November 2011 erinnern? War es insgesamt zu nass, zu trocken, zu warm, zu kalt? Vorab: es war von allem etwas dabei.

Die Gewässerkunde beschäftigt sich aber auch mit Fragen zur Gewässerqualität. Wir messen, wie sich die Zusammensetzung der in den Gewässern vorkommenden Lebewesen von Jahr zu Jahr ändert. Gewässer in einem schlechten Zustand zeigen andere biologische und/oder chemische Komponenten als Gewässer im guten Zustand. Wir beobachten von Jahr zu Jahr, wie sich der Zustand der Gewässer verändert und können so Veränderungen zum Guten oder Schlechten zuverlässig feststellen. Das ist auch notwendig, damit wir die Ziele der EU-Wasserrahmenrichtlinie erreichen können. Sie besagt, dass alle Gewässer möglichst bis 2015, spätestens aber bis 2027 im guten Zustand sein müssen. Zuweilen ist an Gewässern, besonders bei Seen, auch eine plötzlich auftretende Algenblüte zu beobachten. Wir untersuchen die möglichen Ursachen und schlagen mögliche Lösungen vor.

Wir, das ist die Wasserwirtschaftsverwaltung in Bayern, betreiben mehr als 4000 gewässerkundliche Messstellen in unterschiedlichen Messnetzen und werten die Ergebnisse aus. Auf diese Weise erhalten wir viele Informationen über die bayerischen Gewässer und speisen sie u.a. in unsere Warn- und Informationsdienste ein. Sie alle kennen den Hochwassernachrichtendienst, den Niedrigwasserinformationsdienst und den Lawinenwarndienst. Die Gewässerkunde dient aber auch als Gedächtnis der Wasserwirtschaft. Je länger eine Zeitreihe ist, desto größer ist die statistische Variabilität und desto mehr Rückschlüsse können aus den Daten gezogen werden. Bei einigen Pegeln werden die Wasserstands- und Abflussdaten schon seit mehr als 100 Jahren ermittelt. Auf diese Weise wird es auch möglich, zu beobachten, ob und wie sich das Geschehen in dieser Zeit geändert hat – wichtige Informationen, die wir z. B. benötigen, um Veränderungen durch den Klimawandel abschätzen oder Hochwasserschutzmaßnahmen passgenau planen zu können.

Die Gewässerkunde dient somit als Auge und als Gedächtnis der Wasserwirtschaft. Die vielen Daten aus den Messnetzen liefern uns zeitnah Informationen über den derzeitigen Zustand, aber auch für vorausschauende Planungen von wasserwirtschaftlichen Maßnahmen.

Die wichtigsten Daten aus dem Jahr 2011 haben wir in diesem Bericht zusammen gestellt.

Mit freundlichen Grüßen

Dr. Michael Altmayer

Leiter des Gewässerkundlichen Dienstes im Bayerischen Landesamt für Umwelt

2 Witterung

2.1 Regionaler Überblick

Das Jahr 2011 war im langjährigen Vergleich (1961/90) markant zu warm und zu trocken. Die Jahresmitteltemperatur betrug 8,9 °C und lag damit um 1,4 Grad über dem 30-jährigen Mittel. Der Jahresniederschlag von Bayern erreichte 847 mm, das entspricht einem Niederschlagsdefizit von 10 % zum Referenzwert (Mittel 1961-1990).

Auch eine Reihe bemerkenswerter Wetterereignisse wurde verzeichnet: z. B. Hochwasser nach Schneeschmelze und Dauerregen im Januar, markant zu trockener März im Maingebiet, sommerliche Temperaturen und Trockenperiode zu Ostern, Junihochwasser bei voralpinen Flüssen nach gewittrigen frontalen Starkregenfällen, Julihochwasser nach ergiebigem Dauerregen, spätsommerliche Hitzeperiode im August, trockenster November seit Beginn der Aufzeichnungen, aufeinanderfolgende Sturmtiefdruckgebiete im Dezember.

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

2.1.1 Nördlich der Donau

Bis auf den im langjährigen Vergleich (Mittel 1961-90) zu kalten Juli und dem durchschnittlichen November, waren alle Monate zu warm. Dabei fielen der April markant (+ 4,2 Grad) und der Dezember (+3,3 Grad über dem langjährigen Monatsmittel) deutlich zu warm aus (Abb. 1).

Die kälteste Nacht des Jahres war der 30. Januar mit Tiefsttemperaturen um -14 °C in Oberfranken. Wie schon im Jahr 2007 und 2009 blieb der April wieder markant zu warm. Die Nachtfröste Anfang Mai bescherten fränkischen Winzern erhebliche Schäden und auch unter der Dürre im Frühling litt die Landwirtschaft. Die höchsten Temperaturen des Jahres mit Werten um 34 °C wurden am 23. und 26. August gemessen. Ein bis zwei Eistage mit Höchsttemperaturen unter 0 °C traten erst im Dezember, bei einzelnen exponierten Standorten auf.

Vier von zwölf Monaten wiesen überdurchschnittliche Niederschlagsmengen auf. Insbesondere Juli sowie Dezember fielen deutlich zu nass aus und auch die Monatsniederschläge von Januar sowie Oktober überschritten das Mittel 1961/90. Die Monatsniederschläge von Juni und September erreichten jeweils den langjährigen Mittelwert, zu trocken blieben Februar bis Mai sowie August und November. Dabei waren der März und April jeweils deutlich zu trocken, der November war gar der trockenste November (1 mm) seit Beginn der Aufzeichnungen (Abb. 2).

Nordbayern wies im Kalenderjahr 2011 eine Gebietsniederschlagshöhe von 727 mm auf und erreichte damit 90 % der Referenzperiode 1961/90 (Maingebiet: 674 mm, 87 % vom Mittel).

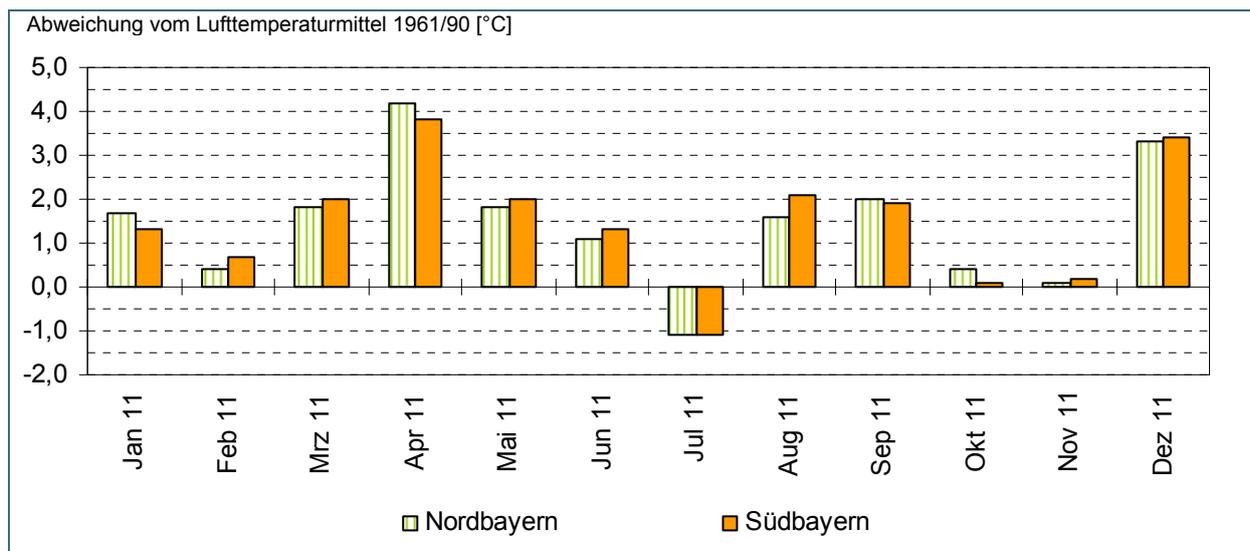


Abb. 1: Lufttemperaturverhältnisse in Bayern (Abweichung der Monatsmittel in 2011 vom Mittelwert der Periode 1961/90)

2.1.2 Südlich der Donau

Bis auf den im langjährigen Vergleich (Mittel 1961-90) zu kalten Juli und den durchschnittlichen Oktober und November, waren alle Monate zu warm. Dabei fielen der April (+ 3,8 Grad) und der Dezember (+3,4 Grad über dem langjährigen Monatsmittel) deutlich zu warm aus (Abb. 1).

Die kälteste Nacht des Jahres, abgesehen von Bergstationen, war der 23. Januar mit Tiefsttemperaturen um -20 °C im Oberallgäu. Wie schon im Jahr 2007 und 2009 blieb der April wieder markant zu warm. Die höchste Temperatur des Jahres mit Werten um 35 °C wurde am 26. August gemessen. Der Frühwinter verlief ungewöhnlich mild und der gefallene Schnee taute immer wieder gleich weg. So brachte der Dezember nur sehr wenige Frosttage und fast gar keine Eistage (0 bis 1 Eistag im Voralpenland).

Auch südlich der Donau wiesen vier von zwölf Monaten überdurchschnittliche Niederschlagsmengen auf (Mai, Juli, Oktober und Dezember), wobei der Dezember im Vergleich zum Mittel 1961/90 sogar deutlich zu nass ausfiel. Die Monatsniederschläge vom Juni und September erreichten jeweils den langjährigen Mittelwert, die restlichen Monate blieben zu trocken. Deutliche Abweichungen wiesen dabei Februar sowie April auf, der November war gar der trockenste November (1 mm) seit Beginn der Aufzeichnungen (Abb. 2). Insgesamt fielen 991 mm Niederschlag und damit 10 % weniger als im 30-jährigen Mittel.

Der Jahresniederschlag im gesamten Donaueinzugsgebiet bis zur bayerischen Grenze summierte sich auf 883 mm und erreichte damit 90 % vom Mittelwert der Reihe 1961-1990.

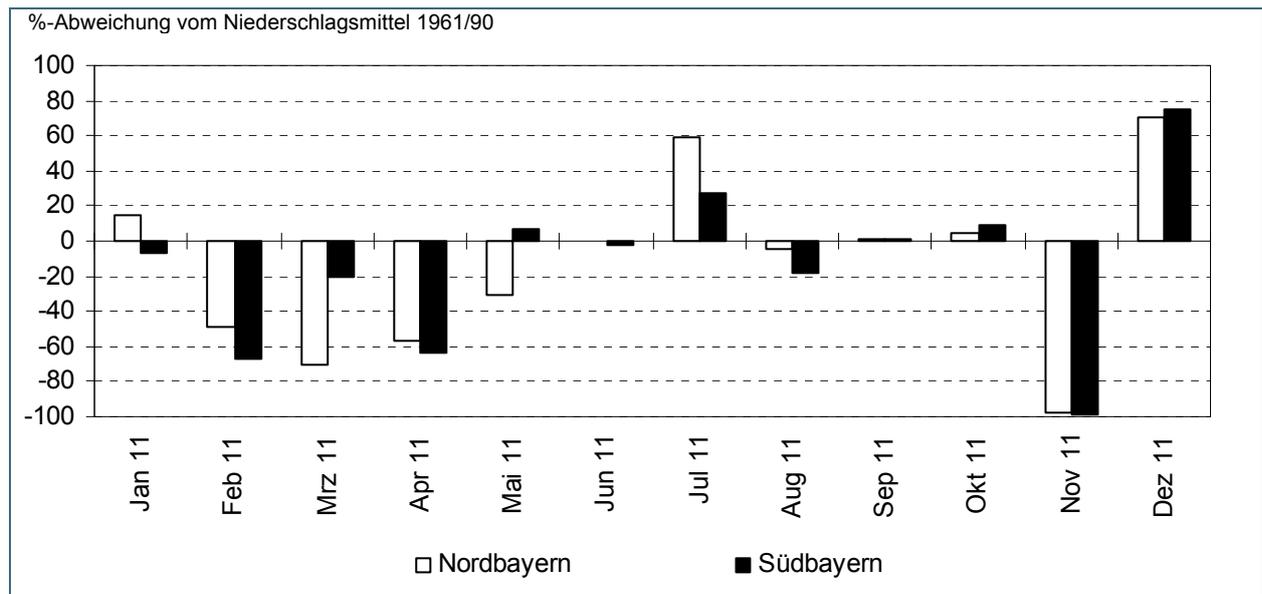


Abb. 2: Niederschlagsverhältnisse in Bayern (Abweichung der Monatssummen in 2011 vom Mittelwert der Periode 1961/90)

2.2 Niederschläge

Im Niederschlagsmessnetz (Ombrometermessnetz) der Bayerischen Wasserwirtschaft werden zeitlich hoch aufgelöste Daten erfasst. Die Registrierungen der Ombrometerstationen Hammelburg (Abb. 3) und Utting-Achselschwang (Abb. 4) zeigen exemplarisch die Niederschlagsverhältnisse im Jahr 2011.

Für die nachfolgende Betrachtung des Niederschlagsverlaufs im Jahr 2011 werden die außergewöhnlichen Niederschlagsereignisse näher beschrieben.

Der Januar war insgesamt in Nordbayern zu nass und in Südbayern etwas zu trocken. Anfang Januar lag ganz Bayern bei anhaltendem Dauerfrost (Eissperre Main-Donaukanal) unter einer geschlossenen Schneedecke (Schneefälle vom Dezember), wobei die Mittelgebirgslagen Nord- und Ostbayerns mächtige Schneedecken mit hohen Wassergehalten aufwiesen. Südwest- und Westlagen der ersten Monatshälfte sorgten immer wieder für warme Luftmassen, starkes Tauwetter und Dauerregen. Die Regenfälle und die Schneeschmelze (z. B. Niederschlagsdargebot Presseck/Lkr. Kulmbach: 132 mm vom 11. bis 15.) lösten im Main- und Donaugebiet ein Hochwasser aus. Gegen Monatsende gelangten wieder subpolare Luftmassen nach Bayern und ruhiges Winterwetter mit zeitweiligen Schneefällen setzte ein.

Aufgrund häufiger Hochdruckwetterlagen und lang anhaltender Trockenperioden (alpennah 24-tägig, 12-tägig in Teilen Frankens und Niederbayerns) blieb der Februar im langjährigen Vergleich zu trocken (Südbayern: deutlich zu trocken). Anfang des Monats reichte eine geschlossene Schneedecke noch verbreitet bis in tiefere Lagen. Nach einer schneedeckenfreien Zeit im Flachland, setzten um den 20. wieder Schneefälle ein und insbesondere alpennah kam es wieder zu einer Schneedeckenbildung.

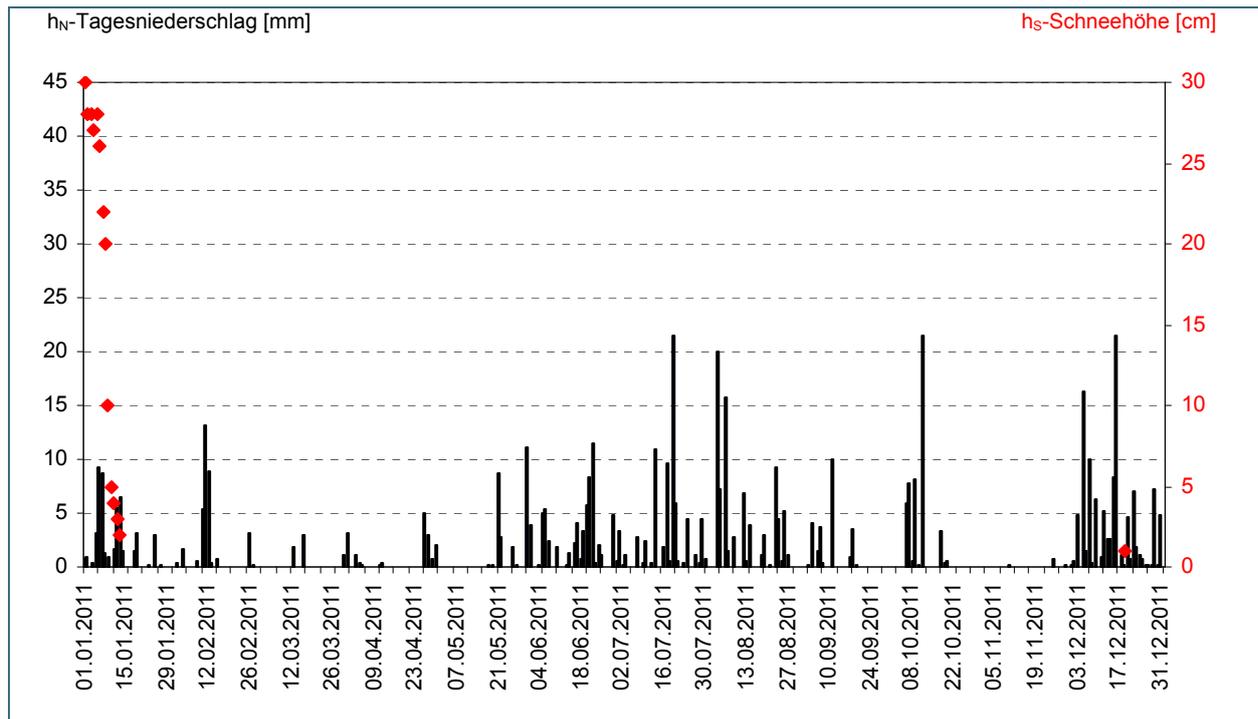


Abb. 3: Niederschläge h_N und Schneehöhen h_S der Ombrometerstation Hammelburg

Kräftige Hochdruckgebiete sorgten bis zum 16. März für eine weitgehend niederschlagsfreie Zeit (16-tägige Trockenperiode). Vom 16. bis 18. überquerten die Frontensysteme von Tief "Yvan" Bayern, wobei der Schwerpunkt der Starkniederschläge im Staubereich der Alpen lag (z. B. Thalkirchdorf/Lkr. Oberallgäu: 71 mm am 17.). Insgesamt wurden im März nur 2 bis 8 Niederschlagstage registriert und die Trockenperioden zu Beginn und am Ende des Monats dominierten das Wettergeschehen. Das Maingebiet blieb im Vergleich zum 30-jährigen Mittel sogar markant zu trocken. Anfang des Monats fand sich nur noch in den höheren Mittelgebirgslagen und im Bereich der Alpen eine Schneedecke, die im Lauf des Monats rapide abnahm.

Hochdruckwetterlagen über Mitteleuropa bescherten weiten Teilen Bayerns vom 14. bis 25. April eine ausgedehnte Trockenperiode und führten zu einem deutlich zu trockenem Monat. Ergiebige Regenfälle verursachte ein Höhentief am 26. im Raum Mittelfranken (z. B. Nürnberg 30 mm am 26.), ansonsten brachten Tiefausläufer nur kurze, zum Teil gewittrige Regenschauer. In den Höhenlagen kam es am 13. zu einem Wintereinbruch mit Neuschnee. Unter 900 m gab es im April keine geschlossene Schneedecke mehr.

Der Niederschlag im Mai zeigt ein Süd-Nord-Gefälle (südlich der Donau zu nass, Maingebiet deutlich zu trocken). Einzelne West- und Südwestlagen brachten nur dem südlichen Bayern wiederholt Starkniederschläge (alpennah: 25 bis 50 mm am 14., Oberbayern und Teile Schwabens: 20 bis 43 mm am 19. und alpennah: 40 bis 56 mm am 26./27.). Nördlich der Donau traten vor allem um den 20. gewittrige Regenfälle auf, die lokal in Mittelfranken ergiebig ausfielen. Am 31. kam es beim Durchzug der Kaltfront von Tief "Yves" zu bayernweiten Regenfällen, die in Teilen Oberbayerns, Mittelfrankens und in der Oberpfalz besonders kräftig ausfielen (z. B. Tagesniederschläge am 31.: Aying/Lkr. München: 51 mm, Kemnath/Lkr. Tirschenreuth: 48 mm).

Im Juni dominierte wechselhaftes Wetter, durch die Starkniederschläge am Monatsende erreichte der Monatsniederschlag das langjährige Mittel der Reihe 1961-90. Lokal hohe Regenmengen traten vor allem am 6. (gewittrige Regenschauer in subtropischer Warmluft) und am 16. sowie 18. auf (mehrere Tiefausläufer in westlicher Strömung). Am 29. verlagerte sich die Kaltfront von Tief "Ianto" nur sehr

langsam nach Osten, so dass örtlich extreme Regenmengen auftraten (z. B. München am 30.: 81 mm in 3 h, seltener als 100-jährlich). Im südlichen Schwaben und im südlichen Oberbayern fielen am 29. verbreitet Tagesniederschläge über 50 mm, vereinzelt um 95 mm. Dadurch entstand bei einigen vor-alpinen Bächen und Flüssen ein Hochwasser.

