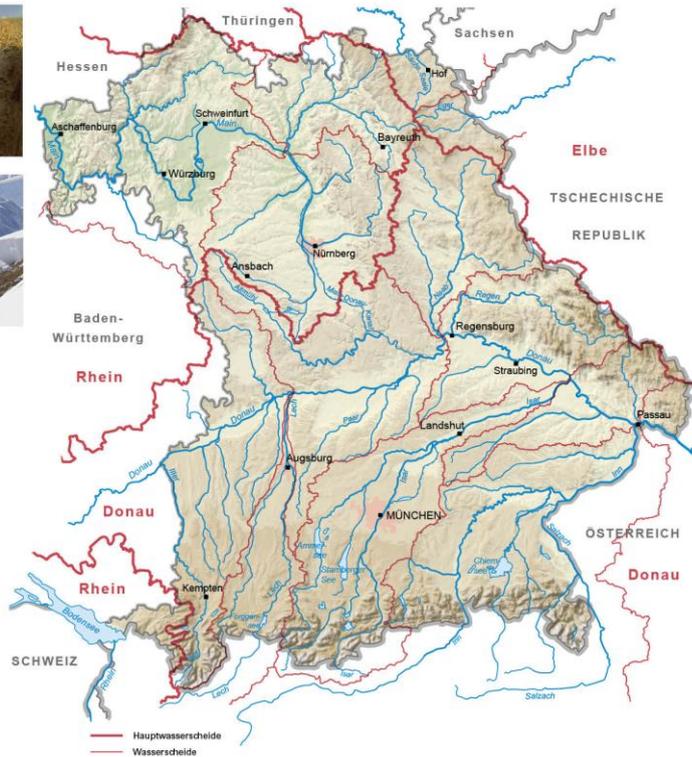


Gewässerkundlicher Jahresbericht



2012



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	12
3.1	Abflüsse von Fließgewässern	12
3.1.1	Nordbayern	12
3.1.2	Südbayern	13
3.2	Wasserstände an Seen	14
3.3	Hochwasser	17
3.4	Wasserspeicher	21
3.5	Gewässerqualität	21
3.5.1	Gewässerüberwachung nach EG-Wasserrahmenrichtlinie	21
3.5.2	Überwachung des ökologischen und chemischen Zustandes	21
3.5.3	Qualität der Fließgewässer	23
3.5.4	Qualität der Seen	27
4	Grund- und Bodenwasser	32
4.1	Grundwasserstände	32
4.2	Grundwasserbeschaffenheit	37
4.3	Bodenwasser	38
5	Lawinenwarndienst	40
6	Zusammenfassung	43
7	Abbildungsverzeichnis	45

1 Vorwort

Der Gewässerkundliche Jahresbericht 2012 setzt die Reihe der jährlichen Berichte über Daten und Fakten aus dem Bereich der Gewässerkunde in Bayern fort. Die Wasserwirtschaftsverwaltung in Bayern betreibt mehr als 4000 gewässerkundliche Messstellen in unterschiedlichen Messnetzen und wertet die Daten aus. Die auf diese Weise erhaltenen Informationen über die bayerischen Gewässer sind u.a. die Grundlage für Warn- und Informationsdienste, d.h. den Hochwassernachrichtendienst, den Niedrigwasserinformationsdienst und den Lawinenwarndienst. Die Gewässerkunde liefert darüber hinaus auch Planungs- und Entscheidungsgrundlagen für die Wasserwirtschaft. Je länger eine Zeitreihe ist, desto größer ist ihre statistische Aussagekraft 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 lässt sich beobachten, ob und wie sich das Abflussgeschehen langfristig geändert hat – wichtige Informationen, die z. B. benötigt werden, um Veränderungen durch den Klimawandel abschätzen oder den Hochwasserschutz zu planen.

Die Gewässerkunde beschäftigt sich auch mit Fragen der Gewässerqualität. Gemessen werden die Belastungen der Gewässer durch chemische Stoffe und die Zusammensetzung von Fauna und Flora. Durch fortlaufende Beobachtung wird ermittelt, wie sich der ökologische und chemische Zustand der Gewässer verändert, vor allem, um Verschlechterungen rechtzeitig entgegen zu wirken und das zentrale Ziel der EU-Wasserrahmenrichtlinie zu erreichen, alle Gewässer bis spätestens 2027 in den guten Zustand zu bringen. Eine weitere Aufgabe der Gewässerkunde ist die Untersuchung von unvermittelt auftretenden Veränderungen an Gewässern, z. B. der Algenblüte in einem See, mit dem Ziel, die Ursachen zu erkunden und mögliche Maßnahmen und Lösungen zu entwickeln.

Die Gewässerkunde ist quasi das Auge und das Gedächtnis der Wasserwirtschaft. Die vielen Daten aus den Messnetzen liefern Informationen über den Wasserhaushalt und den Zustand der Gewässer, aber auch Grundlagen für vorausschauende Planungen von wasserwirtschaftlichen Maßnahmen.

Die wichtigsten Daten und Auswertungen aus dem Jahr 2012 sind in diesem Bericht zusammengestellt.

2 Witterung

2.1 Regionaler Überblick

Das Jahr 2012 war im langjährigen Vergleich (1961/90) deutlich zu warm und etwas zu trocken. Die Jahresmitteltemperatur betrug 8,6 °C und lag damit um 1,1 Grad über dem 30-jährigen Mittel. Der Jahresniederschlag von Bayern erreichte 927 mm, das entspricht einem Niederschlagsdefizit von 1,5 % zum Referenzwert (Mittel 1961-1990).

Auch eine Reihe bemerkenswerter Wetterereignisse wurde verzeichnet: z. B. Hochwässer nach Schneeschmelze und Regenfällen im Januar, Dauerfrostperiode mit Eisbildung in den Gewässern und örtlichen Überflutungen im Februar, markant zu trockener März in Nordbayern, späte Hitzetage im August, früher Wintereinbruch im Oktober, Tauwetter und wiederholte Regenfälle verursachen ab Mitte Dezember vor allem nördlich der Donau aufeinanderfolgende Hochwasserereignisse.

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) deutlich zu kalten Februar (Abweichung -3,5 Grad) und dem zu kalten Oktober, fielen alle Monate zu warm aus. Deutlich zu warm waren Januar (+2,8 Grad), März (+3,3 Grad), Mai (+2,7 Grad) und August (+2,5 Grad über dem langjährigen Monatsmittel) (Abb. 1).

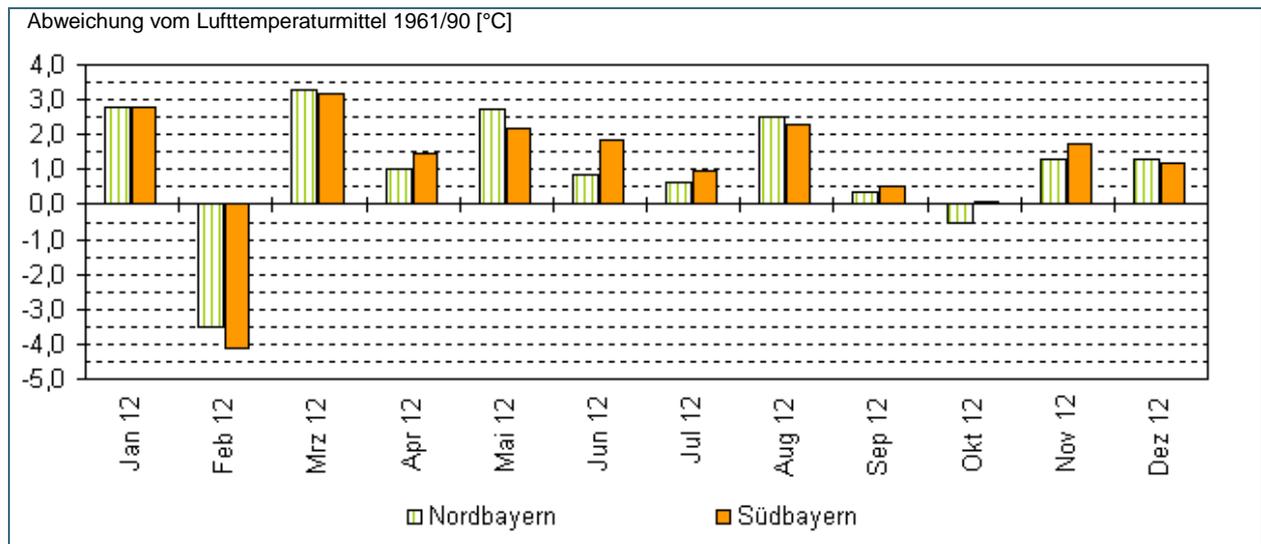


Abb. 1: Lufttemperaturverhältnisse in Bayern (Abweichung der Monatsmittel in 2012 vom Mittelwert der Periode 1961/90)

Ende Januar Anfang Februar wurde eine Dauerfrostperiode mit bis zu 20 Eistagen am Stück (Höchsttemperaturen unter 0 °C) verzeichnet, wobei am 5. Februar die kälteste Nacht des Jahres auftrat (Tiefsttemperaturen um -22 °C in Oberfranken). Die höchsten Temperaturen des Jahres mit Werten um 36 °C wurden am 19. und 20. August gemessen (z.B. Würzburg: 35,9 °C am 19. August). Bereits im Herbst wurden erste Eistage beobachtet (27. und 28. Oktober), wobei weitere dann Anfang Dezember folgten. Zu den Weihnachtstagen wurden allerdings schon wieder zweistellige Plusgrade gemessen.

Vier von zwölf Monaten wiesen überdurchschnittliche Niederschlagsmengen auf. Insbesondere Januar sowie Dezember fielen deutlich zu nass aus und auch die Monatsniederschläge von Juli sowie November überschritten das Mittel 1961/90. Der Monatsniederschlag vom Juni erreichte den langjährigen Mittelwert, zu trocken blieben Februar bis Mai sowie August bis Oktober. Dabei war der Februar deutlich und der März sogar markant zu trocken (Abb. 2).

Nordbayern wies im Kalenderjahr 2012 eine Gebietsniederschlagshöhe von 772 mm auf und erreichte damit 96 % der Referenzperiode 1961/90 (Maingebiet: 748 mm, 94 % vom Mittel).

2.1.2 Südlich der Donau

Bis auf den im langjährigen Vergleich (Mittel 1961-90) **markant zu kalten Februar** (- 4,1 Grad), waren alle Monate zu warm. Dabei fielen der Januar (+ 2,8 Grad), der März (+ 3,2 Grad), der Mai (+2,2 Grad) und der August (+2,3 Grad über dem langjährigen Monatsmittel) deutlich zu warm aus (Abb. 1).

Ende Januar Anfang Februar wurde eine Dauerfrostperiode mit bis zu 20 Eistagen am Stück (Höchsttemperaturen unter 0 °C) verzeichnet, wobei am 6. Februar die kälteste Nacht des Jahres auftrat (z.B. Oberstdorf: -29,4 °C). Die höchsten Temperaturen des Jahres mit Werten um 35 °C wurden am 20. August gemessen (z.B. München: 35,6 °C am 20. August). Bereits Ende Oktober wurden erste Eistage beobachtet, wobei weitere dann Anfang Dezember folgten. Zu den Weihnachtstagen wurden allerdings schon wieder zweistellige Plusgrade gemessen.

Südlich der Donau wiesen fünf von zwölf Monaten überdurchschnittliche Niederschlagsmengen auf (Januar, Juni, August, Oktober und Dezember), wobei der Januar im Vergleich zum Mittel 1961/90 sogar deutlich zu nass ausfiel. Die Monatsniederschläge Februar bis einschließlich Mai sowie Juli, September und November lagen jeweils unter dem langjährigen Mittelwert. Deutlich zu trocken fiel dabei der März aus (Abb. 2). Insgesamt fielen 1120 mm Niederschlag und damit knapp 2 % mehr als im 30-jährigen Mittel.

Der Jahresniederschlag im gesamten Donaueinzugsgebiet bis zur bayerischen Grenze summierte sich auf 985 mm und erreichte damit 99 % vom Mittelwert der Reihe 1961-1990.

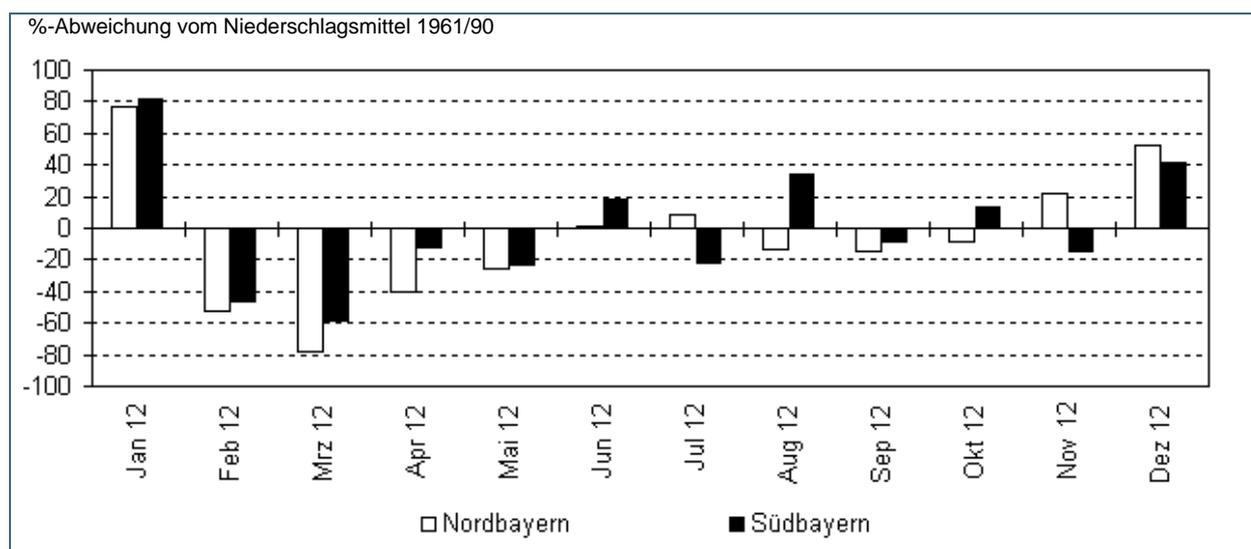


Abb. 2: Niederschlagsverhältnisse in Bayern (Abweichung der Monatssummen in 2012 vom Mittelwert der Periode 1961/90)

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 2012.

Für die nachfolgende Betrachtung des Niederschlagsverlaufs im Jahr 2012 werden die außergewöhnlichen Niederschlagsereignisse näher beschrieben.

Der Januar war in Nord- und Südbayern deutlich zu nass. Dies lag an den häufigen, niederschlagsreichen West- und Nordwestlagen, die auch mehrere Sturmtiefdruckgebiete nach Bayern lenkten. Die Frontensysteme von Orkantief "Andrea" wurden am 5. von kräftigen Regenfällen begleitet (z.B. Neukirchen b. Hl. Blut/Landkreis Cham: 33 mm am 5.) und lösten nördlich der Donau ein kleineres Hochwasser aus. Vom 19. bis 23. zogen die Sturmtiefdruckgebiete "Fabienne" und "Gisela" in einer nordwestlichen Strömung über Bayern hinweg, brachten wiederholt Starkniederschläge (z.B. Lindberg-Buchenau/Lkr. Regen: 101 mm vom 19. bis 21.) und ließen nördlich der Donau und an der Donau Hochwasserwellen entstehen. Ab dem 20. fielen die Niederschläge in den östlichen Mittelgebirgen und in den alpinen Lagen zeitweise als Schnee. Vom 25. bis zum Monatsende lenkten die Hochdruckwetterlagen kontinentale Kaltluft aus Osten nach Bayern, zeitweilig schneite es leicht und der Dauerfrost führte bei vielen Gewässern zu starkem Eisgang. Insgesamt wurden im Januar 4 bis 9 Eistage und nur 5 bis 10 Schneetage in den tieferen Lagen beobachtet.

Durch die niederschlagsarmen Hochdruckwetterlagen vom 1. bis 13. (verbreitet 12-tägige Trockenperiode) und 21. bis 29.02. blieb der Februar im langjährigen Vergleich zu trocken (Nordbayern: deutlich zu trocken). In der ersten Monatshälfte gelangte weiterhin kalte, trockene Luft aus Nordosten nach Bayern, die Dauerfrostperiode des Vormonats setzte sich fort (verbreitet 14 aufeinanderfolgende Eistage) und bei vielen Fließgewässern kam es durch Eisbildung und Eisstau zu örtlichen Überflutungen. Beim Durchzug des Sturmtiefs "Olivia" am 15. traten vor allem im Bayerischen Wald und in den alpinen Staulagen starke Schneefälle auf (z.B. Sonthofen/Landkreis Oberallgäu: 24 cm Neuschnee am 16.). Bei wärmerer Luftmassenzufuhr zum Monatsende ging die Schneebedeckung zurück. Die Anzahl der Schneetage variierte im Februar sehr stark (z.B. Würzburg: 3, Nürnberg: 17 und München: 24 Schneetage).

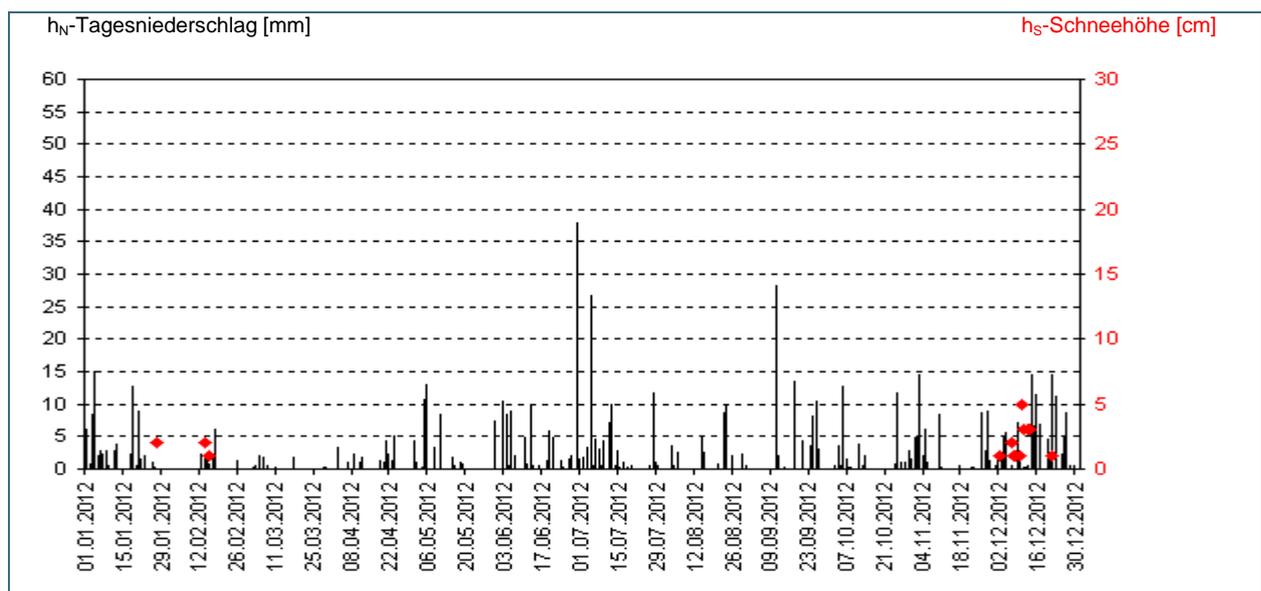


Abb. 3: Niederschläge h_N und Schneehöhen h_S der Ombrometerstation Hammelburg

Aufeinanderfolgende, weitgehend trockene sowie frühlingshaft warme Hochdruckwetterlagen ließen den März im Vergleich zum 30-jährigen Niederschlagsmittel deutlich zu trocken ausfallen. Nördlich der Donau war es sogar markant zu trocken. Schwache Tiefausläufer brachten nur in der Zeit vom 5. bis 9. sowie vom 18. bis 19. etwas Regen, wobei die Tagesniederschläge selten über 5 mm lagen. Starkniederschläge über 25 mm wurden lediglich am 8. in Alpennähe verzeichnet (z.B. Aschau-Stein/Lkr. Rosenheim: 26 mm am 8.). Der Monat endete mit einer 13-tägigen Trockenperiode und eine Schneebedeckung gab es nur in den alpinen Lagen sowie im Bereich des Bayerischen Waldes. In den übrigen, tiefer gelegenen Gebieten wurden im März keine Schneetage verzeichnet.

Trotz reger Tiefdrucktätigkeit blieb der April im langjährigen Vergleich zu trocken. Die Tiefdruckgebiete erreichten Bayern nur in einer Randlage oder in abgeschwächter Form und verursachten ein typisches, wechselhaftes Aprilwetter. In Südbayern gab es stellenweise „weiße Ostern“ (z.B. Schneehöhe München: 1 cm am 8.). Starkregenfälle traten nur bei der Vb-artigen Wetterlage vom 14. bis 16. (Tief „Lucia“) auf (z.B. Teisendorf-Neukirchen/Lkr. Berchtesgadener Land: 52 mm vom 15. bis 16.). Zum Monatsende sorgte eine südliche Strömung für sechs trockene Tage am Stück und einen heißen Tag.

Im Mai setzte sich die Folge der zu trockenen Monate fort. Die Großwetterlagen der ersten Monatshälfte (u.a. Südwest- und Westlagen) verursachten wechselhaftes Wetter und viele Niederschlagstage, wobei die Regenmengen eher gering ausfielen. Verbreitete Starkregenfälle traten nur am 16. (Kaltfront über den Alpen), am 23. (warme, feuchte Luft aus südöstlichen Richtungen verursacht gebietsweise unwetterartige Gewitter) und am Monatsende auf. Vom 17. bis 30. wurde bei vielen Stationen eine 14-tägige Trockenperiode verzeichnet. Am 31. erreichte Südbayern von Norden her eine starke Luftmassengrenze. Es kam zu Starkregenfällen (z.B. Ruhpolding/Lkr. Traunstein: 39 mm am 31.) und lokal gab es starken Hagelschlag (20 cm Hageldecke im Landkreis Cham am 31.).

Die häufigen West- und Südwestlagen lenkten im Juni viele Tiefdruckgebiete nach Bayern, sorgten für unbeständiges Wetter und verursachten immer wieder Starkregenfälle. Bei der Passage von Tief „Bergit“ kam es am 3. zu Starkregenfällen im Oberallgäu (z.B. Oberstdorf-Rohrmoos: 66 mm am 3.), im Chiemgau (z.B. Herrenchiemsee: 48 mm am 3.) und in Tirol, die im Innggebiet kleinere Ausuferungen hervorriefen. Weitere ergiebige Regenfälle verursachte Tief „Erika“ am 12. im Voralpenland und im Donaugebiet (z.B. Kelheim: 51 mm am 12.) und dadurch kam es südlich der Donau stellenweise zu kleinen Ausuferungen. In der zweiten Monatshälfte gelangte Warmluft nach Mitteleuropa und an den heißen Tagen kam es zunehmend zu Gewitterlagen mit örtlichem Hagelschlag (z.B. am 19. im Voralpenland). Herausragende Starkregenfälle traten am 20. in Oberfranken (z.B. Neustadt bei Coburg: 45 mm am 20.) und Südostbayern auf. Am Monatsende lenkte Tief „Lisa“ Subpolarluft gegen subtropische Luftmassen und dadurch kam es in Unter- und Mittelfranken zu stärkeren Regenfällen (z.B. Hammelburg/Lkr. Bad Kissingen: 38 mm am 30.). Insgesamt lag der Monatsniederschlag in Südbayern etwas über dem langjährigen Mittel der Reihe 1961/1990, in Nordbayern erreichte die Monatssumme den langjährigen Durchschnitt.

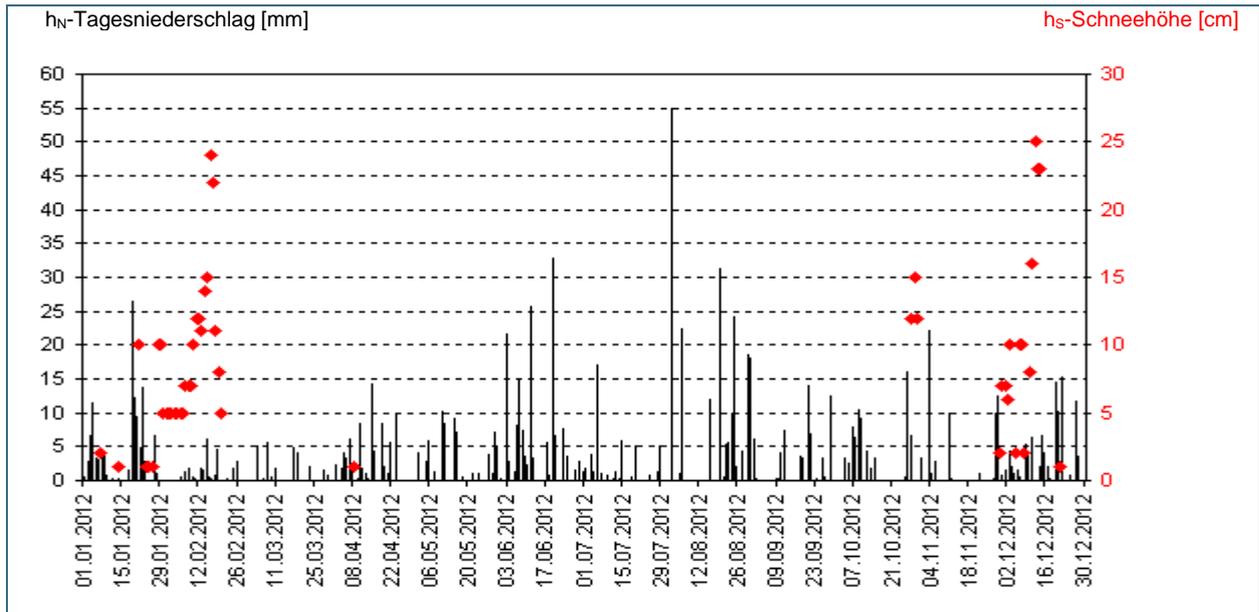


Abb. 4: Niederschläge hN und Schneehöhen hS der Ombrometerstation Utting-Achselschwang

Bis zum 21. Juli gab es fast jeden Tag in Bayern irgendwo Niederschlag. Ursache waren westeuropäische Tiefdrucksysteme und eine Westlage. Dabei hielt sich das Tief "Mina" mit 14 Tagen ungewöhnlich lange über Mitteleuropa und beim Aufeinandertreffen von maritimer Subpolarluft auf subtropische Luftmassen kam es zu heftigen Gewittern, teils großen Gewitterzellen (z.B. am 5. über dem Großraum Nürnberg), wiederholten Starkregenfällen (z.B. Lauf/Pegnitz: 53 mm am 5., Lenggries/Lkr. Bad Tölz-Wolfratshausen: 45 mm am 8.) und lokalem Hagelschlag (z.B. am 1. und 14. im Raum Augsburg und im Bereich des Bayerischen Waldes). Erst im letzten Monatsdrittel gab es vorübergehend eine trockenere Phase, so dass auch einige Tage hintereinander trocken blieben. In schwülwarmer Luft aus Südwesten traten zwei bis vier heiße Tage auf, die örtlich von gewittrigen Regenfällen begleitet wurden. Insgesamt war der Juli im langjährigen Vergleich in Nordbayern zu nass und in Südbayern zu trocken.

Vor allem die Südwest- und Westlagen im ersten und letzten Monatsdrittel brachten dem August eine unbeständige und nasse Witterung. Zu Beginn des Monats gelangte feuchtlabile Luft nach Bayern und im Bereich der Luftmassengrenzen kam es vor allem am 2. und 6. zu Starkregenfällen und Gewittern (z.B. Utting-Achselschwang/Lkr. Landsberg am Lech: 55 mm am 2. und Halblech-Trauchgau/Lkr. Ostallgäu: 34 mm am 6.). Am 2. lag der Niederschlagsschwerpunkt im Gebiet zwischen Lech und Isar (in München wurden Keller und Straßenunterführungen überflutet) und am 6. im westlichen Alpenbereich. Die Hochdrucklagen vom 7. bis 19. bescherten Bayern eine sommerlich warme, weitgehend trockene Witterung (Ausnahme Kaltfrontdurchgang am 15./16.). Nach dem heißesten Tag es Jahres am 20., gelangten wieder Tiefausläufer aus westlicher bis südwestlicher Richtung nach Bayern und am 25. kam es an den Alpen und im Bereich des Bayerischen Waldes zu kräftigen, gewittrigen Regenschauern (z.B. Samerberg-Geisenkam/Lkr. Rosenheim: 58 mm am 25.). Zum Monatsende verursachte eine Tiefdruckrinne, die von Oberitalien bis nach Polen reichte, Dauerregenfälle an den Alpen und verbreitet wurden Zweitagesniederschläge von 60 mm und mehr erreicht (z.B. Altusried-Muthmannshofen/Lkr. Oberallgäu: 76 mm vom 30. bis 31.), die lokal kleinere Ausuferungen hervorriefen. Insgesamt war der August im langjährigen Vergleich südlich der Donau zu nass und in Nordbayern zu trocken.

In den ersten 10 Septembertagen waren Hochdrucklagen vorherrschend und bei spätsommerlich warmer Witterung blieb es weitgehend niederschlagsfrei. Vom 11. auf 12. zog eine Kaltfront von Nordwest nach Südost über Bayern hinweg, verursachte Starkregenfälle, Gewitter, örtlich Hagel-

schlag und leitete einen Witterungswechsel zu kühlerem Herbstwetter ein. Am 11. lag der Niederschlagsschwerpunkt in Nordbayern (z.B. Lauf-Pegnitz/Lkr. Nürnberger Land: 32 mm am 11.) und am 12. traten die höchsten Regensummen in Südostbayern auf (z.B. Inzell/Lkr. Traunstein: 52 mm). In Franken kam es stellenweise zu überfluteten Kellern und oberhalb von 1500 m schneite es. Nach einer kurzen Wetterberuhigung zur Monatsmitte, sorgten Westlagen und ein Tief bei den britischen Inseln bis zum Monatsende für eine unbeständige sowie regnerische Witterung. Insgesamt blieb der September im Vergleich zum Mittel 1961/90 bayernweit zu trocken.

In der ersten Oktoberhälfte wurden viele Niederschlagstage verzeichnet, da in westlicher bis nordwestlicher Strömung immer wieder Tiefdruckgebiete mit ihren Frontensystemen Bayern überquerten. Anhaltender und ergiebiger Regen fiel, als ein Tiefdruckgebiet vom 8. bis 10. von Frankreich her Bayern ostwärts überquerte. Die meisten Niederschläge fielen dabei an den Alpen (z.B. Oberstdorf-Rohrmoos/Lkr. Oberallgäu: 73 mm am 9., 120 mm vom 8. bis 10.) und vom östlichen Bodenseekreis wurden Überflutungen gemeldet. In der Zeit vom 14. bis 25. ließen Hochdrucklagen eine verbreitete 14-tägige Trockenperiode entstehen. Anschließend gelangten arktische Luftmassen und Frontensysteme in einer nördlichen Strömung nach Bayern und führten zu einem frühen Wintereinbruch. Bis in die tiefen Lagen fiel nasser Schnee (z.B. Schneehöhe Hof: 8 cm am 27., München: 8 cm am 28.) und durch Schneelast umgestürzte Bäume führten zu Verkehrsbehinderungen. Am Monatsende gelangte wieder wärmere Luft nach Bayern, so dass es bei 1 bis 3 Schneetagen im Oktober blieb. Im langjährigen Vergleich fiel der Oktober in Nordbayern zu trocken und in Südbayern zu nass aus.