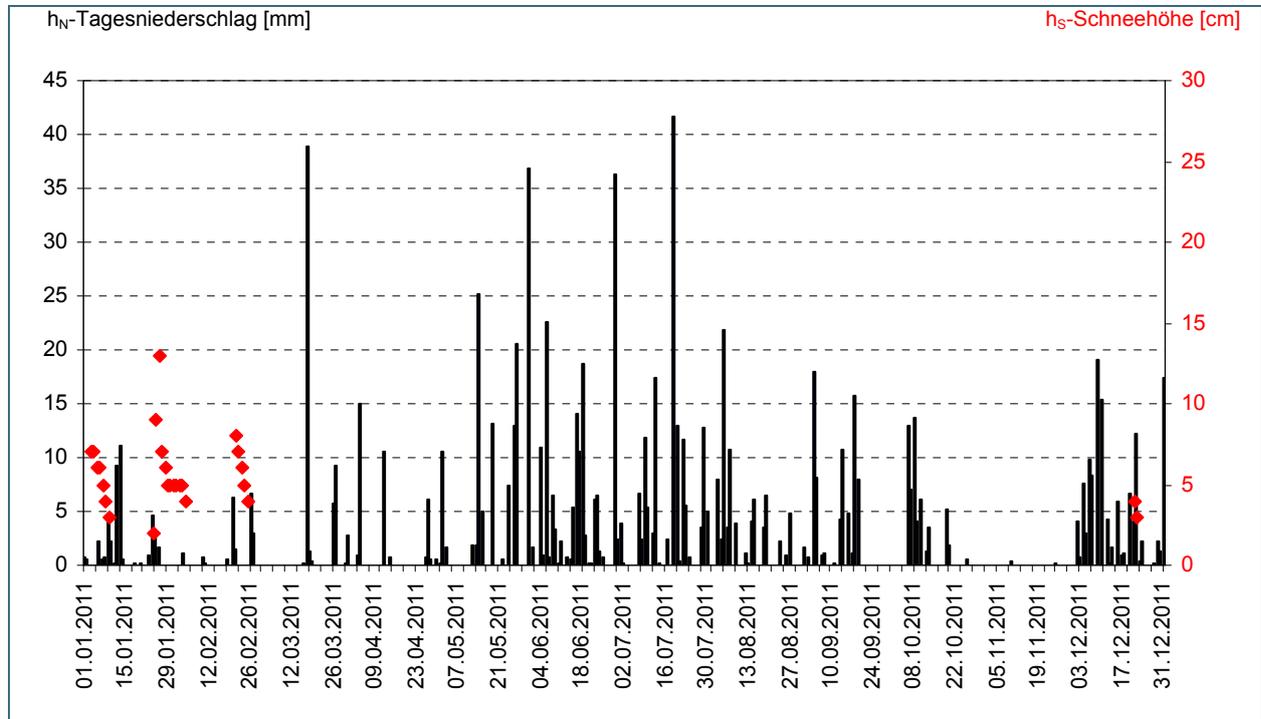


Abb. 4: Niederschläge h_N und Schneehöhen h_S der Ombrometerstation Utting-Achselschwang

Der Juli blieb durch rege Tiefdrucktätigkeit mit rund 21 Niederschlagstagen und immer wieder auftretende Starkregenfälle im langjährigen Vergleich zu nass (Nordbayern deutlich zu nass). Herausragende Starkniederschläge traten am 7. (Niederschlagsschwerpunkt westliches Mittelfranken: um 35 mm), am 10. (Schwerpunkt Südostbayern: um 45 mm) und am 13. (Schwerpunkt Niederbayern: um 45 mm) auf. Beim Durchzug der Gewitterfront am 13. wurden im Raum Plattling Strommasten geknickt, Häuser abgedeckt (Tornadovermutung), Bäume stürzten um und Hagelschlag trat auf. Am 19. und 20. sorgten die Frontensysteme von Tief "Otto" für lang anhaltenden und ergiebigen Regen in Süddeutschland (z. B. Gräfenberg-Kasberg/Lkr. Forchheim: 103 mm am 19., seltener als 100-jährlich). Infolge des Dauerregens trat in Mittelfranken und bei einigen Donauzuflüssen Hochwasser auf. Aufgrund von Überflutungen wurde die Autobahn A73 streckenweise gesperrt.

Die wechselhafte Witterung des Vormonats setzte sich auch im August fort. Im letzten Monatsdrittel gab es einige trockene, zum Teil heiße Tage am Stück (z. B. München: 35,8 °C am 26.). Starkniederschläge fielen meist regional begrenzt (z. B. alpennah um 30 mm am 3.), aus nicht zusammenhängenden Gewitterzellen (z. B. Bechhofen/Lkr. Ansbach: 58 mm am 5.) und entlang von Luftmassengrenzen (z. B. Niederschlagsschwerpunkt am 7. südlich der Donau, alpennah um 35 mm). Stärkere bayernweite Regenfälle traten beim Durchzug der Kaltfront von Tief "Volker" am 14./15. auf, wobei der Niederschlagsschwerpunkt in Niederbayern lag (z. B. Stallwang/Lkr. Straubing-Bogen: 69 mm vom 14. bis 15.). Insgesamt blieb der August im langjährigen Vergleich zu trocken.

Im September hielt zunächst weiterhin die wechselhafte, niederschlagsreiche Witterung an. Aus südlichen, westlichen und südwestlichen Richtungen gelangte häufig feuchte Luft nach Bayern, heftige Gewitter mit Starkregen waren die Folge. Neben lokalen gewittrigen Regenschauern (z. B. Unteramersricht/Lkr. Amberg: 69 mm am 2., Keller standen unter Wasser), sind zwei überregionale Nieder-

schlagseignisse im September bedeutsam. Vom 4. auf den 5. überquerte die Kaltfront des ehemaligen Hurrikans "ex-Irene" Bayern und verursachte ergiebige frontale Niederschläge, örtlich mit Hagel (z. B. Ottobeuren/Lkr. Unterallgäu: 82 mm am 4., 30 cm mächtige Hagelschicht auf der Autobahn A96, Berchtesgaden: 54 mm am 5.). Weitere Starkregenfälle und einen Wintereinbruch in Höhenlagen über 1000 m (Zugspitze: 50 cm Neuschnee am 19.) verursachte die Kaltfront von Tief "George", die Bayern vom 17. bis 19. von West nach Ost überquerte (z. B. Helmbrechts/Lkr. Hof: 53 mm am 17., Kreuth/Lkr. Miesbach: 57 mm am 18.). Im letzten Monatsdrittel setzte sich Hochdruckwetter mit einer spätsommerlichen Trockenperiode durch.

Die Trockenperiode des Vormonats hielt noch bis zum 5. Oktober an. Anschließend folgte kaltes, herbstliches Regenwetter mit verbreitet 7 Niederschlagstagen am Stück. Eine Nordwestlage lenkte immer wieder Tiefdruckgebiete nach Bayern, unter anderem auch die Kaltfront des ehemaligen Hurrikans "ex-Ophelia", in den alpinen Staulagen fiel ergiebiger Regen. So summierten sich die Niederschläge im Chiemgau und Berchtesgadener Land vom 6. bis 10. auf 130 bis 170 mm. Weitere frontale Regenfälle folgten am 12., wobei der Niederschlagsschwerpunkt mit 30 mm dann im Mairgebiet und in den östlichen Landesteilen lag. Beim Durchzug einer Kaltfront am 18./19. folgten weitere Niederschläge, die in den Gipfellagen als Schnee- oder Schneeregen fielen und Tageswerte deutlich unter 20 mm erreichten. Ab dem 20. etablierten sich Hochdrucklagen, „goldenes Oktoberwetter“ setzte ein und eine lange Trockenperiode begann.

Im November bestimmten Hochdrucklagen das Wettergeschehen. Immer wieder konnte sich über Mittel- und Osteuropa ein blockierendes Hoch regenerieren, das niederschlagsreiche Frontensysteme von Mitteleuropa ablenkte, abgesehen von geringfügigem Nebelnässen blieb es markant zu trocken (Monatsniederschlag um 1 mm, s. Niedrigwasser-Lageberichte). Bei der extremen Trockenheit kam es bei Lenggries zu einem Waldbrand und Binnenschiffe konnten zum Teil nicht voll beladen werden. Nach Angaben des Deutschen Wetterdienstes war es der trockenste November seit Beginn der Aufzeichnungen im Jahre 1881. Zum Monatsende verzeichneten einzelne Stationen bereits eine 47- bis 50-tägige Trockenperiode.

Der Dezember war im langjährigen Vergleich deutlich zu nass, vielerorts blieben nur 5 bis 7 Tage niederschlagsfrei. In kräftigen West- und Nordwestströmungen überquerten 16 Tiefdruckgebiete (davon 4 Orkantiefausläufer) mit feuchten und milden Luftmassen Bayern. Orkantiefausläufer "Bob" beendete am 4. mit lang anhaltenden Regenfällen die seit 6 Wochen andauernde Trockenperiode. Der Niederschlagsschwerpunkt lag am 4. im nördlichen Franken, der Zweitagesniederschlag betrug 35 bis 50 mm. In den Folgetagen gab es immer wieder Regen, Schneeregen und Schneefälle bei wechselnder Schneefallgrenze (600 bis 1000 m). Beim Durchzug des Orkantiefs "Joachim" traten gebietsweise Starkniederschläge zwischen 25 bis 35 mm auf wodurch es nördlich der Donau stellenweise zu Überflutungen land- und forstwirtschaftlicher Flächen kam. Ergiebige Schneefälle brachte am 20. kurzzeitig das Frontensystem von Tief "Louis". Nachfolgender Regen und milde Luftmassenzufuhr führten dann aber im Flachland verbreitet zu „grünen Weihnachten“. Im Dezember wurden nur 4 (z. B. Augsburg) bis 12 Schneetage (z. B. Hof) registriert.

Insgesamt war das Jahr 2011 im langjährigen Vergleich (1961/90) zu trocken (Abb. 5).

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

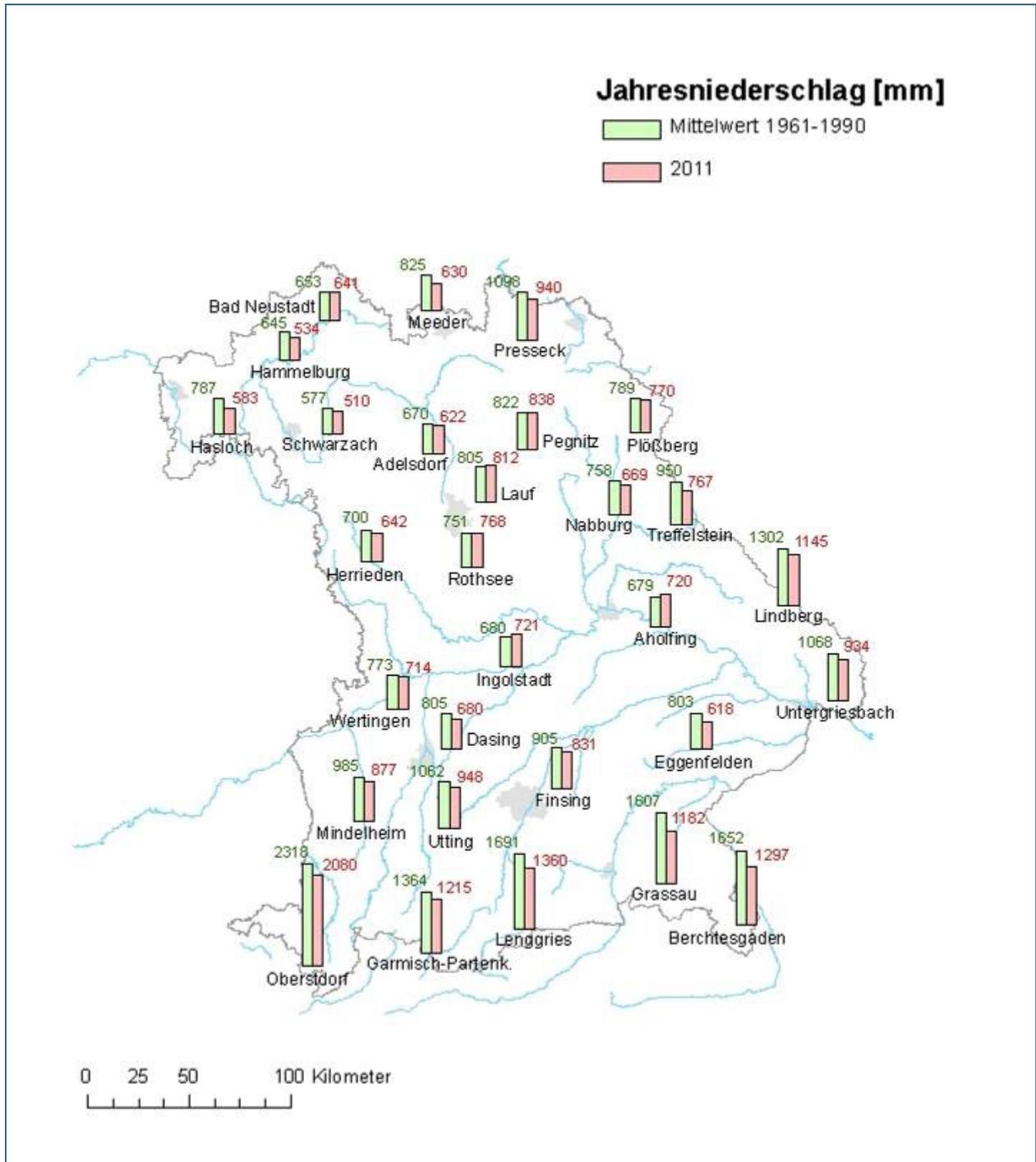


Abb. 5: Jahresniederschläge ausgewählter Ombrometerstationen

3 Fließgewässer und Seen

3.1 Abflüsse von Fließgewässern

Wasserstand und Abfluss sind die wichtigsten Parameter in der quantitativen Hydrologie. Sie sind nicht nur Grundlage für sämtliche Planungsleistungen in der Wasserwirtschaft, sondern auch für ein Hoch- und Niedrigwassermanagement von großer Bedeutung.

Die aktuellen Daten werden deshalb auf den Internetseiten des Hochwassernachrichtendienstes (www.hnd.bayern.de) und des Niedrigwasserinformationsdienstes (www.nid.bayern.de) zur Verfügung gestellt. Wasserstand und Abfluss werden in Bayern derzeit an rund 560 Pegeln gemessen.

Das Jahr 2011 begann bereits im Januar mit einem Paukenschlag, als eine kurze aber heftige Tauperiode den schneereichen Winter 2010/2011 unterbrach und für ein großräumiges Hochwasser in ganz Bayern sorgte. Danach beruhigte sich das Abflussgeschehen wieder. Die Abflüsse sanken meist bis weit unter den mittleren Abfluss ab und verharrten dort bis in den Mai hinein. Einzelne Regenfälle sorgten zwar immer wieder für eine kurze Entspannung der Niedrigwassersituation, änderten aber an dem allgemeinen Trend nur sehr wenig. Im Sommer 2011 sorgten zahlreiche Gewitter mit Starkregen zumindest im Süden für ausreichend Abfluss und führten zu einzelnen kleineren Hochwassern. Im Norden dagegen blieben die (gemessenen) Abflusswerte weiterhin unter dem mittleren Abfluss. Außergewöhnlich entwickelte sich dann der Herbst. Der an vielen Orten trockenste November aller Zeiten ließ die Abflüsse erneut sinken. Der niedrigste, im langjährigen Mittel gemessene Abfluss wurde oftmals nur knapp überschritten. Absolute Niedrigstwerte wurden nicht erreicht. Im Dezember stiegen die Abflussganglinien wieder an, am Jahresende lagen alle Abflüsse sogar deutlich über dem langjährigen Mittel.

3.1.1 Nordbayern

Betrachtet man das bayerische Main- und Elbegebiet näher, so können die Wintermonate Januar und Februar 2011 aus hydrologischer Sicht als normal bezeichnet werden. Zu dieser Zeit stellen sich an den nordbayerischen Gewässern die typischen Winterhochwässer ein. Im sehr kurzen Abstand folgten bereits im Januar zwei Hochwasserwellen im bayerischen Main und seinen Zuflüssen. An nahezu allen Pegeln des Regnitz-, Main- und Elbegebiets wurden die Meldestufen überschritten und landwirtschaftliche Flächen überflutet. Das stetige Auf und Ab der Abflüsse bescherte den beiden Monaten eine positive Abflussbilanz.

Im März änderte sich das Abflussgeschehen der nordbayerischen Flüsse. Zwar waren die Flüsse noch meist gut mit Wasser gefüllt, durch den fehlenden Niederschlag in den Einzugsgebieten konnten die meisten Pegel ihren mittleren Abfluss bereits zur Monatsmitte nicht mehr erreichen. Ab dem 16. März sorgte der Regen für eine kurze Verbesserung der Situation, der stetige Abwärtstrend konnte aber nicht gestoppt werden. Auch der sonst so wechselhafte April erfüllte nicht die Erwartungen und beendete die Trockenheit nicht. Im Mai gab es dann vereinzelt „Dürre-Alarm“ in den Medien: an fast allen nordbayerischen Pegel wurden die mittleren Niedrigwasserabflüsse erreicht, vereinzelt sogar unterschritten (Abb. 6).



Abb. 6: Dürre-Alarm in Bayern; Passauer Neue Presse vom 24.05.2011 (Artikel von Ariane P. Freier)

Kräftige Regenschauer ab der Monatsmitte führten dazu, dass die Extremwerte vom Sommer 2003 oder Frühjahr 2007 nicht erreicht wurden.

Noch gestärkt von den Regenfällen Ende Mai startete der Juni mit vergleichsweise hohen Abflüssen in die Sommersaison. Zwar blieben die Abflüsse meist unterhalb des langjährigen monatlichen Mittels, der Abwärtstrend konnte aber zumindest gestoppt werden. Im Juli wiesen die Abflüsse erstmals nach vier Monaten wieder eine positive Abflussbilanz auf. Im August sanken die Abflüsse erneut unter ihren Mittelwert ab. Zwar sorgten einzelne kleine Gewitter immer wieder für ein kurzes Ansteigen, die Niederschläge waren aber zu gering um die Situation grundlegend zu ändern. Von September über Oktober bis schließlich zum sehr trockenen November setzte sich der Trend der abflussschwachen Monate des Jahres 2011 fort, an zahlreichen Messstellen stellten sich die mittleren Niedrigwasserabflüsse ein.

Die milden Dezembertemperaturen sorgten mit reichlich Regen für Entspannung. Die Abflüsse stiegen bis zum Jahresende dauerhaft über den mittleren Abfluss an.

Stellvertretend für Nordbayern ist der Pegel Kemmern / Main in der Abb. 7 und Abb. 8 dargestellt.

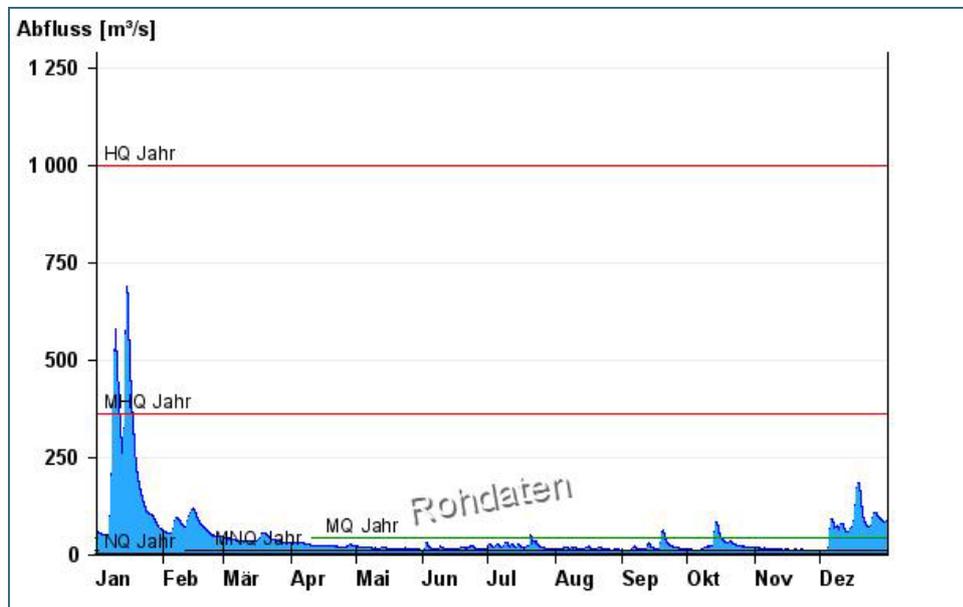


Abb. 7: Abflussentwicklung Kemmern / Main im Berichtsjahr 2011

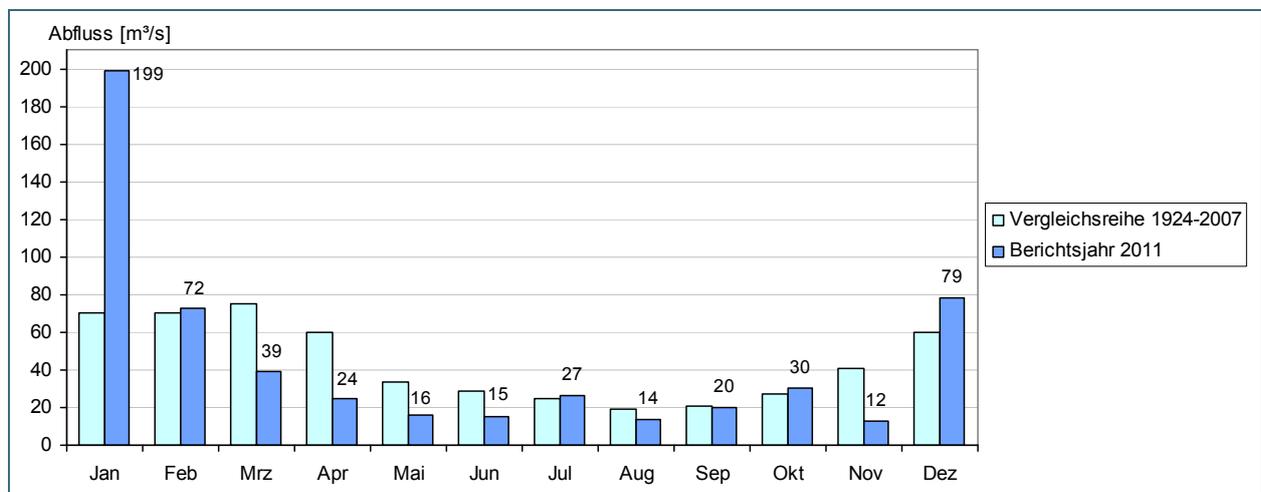


Abb. 8: Abfluss Kemmern / Main – Vergleich des aktuellen und langjährigen Monatsmittelwertes

3.1.2 Südbayern

Im Januar, Februar und März unterscheiden sich die Ganglinien des Donaugebietes nur wenig von denen des Maingebietes. Die kurze Tauwetterperiode Mitte Januar bescherte auch dem Süden Bayerns Hochwasser. Danach setzte sich zunehmend die Trockenheit durch und die Abflüsse sanken kontinuierlich unter den mittleren Abfluss ab. Nur vereinzelt – wie etwa an der Glonn, Mangfall oder der Isar – wurde der Abwärtstrend im März kurzzeitig unterbrochen. Im Gegensatz zum Maingebiet ist das Abflussverhalten jedoch hier nicht ungewöhnlich. Die Wintermonate sind im Süden im Allgemeinen abflussschwach, weil der Niederschlag häufig als Schnee fällt und somit nicht zum Abflussgeschehen beitragen kann.

Eher ungewöhnlich war das Abflussverhalten der Monate April und Mai. Durch die geringen Schneemengen des Winters konnte die Schneeschmelze nur in geringem Umfang zum Abflussgeschehen beitragen, so dass bis Ende Mai lediglich niedrige Abflüsse zu verzeichnen waren. Die zahlreichen Gewitter im Juni, Juli und August bewirkten wieder einen – wenn auch langsamen – Anstieg der Abflüsse im Donaeinzugsgebiet. Auf den Durchzug von Gewittern reagierten die Gewässer sehr unterschiedlich. An der Iller kam es im Verlauf dieser 3 Monate immer wieder zu rasanten Anstiegen, innerhalb weniger Stunden wurde aus einem Niedrigwasser Hochwasser (Abb. 9).

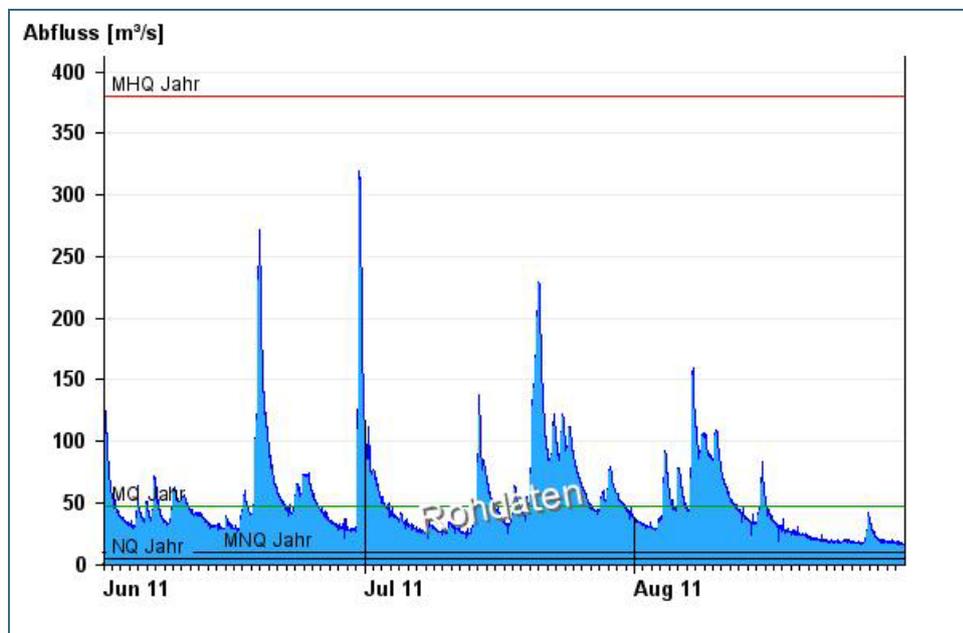


Abb. 9:
Abflussentwicklung
Kempten / Iller von Juni
bis August 2011

Trotz gestiegener Abflüsse fällt die Abflussbilanz für die Sommermonate insgesamt leicht negativ aus.

Nach einem hinsichtlich der Abflussbilanz eher ausgeglichenen September waren Anfang Oktober an Iller, Lech, Isar, Inn und Salzach Hochwasserabflüsse zu verzeichnen, während die nördlichen Donauzuflüsse weitgehend unbeeinflusst blieben. An Altmühl, Wörnitz, Naab und Regen stellten sich allmählich wieder niedrige Abflüsse ein.

Die trockene Witterung führte im November nun auch im Süden an allen Pegeln zu deutlich fallenden Wasserständen. Auch die Auslaufpegel der großen bayerischen Seen blieben davon nicht ausgenommen. Am Pegel Seebruck an der Alz war am Monatsende auch der mittlere Niedrigwasserabfluss erreicht. Wie im Norden führten im Dezember wechselhafte Witterung und milde Temperaturen im Süden Bayerns zum Jahresende hin zu einer positiven Abflussbilanz, an den Pegeln konnten wieder mittlere Abflüsse registriert werden.

Stellvertretend für Südbayern ist der Pegel Kelheim / Donau in der Abb. 10 und Abb. 11 dargestellt.

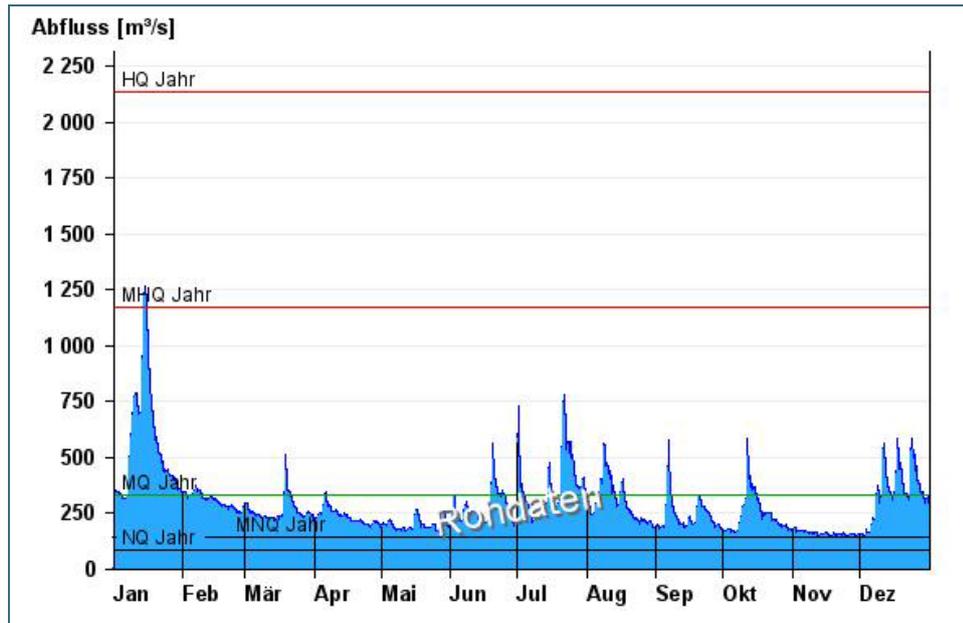


Abb. 10: Abflussentwicklung Kelheim / Donau im Berichtsjahr 2011

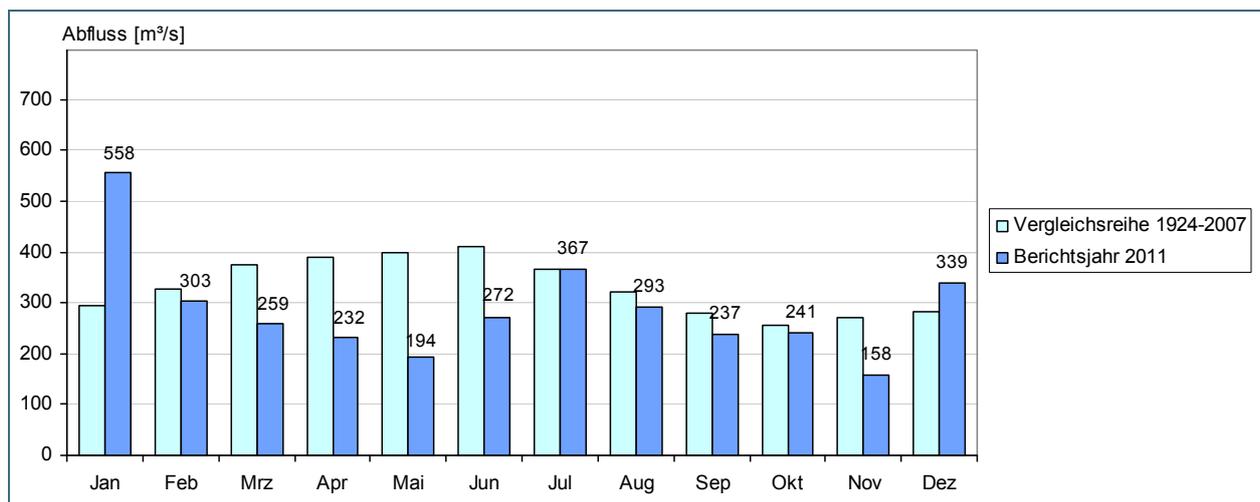


Abb. 11: Abfluss Kelheim / Donau – Vergleich des aktuellen und langjährigen Monatsmittelwertes

3.2 Wasserstände an Seen

Die bayerische Wasserwirtschaft betreibt an 15 Seen Pegel für hydrologische Zwecke, an weiteren vier Seen bestehen Messstellen von örtlichem Interesse.

Die Abflussganglinien der Seen ähneln im Berichtsjahr jenen der Fließgewässer. Nach einem sprunghaften Ansteigen der Seenwasserspiegel um bis zu 70 cm – wie etwa am Tegernsee (Abb. 12) – setzte auch an den Seen ein Absinken der Seespiegel ein.

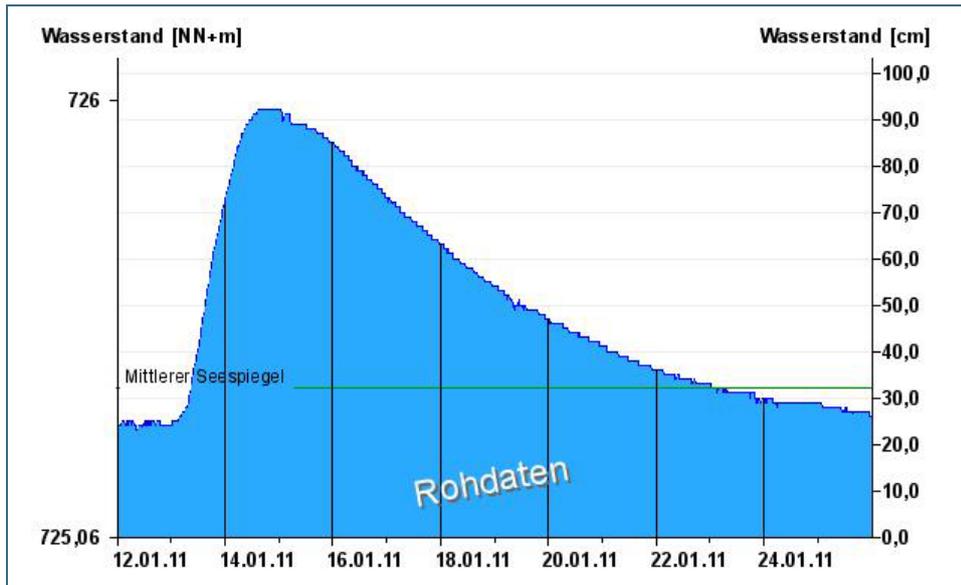


Abb. 12: Wasserstandsentwicklung St. Quirin / Tegernsee im Januar 2011

Zwar sorgten im März die Niederschläge für ein kurzes Ansteigen der Ganglinien, danach machte sich jedoch auch hier die ausgeprägte Frühjahrstrockenheit bemerkbar. Die milde, trockene Witterung ließ die Pegel der Seen dramatisch sinken, woran auch einige Niederschläge nichts ändern konnten.

Ab Mitte Mai entspannte sich die Situation an allen bayerischen Seen wieder. Die zunehmende Niederschlagstätigkeit führte zu einem langsamen Wiederanstieg der Pegel. Einzelne Regenereignisse ließen die Sepegel sprunghaft ansteigen und ebenso schnell wieder fallen (Abb. 13). Bis in den August hinein setzte sich das wechselhafte Wetter fort und sorgte für teils deutliche Schwankungen der Wasserstände. Ab Mitte August wurden die Niederschläge weniger und führten zu einem Sinken der Wasserstände unter den mittleren Seespiegel bis Ende September.

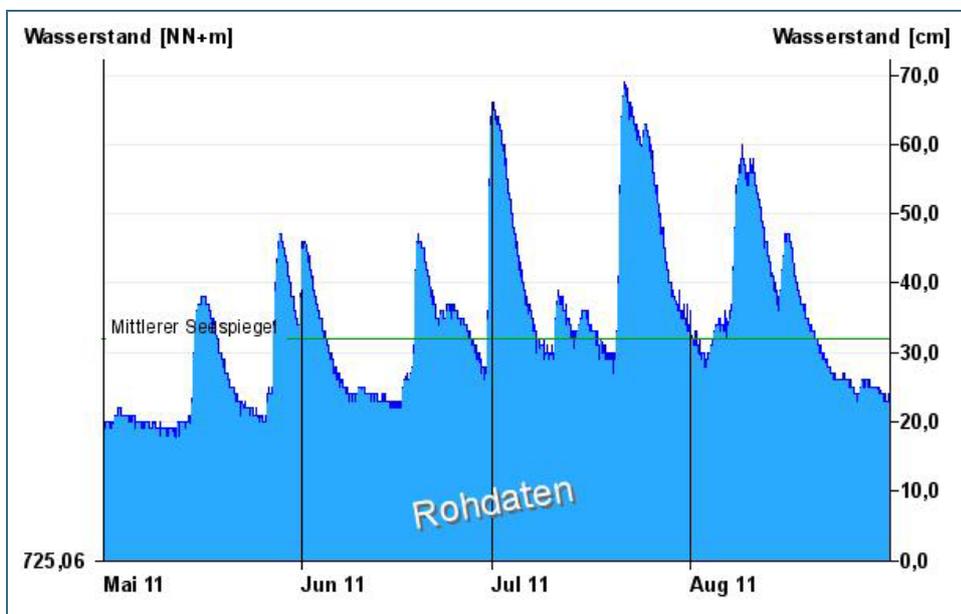


Abb. 13: Wasserstandsentwicklung St. Quirin / Tegernsee im Mai bis August 2011

Einen deutlichen Anstieg verzeichneten die Pegel an Tegernsee und Chiemsee in der zweiten Oktoberwoche. An der Messstelle Stock/Chiemsee gab es einen Anstieg um rd. 60 cm innerhalb von 5 Tagen. Danach führte die stabile Hochdrucklage ab Mitte Oktober bis Anfang Dezember zum Sinken der Wasserstände an den bayerischen Seen. Ende November waren die niedrigen Pegelstände vom trockenen Frühjahr erreicht.

Regenfälle und milde Temperaturen sorgten im Dezember auch bei den Seen für ein Ansteigen der Wasserspiegel. Bis zum Jahresende hatten bis auf den Chiemsee alle bayerischen Seen ihren mittleren Seespiegel erreicht.

In Abb. 14 ist die Wasserspiegelentwicklung des Starnberger Sees am Pegel Starnberg dargestellt:

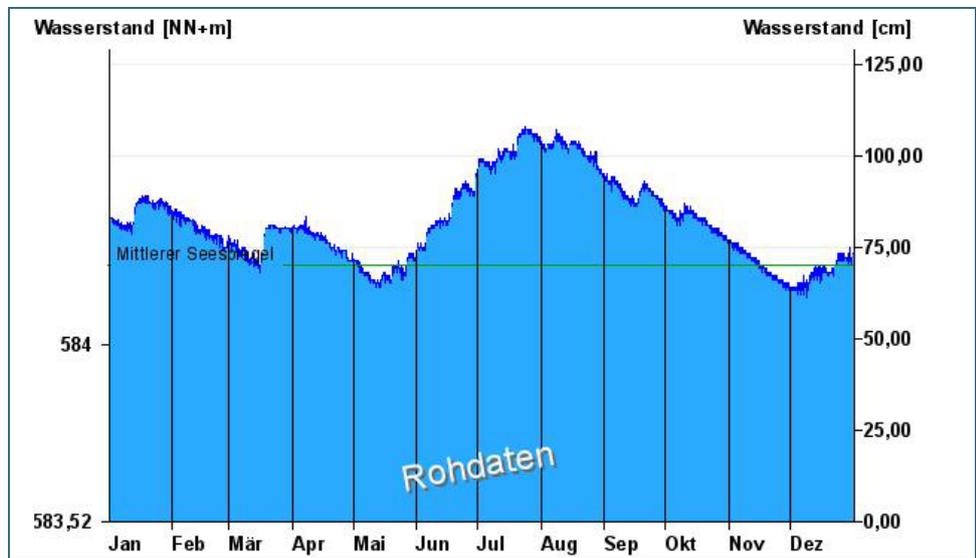


Abb. 14: Wasserstandsentwicklung Starnberg / Starnberger See im Berichtsjahr 2011

Die Abb. 15 zeigt den Vergleich der mittleren Wasserstände am Pegel Starnberg / Starnberger See von 2011 mit dem langjährigen Monatsmittelwert.

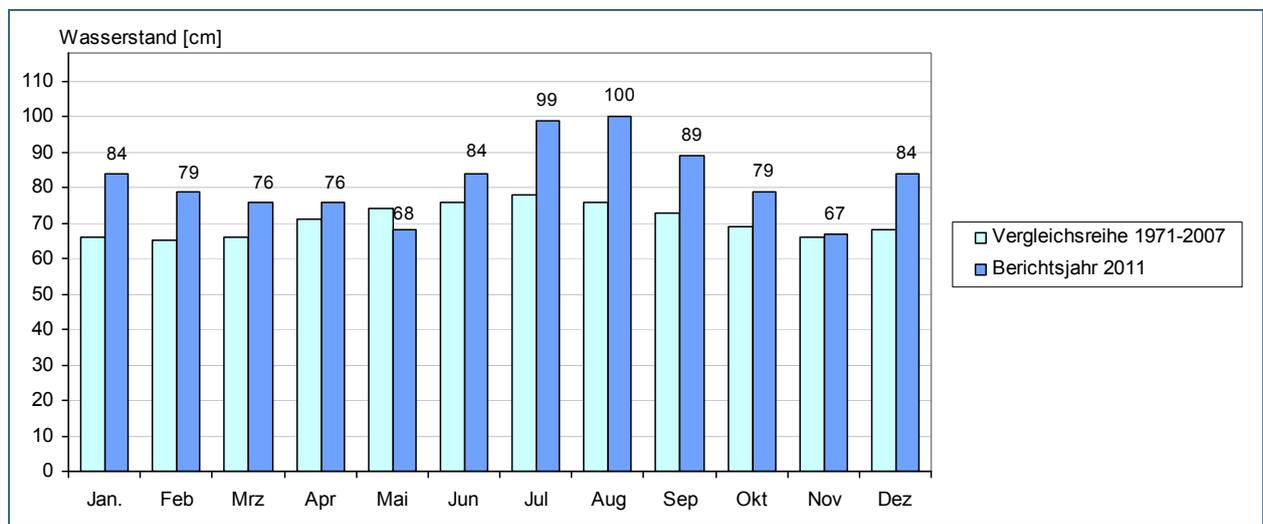


Abb. 15: Wasserstand Starnberg / Starnberger See – Vergleich des aktuellen und langjährigen Monatsmittelwertes

3.3 Hochwasser

Das herausragende Hochwasserereignis im Jahr 2011 fand im Januar statt. Vom 7.01. bis zum 19.01. wurden insgesamt 35 Hochwasserlageberichte herausgegeben. Der Durchzug zweier Frontensysteme, die damit verbundenen zum Teil ergiebigen Regenfälle und das starke Tauwetter führten vor allem an den Flüssen in Nordbayern zur Ausbildung von zwei ausgeprägten aufeinanderfolgenden Hochwasserwellen. In Oberfranken wurden vereinzelt 50jährige Scheitelabflüsse erreicht. Am schiffbaren Main waren es 10-20jährige Hochwasserstände. Ein ausführlicher Bericht zu diesem

Hochwasser findet sich im Gewässerkundlichen Monatsbericht vom Januar 2011 (http://www.hnd.bayern.de/ereignisse/monatsberichte/md_fghw_0111.pdf).

In der Nacht vom 29.06. auf 30.06. kam es am Alpenrand zu starken Regenfällen mit bis zu 100 l/m². Sie führten zu einem kleineren Hochwasser. Es wurden zwei Informationen zur Hochwasserlage herausgegeben.

Vom 19.07. auf den 20.07. führten örtlich sehr intensive Regenfälle zu Hochwasser vor allem im Einzugsgebiet der Regnitz. Besonders die Zuflüsse Schwarzach, Zenn und Schwabach fielen mit Meldestufen 3 auf. Der Pegel Büg an der Schwabach erreichte gar Meldestufe 4. Insgesamt wurden 7 Lageberichte herausgegeben.

Weitere Ereignisse überörtlicher Bedeutung sind beim Hochwassernachrichtendienst im Jahr 2011 nicht verzeichnet.

Aktuelle Informationen zu Hochwasser finden Sie [unter http://www.hnd.bayern.de/](http://www.hnd.bayern.de/)

3.4 Wasserspeicher

Beim größten Hochwasserereignis des Jahres vom 13. bis 17. Januar 2011 waren hauptsächlich die nord- und ostbayerischen Wasserspeicher betroffen. In der Spitze wurden Zuflüsse mit einer Wiederkehrwahrscheinlichkeit von 10 Jahren erreicht. Die Steuerstrategie sah einen möglichst großen Rückhalt der Hochwasserzuflüsse vor. Daher wurde an einigen Wasserspeichern der bewirtschaftbare Hochwasserrückhalteraum deutlich beaufschlagt. Insgesamt konnten an 15 staatlichen Wasserspeichern 51 Mio. m³ Wasser zurückgehalten werden. In der langen Trockenperiode im November hingegen waren auch die Zuflüsse der staatlichen Wasserspeicher extrem rückläufig. Dennoch fiel an keiner der Anlagen der Wasserstand unter den üblichen Bewirtschaftungsrahmen, da aufgrund des spätherbstlichen Klimas die Verdunstung sehr gering war.

3.5 Gewässerqualität

3.5.1 Gewässerüberwachung nach EG-Wasserrahmenrichtlinie

Seit 2007 bildet das Monitoring nach Wasserrahmenrichtlinie den Kern der bayerischen Gewässerüberwachung. Hierzu wurden die bestehenden Messnetze und Überwachungsprogramme für Flüsse, Seen und das Grundwasser nach den Vorgaben der Wasserrahmenrichtlinie angepasst. Ziel des Monitoring ist es, die Gewässer in Europa mit vergleichbaren Methoden im Hinblick auf ihren ökologischen Zustand umfassend zu untersuchen. Im März 2007 hat Bayern sein Monitoringkonzept an die EU-Kommission gemeldet. Es war zunächst bis 2009 gültig und wurde dann – anhand der gewonnenen Erfahrungen – überarbeitet. Zusätzliche, bereits existierende Messstellen und Sondermessprogramme – wie etwa das Fisch-Schadstoffmonitoring - ergänzen in Bayern die Gewässerüberwachung nach Wasserrahmenrichtlinie.

Das Monitoring nach Wasserrahmenrichtlinie gliedert sich in:

- eine Überblicksüberwachung,
- eine operative Überwachung und
- eine Überwachung zu Ermittlungszwecken.

Die überblicksweise Überwachung dient dazu, großräumige Trends in der Gewässerqualität zu erkennen. Bei der operativen Überwachung werden vorwiegend die Gewässer unter die Lupe genommen, die den guten ökologischen Zustand bzw. das gute ökologische Potenzial noch nicht erreicht haben.