Der November begann gebietsweise sehr nass, da es im ersten Monatsdrittel immer wieder zu Regenfällen kam. In einer südwestlichen Strömung überquerten Frontensysteme Bayern, wobei der Niederschlagsschwerpunkt am 3. mit Tagesniederschlägen zwischen 15 bis 20 mm im nördlichen Franken und am 4. in Südbayern lag (z.B. Lenggries/Lkr. Bad Tölz-Wolfratshausen: 32 mm am 4.). Die Hochdrucklagen vom 12. bis 27. bescherten Bayern ruhiges Herbstwetter und verbreitete eine 16-tägige Trockenperiode. Vom 28. bis 29. verlagerte sich ein Genuatief auf einer Vb-artigen Zugbahn von Oberitalien nach Polen, wobei länger anhaltende Niederschläge, unterhalb von Starkniederschlagswerten, in Nordbayern fielen. Am 29. gingen die Niederschläge unterhalb von 400 m in Schnee über und dadurch entstanden im November ein bis zwei Schneetage (z.B. Schneehöhe Hof: 19 cm am 30.). Im statistischen Vergleich war der November in Nordbayern zu nass und in Südbayern zu trocken

Im Dezember gab es verbreitet nur 4 bis 7 Tage, die niederschlagsfrei blieben und dadurch war der Monat im langjährigen Vergleich zu nass. Nördlich der Donau fiel sogar mehr als doppelt soviel Niederschlag wie im Mittel 1961/1990. Vom 1. bis 13. lenkte ein mitteleuropäisches Tiefdrucksystem immer wieder polare Luftmassen und Frontensysteme nach Bayern. Die Folge war eine unbeständige Witterung mit wiederholten Niederschlägen, die meist bis in die tiefen Lagen als Schnee fielen. Dadurch waren weite Teile Bayerns schneebedeckt und die höchsten Schneehöhen wurden in der Zeit vom 10. bis 13. gemessen (z.B. Würzburg: 5 cm am 10., Hof: 30 cm am 13., Nürnberg: 8 cm am 12., Augsburg: 15 cm am 13. und Passau: 25 cm am 11.). Bei Lufttemperaturen unter 0 °C wurde am 13. bayernweit noch ein Eistag verzeichnet. Ab dem 14. wurden West- und Südwestlagen wetterwirksam, die milde Atlantikluft und immer wieder Tiefdruckgebiete mit zeitweiligen Starkniederschlägen nach Bayern lenkten. So überquerten die Frontensysteme des Nordseesturmtiefs "Nicki" Bayern vom 14. bis 16., verbreitet fielen Tagesniederschläge zwischen 10 bis 15 mm und zusätzlich kam es zur Schneeschmelze (z.B. Niederschlagsdargebot aus Schneeschmelze und Regen: Bad Brückenau/Lkr. Bad Kissingen: 40 mm vom 15. bis 18.). Dadurch entstand am 18. bei vielen Fließgewässern Nordbayerns die **erste Hochwasserwelle** im Dezember. Vom 22. bis 23. gelangten von Westen her, kurz hintereinander, die Tiefdruckgebiete "Petra" und "Quirina" nach Mitteleuropa und dabei floss die milde, feuchte Atlantikluft gegen die Kaltluft des blockierenden Russlandhochs "Thomas". Es traten Starkniederschläge auf und in Verbindung mit der Schneeschmelze wurde das **Weihnachtshoch-**

wasser im Gebiet nördlich der Donau (**zweite Hochwasserwelle in Nordbayern**) und an der Donau ausgelöst. Am 23. fand sich nur noch eine Schneebedeckung in den ostbayerischen Mittelgebirgslagen und in den alpinen Lagen (z.B. Niederschlagsdargebot aus Schneeschmelze und Regen: Fichtelberg-Hüttstadt/Lkr. Bayreuth: 67 mm am 23.). Am 24. wurden im Flachland „grüne Weihnachten“ und frühlingshaft milde Temperaturen (verbreitet + 10 bis +13 °C) gemessen. Bereits am 27. gelangte ein weiteres Tiefdruckgebiet („Silvia“) in westlicher Strömung nach Bayern und im Weststau der Mittelgebirge wurden Starkniederschläge verzeichnet, welche die Pegelstände wieder ansteigen ließen und zu einer **dritten Hochwasserwelle in Nordbayern** führten. Durch die milde Witterung ab dem 14. (Ausnahme 20./21.) wurden im Dezember in den tiefen Lagen nur 10 bis 19 Schneetage sowie 4 bis 14 Eistage registriert.

Der Gebietsniederschlag für Bayern lag im Jahr 2012 etwas unter dem langjährigen Mittel (1961/90), bei den Stationen fiel die Bilanz regional unterschiedlich aus (Abb. 5).

Bereits Anfang Januar 2013 verursachte eine Nordwestlage (Frontensysteme Tief „Alfredo“) wieder flächendeckende Regenfälle, die insbesondere in den Staulagen Südostbayerns lang anhielten und ergiebig ausfielen (z.B. Aschau-Stein/Lkr. Rosenheim: 222 mm vom 3. bis 5.). Dadurch kam es zu einer erneuten Hochwasserlage.

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

3 Fließgewässer und Seen

3.1 Abflüsse von Fließgewässern

Wasserstand und Abfluss sind die wichtigsten Parameter in der quantitativen Hydrologie. Sie sind nicht nur unverzichtbare Grundlage für sämtliche Planungsleistungen in der Wasserwirtschaft, sondern werden von einer Vielzahl von Kunden aus den unterschiedlichsten Bereichen nachgefragt.

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.

3.1.1 Nordbayern

Die Monate Januar und Dezember waren in 2012 überdurchschnittlich abflussstarke Monate und auch im Juli wurde das langjährige monatliche Mittel an vielen Messstellen erreicht bzw. überschritten, wohingegen in den Monaten Februar bis Mai und August bis Oktober die langjährigen monatlichen Mittel meist unterschritten wurden. Außergewöhnlich niedrige Abflüsse mit neuen Extremwerten wurden jedoch nicht gemessen. In den Monaten August bis Oktober stellten sich unterbrochen durch Niederschlagsereignisse häufiger Niedrigwasserabflüsse in der Größenordnung des mittleren jährlichen Niedrigwassers ein. Die mittleren Jahresabflüsse blieben in 2012 im Main-Einzugsgebiet und an der Wörnitz etwas unter dem langjährigen Mittel. Wohingegen an Regen und Naab die langjährigen Mittel erreicht wurden. Stellvertretend für Nordbayern ist der Pegel Kemmern / Main in der Abb. 6 und Abb. 7 dargestellt.

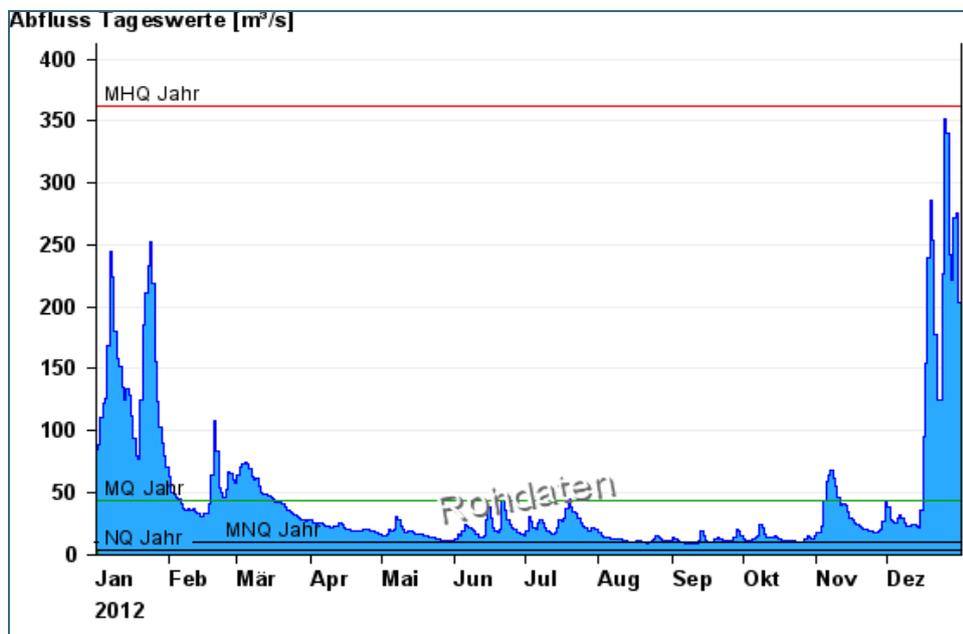


Abb. 6:
Abflussentwicklung
Kemmern / Main im
Berichtsjahr 2012

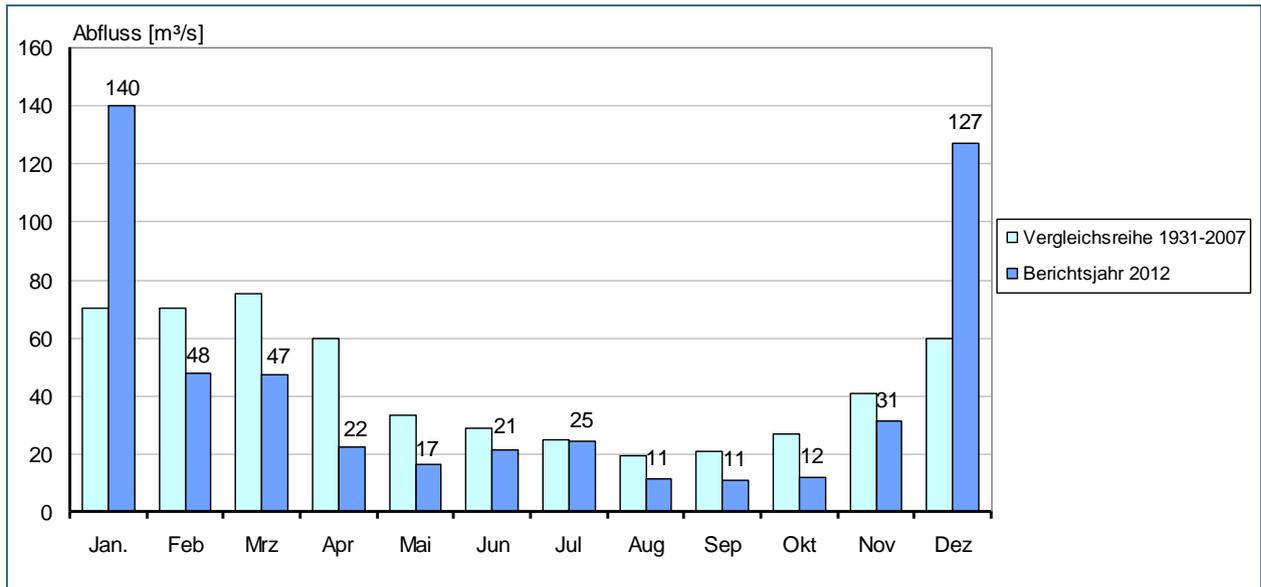


Abb. 7: Abfluss Kemmern / Main – Vergleich des aktuellen und langjährigen Monatsmittelwertes

3.1.2 Südbayern

Die niederschlagsreichen Monate Januar und Dezember führten in Verbindung mit Schneeschmelze auch südlich der Donau dazu, dass die mittleren monatlichen Abflüsse in diesen beiden Monaten deutlich überschritten wurden. Von Februar bis Mai wurden an der Donau geringere Abflüsse erfasst als im jeweiligen Monatsmittel üblich, wobei bedingt durch die geringen Niederschläge in Verbindung mit Dauerfrost insbesondere der Februar an den südlichen Zuflüssen zur Donau abflussarm war. Durch die häufigen Starkregenereignisse wurden im Juni die mittleren langjährigen monatlichen Abflüsse erreicht bzw. überschritten. Mit dem Juli folgte dann wieder ein trockenerer Monat, der die Pegelstände verbreitet fallen ließ. Im Monat Oktober und November wurden die langjährigen Mittel wieder leicht überschritten. Die Jahressumme der Abflüsse blieb nahe am langjährigen Mittel. Stellvertretend für Südbayern ist der Pegel Kelheim / Donau in der Abb. 8 und Abb. 9 dargestellt.

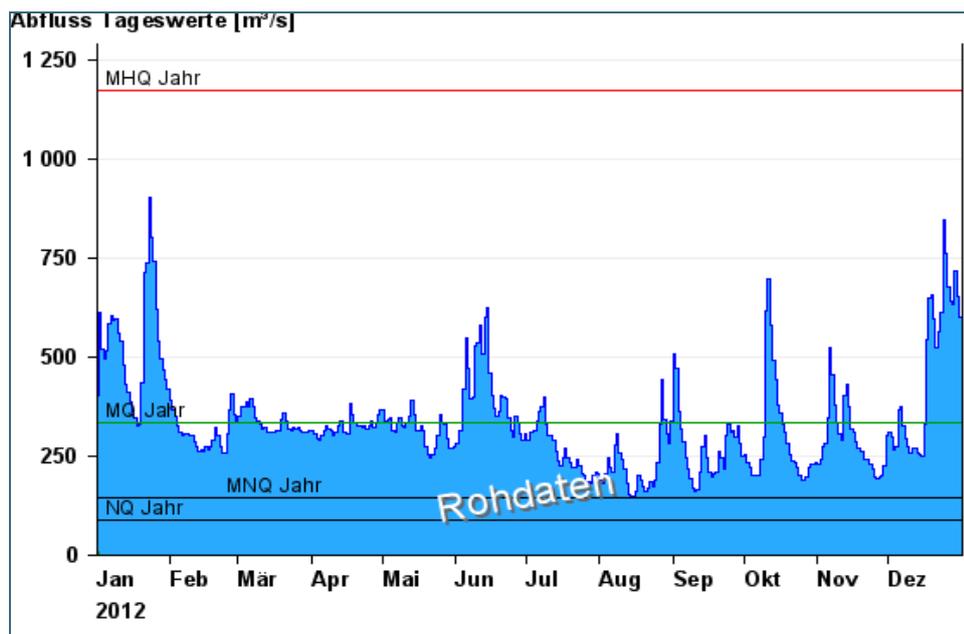


Abb. 8: Abflussentwicklung Kelheim / Donau im Berichtsjahr 2012

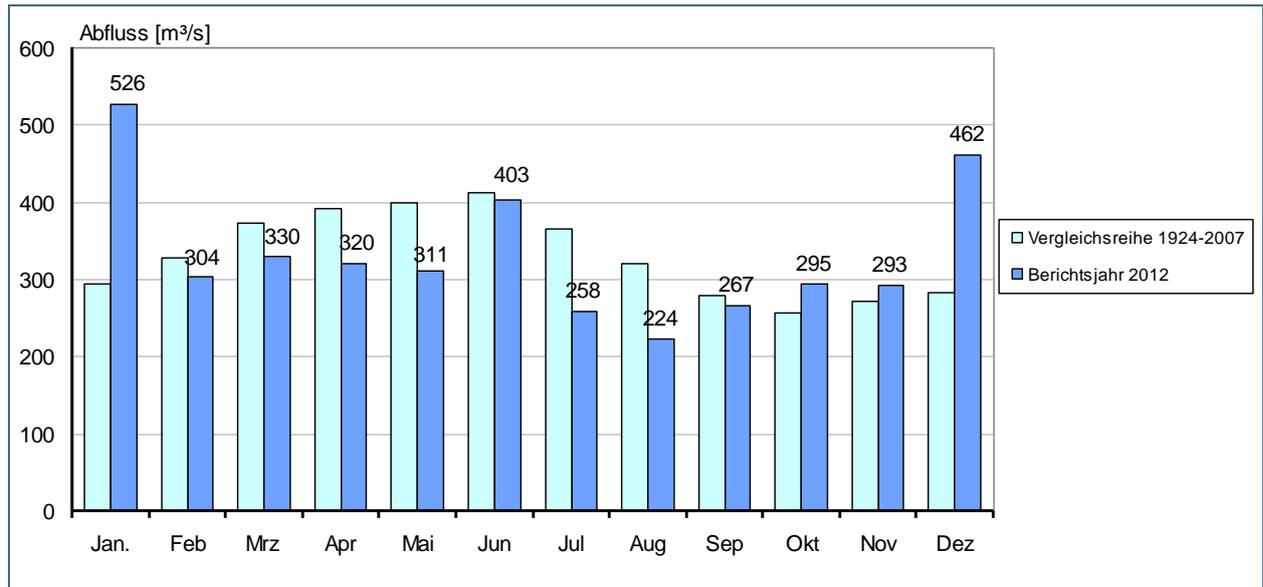


Abb. 9: Abfluss Kelheim / Donau – Vergleich des aktuellen und langjährigen Monatsmittelwertes

3.2 Wasserstände an Seen

Derzeit werden von der bayerischen Wasserwirtschaft für hydrologische Zwecke an 15 Seen kontinuierliche Aufzeichnungen des Wasserstandes durchgeführt. Weiterhin bestehen noch an kleineren Seen Messstellen von örtlichem Interesse. Die an den Pegeln aufgezeichneten Messwerte geben einerseits Auskunft über die aktuelle Situation am Gewässer und dienen andererseits als Grundlage zahlreicher hydrologischer Fragestellungen.

Das Jahr 2012 begann zunächst mit relativ hohen Wasserständen aufgrund der Schneeschmelze und der Niederschläge im Januar. Ende Januar begann dann eine Dauerfrostperiode, die dazu führte, dass viele Flüsse und Seen in Bayern mit Eis bedeckt waren (Abb. 10).



Abb. 10: Trinkwassertalsperre Mauthaus im Februar 2012

Durch die lange Frostperiode sowie die insgesamt geringen Niederschläge von Februar bis Mai 2012 kam es zu einem stetigen Absinken der Seenwasserspiegel (Abb. 11). Vor allem die Monate Februar und März fielen deutlich zu trocken aus. Lediglich die Schneeschmelze sorgte regional unterschiedlich früher oder später für einen teilweisen Ausgleich.

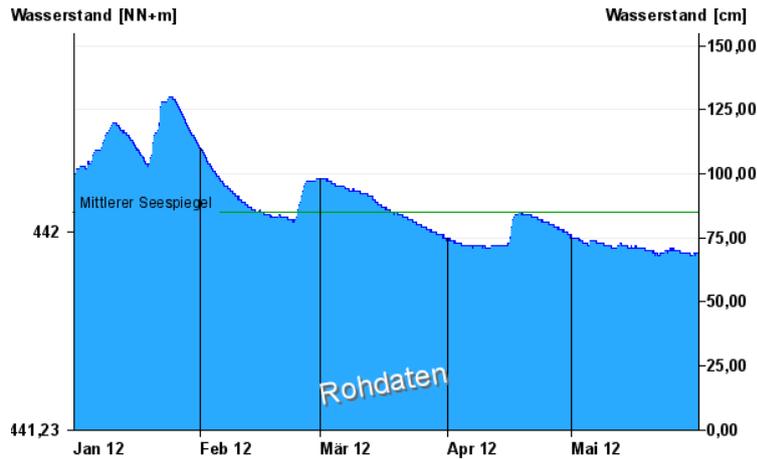


Abb. 11:
Wasserstandsentwicklung
Buchwinkel / Waginger See
im Januar bis Mai 2012

Erst ab Juni entspannte sich aufgrund der zunehmenden Niederschlagstätigkeit die Situation an den südbayerischen Seen. Die überdurchschnittlichen Niederschlagsmengen Anfang Juni führten zu einem Ansteigen der Wasserstände auf ein Niveau deutlich über den Mittleren Seespiegel.

Dieses Intermezzo sollte jedoch nicht von langer Dauer sein. Bereits Ende Juni näherten sich die Wasserstände der Seen wieder dem niedrigen Niveau vom Frühjahr. Der absolute Tiefpunkt der Sommerperiode war nach den heißesten Tagen des Jahres Ende August erreicht (Abb. 12).

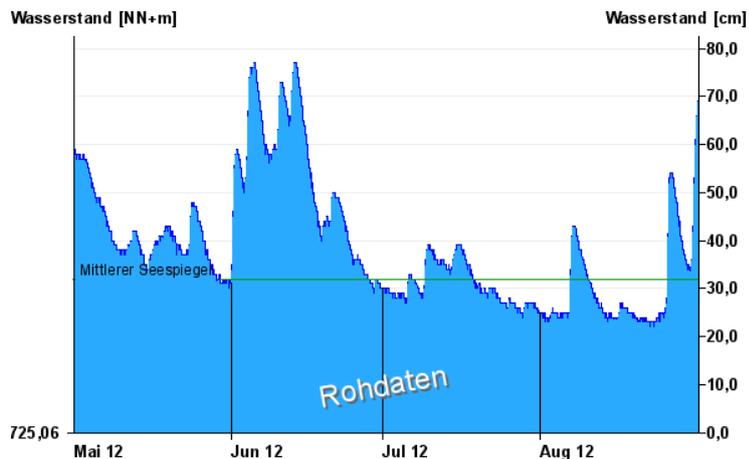


Abb. 12:
Wasserstandsentwicklung
St. Quirin / Tegernsee im Mai bis
August 2012

Die zunehmende Niederschlagstätigkeit ab Ende August führte insgesamt zu einem Wiederanstieg der Pegel. Einzelne Regenereignisse ließen zwar die Pegel immer wieder mal sprunghaft ansteigen, aber ebenso schnell beruhigte sich die Situation auch wieder.

Das wechselhafte Wetter sorgte in den Folgemonaten ab September stets für ein Auf und Ab der Wasserstände an den Seen bei insgesamt fallender Tendenz. Mitte Dezember war dann ein weiterer Tiefpunkt der Wasserstände an den Seen erreicht. Aufgrund der Tiefdruckgebiete mit zeitweiligen Starkniederschlägen und der durch die milde Atlantikluft einsetzenden Schneeschmelze kam es in den Tagen vor Weihnachten zu einem signifikanten Ansteigen der Seewasserspiegel (Abb. 13).

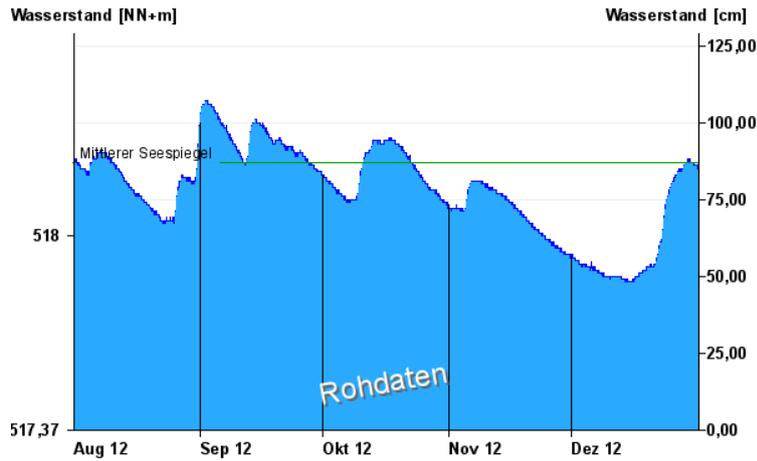


Abb. 13:
Wasserstandsentwicklung
Stock / Chiemsee im August bis
Dezember 2012

Eine Ausnahme bildete im Jahr 2012 der Starnberger See. Der Wasserspiegel lag hier im gesamten Beobachtungszeitraum immer über dem Mittleren Seespiegel. Dies ist darauf zurückzuführen, dass der Starnberger See auch vom Grundwasser gespeist wird (Abb. 14).

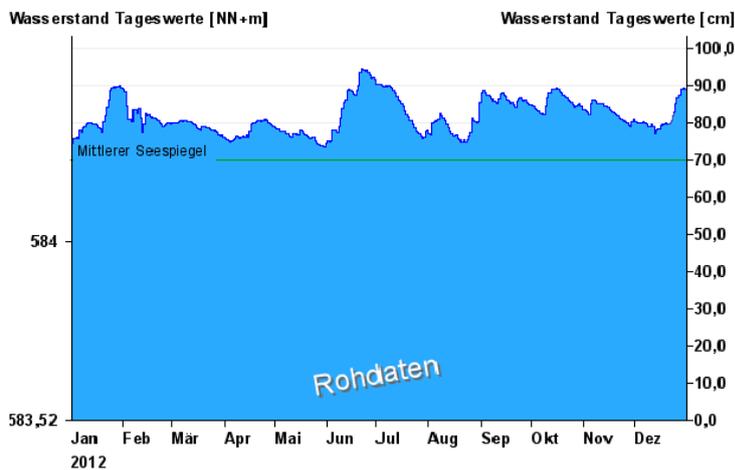


Abb. 14:
Wasserstandsentwicklung
Starnberg / Starnberger See im
Berichtsjahr 2012

Abb. 15 zeigt den Vergleich der mittleren Wasserstände am Pegel Starnberg / Starnberger See von 2012 mit dem langjährigen Monatsmittelwert.

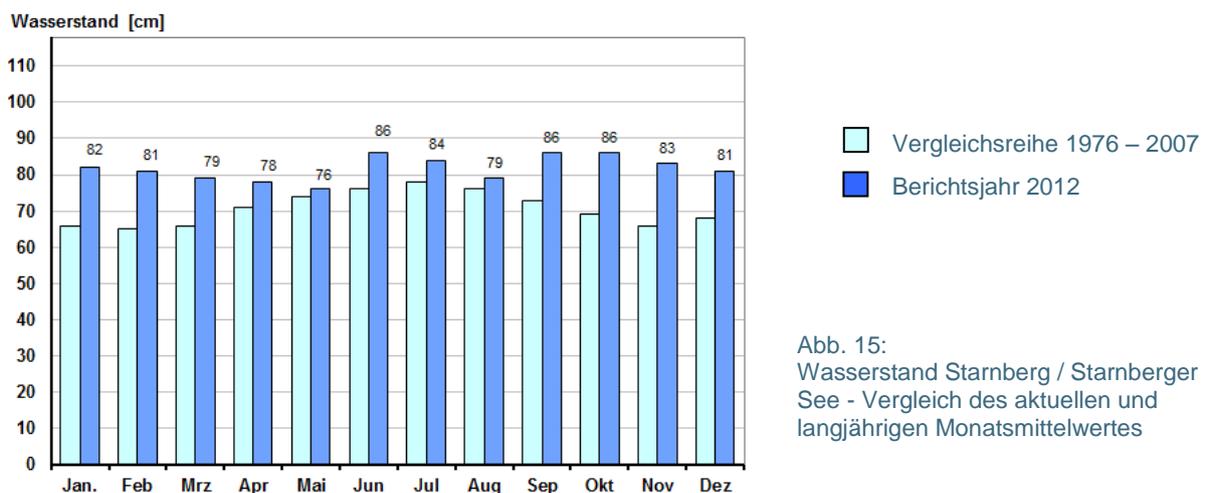


Abb. 15:
Wasserstand Starnberg / Starnberger
See - Vergleich des aktuellen und
langjährigen Monatsmittelwertes

3.3 Hochwasser

Im Hinblick auf Häufigkeit und Höhe aufgetretener Hochwasser war 2012 ein eher ruhiges Jahr. Insgesamt wurden 43 Hochwasserlageberichte herausgegeben und 23 Informationen zur Hochwasserlage verfasst. Zum Jahresbeginn und zum Jahresende traten vor allem nördlich der Donau typische Winterhochwasser in Verbindung mit Regen und Schneeschmelze auf (Abb. 16).

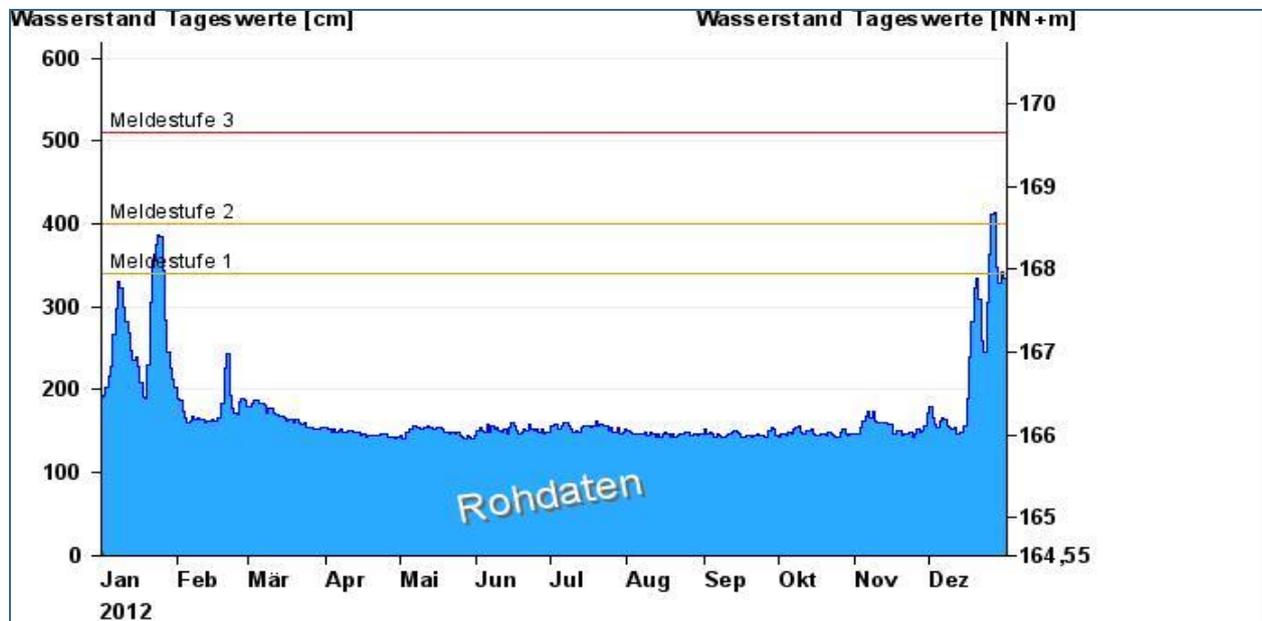


Abb. 16: Das Hochwassergeschehen im Jahr 2012 mit typischen Winterhochwassern im Januar und Dezember spiegelt sich in der Wasserstandsganglinie am Pegel Würzburg/Main wider. Würde man die entsprechende Grafik für den Pegel Schwabelweis/Donau darstellen, sähe diese sehr ähnlich aus.

Im Januar bildeten sich zwei Hochwasserperioden heraus. Bei der zweiten Periode (19.-27.1.) wurden im Bereich des östlichen Franken, am schiffbaren Main sowie den nördlichen Donauzuflüssen und der Donau Abflüsse registriert, die statistisch alle 1-2 Jahre auftreten (Abb. 17).