Zu den wichtigsten Zielen der Überwachung zählen:

- Überprüfung des Gewässerzustands und des Grades der Einhaltung der Umweltziele
- Beobachtung langfristiger Entwicklungen und Ermittlung von Trends
- Feststellung des Ausmaßes und der Auswirkungen von Verschmutzungen und Veränderungen
- Hilfe bei der Planung und Erfolgskontrolle von Maßnahmen
- Überwachung von Schutzgebieten

3.5.2 Überwachung des ökologischen und chemischen Zustandes

Die Bewertung des ökologischen Zustands der Flüsse und Seen orientiert sich an Gewässertypen. In Bayern sind dies 18 Fließgewässer- und 7 Seentypen. Zur Bewertung der Fließgewässer und Seen wird ihr ökologischer und ihr chemischer Zustand untersucht. Nur wenn beide Kriterien jeweils gut bewertet werden, ist das Gewässer insgesamt in einem guten oder sehr guten Zustand.

Im Mittelpunkt der Überwachung von Fließgewässern und Seen steht das Gewässer als Lebensraum und seine ökologische Funktionsfähigkeit. Dazu werden Gewässerorganismen als Indikatoren für den Zustand der Gewässer genutzt. Untersucht werden vier Organismengruppen, in der Wasserrahmenrichtlinie als biologische Qualitätskomponenten bezeichnet:

- Makrozoobenthos (wirbellose Kleintiere im Substrat)
- Makrophyten und Phytobenthos (fest sitzende Pflanzen)
- Phytoplankton (frei schwebende Algen)
- Fische

Chemisch-physikalische Basisparameter, wie pH-Wert, Sauerstoffgehalt und Temperatur, sowie die Gewässerstruktur gehen als unterstützende Qualitätskomponenten in die Bewertung des ökologischen Gewässerzustands ein. Zusätzlich wird untersucht, ob ausgewählte Industrie- und Agrarchemikalien, sogenannte flussgebietsspezifische Schadstoffe, die für sie geltenden Umweltqualitätsnormen (Grenzwerte) einhalten. Der Ablauf der Bewertung ist in Abb. 16 dargestellt.

Der chemische Zustand eines Gewässers wird unabhängig vom ökologischen Zustand ermittelt. Untersucht wird dabei eine EU-weit einheitliche Liste von derzeit 33 prioritären Stoffen. Zum Erreichen des guten chemischen Zustands müssen alle Umweltqualitätsnormen (Grenzwerte) für diese prioritären Stoffe eingehalten werden. Der chemische Zustand wird entweder mit gut oder nicht-gut bewertet.



Abb. 16: Ablaufschema Bewertung des ökologischen Zustandes nach EG-Wasserrahmenrichtlinie (aus Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz, Baden-Württemberg; 2011 unveröffentlicht)

Weiterführende Informationen zum Thema erhalten Sie unter:

<http://www.lfu.bayern.de/wasser/wrrl/gewaesserueberwachung/index.htm>

3.5.3 Qualität der Fließgewässer

Chemisch-physikalische Basisparameter werden laufend gemessen, somit liegen jährlich aktuelle Datenreihen vor. Biologische Untersuchungen finden in der Regel in einem Drei-Jahres-Zyklus statt. Ausnahmen bilden biologische Untersuchungen zu speziellen Fragestellungen. Nachdem die Ergebnisse aus den Jahren 2007-2009 mit Veröffentlichung des Bewirtschaftungsplans zur Verfügung gestellt werden konnten, findet die nächste Aktualisierung im Jahr 2013 (Ergebnisse aus dem Zyklus 2010-2012) statt.

Phytoplankton sowie Makrophyten & Phytobenthos als Indikatoren für Nährstoffe

Phytoplankton sind pflanzliche Organismen (Algen), die frei schwebend im Wasser leben, die Organismengruppe "Makrophyten & Phytobenthos" fasst höhere Wasserpflanzen, Moose und Armleuchteralgen (Makrophyten) sowie verschiedenste Formen weiterer Algen (Kieselalgen und übriges Phytobenthos) zusammen. Ihnen allen ist gemeinsam, dass sie in der Lage sind, Nährstoffe im Gewässer zu indizieren.

Die Untersuchung der Wasserpflanzen zeigt, dass insbesondere in intensiv landwirtschaftlich genutzten Regionen eine erhöhte Nährstoffbelastung (Trophie) zu verzeichnen ist. So verfehlen gegenwärtig

rund 58 Prozent der Flusswasserkörper den guten ökologischen Zustand. Dies belegen sowohl die Untersuchungen der Qualitätskomponente Makrophyten & Phytobenthos (Abb. 17) als auch die des Phytoplanktons (Abb. 18).

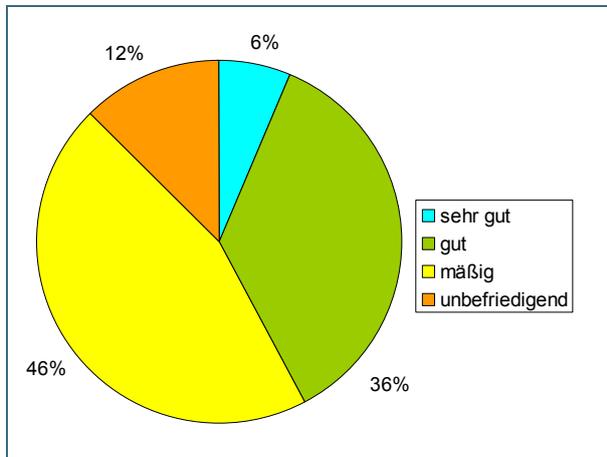


Abb. 17: Ökologischer Zustand / Potenzial – Qualitätskomponente Makrophyten & Phytobenthos

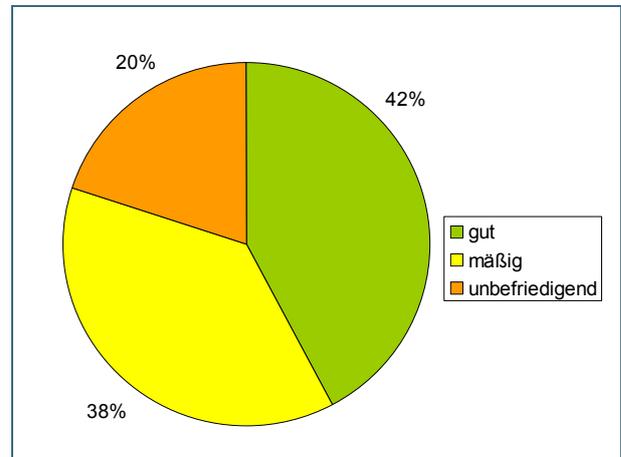


Abb. 18: Ökologischer Zustand / Potenzial – Qualitätskomponente Phytoplankton

Makrozoobenthos als Indikator für organische Belastungen

Beim sogenannten Makrozoobenthos handelt es sich um mit dem bloßen Auge erkennbare wirbellose Tiere, die auf der Gewässersohle oder im Kieslückensystem unterhalb der Gewässersohle leben.

Die Organismengruppe ist geeignet, Verschmutzungen der Gewässer mit leicht abbaubaren organischen Stoffen zu erkennen, wie sie etwa aus häuslichen Abwassereinleitungen stammen. Die Untersuchungsergebnisse (Abb. 19) belegen deutlich die großen Erfolge, die auf dem Gebiet der Abwasserbehandlung in den letzten Jahren erzielt werden konnten. So erreichen bereits heute ca. 82 % der bayerischen Flusswasserkörper bei der Qualitätskomponente Makrozoobenthos den guten ökologischen Zustand bzw. das gute ökologische Potenzial.

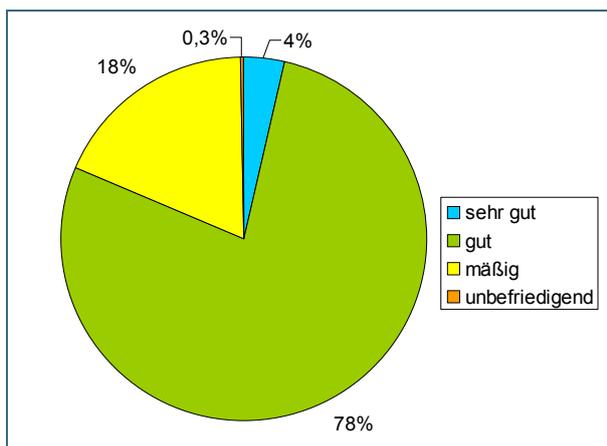


Abb. 19: Ökologischer Zustand / Potenzial – Qualitätskomponente Makrozoobenthos Modul Saprobie

Fische und Makrozoobenthos als Indikatoren für Beeinträchtigungen der Gewässerstruktur

Fische sowie das Makrozoobenthos (Bewertungsmodul „Allgemeine Degradation“) sind besonders gut geeignet, um Belastungen aus dem Bereich der Hydromorphologie (z. B. Aufstau, mangelnde Durchgängigkeit, Begradigung, fehlende Habitatvielfalt) zu erkennen und gezielt Maßnahmen zur Verbesserung des Lebensraumes vorzunehmen. Die Untersuchungsergebnisse für beide Qualitätskomponenten belegen Defizite in der Gewässerstruktur für zahlreiche Flusswasserkörper. So verfehlt die Hälfte der Wasserkörper die Ziele der Wasserrahmenrichtlinie durch die Untersuchungsergebnisse.

se der Qualitätskomponente Makrozoobenthos (Abb. 20), bei Fischen (Abb. 21) wird das Ziel für 55% der Wasserkörper verfehlt.

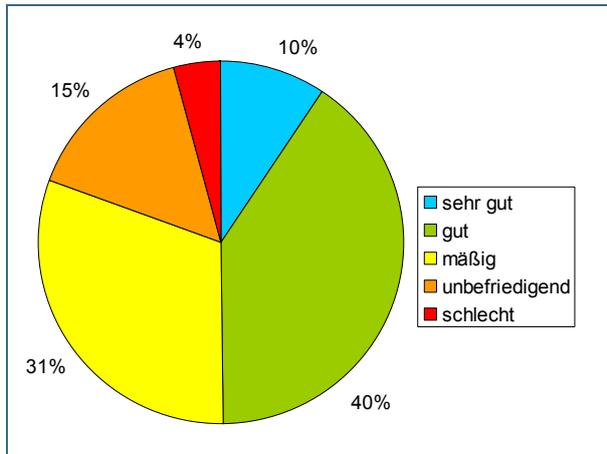


Abb. 20: Ökologischer Zustand / Potenzial – Qualitätskomponente Makrozoobenthos Modul „Allgemeine Degradation“

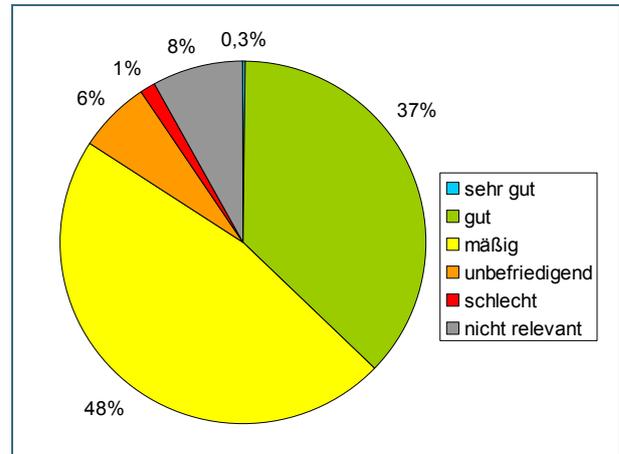


Abb. 21: Ökologischer Zustand / Potenzial – Qualitätskomponente Fische

Chemisch-physikalische Basisparameter

Die Untersuchung ausgewählter chemisch-physikalischer Basisparameter findet zweiwöchentlich statt. An den großen Gewässern Bayerns sind darüber hinaus automatische Gütemessstationen installiert. Sie liefern im 15-Minuten-Takt Aufzeichnungen wichtiger Parameter wie Sauerstoff, pH-Wert und Leitfähigkeit. Aktuelle Werte können über <http://www.nid.bayern.de> abgerufen werden.

Für Nordbayern werden im Folgenden die Ergebnisse für die Parameter Temperatur, Sauerstoff- sowie Nährstoffkonzentration am Beispiel Phosphat an der Messstation Kahl am Main dargestellt. Zur Beschreibung der Situation in Südbayern wurden Messdaten der Donau (Bittenbrunn sowie Ingolstadt) verwendet.

Nordbayern – Kahl am Main

Abb. 22 zeigt den Jahresverlauf für die Parameter Wassertemperatur und Sauerstoff an der Messstation Kahl am Main. Es ist ein kontinuierlicher Anstieg der Wassertemperatur ab Ende Februar bis Mitte Juli zu verzeichnen. Ende August erreicht die Wassertemperatur mit 24,4 C° einen Höchststand auf vergleichsweise niedrigem Niveau und sinkt schließlich wieder kontinuierlich ab.

Der Sauerstoffgehalt liegt bis Mitte April weitgehend stabil. Stärkere Schwankungen ab diesem Zeitpunkt deuten auf eine verstärkte Biomasseentwicklung durch Pflanzenwachstum hin. Ab Mitte Mai werden die Schwankungen durch sauerstoffzehrende Abbauprozesse verstärkt. Infolge von Starkregenereignissen gelangen Anfang Juni leicht abbaubare Substanzen, vermutlich über Regenüberläufe in das Gewässer und führen, in Verbindung mit den hohen, jedoch nicht extremen Wassertemperaturen zu einem deutlichen Abfall der Sauerstoffkonzentration. Mit Absinken der Wassertemperatur ab Anfang September steigen die Sauerstoffkonzentrationen langsam wieder an.

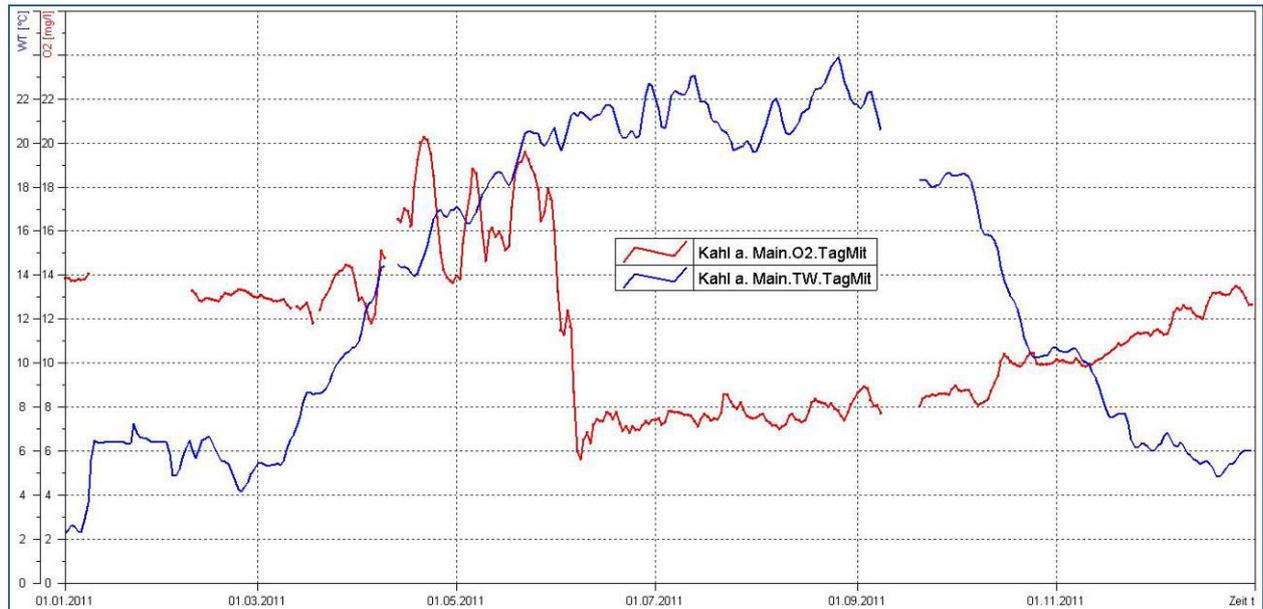


Abb. 22: Sauerstoff und Wassertemperatur an der automatischen Gütemessstation Kahl am Main

Eine verstärkte Biomasseentwicklung in den Monaten März bis Mai lässt sich auch im Jahresverlauf der Phosphatgehalte erkennen (Abb. 23). Der auch in sonstigen Jahren zu verzeichnende Rückgang ist im Jahr 2011 besonders ausgeprägt und wird zusätzlich durch das Ausbleiben der Einbringung von Nährstoffen durch Abschwemmung aus der Fläche unterstützt. Der periodisch zu beobachtende Anstieg der Phosphatwerte ab Juni ist durch Abschwemmung und Düngemaßnahmen verursacht. Auffallend für das Berichtsjahr 2011 sind die insgesamt niedrigeren Phosphat-Konzentrationen, die sich vor allem durch die geringeren Niederschläge erklären lassen. Als Ausnahme ist lediglich der Monat Juni zu nennen, in dem die Starkregenereignisse zu einem erhöhten Eintrag führten.

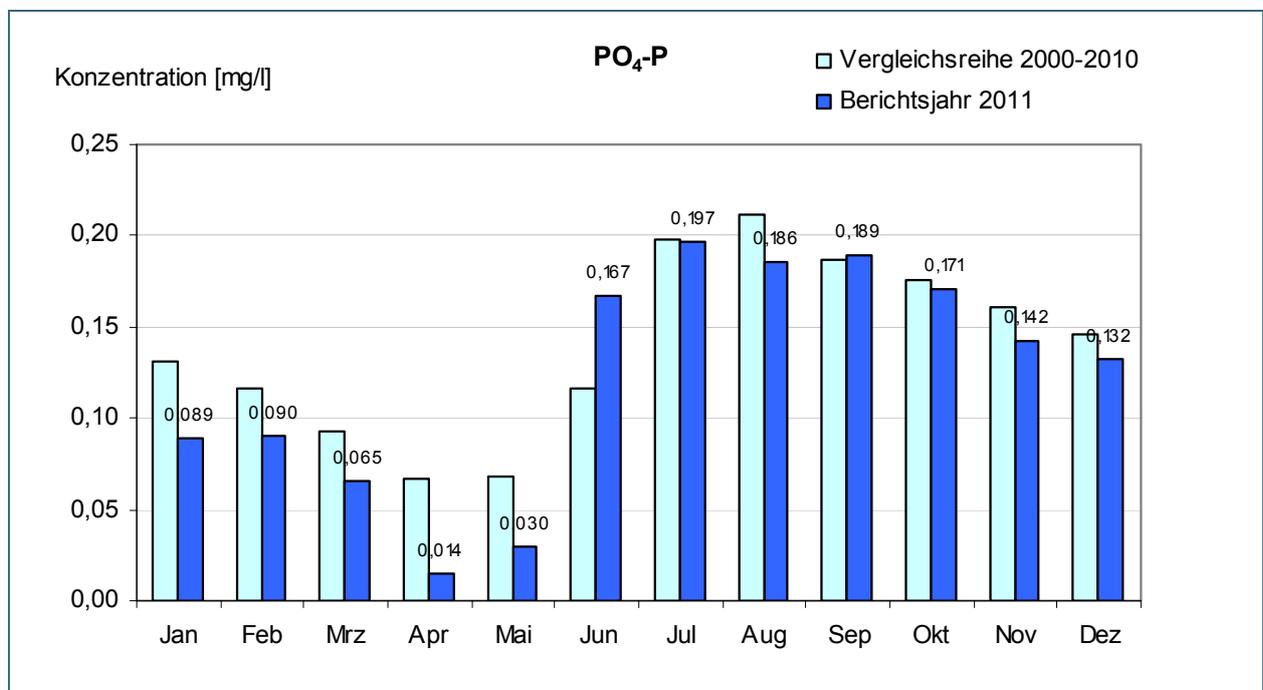


Abb. 23: Konzentrationsverlauf von Orthophosphat-Phosphor an der Messstelle Kahl / Main als Monatsmittel für das Jahr 2011 im Vergleich zum langjährigen Mittel der Jahre 2000-2010

Südbayern – Donau, Bittenbrunn und Donau, Ingolstadt

Abb. 24 zeigt den Jahresverlauf der Sauerstoffkonzentration sowie Wassertemperatur für die Donau, Messstation Ingolstadt. Die Verläufe ähneln jenen des Mains, auch wenn der Abfall des Sauerstoffgehaltes hier deutlich geringer ausfällt und bereits in der zweiten Maihälfte einsetzt.

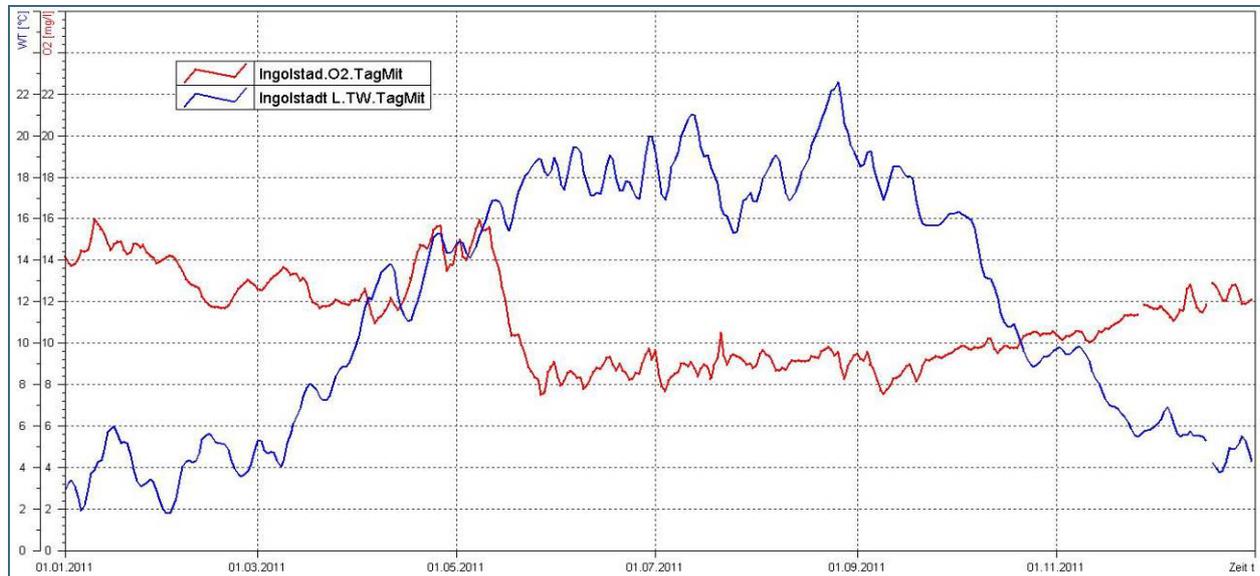


Abb. 24: Sauerstoff und Wassertemperatur an der automatischen Messstation Donau, Ingolstadt

Die Messergebnisse der Nährstoffgehalte (Phosphat) stammen von der etwa 20 km entfernten Messstelle Bittenbrunn. Auch für die Donau kann der deutliche Abfall der Konzentrationen in den Monaten März bis Mai bestätigt werden (Abb. 25). Für den Mai wird sogar der extrem niedrige Wert von 0,008 mg/l Orthophosphat-Phosphor gemessen. Von Juni bis Oktober liegen die Werte über dem Durchschnitt der Vergleichsreihe der Jahre 2000-2010, was durch Einschwemmung infolge von Starkniederschlägen erklärt werden kann.