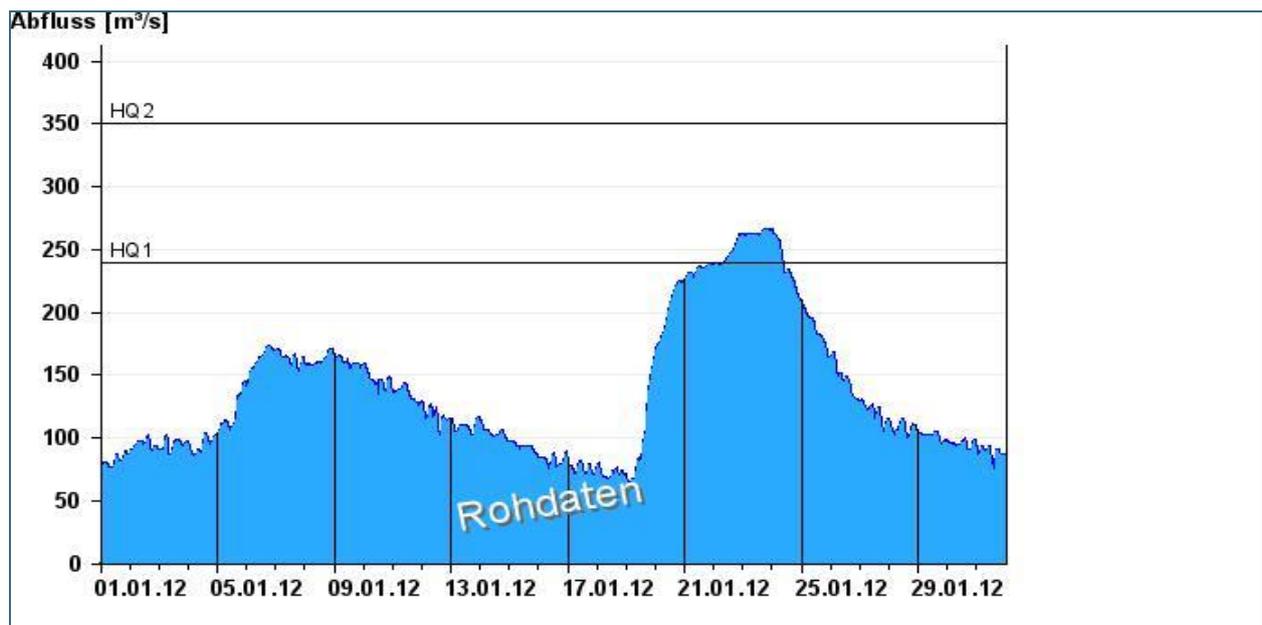


Abb. 17: Abflussganglinie (Rohdaten) im Januar 2012 am Pegel Pettstadt/Regnitz mit zwei Hochwasserwellen

Verbreitet kam es zu lokalen Ausuferungen und Überflutung landwirtschaftlicher Flächen. Im Bereich des Weißen und Roten Main sowie im Regnitzgebiet wurde zum Teil die Meldestufe 3 überschritten, am Pegel Büg/Schwabach kurzzeitig Meldestufe 4.

Im Februar führte die Kälteperiode verbreitet zur Eisbildung an den Fließgewässern. In den Einzugsgebieten von Weißem und Rotem Main führte diese lokal zu Ausuferungen und Überflutungen. An der Donau stauten sich die Eisschollen spektakulär vom Kachlet bei Passau bis nach Vilshofen zurück und verengten den Querschnitt so sehr, dass dort Wasserstände knapp unterhalb der Meldestufe 4 erreicht wurden (Abb. 18).

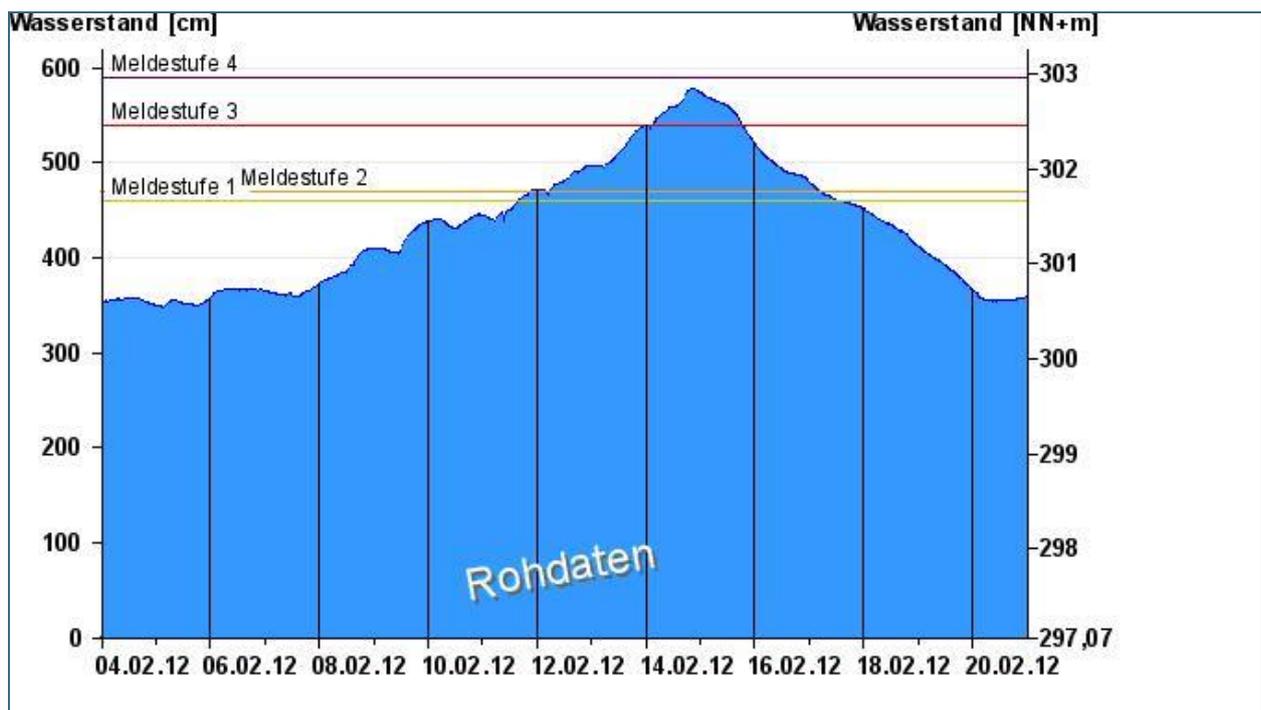


Abb. 18: Wasserstandsganglinie am Pegel Vilshofen/Donau vom 4. bis 20. Februar 2012. Durch Eisstau stieg der Wasserstand am 14. Februar in Meldestufe 3 bis knapp unter Meldestufe 4 an.

Das Sommerhalbjahr verlief ruhig. Von wenigen durch Starkregenfälle ausgelöste kleineren lokalen Hochwassern abgesehen gab es keine bedeutsamen Ereignisse.

Erst ab Mitte Dezember kam es erneut zu Hochwasser. Zu diesem Zeitpunkt hatte sich bayernweit eine Schneedecke ausgebildet. In den Hochlagen der Mittelgebirge waren Wassermengen von 30 bis über 100 mm in der Schneedecke gespeichert, in den tiefer gelegenen Bereichen bis zu 20 mm. Insbesondere die ergiebigen Niederschläge vom 14. bis 16. sowie vom 22. und 23. Dezember bei gleichzeitig starkem Ansteigen der Schneefallgrenze über 1000 m führten zu starkem Tauwetter und nördlich der Donau sowie in Teilen des südlichen Donauvorlands verbreitet zu Hochwasser. Durch weitere Niederschläge am 27. und 28. Dezember bildete sich in vielen Gebieten noch eine weitere (dritte) Hochwasserwelle aus (Abb. 19).

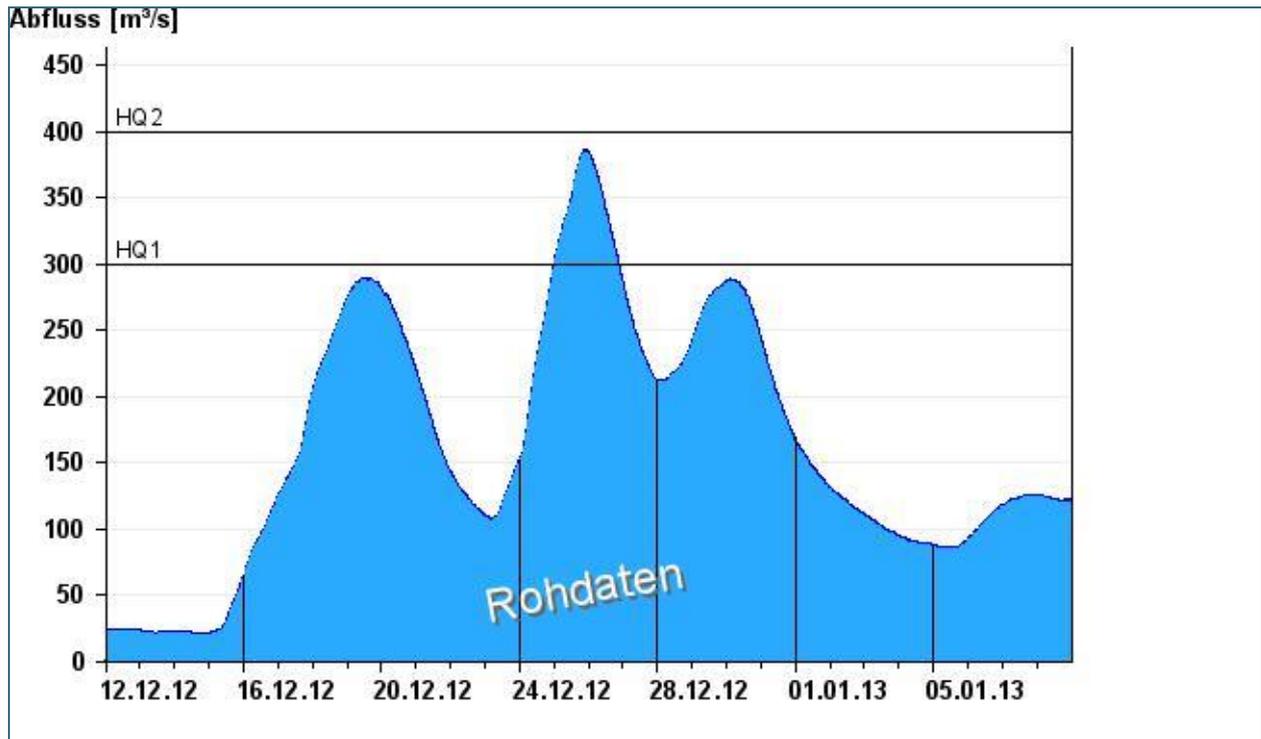


Abb. 19: Drei ausgeprägte Hochwasserwellen im Zeitraum 14.12.2012 – 8.1.2013 am Pegel Kemmern/Main, typisch für weite Bereiche nördlich der Donau.

Nach Durchgang des ersten Regengebietes vom 14. bis 16.12. kam es vor allem im Gebiet der Fränkischen Saale, des Oberen Main, der Wörnitz und der oberen Altmühl zu Ausuferungen und Überflutungen landwirtschaftlicher Flächen. Am Pegel Schenkenau an der Itz wurde die Meldestufe 3 überschritten. Im Bereich der Unterläufe der Itz, der Baunach sowie der Rauhen Ebrach wurden Abflüsse beobachtet, die statistisch alle zwei Jahre einmal auftreten, ansonsten lag die Jährlichkeit der Abflüsse meist unter 1.

Aufgrund der bereits gefüllten Bodenspeicher, der bordvollen Fließgewässer und dem ergiebigen Dauerregen vom 22. bis 23.12. kam es zu einem erneuten starken Anstieg der Pegelstände. Verbreitet wurden bei dieser zweiten Welle die höchsten Scheitelstände erreicht. Hierbei wurde an der Fränkischen Saale sowie örtlich im Bereich des Oberen Mains und der Regnitz Meldestufe 4 überschritten. Während im Donauegebiet und weiten Teilen Frankens überwiegend Abflüsse mit statistischen Wiederkehrintervallen von 1-2 Jahren auftraten, wurden im Bereich der östlichen Regnitzzuflüsse, am Oberlauf des Roten Main, an der Itz und der Streu (Rhön) ersten Abschätzungen zufolge Abflüsse höherer Jährlichkeiten (größer 5) erreicht. Am Pegel Wendelstein/Schwarzach lief ein 50-jährliches Hochwasser ab (Abb. 20).

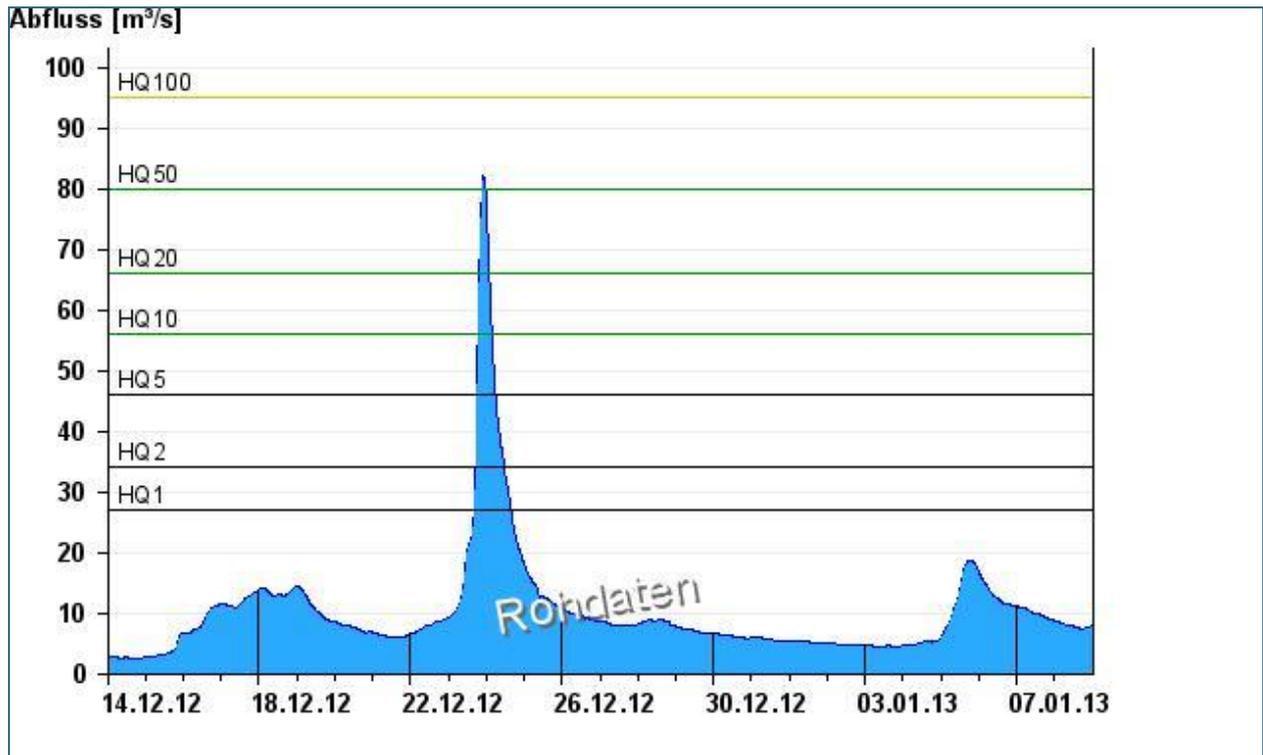


Abb. 20: Abflussganglinie (Rohdaten) am Pegel Wendelstein/Schwarzach für den Zeitraum 14.12.2012 – 8.1.2013

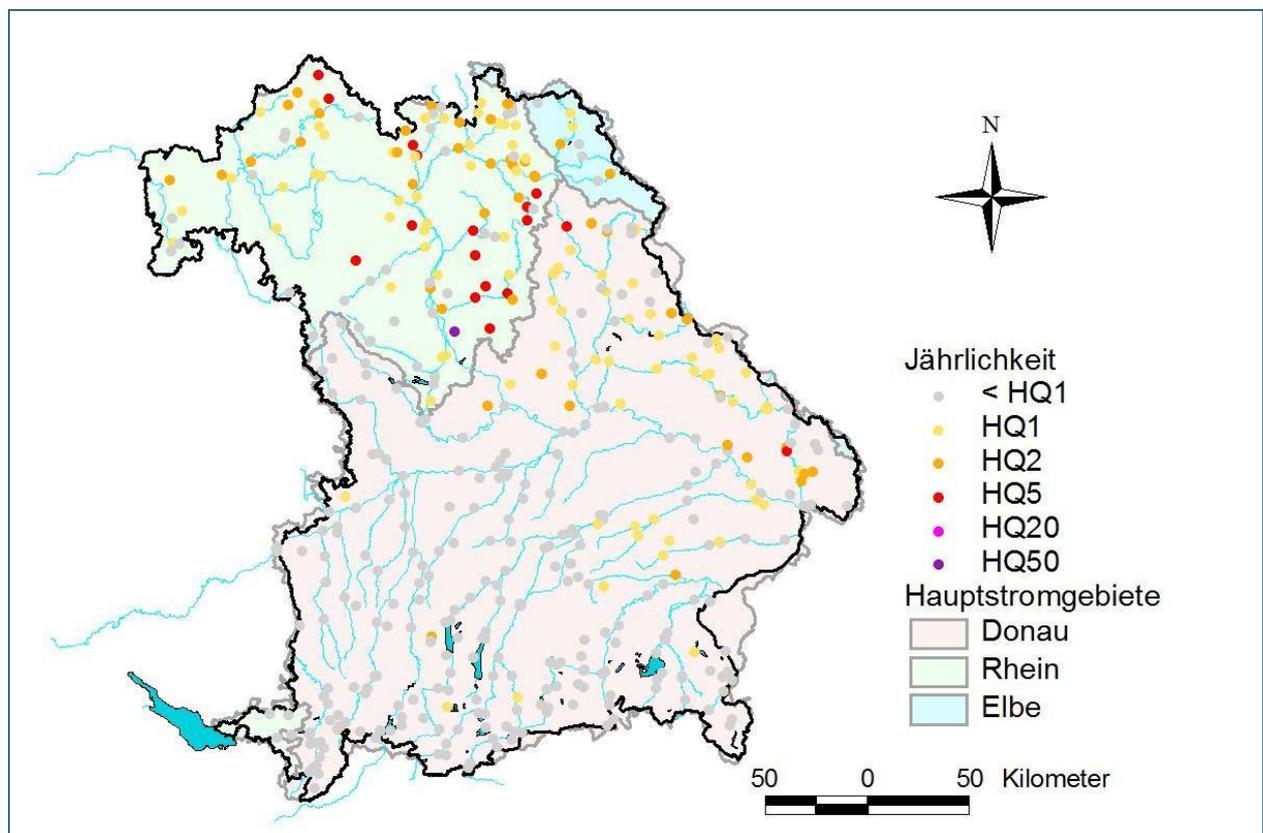


Abb. 21: Überblick über die während der Hochwasserperiode vom 14. bis zum 31. Dezember 2012 aufgetretenen (vorläufig abgeschätzten) Jährlichkeiten der Abflüsse in Bayern.

Aktuelle Informationen zu Hochwasser finden Sie [unter http://www.hnd.bayern.de/](http://www.hnd.bayern.de/) oder als mobiles Angebot für Smartphones unter <http://m.hnd.bayern.de/>.

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

3.4 Wasserspeicher

In Bayern stehen an den 25 staatlichen Wasserspeichern plus einem Flutpolder insgesamt rund 145 Mio. m³ Rückhalteraum für den Hochwasserschutz und ca. 135 Mio. m³ für die Niedrigwasseraufhöhung zur Verfügung. Im Berichtsjahr 2012 waren weder größere Hochwasserereignisse noch längere Trockenperioden in Bayern zu verzeichnen, so dass die zur Verfügung stehenden Räume nur in geringem Umfang in Anspruch genommen werden mussten.

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 und chemischen 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 flussgebietspezifische Schadstoffe, die für sie geltenden Umweltqualitätsnormen (Grenzwerte) einhalten. Der Ablauf der Bewertung ist in Abb. 22 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. 22: 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. Die biologischen und chemischen Ergebnisse des 1. Bewirtschaftungsplans wurden mit Veröffentlichung des Bewirtschaftungsplans zur Verfügung gestellt. Darüber hinaus stehen die Ergebnisse auch im Kartendienst Bewirtschaftungsplanung zur Verfügung <http://www.lfu.bayern.de/wasser/wrrl/kartendienst/index.htm> und können dort heruntergeladen werden. Die nächste Aktualisierung wird im Jahr 2014 (Ergebnisse aus dem Zyklus 2010-2012) stattfinden.

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. 23 zeigt den Jahresverlauf für die Parameter Wassertemperatur und Sauerstoff an der Messstation Kahl am Main. Bedingt durch Dauerfrost steigt die Wassertemperatur erst Ende Februar kontinuierlich an. Im Juli bis August erreicht die Wassertemperatur mit knapp 24 °C einen Höchststand. In August und September führt ein technischer Defekt kurzzeitig zum Ausfall der Messungen. Ab Oktober bis zur 3. Dezemberwoche fällt die Wassertemperatur wieder kontinuierlich - bis auf etwa 2 °C, steigt in der letzten Dezemberwoche aufgrund des einsetzenden Tauwetters jedoch erneut an.

Der Sauerstoffgehalt ist bis Mitte April weitgehend stabil. Stärkere Schwankungen ab diesem Zeitpunkt deuten auf eine verstärkte Biomasseentwicklung durch Pflanzenwachstum hin. Abbauprozesse und die zunehmende Wassertemperatur führen ab Mitte Mai zu einer Sauerstoffabnahme. Auffallend ist der zweite Sauerstoffpeak infolge einer einsetzenden Biomasseentwicklung in August und September. Mit Absinken der Wassertemperatur ab Mitte September steigen die Sauerstoffkonzentrationen wieder an.

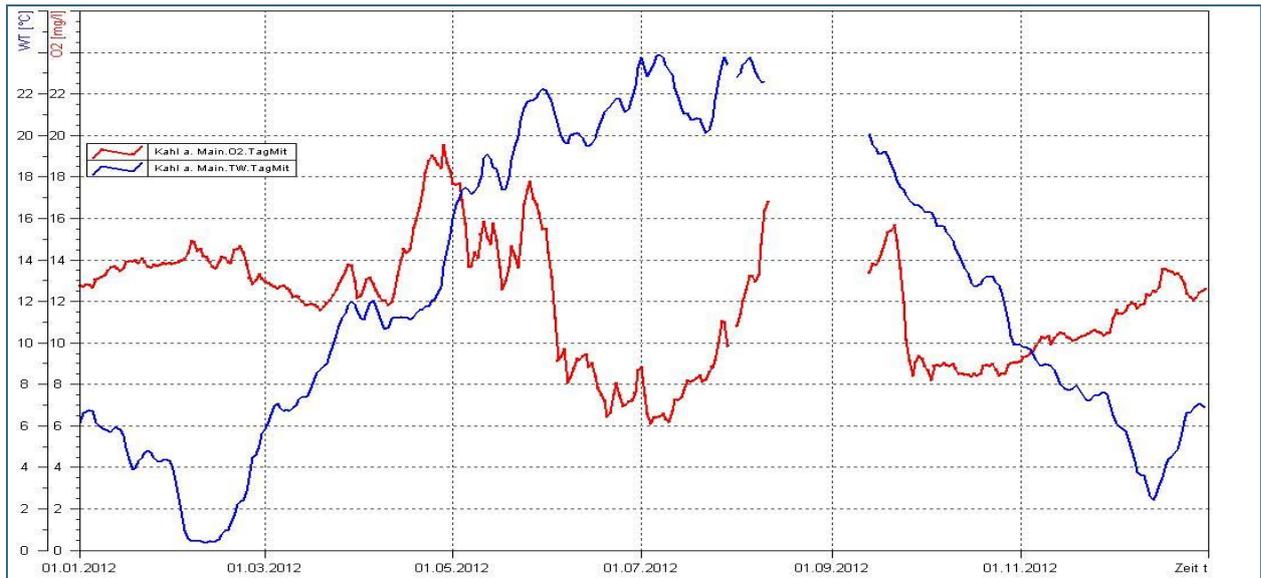


Abb. 23: Sauerstoff und Wassertemperatur an der automatischen Messstation Kahl am Main

Eine verstärkte Biomasseentwicklung in April und Mai sowie August und September lässt sich auch in der Jahresganglinie der Phosphatgehalte erkennen (Abb. 24). Der auch in sonstigen Jahren zu verzeichnende Rückgang in April und Mai ist im Jahr 2012 besonders ausgeprägt. Das Ausbleiben von Niederschlägen und damit verbunden von Nährstoffeinträgen durch Abschwemmung aus der Fläche verstärkt den Trend zusätzlich. Vergleichsweise hohe Niederschläge und Düngemaßnahmen führen in Juni und Juli wieder zu einer Zunahme der Phosphat-Konzentration. Besonders auffallend ist der Einbruch der Phosphat-Konzentration in August und September infolge einer zweiten stärkeren Biomasseentwicklung in Verbindung mit geringen Niederschlägen. Von Oktober bis Dezember liegen die Phosphatgehalte im Bereich des langjährigen Mittels.

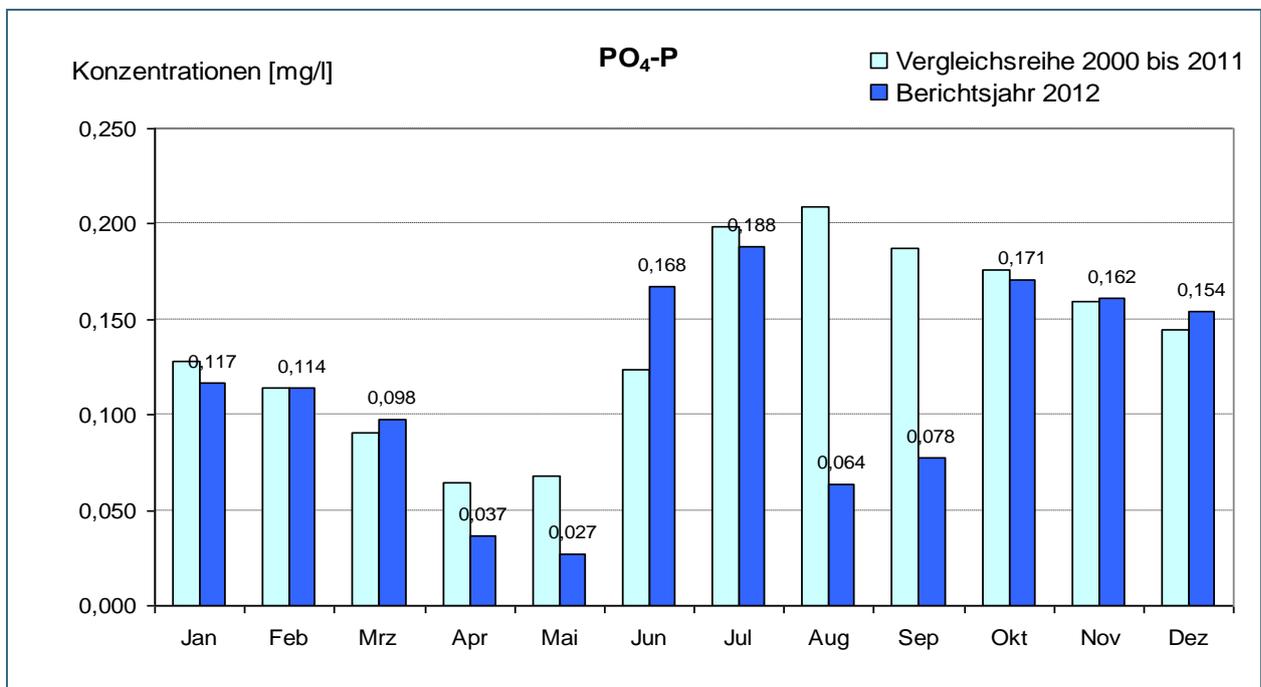


Abb. 24: Konzentrationsverlauf von Orthophosphat-Phosphor an der Messstelle Kahl am Main als Monatsmittel für das Jahr 2012 im Vergleich zum langjährigen Mittel der Jahre 2000-2011

Südbayern – Donau, Bittenbrunn und Donau, Ingolstadt

Abb. 25 zeigt den Jahresverlauf der Sauerstoffkonzentration sowie Wassertemperatur für die Donau, Messstation Ingolstadt. Der Verlauf der Wassertemperatur ähnelt dem des Mains mit Tiefstwerten Ende Februar und Mitte Dezember. Die Sauerstoffsituation unterscheidet sich dagegen deutlich vom Main. Während erste Schwankungen der Sauerstoffkonzentration durch Biomasseentwicklung deutlich geringer ausfallen und erst im Mai zu einem leichten Anstieg der Konzentration führen, ist kein zweiter Peak zu verzeichnen. An der Donau weist der Sauerstoffgehalt einen typischen abnehmenden Trend bis Mitte September auf und steigt aufgrund der danach sinkenden Wassertemperatur bis Dezember wieder kontinuierlich an.

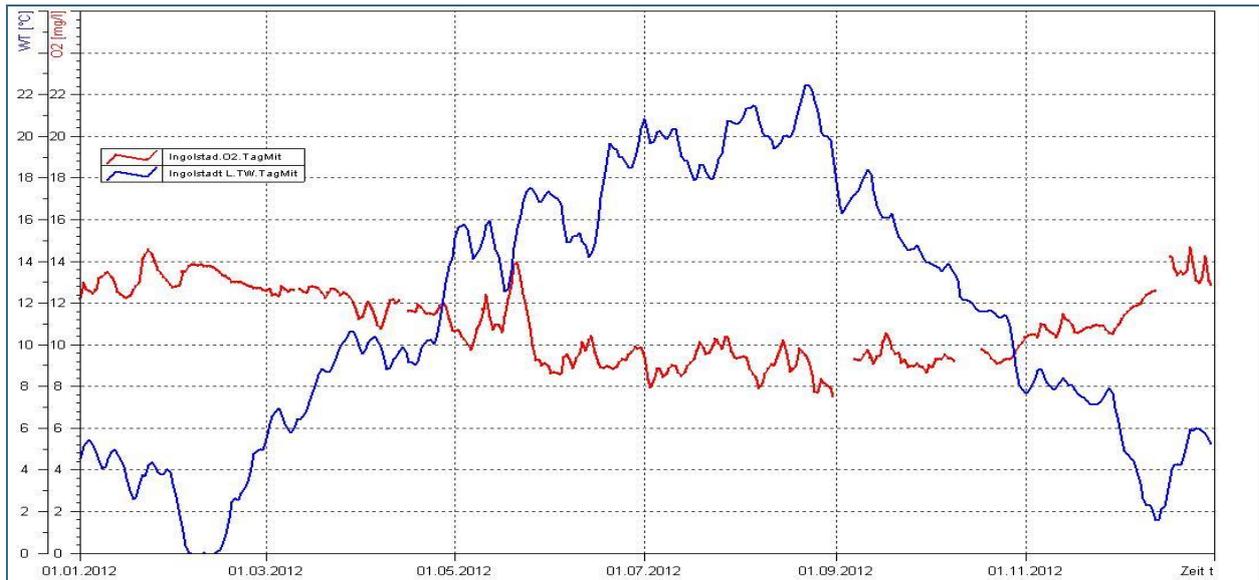


Abb. 25: Sauerstoff und Wassertemperatur an der automatischen Messstation Donau, Ingolstadt

Die Messergebnisse der Nährstoffgehalte (Phosphat) stammen von der etwa 20 km flussaufwärts gelegenen Messstelle Bittenbrunn (Abb. 26). Hohe Niederschläge in der ersten Januarhälfte führen zu einer deutlich höheren Phosphat-Konzentration als im langjährigen Mittel. Für die von Februar bis Mai vergleichsweise niedrigen Konzentrationen sind zum einen geringe Niederschläge verantwortlich. Zudem deutet der Rückgang insbesondere unter Berücksichtigung der schwankenden Sauerstoffkonzentrationen auf zunehmende Biomasseentwicklung hin. Im Mai wird sogar der extrem niedrige Wert von 0,007 mg/l Orthophosphat-Phosphor erreicht. Von Juni bis Dezember liegen die Werte leicht über dem Durchschnitt der Vergleichsreihe der Jahre 2000-2011.