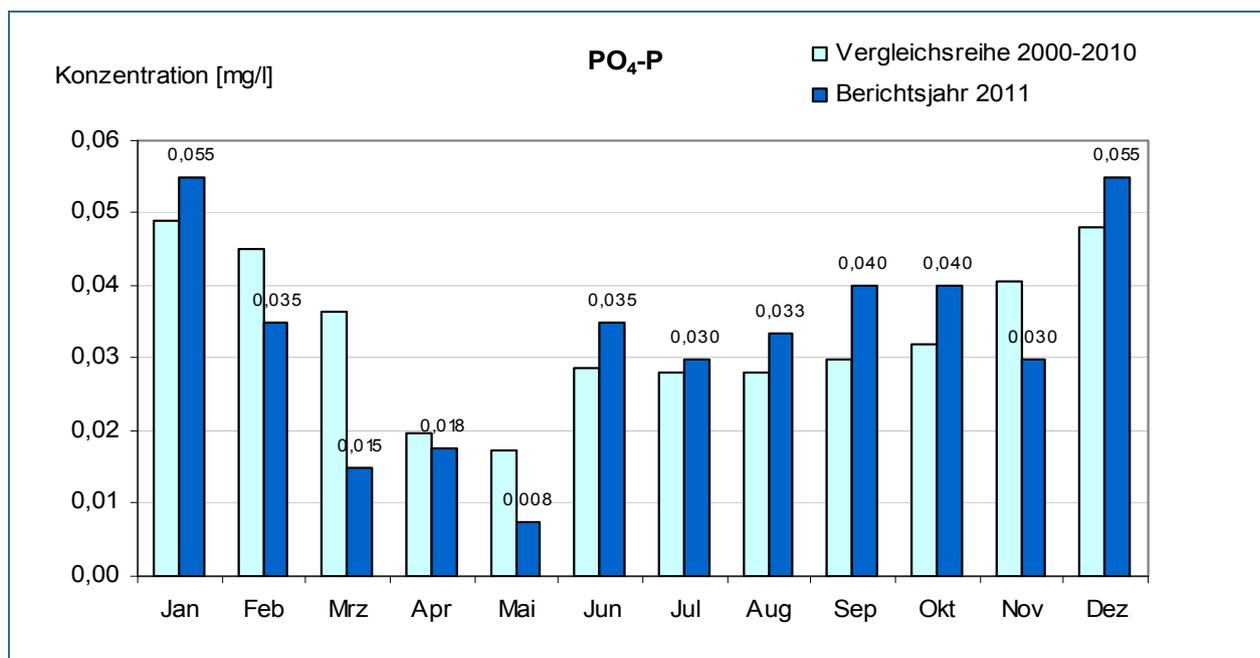


Abb. 25: Konzentrationsverlauf von Orthophosphat-Phosphor an der Messstelle Donau, Bittenbrunn als Monatsmittel für das Jahr 2011 im Vergleich zum langjährigen Mittel der Jahre 2000-2010.

Flussgebietsspezifische Schadstoffe

Für die Bewertung von Gewässern nach Wasserrahmenrichtlinie sind neben den vier Biokomponenten und den unterstützenden Komponenten (s. Abb. 16) auch sogenannte flussgebietsspezifische Schadstoffe zu betrachten. Eine Liste dieser Schadstoffe ist in der Anlage 5 der Oberflächengewässerverordnung (OGewV) vom 20.07.2011 veröffentlicht. In dieser Verordnung sind Umweltqualitätsnormen (UQN) festgelegt, die im Mittel an einer Messstelle nicht überschritten werden dürfen. Werden die Umweltqualitätsnormen eingehalten, dann entspricht der ökologische Zustand dem auf Basis der Biokomponenten errechneten Ergebnis. Bei einer Überschreitung kann maximal der mäßige ökologische Zustand bzw. das mäßige ökologische Potenzial erreicht werden.

Für den überwiegenden Anteil der Flusswasserkörper wurden im ersten Bewirtschaftungsplan keine signifikanten Einleitungen flussgebietsspezifischer Schadstoffe ermittelt, vereinzelte Belastungen wurden jedoch identifiziert:

Am Lech liegt eine Überschreitung der Umweltqualitätsnorm von Dibutylzinn vor, die jedoch zu keiner Abwertung des ökologischen Zustandes führt, da bereits die biologischen Bewertungskomponenten die Ziele nicht erreichen. Trotz aufwändiger Untersuchungen konnte die Quelle für den Schadstoff bisher nicht lokalisiert werden. Am Illerkanal wurden im Schwebstoff Kupferkonzentrationen über der Umweltqualitätsnorm ermittelt. Hier erfolgte zwar eine Abwertung der biologischen Zustandklasse von gut auf mäßig, die regelmäßigen Messungen zeigen für die Kupferkonzentrationen jedoch seit einigen Jahren eine fallende Tendenz.

In einigen intensiv landwirtschaftlich genutzten Einzugsgebieten wurden die Umweltqualitätsnormen für Pflanzenschutzmittel überschritten. Dies betrifft die Stoffe Bentazon, Chloridazon, Dichlorprop, Mecoprop, Metolachlor und MCPA. Die betroffenen Flusswasserkörper haben auch bei der biologischen Bewertung keinen guten Zustand erreicht.

Prioritäre Schadstoffe – Chemischer Zustand

Die Bewertung des chemischen Zustandes nach Wasserrahmenrichtlinie erfolgt durch einen Vergleich der Stoffkonzentrationen im Gewässer mit ökotoxikologisch abgeleiteten Umweltqualitätsnormen (UQN). Im ersten Bewirtschaftungsplan wurde eine europaweit einheitliche Liste von 33 prioritären Schadstoffen gemäß Anhang X WRRL sowie weitere acht Schadstoffe gemäß Anhang IX der WRRL überprüft. Die Stoffliste und die maßgebenden Umweltqualitätsnormen werden mit der Richtlinie 2008/105/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über Umweltqualitätsnormen vorgegeben. Diese Vorgaben wurden als Anlage 7 in die zum 20.07.2011 veröffentlichte Oberflächengewässerverordnung (OGewV) integriert. Auch Nitrat (Anforderung aus der Nitrat-Richtlinie) wird zur Einstufung des chemischen Zustandes heran gezogen.

Neben der Wasserphase werden in der Oberflächengewässerverordnung für einzelne Stoffe (Hexachlorbenzol, Hexachlorbutadien und Quecksilber) zusätzlich Umweltqualitätsnormen für Biota (z. B. Fische) festgelegt.

Folgende Überschreitungen von Umweltqualitätsnormen für prioritäre Stoffe wurden im ersten Bewirtschaftungsplan zur Wasserrahmenrichtlinie festgestellt:

Pflanzenschutzmittel

Im Bereich des tertiären Hügellandes liegen bei intensiver landwirtschaftlicher Nutzung allgemein höhere Konzentrationen an Pflanzenschutzmitteln vor – im Mittel werden aber die Umweltqualitätsnormen eingehalten. Bei besonderen Ereignissen z. B. Starkregenniederschlägen nach der Aufbringung von Spritzgut können sehr hohe Pflanzenschutzmittelgehalte ins Gewässer gelangen und dort auch biologisch wirksam werden. In einigen Einzugsgebieten wurden die Umweltqualitätsnormen für

Maximalwerte (zulässiger Höchstwert) für den Wirkstoff Isoproturon überschritten, so dass hier ein „nicht-guter“ chemischer Zustand ausgewiesen wurde.

Schwermetalle

In den ostbayerischen Mittelgebirgen wurden bei insgesamt vier Oberflächenwasserkörpern Überschreitungen der Umweltqualitätsnormen für die Schwermetalle Cadmium und Blei festgestellt. Diese Belastungen sind als Folge des Bergbaus entstanden. Durch die sehr niedrigen Kalkgehalte der Gewässer sind bereits geringe Cadmium-Konzentrationen ökotoxikologisch relevant.

Weitere Schadstoffe

Im Unterlauf des Mains trat eine knappe Überschreitung der Qualitätsnorm für den Stoff Benzopyren auf. Dieses Ergebnis ist durch ergänzende Untersuchungen abzusichern.

Detaillierte Informationen zu den Bewertungsergebnissen erhalten Sie im Kartendienst Bewirtschaftungsplanung: <http://www.lfu.bayern.de/wasser/wrrl/kartendienst/index.htm>.

3.5.4 Qualität der Seen

Messnetz und Untersuchungsprogramme

Das Landesmessnetz zur Erfassung des ökologischen und chemischen Zustands der Seen nach WRRL umfasst 55 Seen mit einer Oberfläche > 0,5 km². Das sind 31 natürliche Seen, 19 Talsperren und Speicher in Fließgewässerläufen sowie 5 Restseen als Folge des Braunkohleabbaus. Die Untersuchungen dieser Seen finden regelmäßig an 194 Messstellen der Überblicksüberwachung und 331 Messstellen der operativen Überwachung statt. Die Gewässer werden je nach Überwachungskategorie im drei- bis sechsjährlichen Turnus untersucht und bewertet. Im Rahmen der Überwachung zu Ermittlungszwecken finden ggf. zusätzliche verdichtete Untersuchungen aus speziellen Anlässen oder zur Ursachenermittlung für Belastungen statt.

Nachdem die Ergebnisse aus den Jahren 2007-2009 mit Veröffentlichung des Bewirtschaftungsplans zur Verfügung gestellt werden konnten, findet die nächste Aktualisierung im Jahr 2013 (Ergebnisse aus dem Zyklus 2010-2012) statt. Die im Folgenden vorgestellte Datengrundlage für biologische und chemische Untersuchungen entspricht somit dem Veröffentlichungsstand 2010. Am Beispiel des Starnberger Sees werden aktuelle Ergebnisse aus dem Jahr 2011 dargestellt.

Phytoplankton

Die Organismengruppe Phytoplankton umfasst pflanzliche Organismen (Algen), die frei schwebend im Wasser leben. Sie spielen für die Qualität von Seen eine zentrale Rolle, da sie die Entwicklung anderer Komponenten stark beeinflussen können. Die Ausprägung und Menge der Algenvegetation ist sehr stark von den verfügbaren Nährstoffmengen des jeweiligen Sees abhängig, d.h. Phytoplankton ist ein hervorragender Indikator für die Nährstoffbelastung im Freiwasser. Als wesentliche Quellen für diese Belastung gelten kommunale Abwässer und diffuse Einträge aus der Flächennutzung. Vor allem die Reduzierung der Phosphorbelastung aus Abwasser in den letzten Jahrzehnten und die Verminderung weiterer Einträge haben dazu geführt, dass die meisten bayerischen Seen im Hinblick auf das Phytoplankton einen guten oder sehr guten ökologischen Zustand nach EG-WRRL aufweisen (Abb. 26).

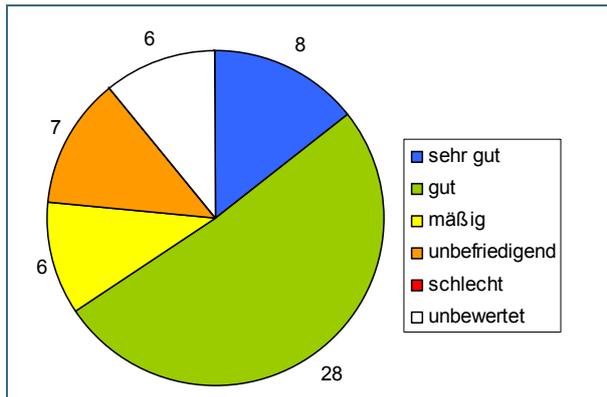


Abb. 26:
Ökologischer Zustand / Potenzial – Qualitätskomponente Phytoplankton
Verteilung der bayerischen Seen (N=55) auf die Zustandsklassen. Die weiß dargestellten Seen sind bisher nicht bewertet

Makrophyten & Phytobenthos

Die Organismengruppe "Makrophyten & Phytobenthos" umfasst im Bodensubstrat wurzelnde und freischwebende höhere Wasserpflanzen, Moose und Armeleuchteralgen (Makrophyten) sowie verschiedenste Formen auf dem Sediment festsitzender weiterer Algen (Kieselalgen und sonstiges Phytobenthos). Ihr Hauptverbreitungsgebiet ist das Seeufer bzw. die Flachwasserzone von Seen. Das Sediment von Flachseen kann vollständig von Makrophyten & Phytobenthos bewachsen sein. Auch diese Organismengruppe reagiert empfindlich auf die Nährstoffbelastung, besonders der ufernahen Seesedimente, der Uferbereiche und auf vom Ufer her direkt wirkende Einträge. Die Untersuchung der Wasserpflanzen zeigt, dass insbesondere in intensiv landwirtschaftlich genutzten Regionen eine erhöhte Trophie und damit kein guter ökologischer Zustand der Gewässer vorliegt. Die Verteilung der Zustandklassen nach EG-WRRL bezüglich dieser Komponente zeigt Abb. 27.

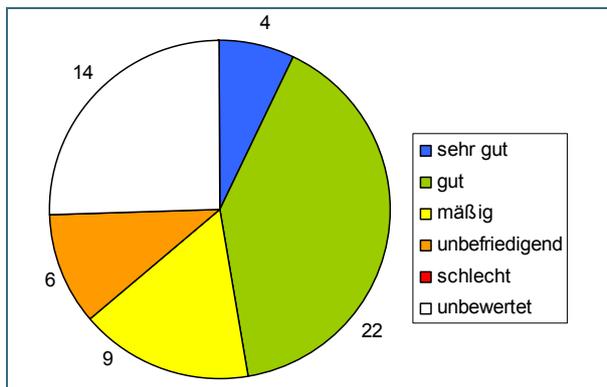


Abb. 27:
Ökologischer Zustand / Potenzial – Qualitätskomponente Makrophyten & Phytobenthos
Verteilung der bayerischen Seen (N=55) auf die Zustandsklassen. Die weiß dargestellten Seen sind bisher nicht bewertet.

Fische

Die Zusammensetzung und der Altersaufbau der Fischpopulation in einem See geben Auskunft über das Funktionieren des ökologischen Nahrungsgefüges, also dem Zusammenspiel zwischen Primärproduzenten (Pflanzen), Primärkonsumenten (Zooplankton) und Sekundärkonsumenten (Fische). Auch die Trophieverhältnisse eines Sees sind am Fischbestand ablesbar, ebenso wie die Intaktheit des Fischlebensraums. Dazu gehören z. B. Erreichbarkeit und Vorhandensein geeigneter Laichsubstrate, Deckungen und Nahrung. Fische werden an den Seen der Überblickeüberwachung untersucht. Die erste Bewertung ergab an den 11 bisher untersuchten Seen jeweils den guten ökologischen Zustand.

Makrozoobenthos

Beim Makrozoobenthos handelt es sich um die mit dem bloßen Auge erkennbaren wirbellosen Tiere, die auf der Gewässersohle oder im Kies- bzw. Sandlückensystem im Seelitoral oder am Seeboden in der Tiefe leben. Die Organismengruppe ist u.a. geeignet, strukturelle Veränderungen der Seeufer anzuzeigen.

Für die Seebewertung in Deutschland ist eine Untersuchungsmethode der Seeuferbereiche in Entwicklung, d.h. es liegen zwar Untersuchungsdaten, aber noch keine Bewertungen dazu vor.

Chemisch-physikalische Basisparameter

Das Standardmessprogramm umfasst Messungen der allgemein wichtigen Gewässerkenngrößen Temperatur, Sauerstoffkonzentration, Leitfähigkeit und pH-Wert, der Nährstoffparameter Phosphor, Stickstoff, Kieselsäure sowie des Chlorids.

Vor allem durch die Eutrophierung, hervorgerufen durch übermäßigen Phosphor-Eintrag, war die Seequalität vieler Seen in der Vergangenheit stark degradiert, d.h. übermäßige Algenentwicklungen und deren Abbau verursachten Sauerstoffdefizite, Fischsterben und erhebliche Veränderungen in den Biozöosen. Durch erhebliche Investitionen im Abwasserbereich (P-Fernhaltung bzw. Minimierung) konnten viele größere Seen wieder in einen nährstoffärmeren Zustand versetzt werden. Einige größere Seen mit ungünstigen hydromorphologischen Randbedingungen und viele kleinere Seen sind aber in einem nicht zufrieden stellenden ökologischen Zustand, weil die Nährstoffbelastung dieser Seen u. a. durch diffusen Eintrag aus den Flächen der Einzugsgebiete erfolgt.

Die Messung der genannten Basisparameter dient der langfristigen Beobachtung von Veränderungen der chemisch-physikalischen Qualität der Seen. Veränderungen finden in der Regel nur über längere Zeiträume statt, während saisonale Schwankungen einiger Parameter normal sind (z. B. Phosphor, Stickstoff, Kieselsäure, Temperatur, Sauerstoffkonzentration).

Schadstoffe - Chemischer Zustand

Schadstoffe spielen in bayerischen Seen von wenigen Ausnahmen abgesehen nur eine untergeordnete Rolle. Eine Ausnahme bilden die Tagebaurestseen in der Oberpfalz, in denen aufgrund ihres sehr niedrigen pH-Wertes geogen vorhandene Schwermetalle in Lösung gehen und daher z.T. in hohen Konzentrationen nachweisbar sind. Hier werden regelmäßig die Umweltqualitätsnormen der Oberflächengewässerverordnung von Nickel, Cadmium und Blei überschritten, weshalb gegenwärtig kein guter chemischer Zustand erreicht werden kann.

Beispiel Starnberger See im Jahr 2011

Der Starnberger See ist ein gering belasteter See im mesotrophen Produktionsniveau. Die Phosphorkonzentrationen im Jahresverlauf sind sehr niedrig (Maximalwert ca. 8 µg/L) und schwanken kaum (Abb. 28). Lediglich im Herbst ist eine Verringerung zu beobachten, die mit einer Minimierung der Planktonbiomasse einhergeht (Abb. 29). Trotzdem sind sowohl die Algenentwicklung, sichtbar an der Chlorophyll-Konzentration und auch am Biovolumen der Algen selbst, wie auch die Sichttiefe im Jahresverlauf Schwankungen unterworfen. Bei steigender Algenentwicklung sinkt die Sichttiefe deutlich von 13 m bis auf minimal 2 m (Abb. 28). Die Biomasse der Algen (BM und Chlorophyll a) steigt im Frühjahr bis Sommer stark an, erreicht jedoch, wie für phosphorarme Seen normal, nur geringe Maximalwerte. Bei herbstlicher Reduzierung der Algenmenge, steigt die Sichttiefe wieder deutlich an.

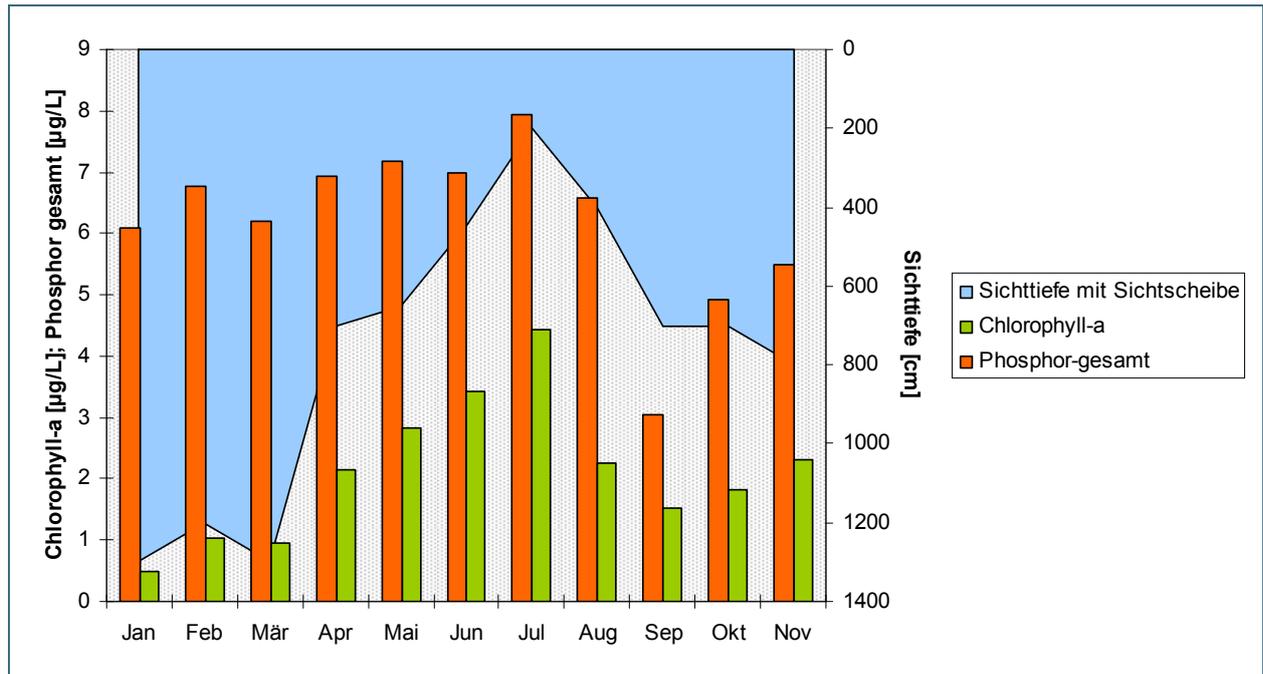


Abb. 28: Sichttiefe, volumengewichtete Mittelwerte für Gesamt-Phosphor und Chlorophyll a am Starnberger See 2011

Die Zusammensetzung der Algen schwankt ebenfalls im Jahresverlauf deutlich. Am Starnberger See stellen die Kieselalgen (Bacillariophyceae) die wesentliche Algengruppe im Frühjahr und Sommer dar (Abb. 29). Im Herbst ist ein drastischer Rückgang der Kieselalgen zu verzeichnen, gleichzeitig werden Blaualgen (Cyanobakterien) zur dominanten Gruppe, allerdings auf niedrigerem Biomassenniveau. Die Wärme liebenden Blaualgen wurden durch den lange anhaltenden warmen Herbst gefördert.

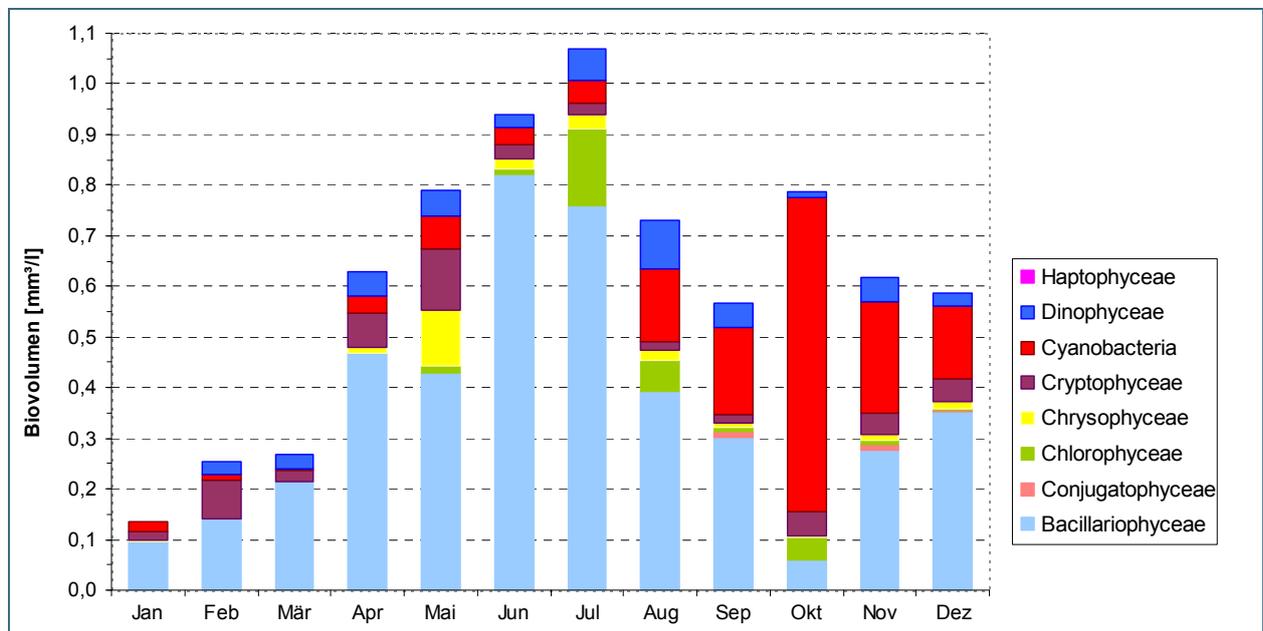


Abb. 29: Starnberger See 2011 – Entwicklung des Biovolumens der vorkommenden Algenklassen

Die an einigen Seen regelmäßig (Altmühlsee, Eixendorfer See, Igelsbachsee, Schliersee) oder auch sporadisch, gehäuft in den Sommermonaten (Waginger See, Abtsdorfer See, Rottachspeicher, Kleiner Brombachsee) auftretenden Massenvorkommen von Blaualgen bilden sehr viel höhere Biomassen aus (bis zu 20fache Werte im Vergleich mit dem Oktoberwert des Starnberger Sees 2011). Das

gehäufte Auftreten von Blaualgen ist problematisch, weil einige Arten Toxine bilden können und dadurch die Badenutzung der betroffenen Seen zeitweise nur eingeschränkt möglich sein kann.

Abb. 30 zeigt die Bewertungskarte des Starnberger Sees für die ökologische Zustandsbewertung gemäß WRRL, wie sie sich aus den Monitoringergebnissen des Jahres 2011 ergibt. Zu sehen sind die einzelnen Uferabschnittsbewertungen für die Biokomponente Makrophyten & Phytobenthos, sowie die zusammenfassende Bewertung dieser Komponente (MP) für den Gesamtsee, wie auch die Bewertung des Phytoplanktons (PP) und der Fische (F). Alle drei Biokomponenten weisen für diesen See den guten ökologischen Zustand aus, was auch der Gesamtbewertung entspricht. An den einzelnen Uferabschnitten sind lokale Unterschiede zu erkennen. Diese entstehen durch unterschiedliche Pflanzenbesiedlungen, die entweder auf keine, geringe oder in einigen Fällen auch auf stärkere lokale Belastungen hindeuten. Es handelt sich hierbei um wichtige Hinweise für die Maßnahmenplanung.

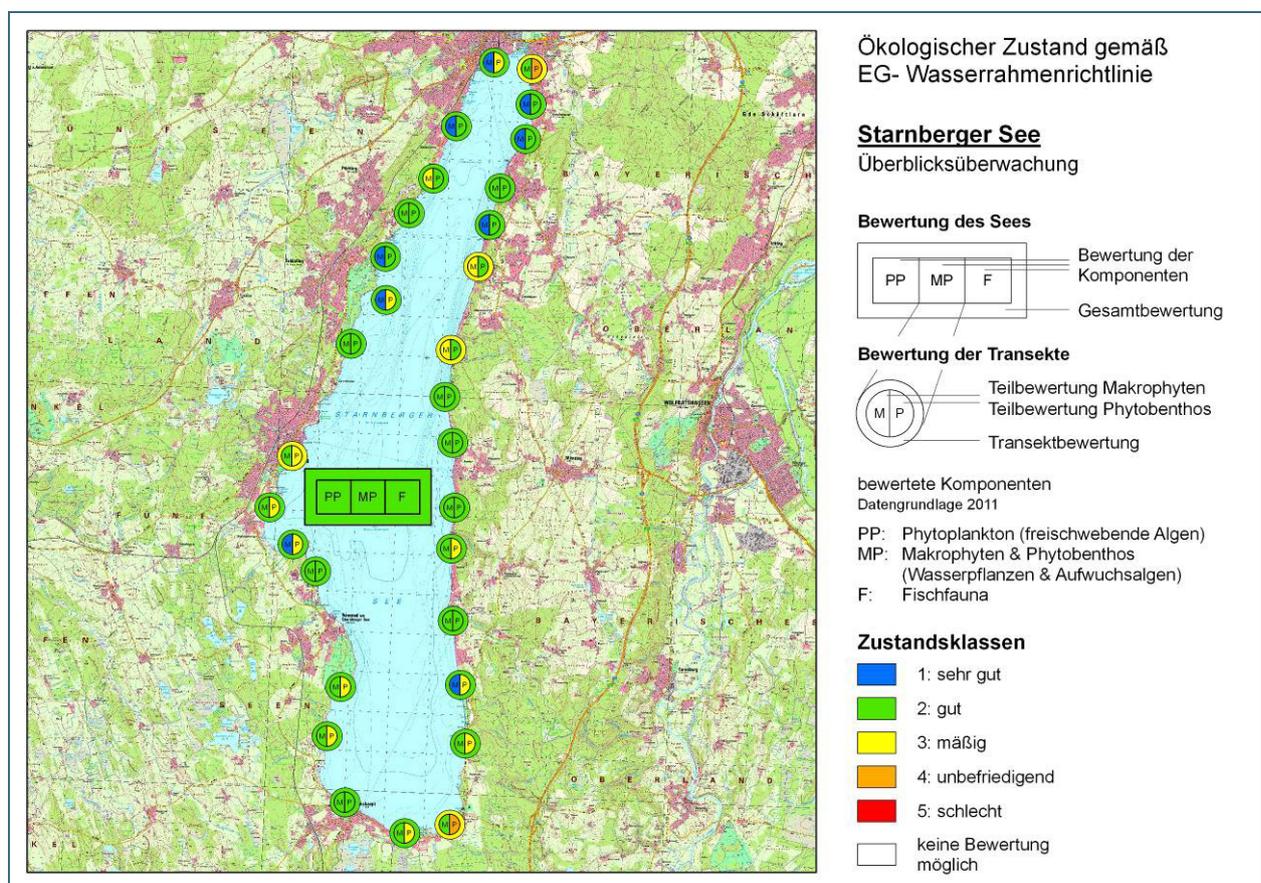


Abb. 30: Starnberger See 2011 – Bewertung gemäß Wasserrahmenrichtlinie

4 Grund- und Bodenwasser

4.1 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. Die folgende Beschreibung der Grundwasserverhältnisse im Jahr 2011 behandelt wichtige bayerische Porengrundwasserleiter (Tertiär, Quartär) sowie die Kluft- und Karstgrundwasserleiter (Trias, Jura) 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.

Der anhaltende Frost und die geschlossene Schneedecke sorgten bereits ab November 2010 für einen deutlichen Rückgang der Grundwasserneubildung. Vielerorts wurden Ende 2010 Grundwasserstände unterhalb des langjährigen Mittelwertes registriert. Die starke Schneeschmelze und die überdurchschnittlichen Niederschläge ließen die Grundwasserstände Anfang 2011 vor allem in Nordbayern bis in den März hinein stark ansteigen. An zahlreichen Messstellen wurde das langjährige Mittel in den Frühjahrsmonaten zum Teil deutlich überschritten. Als Folge der deutlich zu trockenen Monate Februar, März (insbesondere Nordbayern) und April und dem daraus resultierenden Rückgang der Grundwasserneubildung sanken die Grundwasserstände im weiteren Jahresverlauf wieder kontinuierlich ab. Kleinräumige Niederschlagsereignisse in den Sommermonaten führten besonders im oberflächennahen Quartär und im Jura dann wieder zu einer vorübergehenden Erhöhung der Grundwasserstände. Eine überregionale Bedeutung für die Grundwasserneubildung hatten die intensiven Niederschläge im Juli und Dezember.

Besonders hervorzuheben ist die Niedrigwassersituation im November 2011. Dem natürlichen jahreszeitlichen Verlauf der Grundwasserstände folgend wurde bereits Ende Oktober vielerorts ein niedriges Grundwasserniveau erreicht. Durch die ausgebliebenen Novemberriederschläge (vgl. Kap. 2) wurde diese Situation noch verstärkt. Ende November wiesen rund 52 % der oberflächennahen Grundwasserleiter niedrige, zum Teil auch sehr niedrige Grundwasserstände auf. In den tiefen Grundwasserleitern wurde eine vergleichbare Situation an ca. 31 % der Messstellen beobachtet.

Aufgrund ihrer Größe und hydrogeologischen Eigenschaften reagieren die quartären Schotterflächen wesentlich gedämpfter auf das Witterungsgeschehen als andere Grundwasserleiter.

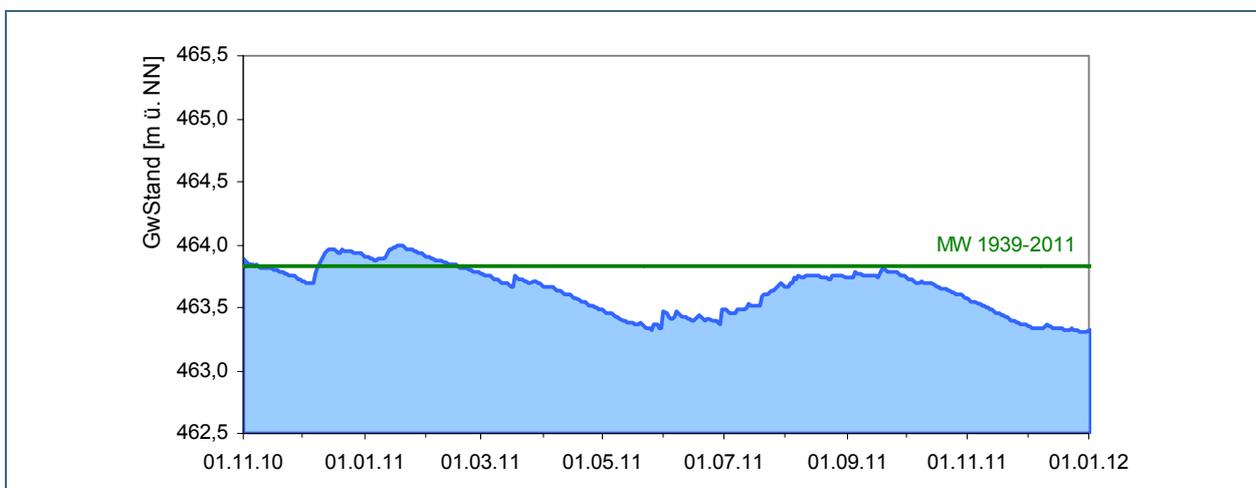


Abb. 31: Verlauf der Grundwasserstände im Niederterrassenschotter der Münchener Schotterebene (Messstelle Eching 275D, beobachtet seit 1939) – HHW: 465,59 m ü. NN, MW: 463,83 m ü. NN, NNW: 462,68 m ü. NN

Die verstärkte Grundwasserneubildung am Jahresanfang führte zu einer leichten Erhöhung der Grundwasserstände. Bedingt durch den deutlich zu trockenen November lagen die Grundwasserstände an der Messstelle Eching 275D zum Jahresende 2011 dann aber wieder unterhalb des Jahresmittelwertes (Abb. 31).

In den quartären Flusstalfüllungen nördlich der Donau sanken die Grundwasserstände, nach einem Anstieg zum Jahresbeginn, kontinuierlich ab. An ausgewählten Messstellen konnte dieser Trend bis zum Jahresende hin beobachtet werden. An der Messstelle Frühlingslust im Lockergestein des Aschaffener Beckens wurde das langjährige Mittel im Jahr 2011 durchgängig unterschritten (Abb. 32).

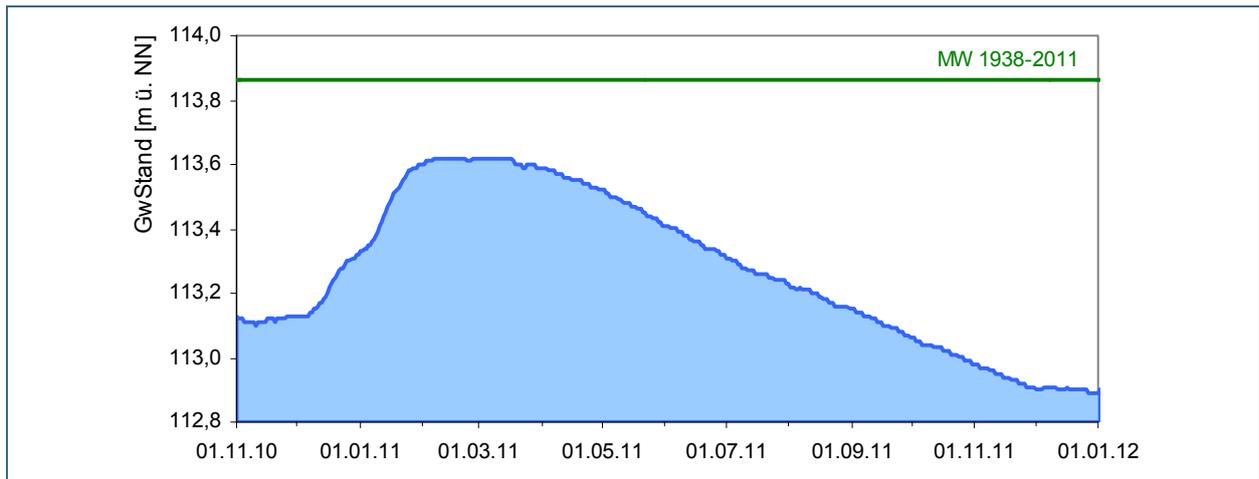


Abb. 32: Verlauf der Grundwasserstände im Quartär (Messstelle Frühlingslust, beobachtet seit 1938)
– HHW: 116,34 m ü. NN; MW: 113,86 m ü. NN; NNW: 112,73 m ü. NN

Die geringmächtigen, oberflächennahen Grundwasservorkommen in den Flusstälern stehen in der Regel in Wechselwirkung mit den Fließgewässern. Sie zeigen deshalb oft rasche Grundwasserreaktionen als Folge von Niederschlagsereignissen und Wasserstandsänderungen in den nahegelegenen Vorflutern. Der Grundwasserstand an der ausgewählten Messstelle Kirchehrenbach 6 in Oberfranken (Abb. 33) steht beispielsweise in Kontakt mit dem Abflussgeschehen der nahegelegenen Wiesent. Die Schneeschmelze im Januar sowie die Niederschlagsereignisse im Juni, Juli und Dezember zeichnen sich im Verlauf der Ganglinie deutlich ab. Der Wasserstand der Wiesent folgt dieser Entwicklung in gleicher Weise.

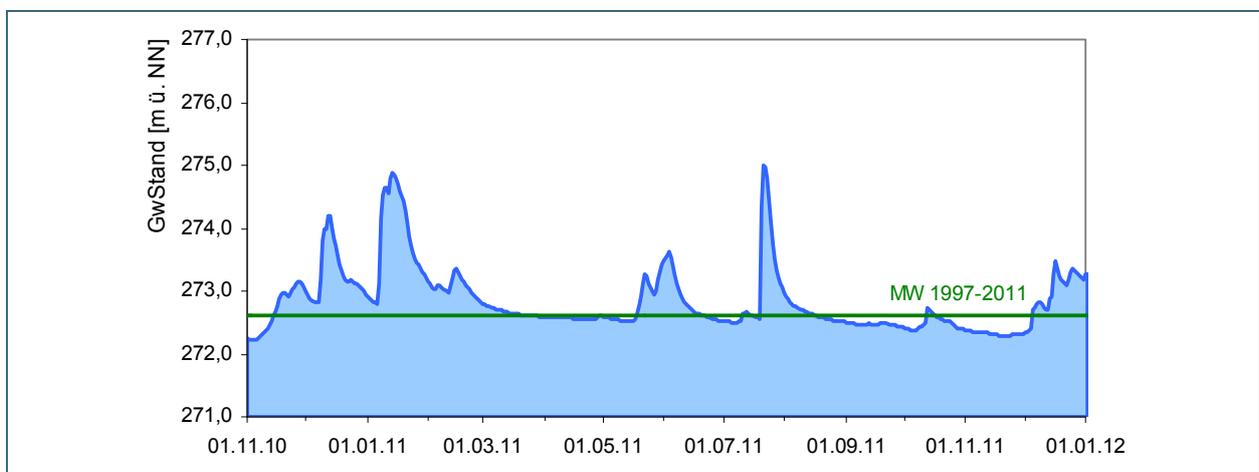


Abb. 33: Verlauf der Grundwasserstände im Quartär (Messstelle Kirchehrenbach 6, beobachtet seit 1997)
– HHW: 275,04 m ü. NN; MW: 272,60 m ü. NN; NNW: 271,97 m ü. NN

Das Grundwasser im tertiären Molassebecken liegt in Tiefen von 60 bis 200 m. Bereits im November 2010 wurde an der Grundwassermessstelle Niederroth T 7f ein kontinuierlich steigender Grundwasserstand bis in den Januar hinein beobachtet (Abb. 34). Nach dem anschließenden Rückgang bis Ende Mai stellten sich an dieser Messstelle gleichbleibende Verhältnisse ein. Das Grundwasserniveau an der Messstelle Niederroth T 7f lag im gesamten Jahresverlauf 2011 erstmals seit dem Sommer 2006 über dem langjährigen Mittelwert.

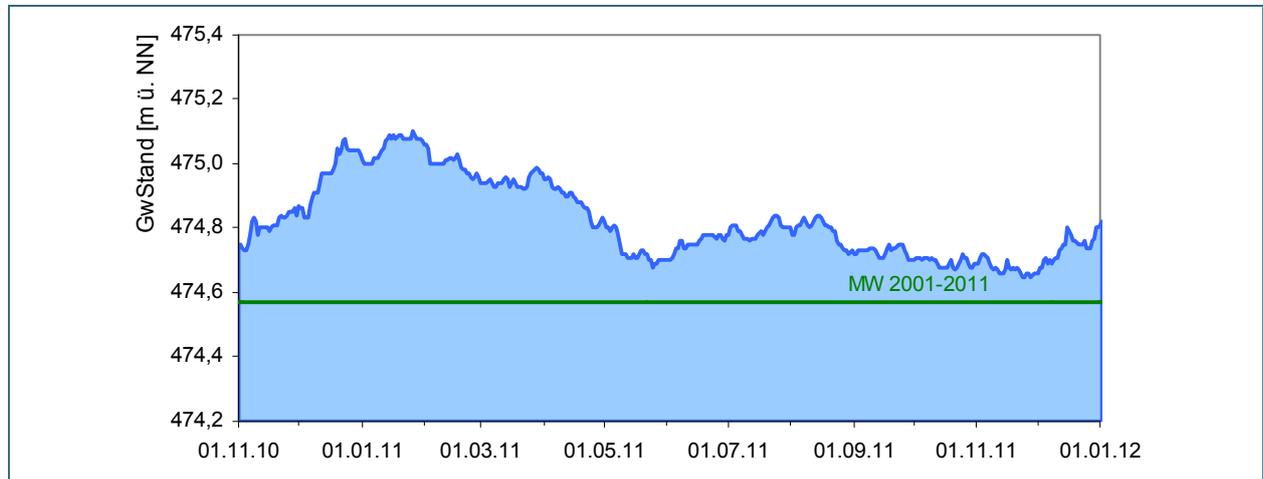


Abb. 34: Verlauf der Grundwasserstände der Oberen Süßwassermolasse des Tertiärs (Messstelle Niederroth T 7f, beobachtet seit 2001) – HHW: 475,19 m ü. NN, MW: 474,57 m ü. NN, NNW: 474,07 m ü. NN

Im Weißen Jura (Fränkische Alb) bewegt sich das Grundwasser in Klüften und Schichtfugen, die vielfach durch Verkarstung zu unterirdischen Fließgerinnen erweitert sind. Die Ausprägung der Klüfte bestimmt stark die Reaktion des Grundwassers. Mit Einsetzen der Schneeschmelze stiegen die Grundwasserstände im Januar stark an und übertrafen die mittleren Verhältnisse zum Teil deutlich (Abb. 35). An zahlreichen Messstellen im Jura wurde der Jahreshöchstwasserstand 2011 im Januar gemessen. Im weiteren Jahresverlauf sank der Grundwasserstand an der für den Malmkarst repräsentativen Messstelle Gungolding 928 langsam auf ein Niveau knapp unterhalb des langjährigen Mittelwertes und blieb dort, bis im Dezember der Grundwasserstand infolge der einsetzenden Niederschläge wieder deutlich anstieg. Einen ähnlichen Verlauf zeichneten auch die Messstellen im Buntsandstein Unterfrankens auf.