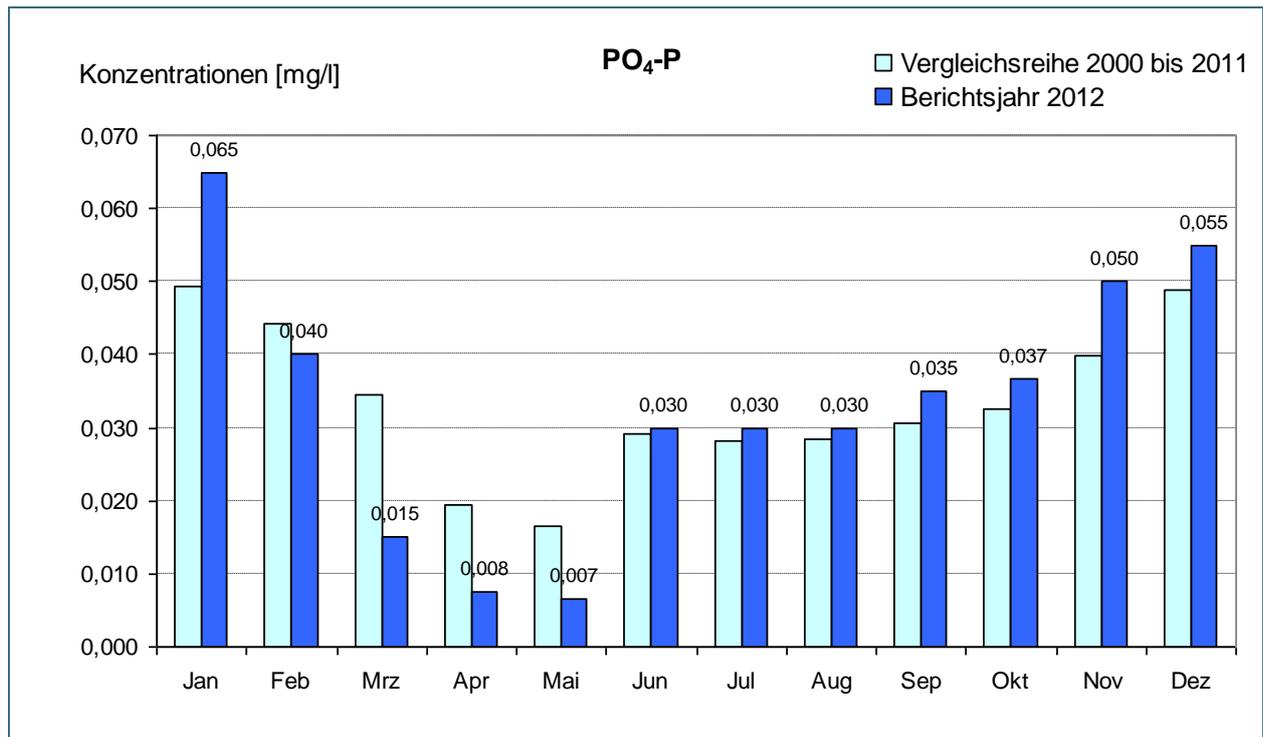


Abb. 26: Konzentrationsverlauf von Orthophosphat-Phosphor an der Messstelle Donau, Bittenbrunn als Monatsmittel für das Jahr 2012 im Vergleich zum langjährigen Mittel der Jahre 2000-2011.

Alarmplan für den bayerischen, staugeregelten Main – Gewässerökologie (AMÖ)

Im staugeregelten Main können insbesondere in den Sommermonaten gewässerökologisch kritische Wasserbeschaffenheiten auftreten. Wenn eine Schädigung mit erheblichen Auswirkungen für das Gewässer denkbar oder zu erwarten ist (vgl. §§ 6, 27 Abs.1 und 90 Abs. 1 WHG), sind geeignete Maßnahmen zu ergreifen. Der AMÖ dient dazu, sich rechtzeitig auf diese Situation vorzubereiten und konzentriert geeignete Maßnahmen für den gesamten staugeregelten Main durchzuführen.

Der AMÖ ersetzt den Melde-, Alarm- und Einsatzplan Unterrhein des Wasserwirtschaftsamtes Aschaffenburg vom Oktober 2008. Mit Stand 23. August 2012 wurde der „Alarmplan für den bayerischen staugeregelten Main – Gewässerökologie“ vom Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit genehmigt und trat am 30.11.2012 in Kraft. Somit gelten für den bayerischen, staugeregelten Main die Festlegungen des AMÖ, die beschreiben, zu welchem Zeitpunkt

- gewässerökologisch kritische Verhältnisse zu erwarten sind (Vorwarnung);
- gewässerökologisch kritische Verhältnisse vorliegen (Warnung);
- deutliche Beeinträchtigungen seiner Tierwelt bis hin zu Fischsterben eintreten könnten (Alarm).

Er regelt die Meldeinhalte und die Meldewege – beinhaltet Empfängerlisten sowie die notwendigen Einsätze und Maßnahmen.

Natürlich können mit dem Alarmplan wetterbedingte Folgeerscheinungen im Main nicht verhindert werden. Er ist vielmehr darauf ausgerichtet, bei den Mainanliegern und -nutzern die Sensibilität für gewässerökologisch kritische Situationen zu schärfen. Er soll deutlich machen, dass in diesen Zeiträumen jede zusätzliche Belastung massive Schäden verursachen kann und alle technisch möglichen Maßnahmen zur Frachtreduzierungen sinnvoll sind.

Bei der Aufstellung wurden die aktuellen gesetzlichen Vorgaben der Europäischen Union und der Oberflächengewässerverordnung (OGewV, Juli 2011) berücksichtigt. Mit seiner gewässerökologischen Ausrichtung ist dies der erste und aktuellste Alarmplan dieser Art für ein europäisches Gewässer. Er wird sich in den nächsten Jahren bewähren müssen. Eine Fortschreibung ist vorgesehen.

Für die Umsetzung des AMÖ ist die Regierung von Unterfranken zuständig. Sie können den Alarmplan unter www.regierung.unterfranken.bayern.de/aufgaben/6/3/00756/index.html abrufen - oder gedruckte Exemplare über das Funktionspostfach AlarmplanMain@reg-ufr.bayern.de anfordern.

3.5.4 Qualität der Seen

Messnetz und Untersuchungsprogramme

Das Landesmessnetz zur Erfassung des ökologischen und chemischen Zustands der Seen nach WRRL umfasst 53 Seen mit einer Oberfläche > 0,5 km². Das sind 31 natürliche Seen, 17 Talsperren und Speicher in Fließgewässerrläufen sowie 5 Restseen als Folge des Braunkohleabbaus. Die Untersuchungen dieser Seen finden regelmäßig an 195 Messstellen der Überblicksüberwachung und 309 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 2006-2009 mit Veröffentlichung des Bewirtschaftungsplans zur Verfügung gestellt werden konnten, findet die nächste Aktualisierung im Jahr 2014 (Ergebnisse aus dem Zyklus 2009-2013) statt. Die im Folgenden vorgestellte Datengrundlage für biologische und chemische Untersuchungen entspricht somit dem Veröffentlichungsstand 2010. Am Beispiel des Simssees werden Ergebnisse aus den Jahren 2006 bis 2012 dargestellt. In diesen Jahren wurde der See nach den neuen für die WRRL entwickelten Methoden dreimal untersucht.

Chemisch-physikalische Basisparameter

Das Standardmessprogramm umfasst Messungen der allgemein wichtigen Gewässerkenngößen 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 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 deren Nährstoffbelastung u. a. durch diffusen Eintrag aus den Flächen der Einzugsgebiete erfolgt.

Die Messung der genannten Basisparameter ermöglicht die langfristige Beobachtung von Veränderungen der chemisch-physikalischen Qualität der Seen. Sie dienen außerdem der Qualitätssicherung und Plausibilisierung der biologischen Ergebnisse. Veränderungen finden in der Regel nur über längere Zeiträume statt, während saisonale Schwankungen einiger Parameter normal sind (z. B. Phosphor, Stickstoff, Kieselsäure, Temperatur, Sauerstoffkonzentration).

Beispiel Simssee

Der Simssee wurde für die Wasserrahmenrichtlinie 2012 das dritte Mal biologisch und chemisch untersucht, davor in den Jahren 2006 und 2009. Der See befindet sich im Hinblick auf seine Produktionsintensität an der Grenze zwischen meso- und eutroph, was einer Grenze zwischen mäßiger und

hoher Nährstoffbelastung entspricht. Die Messwerte der für den Trophiezustand relevanten Kenngrößen Phosphor, Chlorophyll a und Sichttiefe sind in Abb.28 dargestellt. Daraus ist ersichtlich, dass die Jahre 2006 und 2012 Jahre durch erhöhte Konzentrationen an Chlorophyll a und Phosphor gekennzeichnet waren, im Jahr 2009 waren diese Konzentrationen niedriger. Die mittleren Sichttiefen waren im Jahre 2009 deutlich höher als in den Jahren davor und danach. Die Biomasse der Phytoplanktonalgen war in allen Jahren unterschiedlich und nahm stets zu (Abb. 27). Sie bewegte sich insgesamt auf einem erhöhten Niveau. Die Zusammensetzung der Algen war in den Jahren sehr unterschiedlich und wurde im Jahr 2012 durch Cyanobakterien dominiert, auffallend ist der hohe Anteil an Blaualgen im Frühjahr 2012 (Abb. 28). Sie stellen in hohen Biomassen einen negativen Indikator dar.

Die ökologische Bewertung für das Phytoplankton war in allen Jahren gut, allerdings mit stetig sinkender Tendenz in Richtung mäßig. Im Jahr 2012 war die Bewertung knapp an der Grenze zu mäßig. Die Bewertung der substratgebundenen Wasserpflanzen und Algen zeigte 2006 einen mäßigen, 2009 einen guten und 2012 wieder einen mäßigen Zustand. Entsprechend ergab sich dieselbe Gesamtbewertung für den See. Die gute Bewertung 2009 wurde seinerzeit auf nachwirkende abwassertechnische Maßnahmen und erste Erfolge bei der Nährstoffminimierung in der landwirtschaftlichen Nutzung im Einzugsgebiet zurückgeführt. Das Beispiel Simssee zeigt, dass eine einmalige Untersuchung und Bewertung an instabilen Systemen im Übergangsbereich nur eine Momentaufnahme darstellen kann. Die Einbeziehung mehrerer Untersuchungen ist wesentlich zielführender. Die Meldung eines guten Zustands wäre jedenfalls aus heutiger Sicht verfrüht.

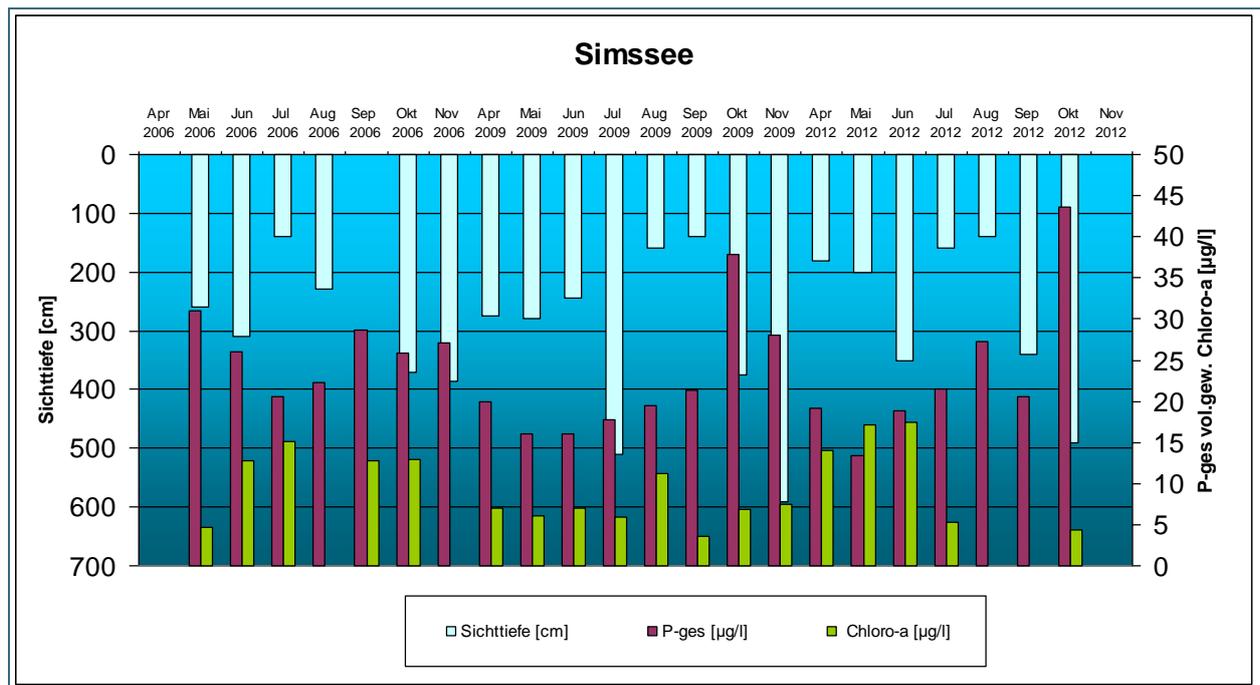


Abb. 27: Volumengewichtete Mittelwerte für Gesamt-Phosphor im Vergleich mit Sichttiefen und Chlorophyll a am Simssee 2012

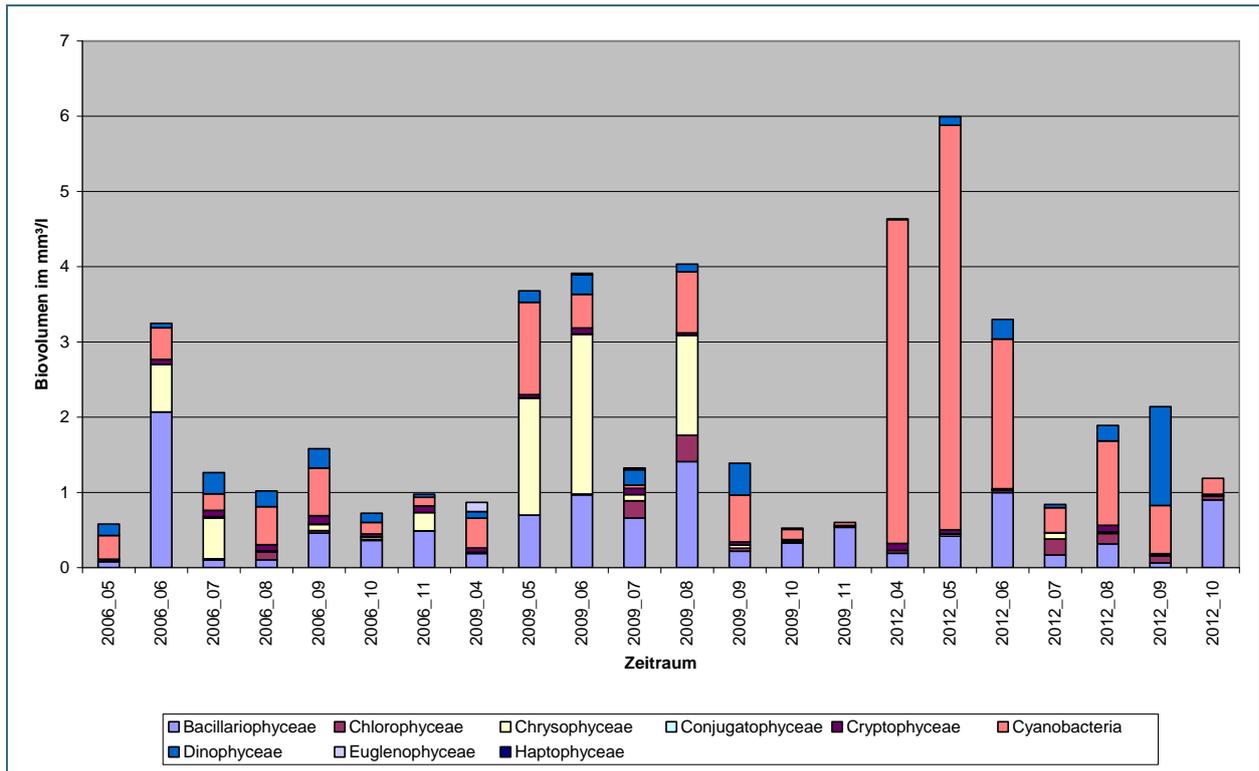


Abb. 28: Simssee 2006 bis 2012 – Entwicklung des Biovolumens der vorkommenden Algenklassen

Abb. 29, Abb. 30 und Abb. 31 zeigt die Bewertungskarten des Simssees für die Jahre, in denen eine ökologische Zustandsbewertung gemäß WRRL erfolgte. 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). Die Gesamtbewertung zeigt aktuell einen mäßigen Zustand für diesen See. An den einzelnen Uferabschnitten sind lokale Unterschiede zu erkennen. Diese entstehen durch unterschiedliche Pflanzenbesiedlungen, die die lokale Belastungssituation widerspiegeln. Es handelt sich hierbei um wichtige Hinweise für die Maßnahmenplanung.