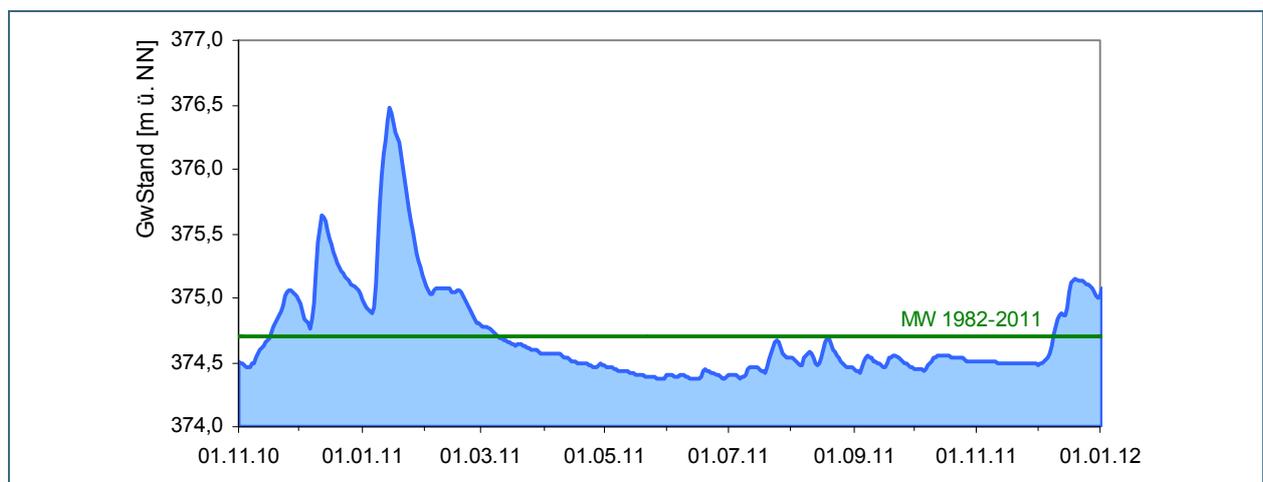


Abb. 35: Verlauf der Grundwasserstände im Malmkarst (Messstelle Gungolding 928, beobachtet seit 1982) – HHW: 376,80 m ü. NN, MW: 374,70 m ü. NN, NNW: 374,20 m ü. NN

Die vergleichsweise tiefen Grundwasservorkommen im Muschelkalk, Benker Sandstein und Sandsteinkeuper in Mittel- und Unterfranken reagieren zeitlich verzögert auf Niederschlagsereignisse und zeigen einen insgesamt trägeren Verlauf als oberflächennahe Grundwasserleiter. Ausgehend von einem Maximum im Januar 2011 gingen die Grundwasserstände im Muschelkalk an der Messstelle Stadtwald / Würzburg (Abb. 36) bis zum Jahreswechsel kontinuierlich zurück und lagen Ende 2011 unter den mittleren Verhältnissen. Im Benker Sandstein und Sandsteinkeuper setzte sich der kontinuierliche Anstieg der Grundwasserstände zum Jahresbeginn bis Anfang Juli fort. Hierbei verharrten die Grundwasserstände deutlich oberhalb des langjährigen Mittelwertes und stiegen zum Jahresende sogar noch geringfügig weiter an. An der Messstelle Fürth-Unterfürberg B2 (Abb. 37) ist dieser Trend bereits seit 2006 zu beobachten und führt zu einer stetigen Auffüllung der regionalen Grundwasservorräte.

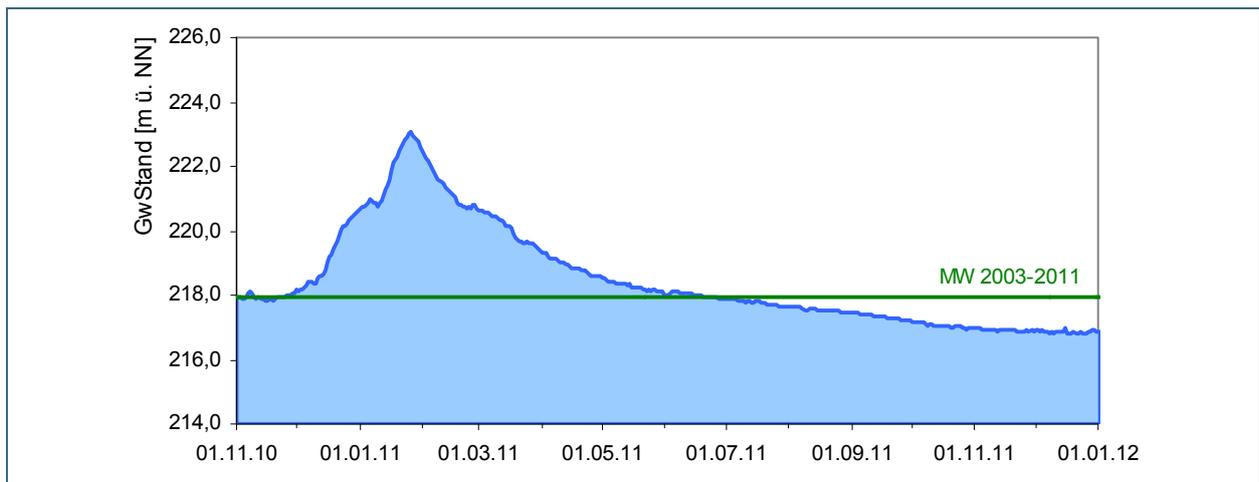


Abb. 36: Verlauf der Grundwasserstände im Muschelkalk (Messstelle Stadtwald / Würzburg, beobachtet seit 2003) – HHW: 222,45 m ü. NN, MW: 217,96 m ü. NN, NNW: 216,87 m ü. NN

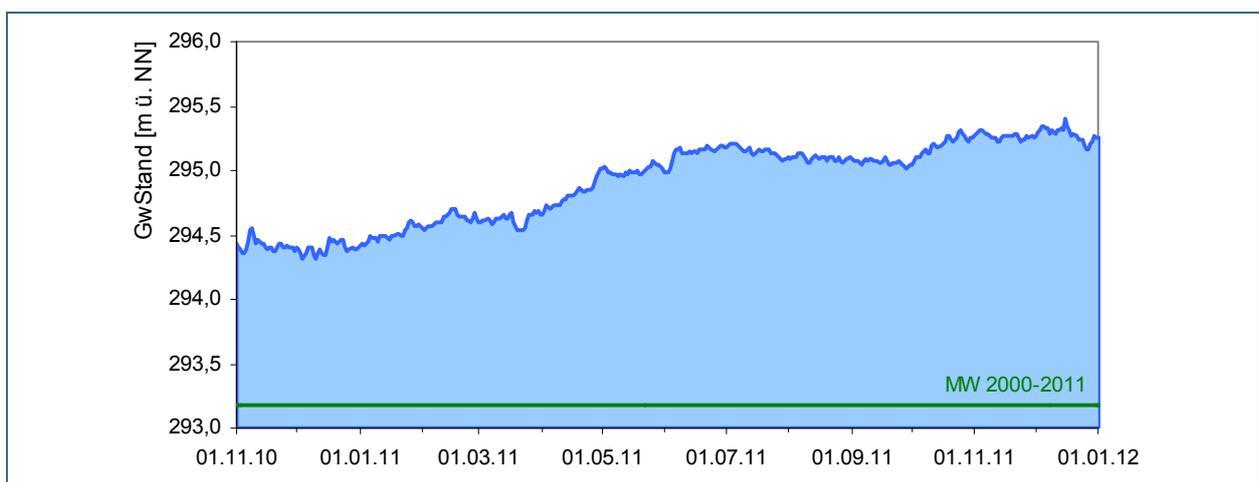


Abb. 37: Verlauf der Grundwasserstände im Benker Sandstein (Messstelle Fürth-Unterfürberg B2, beobachtet seit 2000) – HHW: 295,46 m ü. NN; MW: 293,18 m ü. NN; NNW: 291,49 m ü. NN

Die Entwicklung der Grundwasserstände und deren fachliche Einschätzung können dem Niedrigwasser-Informationssdienst entnommen werden: <http://www.nid.bayern.de/>. Für allgemeine Informationen zum Landesgrundwasserdienst siehe: <http://www.lfu.bayern.de/wasser/grundwasserstand/index.htm>.

4.2 Grundwasserbeschaffenheit

Das Grundwasser liefert 92 % des Trinkwassers in Bayern. Aus versickernden Niederschlägen wird Grundwasser ständig neu gebildet und im porösen Untergrund bevorratet. Gelöste Stoffe, zugeführt mit dem Sickerwasser und im Untergrund freigesetzt, bestimmen seinen chemischen Charakter. Die Zufuhr von Nähr- und Schadstoffen über das Sickerwasser führt zu Belastungen und Verunreinigungen. Die Grundwasserbeschaffenheit in der Fläche, ihre zeitliche Entwicklung und ihre Beziehung zum Wasser- und Stoffkreislauf wird langfristig mit dem Landesmessnetz Grundwasserbeschaffenheit überwacht, das zugleich Überblicksmessnetz für die EG-Wasserrahmenrichtlinie ist. Hierzu werden 500 Messstellen auf bis zu 290 verschiedene Stoffe überwacht. Darüber hinaus wird derzeit in sieben Intensivmessgebieten in Bayern der Stoffeintrag über die ungesättigte Zone (Sickerwasser) in das Grundwasser untersucht.

Nitrat-Stickstoff als wesentlicher Pflanzennährstoff stammt aus natürlichen Mineralisierungsprozessen im Boden sowie aus organischen und mineralischen Düngern. Bis zu 15 mg Nitrat pro Liter können natürlicher Herkunft sein. Nitrat ist im Trinkwasser unerwünscht, deshalb geben die Trinkwasserverordnung und die Grundwasserverordnung (GrwV) einen Grenzwert von 50 mg/l vor. In den vergangenen 21 Jahren haben sich die durchschnittlichen Nitratgehalte in Bayern (kontinuierlich gemessen an 160 Messstellen) nicht wesentlich verändert (Abb. 38). Der Anteil an Messstellen mit Nitratgehalten > 40 mg/l liegt aktuell bei rund 14 %.

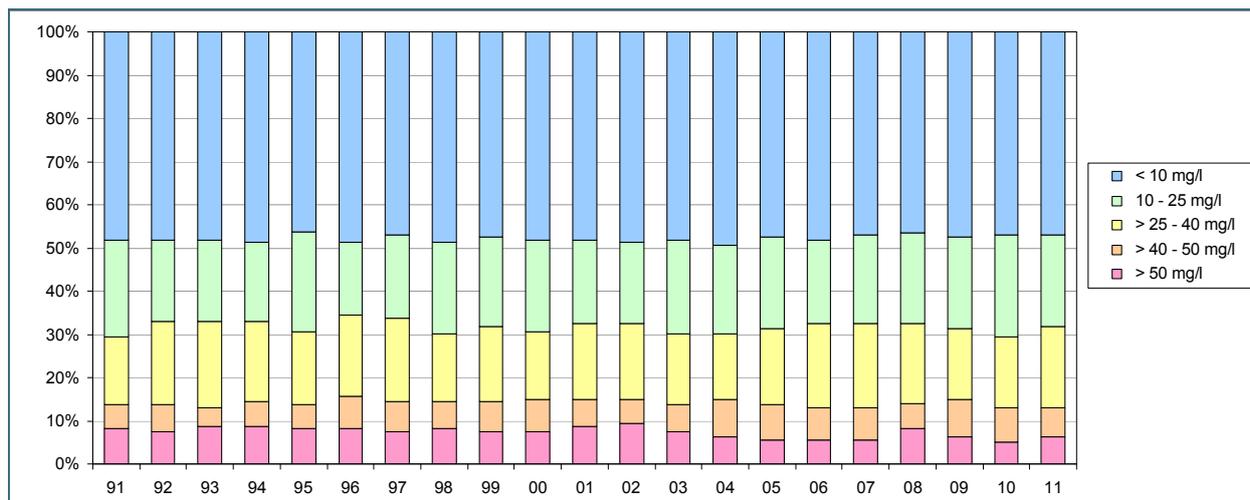


Abb. 38: Entwicklung der Nitratkonzentration im Grundwasser 1991-2011 (Anteil Messstellen in %)

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

Die Messergebnisse aus dem Landesmessnetz zeigen aktuell für Atrazin an 3,6 % bzw. 12 Messstellen eine Grenzwertüberschreitung (Abb. 39). An weiteren 6 % der Messstellen werden erhöhte Konzentrationen von Atrazin nachgewiesen. Für beide Substanzen ist mit einem allmählichen weiteren Rückgang der Konzentrationen zu rechnen, insbesondere in ehemals hoch belasteten Grundwasservorkommen wie dem Karstgrundwasser der Fränkischen Alb (Abb. 40). Die Konzentration von Desethylatrazin im Grundwasser liegt dabei meist über der von Atrazin.

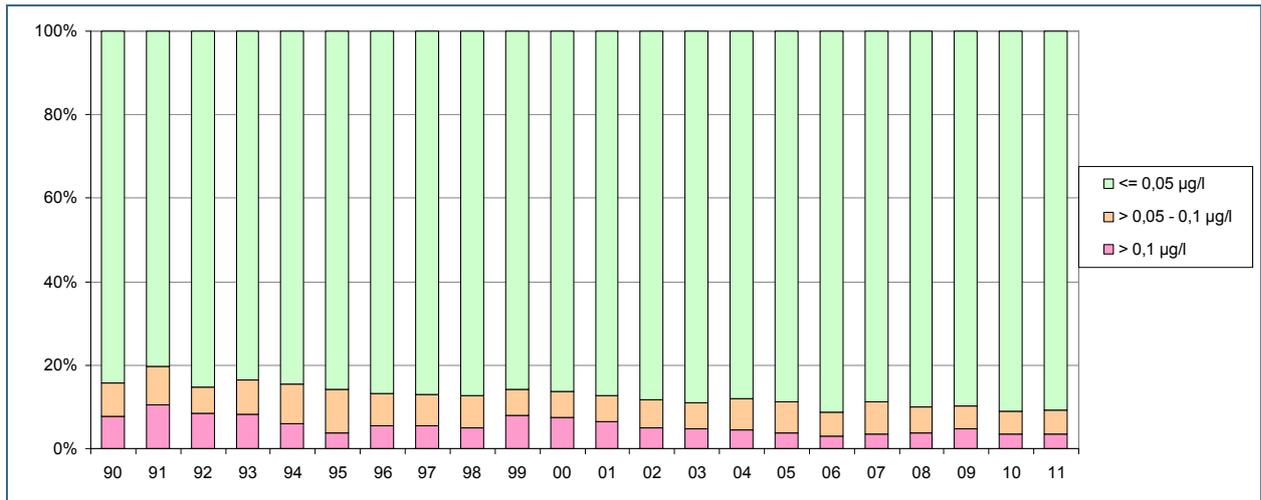


Abb. 39: Entwicklung der Atrazinkonzentration im Grundwasser 1994-2011 (Anteil Messstellen in %)

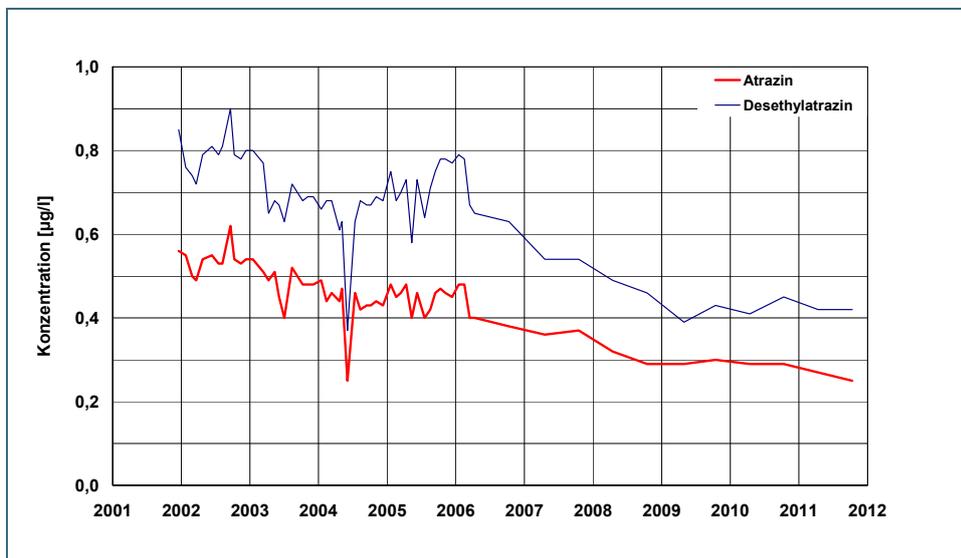


Abb. 40: Entwicklung der Atrazin- und Desethylatrazin-konzentration einer Karstquelle (Fränkische Alb)

4.3 Bodenwasser

Zur medienübergreifenden Beobachtung von Stoffflüssen und Stoffbelastungen im Wasserkreislauf wird in ausgewählten Wassereinzugsgebieten der Weg des Wassers mit seinen Inhaltsstoffen vom Niederschlag über das Sickerwasser bis zum Grundwasser und zum Gebietsabfluss untersucht.

Im Folgenden beschrieben ist der Gang der Bodenfeuchte als Regulativ für die Entwicklung der Sickerwasserflüsse und der Grundwasserneubildung am Beispiel von einem Grünlandstandort in Südbayern (Lechtal) und einem Waldstandort in Unterfranken (Spessart). Durchfeuchtung und Austrocknung des Bodens werden vom Wechselspiel aus Niederschlag und Verdunstung bestimmt. Bei hoher Bodenfeuchte bildet sich freies Sickerwasser, das in durchlässigen Böden der Schwerkraft folgend dem Grundwasser zufließt. Die Bodenfeuchte wird indirekt als Bodensaugspannung in Hektopascal (hPa) gemessen. In den Grafiken zeigen sehr niedrige Werte eine starke Austrocknung, Werte nahe Null eine starke Durchfeuchtung mit Bildung von Sickerwasser an. Bei Werten um oder über Null bildet sich Stauwasser, an Hängen auch oberflächennaher Abfluss. Als Messgeräte sind pro Messtiefe

je 4 Tensiometer für die Saugspannungsmessung und 8 Saugkerzen zur Entnahme von Bodenwasser eingebaut.

Der Standort Nördliches Lechfeld ist durch Schotter und Sande des Lech charakterisiert. Infolge der geringmächtigen Grundwasserüberdeckung bei hoher Durchlässigkeit können sich Änderungen des Niederschlagsgeschehens hier vergleichsweise schnell auf die Grundwasserneubildung auswirken.

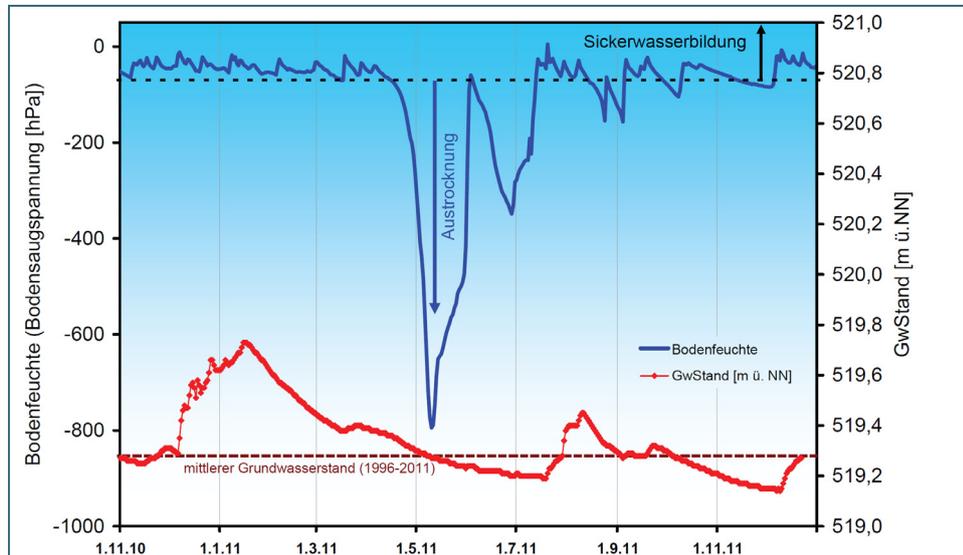


Abb. 41: Jahresverlauf 2011 von Bodenfeuchte, Sickerwasserbildung und Grundwasserstand am Messstandort „Nördliches Lechfeld“

Betrachtet man den Jahresverlauf von Bodenfeuchte, Sickerwasserbildung und Grundwasserstand (Abb. 41), so fällt auf, dass trotz geringer Niederschläge bis etwa Ende April Sickerwasser gebildet werden konnte. Mit der einsetzenden Vegetationsentwicklung, dem damit einhergehenden Anstieg der Verdunstung sowie den weiter unterdurchschnittlichen Niederschlägen blieb die Bildung von Sickerwasser dann aber bis in den Juli hinein aus. Die anschließenden Niederschläge ließen die Bodenfeuchte ebenfalls ansteigen und bewirkten eine kurzzeitige Phase der Grundwasserneubildung. Entgegen der üblichen jahreszeitlichen Entwicklung im Sommer lässt sich dies auch an einem Anstieg der Grundwasserstände gut nachvollziehen. Ein weiteres markantes Ereignis war der außergewöhnlich trockene November, der sich ebenfalls durch einen lang anhaltenden Rückgang der Bodenfeuchte auszeichnet. Auf Grund der jahreszeitlich bedingten, geringeren Temperaturen und nachlassenden Pflanzenaktivität zeigt sich dies allerdings sehr viel weniger deutlich als noch im Frühjahr und Sommer nach deutlich kürzeren trockenen Abschnitten. Nach Abschluss der Trockenperiode war ab Anfang Dezember auch wieder der für diese Jahreszeit eigentlich charakteristische Anstieg der Grundwasserstände zu beobachten.

Der ausgewählte Waldstandort liegt im Buntsandstein des Hochspessart. Er zeichnet sich durch lehmig-sandige Braunerden und einen vergleichsweise tief liegenden Grundwasserspiegel aus. Demzufolge zeigt auch der Jahresverlauf von Bodenfeuchte, Sickerwasserbildung und Grundwasserstand 2011 eine ganz andere Charakteristik als z. B. der Standort „Nördliches Lechfeld“ (Abb. 42).

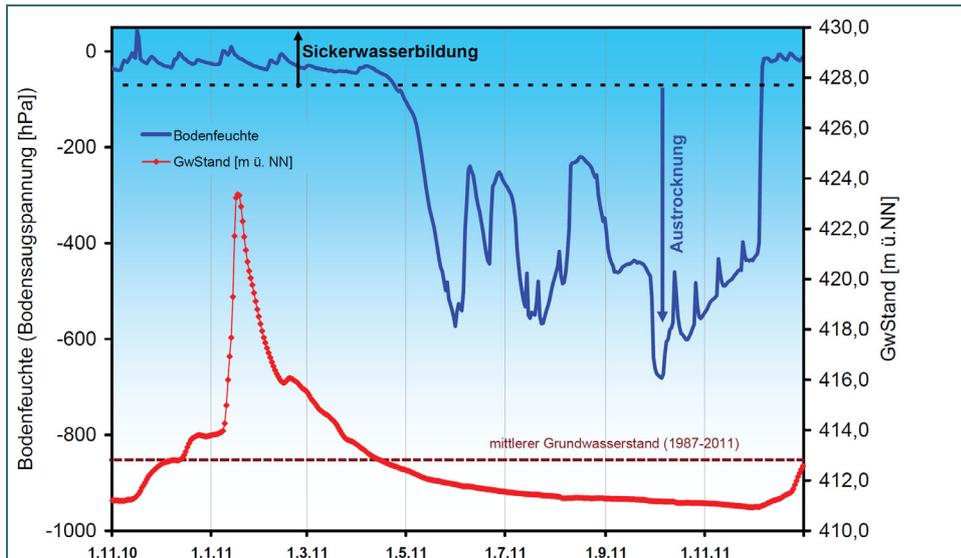


Abb. 42:
Jahresverlauf 2011 von
Bodenfeuchte, Sicker-
wasserbildung und
Grundwasserstand am
Messstandort
„Hochspessart“

Auffällig ist, dass der Jahresgang der Grundwasserstände hier einer deutlich langfristigeren Dynamik folgt als die Bodenfeuchte und kaum von kurzzeitigen Einzelereignissen oder besonderen Witterungsverhältnissen beeinflusst wird. Einem Maximum im Winterhalbjahr folgt in der Regel ein Rückgang bis in den späten Herbst hinein. Die übliche winterliche Phase der Sickerwasserbildung war 2011 im April abgeschlossen. Anschließend herrschten bis Ende November insgesamt vergleichsweise trockene Verhältnisse, die in den Sommermonaten von kürzeren feuchten Zeitabschnitten unterbrochen waren. Auf Grund der hohen Verdunstungsleistung der Buchen hatten diese jedoch keinen nennenswerten Effekt auf eine mögliche Bildung von Sickerwasser. Die Auswirkungen des trockenen Novembers am Standort „Hochspessart“ fallen erst auf den zweiten Blick auf, indem sich der Rückgang der Grundwasserstände um etwa einen Monat gegenüber dem üblichen Maß verlängerte. Als Folge der Niederschläge im Dezember und der dadurch bedingten Grundwasserneubildung erfolgte dann ab Dezember auch wieder eine Auffüllung der Grundwasservorräte, einhergehend mit einem Anstieg der Grundwasserstände.

5 Lawinenwarndienst

Der Winter 2010/2011 war dadurch gekennzeichnet, dass der Westen des bayerischen Alpenraums von einer insgesamt mächtigeren Schneedecke bedeckt war als der Osten. Während des gesamten Winters hatte der Wind einen markanten Einfluss auf die Schneeverteilung in den Hochlagen. In den Tieflagen und mittleren Lagen bis etwa 1700m wurden die winterlichen Schneehöhenmaxima bereits im Dezember 2010 erreicht. In den Hochlagen kulminierten die Schneehöhenmaxima wie üblich im März. Insgesamt wurden aber eher unterdurchschnittliche Gesamtschneehöhen verzeichnet (z. B. automatische Messstation Zugspitzplatt 2250m ü. NN: 223cm, bisheriges Maximum über 450cm).

Die Gefährdungssituation durch Lawinen im bayerischen Alpenraum Winter 2010/11 lässt sich wie folgt charakterisieren:

Die intensivste Lawinengefährdungssituation des Winters ereignete sich bereits im Dezember 2010. In der ersten Monatshälfte führte sehr kaltes Winterwetter dazu, dass in den meist geringmächtigen Schneedecken eine intensive Umwandlung hin zu kantigen, bindungsarmen Kristallen (aufbauende Umwandlung) stattfand. Starker Wind um den 13. Dezember schuf durch umfangreiche Schneeverfrachtungen, die keine Verbindung zur bindungsarmen Schneeoberfläche eingehen konnten, viele Gefahrenstellen, an denen die Auslösung von Schneebrettlawinen durch einzelne Skifahrer wahrscheinlich war. Im Westen des bayerischen Alpenraums wurde durch die Lawinenwarnzentrale die Gefahrenstufe 4 (große Lawinengefahr), das einzige Mal im gesamten Winter 2010/11, ausgegeben (siehe Abb. 43).

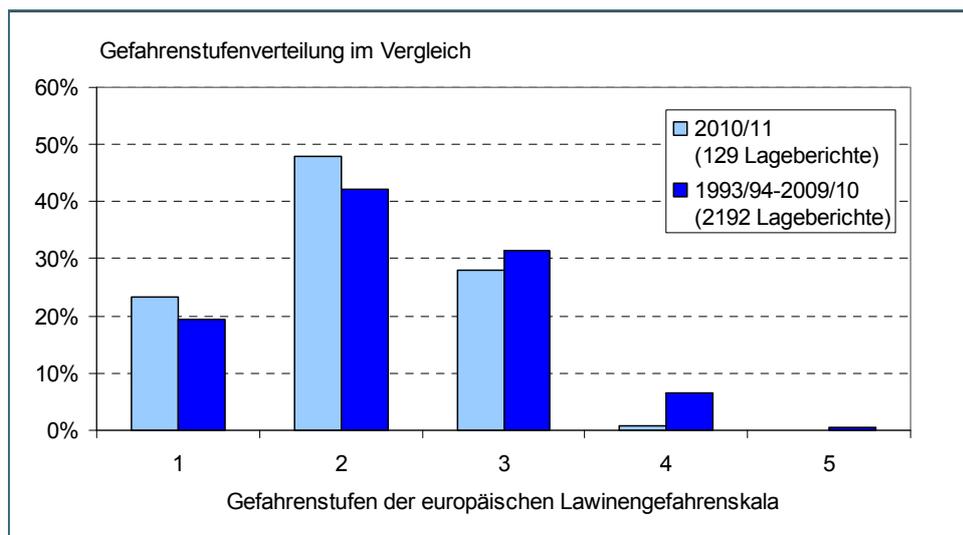


Abb. 43: Verteilung der Lawinengefahrenstufen im Winter 2010/11

Mitte Januar führte eine ausgeprägte Föhnsituation zu einer starken Durchfeuchtung der bereits zurückgehenden Schneedecke bis in die Hochlagen hinein. In dieser Phase konnten eine Reihe von Nassschneelawinenabgängen in mittleren Höhenlagen registriert werden. Die Lawinenabgänge führten zu keiner Gefährdung von Infrastruktur, die Lauflängen blieben aufgrund der geringen Schneedeckenmächtigkeiten relativ kurz.

Ab Mitte Februar herrschten bereits Frühjahrsverhältnisse vor, bis in mittlere Lagen aperte die Schneedecke sonnseitig aus. Es konnten keine erwähnenswerten Lawinenaktivitäten bis Ende des Winters, Anfang April, mehr dokumentiert werden.

Durch das überschaubare Lawinengeschehen, das sich auf die beschriebene Situation im Dezember und Januar konzentrierte, waren Lawinenkommissionen und Sicherheitsbehörden über die übliche Bereitschaft hinaus nicht gefordert. Im gesamten Winter 2010/11 musste keine Sperrung von Verkehrswegen wegen Lawinengefahr vorgenommen werden. Leider fand auch im Winter 2010/11 ein

Skitourengesher bei dem Lawinenunfall „Rappental - Aufstieg zum Linkerskopf“ den Tod (siehe Abb. 44).

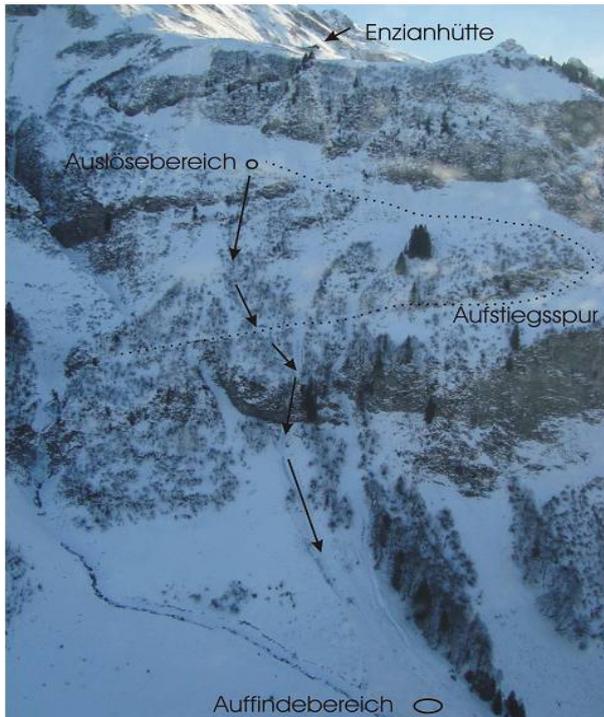


Abb. 44:
Tödlicher Lawinenunfall am
5.2.2011

(Näheres unter
<http://www.lawinenwarndienst.bayern.de>
in der Rubrik Lawi-
nenunfälle)

Aktuelle Informationen sowie Daten zum Berichtszeitraum (Lawinenlageberichte, Schneedeckenberichte, Lawinenunfälle sind verfügbar unter www.lawinenwarndienst.bayern.de.

6 Zusammenfassung

- Das Jahr 2011 war im langjährigen Vergleich markant zu warm und zu trocken. Die Jahresmitteltemperatur betrug 8,9 °C und lag damit um 1,4 Grad über dem 30-jährigen Mittel. Der Jahresniederschlag von Bayern erreichte 847 mm und entspricht einem Niederschlagsdefizit von 10 % zum Referenzwert (Mittel 1961-1990).
- Eine kurze aber heftige Tauperiode unterbrach den schneereichen Winter 2010/2011 zum Jahreswechsel und sorgte für das erste großräumige Hochwasser. Danach beruhigte sich das Abflussgeschehen wieder. Die Abflüsse sanken meist bis weit unter den mittleren Abfluss ab und verharrten dort bis in den Mai hinein. Einzelne Regenfälle sorgten zwar immer wieder für eine kurze Entspannung der Niedrigwassersituation, änderten aber an dem allgemeinen Trend nur sehr wenig. Im Sommer 2011 sorgten zahlreiche Gewitter mit Starkregen zumindest im Süden für ausreichend Abfluss und führten zu einzelnen kleineren Hochwassern. Im Norden dagegen blieben auch hier die Abflusswerte unter dem mittleren Abfluss zurück. Außergewöhnlich entwickelte sich dann der Herbst. Der an vielen Orten trockenste November seit Beginn der Aufzeichnungen ließ die Abflüsse nochmals sinken. Der niedrigste Abfluss im langjährigen Mittel wurde oftmals nur noch knapp überschritten. Absolute Niedrigstwerte wurden jedoch nicht erreicht. Im Dezember stiegen die Abflussganglinien wieder an, am Jahresende lagen alle Abflüsse sogar deutlich über dem langjährigen Mittel.
- Die Bewertung des ökologischen und chemischen Zustandes der Fließgewässer wird auf Grundlage von Bewertungsergebnissen aus den Untersuchungsjahren 2006-2009 beschrieben. Hierbei sind insbesondere Defizite in den Bereichen Gewässerstruktur sowie Nährstoffbelastung festzustellen. Hingegen sind die Belastungen aus häuslichen Einleitungen in den letzten Jahren deutlich zurückgegangen.
Im Untersuchungsjahr 2011 führte das warme und trockene Frühjahr zu einem frühzeitigen Anstieg der Wassertemperaturen. Bedingt durch das damit einhergehende Pflanzenwachstum als auch durch das Ausbleiben von Einträgen aus der Fläche aufgrund mangelnder Niederschläge konnten in diesen Monaten sehr niedrige Phosphatwerte insbesondere für den Main registriert werden. Starkregenereignisse im Juni führten zu einem abrupten Rückgang des Sauerstoffgehaltes in diesem Gewässer, hatten jedoch keine gewässerökologischen Folgen. Extreme hohe Wassertemperaturen wurden in 2011 nicht beobachtet.
- Die Hälfte der großen bayerischen Seen, meist natürliche Alpen- und Voralpenseen, befindet sich nach den bisherigen Bewertungsergebnissen im guten oder sehr guten ökologischen Zustand. Die sehr guten Seen sind noch nicht stärker belastet, aber z.T. durchaus gefährdet, in schlechtere Zustände abzurutschen. Die meisten guten Seen haben nach erheblichen abwassertechnischen Sanierungsmaßnahmen diesen Status wieder erreicht. Diesen gilt es nun zu stabilisieren.
Die andere Hälfte der Seen, meist künstliche bzw. erheblich veränderte Seen und Speicher in Nordbayern, weisen mit Ausnahme der Trinkwassertalsperren ein mäßiges oder schlechteres ökologisches Potenzial auf. Hier sind die ungünstigen hydromorphologischen Bedingungen in Verbindung mit den erheblich zu hohen Nährstoffeinträgen aus der Nutzung der Einzugsgebiete als Ursachen zu nennen. Nutzungsprobleme an solchen Seen entstehen oft in Verbindung mit sommerlichen Massenentwicklungen von Wasserpflanzen oder Blaualgen.
Die schwankenden hydrometeorologischen Bedingungen einzelner Jahre können Algen- und Pflanzenwachstum in der saisonalen Ausprägung erheblich beeinflussen. Im Jahr 2011 war dies am Beispiel des Starnberger Sees durch die herbstliche Blaualgenentwicklung aufgrund des außergewöhnlich warmen Spätherbstes gut sichtbar.

- Bezogen auf die Situation im Grundwasser war 2011 ein eher durchschnittliches Jahr. Die Grundwasserstände der oberflächennahen Grundwasserleiter, z. B. in den Flusstälern, zeigten deutliche Reaktionen auf einzelne markante Ereignisse. Hervorzuheben sind einerseits die hohen Niederschläge und damit einhergehende Grundwasserneubildung im Januar und Juli sowie andererseits der trockene November. Tiefere Grundwasserleiter zeichnen sich durch eine stark verzögerte Reaktion und einen gleichmäßigeren Jahresgang aus. Außergewöhnliche Witterungsverhältnisse im Jahresverlauf 2011 lassen sich daher an den Messdaten oft nur schwer oder noch gar nicht nachvollziehen. Hinsichtlich der Grundwasserbeschaffenheit wurden ebenfalls keine besonderen Auffälligkeiten festgestellt.

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Lufttemperaturverhältnisse in Bayern (Abweichung der Monatsmittel in 2011 vom Mittelwert der Periode 1961/90)	5
Abb. 2:	Niederschlagsverhältnisse in Bayern (Abweichung der Monatssummen in 2011 vom Mittelwert der Periode 1961/90)	6
Abb. 3:	Niederschläge hN und Schneehöhen hS der Ombrometerstation Hammelburg	7
Abb. 4:	Niederschläge hN und Schneehöhen hS der Ombrometerstation Utting-Achselschwang	8
Abb. 5:	Jahresniederschläge ausgewählter Ombrometerstationen	10
Abb. 6:	Dürre-Alarm in Bayern; Passauer Neue Presse vom 24.05.2011 (Artikel von Ariane P. Freier)	11
Abb. 7:	Abflussentwicklung Kemmern / Main im Berichtsjahr 2011	12
Abb. 8:	Abfluss Kemmern / Main – Vergleich des aktuellen und langjährigen Monatsmittelwertes	12
Abb. 9:	Abflussentwicklung Kempten / Iller von Juni bis August 2011	13
Abb. 10:	Abflussentwicklung Kelheim / Donau im Berichtsjahr 2011	14
Abb. 11:	Abfluss Kelheim / Donau – Vergleich des aktuellen und langjährigen Monatsmittelwertes	14
Abb. 12:	Wasserstandsentwicklung St. Quirin / Tegernsee im Januar 2011	15
Abb. 13:	Wasserstandsentwicklung St. Quirin / Tegernsee im Mai bis August 2011	15
Abb. 14:	Wasserstandsentwicklung Starnberg / Starnberger See im Berichtsjahr 2011	16
Abb. 15:	Wasserstand Starnberg / Starnberger See – Vergleich des aktuellen und langjährigen Monatsmittelwertes	16
Abb. 16:	Ablaufschema Bewertung des ökologischen Zustandes nach EG-Wasserrahmenrichtlinie (aus Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz, Baden-Württemberg; 2011 unveröffentlicht)	19
Abb. 17:	Ökologischer Zustand / Potenzial – Qualitätskomponente Makrophyten & Phytobenthos	20
Abb. 18:	Ökologischer Zustand / Potenzial – Qualitätskomponente Phytoplankton	20
Abb. 19:	Ökologischer Zustand / Potenzial – Qualitätskomponente Makrozoobenthos Modul Saprobie	20
Abb. 20:	Ökologischer Zustand / Potenzial – Qualitätskomponente Makrozoobenthos Modul „Allgemeine Degradation“	21
Abb. 21:	Ökologischer Zustand / Potenzial – Qualitätskomponente Fische	21

Abb. 22: Sauerstoff und Wassertemperatur an der automatischen Gütemessstation Kahl am Main	22
Abb. 23: Konzentrationsverlauf von Orthophosphat-Phosphor an der Messstelle Kahl / Main als Monatsmittel für das Jahr 2011 im Vergleich zum langjährigen Mittel der Jahre 2000-2010	22
Abb. 24: Sauerstoff und Wassertemperatur an der automatischen Messstation Donau, Ingolstadt	23
Abb. 25: Konzentrationsverlauf von Orthophosphat-Phosphor an der Messstelle Donau, Bittenbrunn als Monatsmittel für das Jahr 2011 im Vergleich zum langjährigen Mittel der Jahre 2000-2010.	23
Abb. 26: Ökologischer Zustand / Potenzial – Qualitätskomponente Phytoplankton Verteilung der bayerischen Seen (N=55) auf die Zustandsklassen. Die weiß dargestellten Seen sind bisher nicht bewertet	26
Abb. 27: Ökologischer Zustand / Potenzial – Qualitätskomponente Makrophyten & Phytobenthos Verteilung der bayerischen Seen (N=55) auf die Zustandsklassen. Die weiß dargestellten Seen sind bisher nicht bewertet.	26
Abb. 28: Sichttiefe, volumengewichtete Mittelwerte für Gesamt-Phosphor und Chlorophyll a am Starnberger See 2011	28
Abb. 29: Starnberger See 2011 – Entwicklung des Biovolumens der vorkommenden Algenklassen	28
Abb. 30: Starnberger See 2011 – Bewertung gemäß Wasserrahmenrichtlinie	29
Abb. 31: Verlauf der Grundwasserstände im Niederterrassenschotter der Münchener Schotterebene (Messstelle Eching 275D, beobachtet seit 1939) – HHW: 465,59 m ü. NN, MW: 463,83 m ü. NN, NNW: 462,68 m ü. NN	30
Abb. 32: Verlauf der Grundwasserstände im Quartär (Messstelle Frühlingslust, beobachtet seit 1938) – HHW: 116,34 m ü. NN; MW: 113,86 m ü. NN; NNW: 112,73 m ü. NN	31
Abb. 33: Verlauf der Grundwasserstände im Quartär (Messstelle Kirchehrenbach 6, beobachtet seit 1997) – HHW: 275,04 m ü. NN; MW: 272,60 m ü. NN; NNW: 271,97 m ü. NN	31
Abb. 34: Verlauf der Grundwasserstände der Oberen Süßwassermolasse des Tertiärs (Messstelle Niederroth T 7f, beobachtet seit 2001) – HHW: 475,19 m ü. NN, MW: 474,57 m ü. NN, NNW: 474,07 m ü. NN	32
Abb. 35: Verlauf der Grundwasserstände im Malmkarst (Messstelle Gungolding 928, beobachtet seit 1982) – HHW: 376,80 m ü. NN, MW: 374,70 m ü. NN, NNW: 374,20 m ü. NN	32
Abb. 36: Verlauf der Grundwasserstände im Muschelkalk (Messstelle Stadtwald / Würzburg, beobachtet seit 2003) – HHW: 222,45 m ü. NN, MW: 217,96 m ü. NN, NNW: 216,87 m ü. NN	33

Abb. 37: Verlauf der Grundwasserstände im Benker Sandstein (Messstelle Fürth-Unterfürberg B2, beobachtet seit 2000) – HHW: 295,46 m ü. NN; MW: 293,18 m ü. NN; NNW: 291,49 m ü. NN	33
Abb. 38: Entwicklung der Nitratkonzentration im Grundwasser 1991-2011 (Anteil Messstellen in %)	34
Abb. 39: Entwicklung der Atrazinkonzentration im Grundwasser 1994-2011 (Anteil Messstellen in %)	35
Abb. 40: Entwicklung der Atrazin- und Desethylatrizinkonzentration einer Karstquelle (Fränkische Alb)	35
Abb. 41: Jahresverlauf 2011 von Bodenfeuchte, Sickerwasserbildung und Grundwasserstand am Messstandort „Nördliches Lechfeld	36
Abb. 42: Jahresverlauf 2011 von Bodenfeuchte, Sickerwasserbildung und Grundwasserstand am Messstandort „Hochspessart“	37
Abb. 43: Verteilung der Lawinengefahrenstufen im Winter 2010/11	38
Abb. 44: Tödlicher Lawinenunfall am 5.2.2011	39

Impressum:

Herausgeber:
Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg

Telefon: 0821 9071-0
Telefax: 0821 9071-5556
E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de
Internet: <http://www.lfu.bayern.de>

Postanschrift:
Bayerisches Landesamt für Umwelt
86177 Augsburg

Bearbeitung:
Abteilung 8

Bildnachweis:
LfU und Stefan Rusch (Titel, Lawinenabbruch),
Hartmut Paulus (Bodenprofil), WWA Aschaffenburg
(Titel, Grundwassermessstelle), WWA Kempten
(Titel, Hochwasser)

Stand:
02/2012