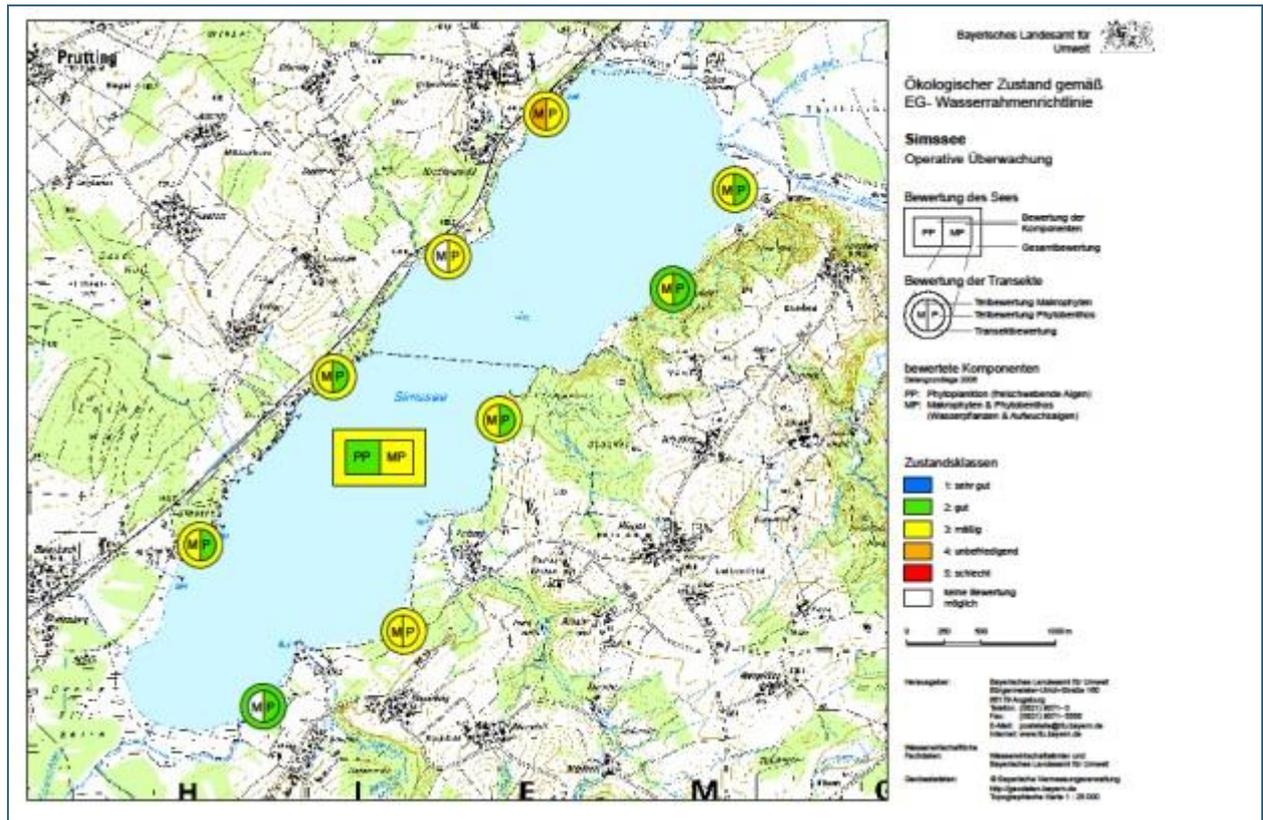


Abb. 29: Simssee – Bewertung gemäß Wasserrahmenrichtlinie für 2006

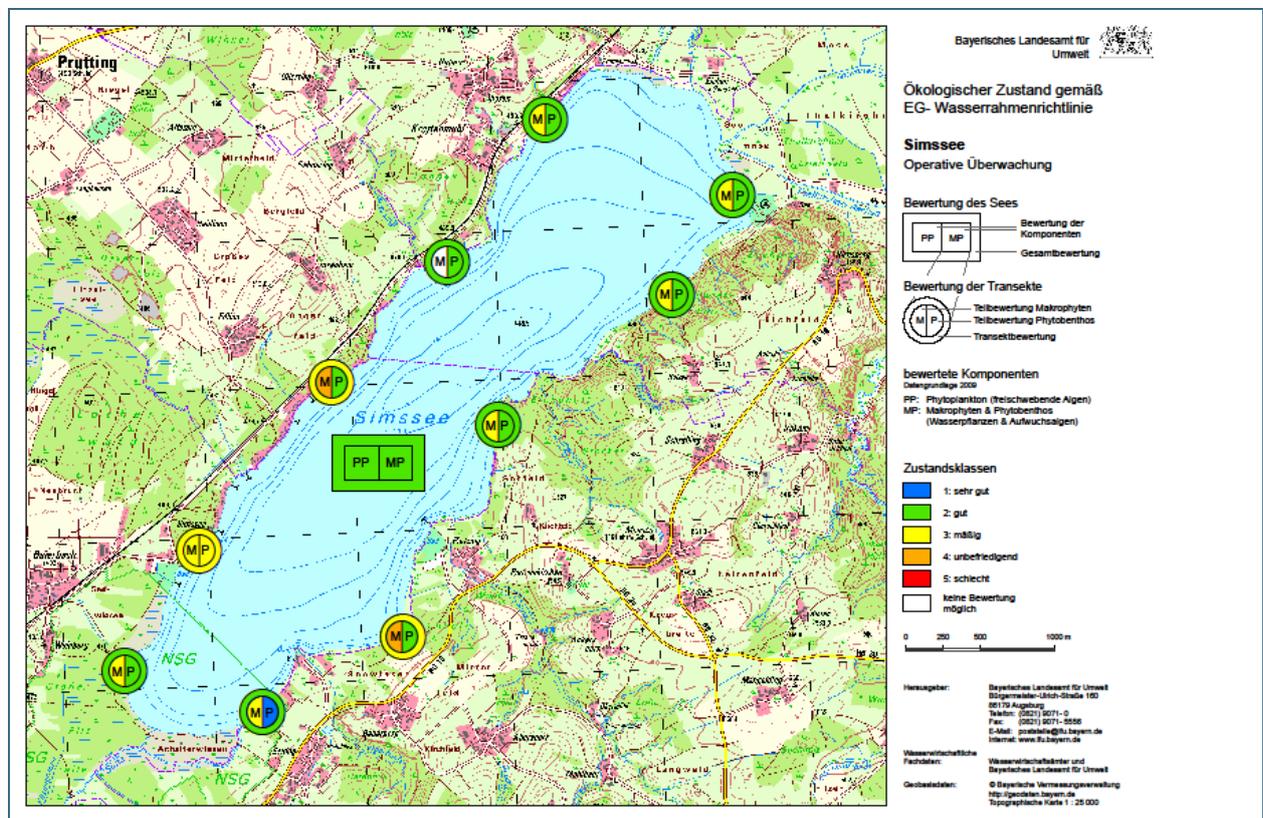


Abb. 30: Simssee – Bewertung gemäß Wasserrahmenrichtlinie für 2009

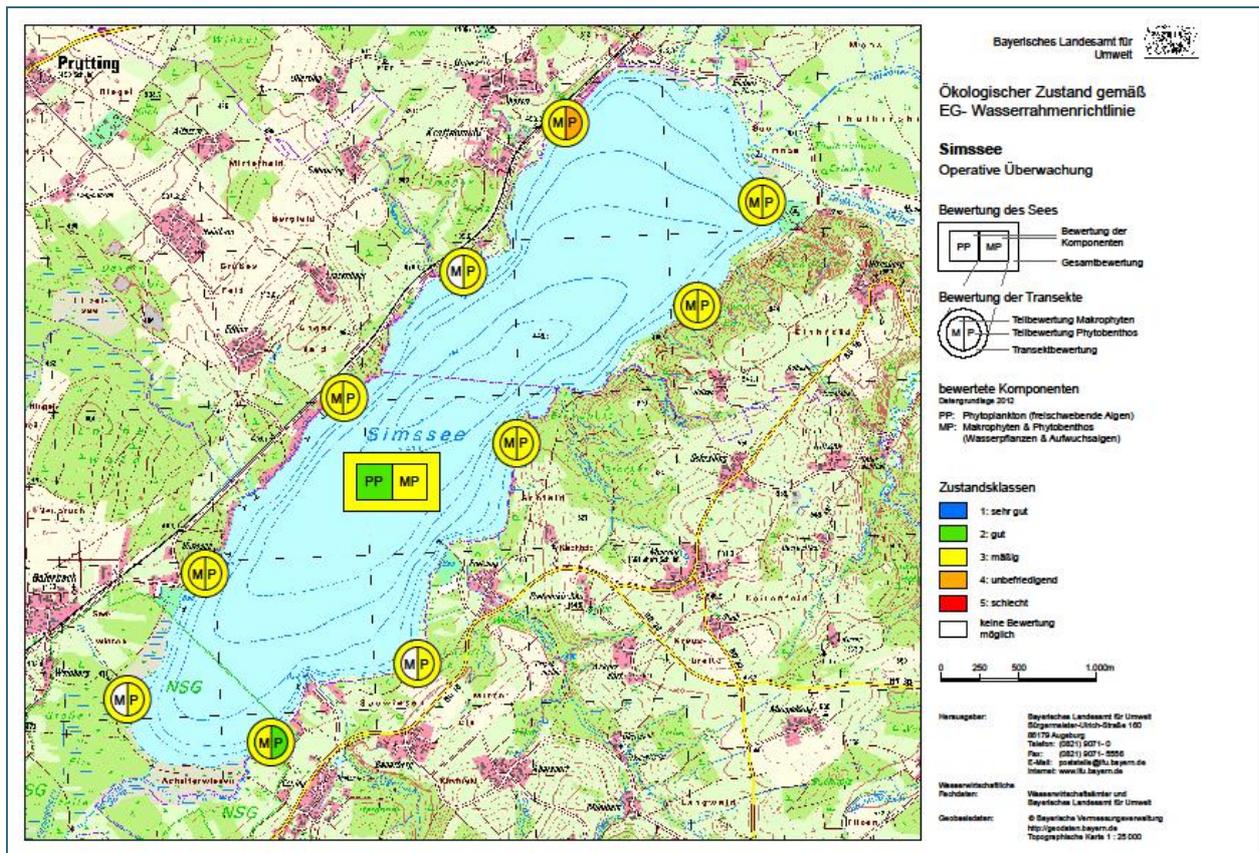


Abb. 31: Simssee – Bewertung gemäß Wasserrahmenrichtlinie für 2012

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 der zusammenhängenden Grundwasserkörper. Die folgende landesweite Darstellung der Grundwasserverhältnisse im Jahr 2012 behandelt die südbayerischen Porengrundwasserleiter (Tertiär, Quartär) sowie die Kluft- und Karstgrundwasserleiter (Trias bis Kreide) nördlich der Donau. Unberücksichtigt bleiben das kristalline Grundgebirge (Bayerischer und Oberpfälzer Wald, Fichtelgebirge), der voralpine Moränengürtel und der alpine Raum, da in diesen drei hydrogeologischen Räumen nur kleinräumige, nicht zusammenhängende Grundwasservorkommen anzutreffen sind.

Überdurchschnittliche Lufttemperaturen in Verbindung mit Schneeschmelze und erhöhten Niederschlagsmengen (vgl. Kapitel 2) ließen die Grundwasserstände bereits zum Jahresbeginn landesweit deutlich ansteigen. An einer Vielzahl von Grundwassermessstellen wurde der langjährige Mittelwert bereits im Januar/Februar überschritten. Aufgrund der geringen Monatsniederschläge von Februar bis Mai sanken die Grundwasserstände infolge der reduzierten Grundwasserneubildung vielerorts bis zum Beginn des Sommers, an ausgewählten Messstellen auch bis in den Herbst hinein kontinuierlich ab. Kleinräumige Niederschlagsereignisse in den Sommermonaten führten besonders in den oberflächennahen Grundwasserleitern des Quartärs und im Jura zu einer vorübergehenden Erhöhung der Grundwasserstände. Eine überregionale Bedeutung für die Grundwasserneubildung und damit für die Auffüllung der lokalen und regionalen Grundwasserleiter hatten die teils intensiven Niederschläge im Dezember. Diese Entwicklung wurde durch den Temperaturanstieg und der damit eingeleiteten Schneeschmelze zusätzlich begünstigt.

Im Bereich der quartären Schotterflächen südlich der Donau führte die verstärkte Grundwasserneubildung zum Jahresbeginn zu einem leichten Anstieg der Grundwasserstände. Grundsätzlich reagieren die Schotterflächen aufgrund ihrer Größe und ihrer hydrogeologischen Eigenschaften wesentlich gedämpfter auf einen Niederschlagseintrag oder auch auf ein Niederschlagsdefizit als andere Grundwasserleiter. So bewirkten selbst die ergiebigen Niederschläge im Juni und August nur einen moderaten Grundwasseranstieg von wenigen Dezimetern. Stellvertretend für die Entwicklung des Grundwasserstandes im Bereich der Münchener Schotterebene werden nachfolgend die Messdaten der Messstelle Eching 275D (Abb. 32) veranschaulicht. Trotz des deutlich zu nassen Monats Dezember lag der Grundwasserstand an dieser Messstelle zum Jahresende 2012 knapp unterhalb des Jahresmittelwertes.



Abb. 32: Verlauf der Grundwasserstände im Niederterrassenschotter der Münchener Schotterebene (Messstelle Eching 275D, beobachtet seit 1939) - HHW: 465,59 m ü. NN, MW: 463,82 m ü. NN, NNW: 462,68 m ü. NN

In den quartären Flusstalfüllungen nördlich der Donau sanken die Grundwasserstände, nach einem moderaten Anstieg zum Jahresbeginn, kontinuierlich ab. An ausgewählten Messstellen konnte dieser Trend fast bis zum Jahresende hin beobachtet werden (Abb. 33). Erst durch die ergiebigen Dezemberniederschläge und die einsetzende Schneeschmelze konnte der fortlaufende Abwärtstrend an der Messstelle Frühlingslust gebremst werden. Das langjährige Mittel (113,84 m ü. NN) wurde im Jahr 2012 durchgängig unterschritten.

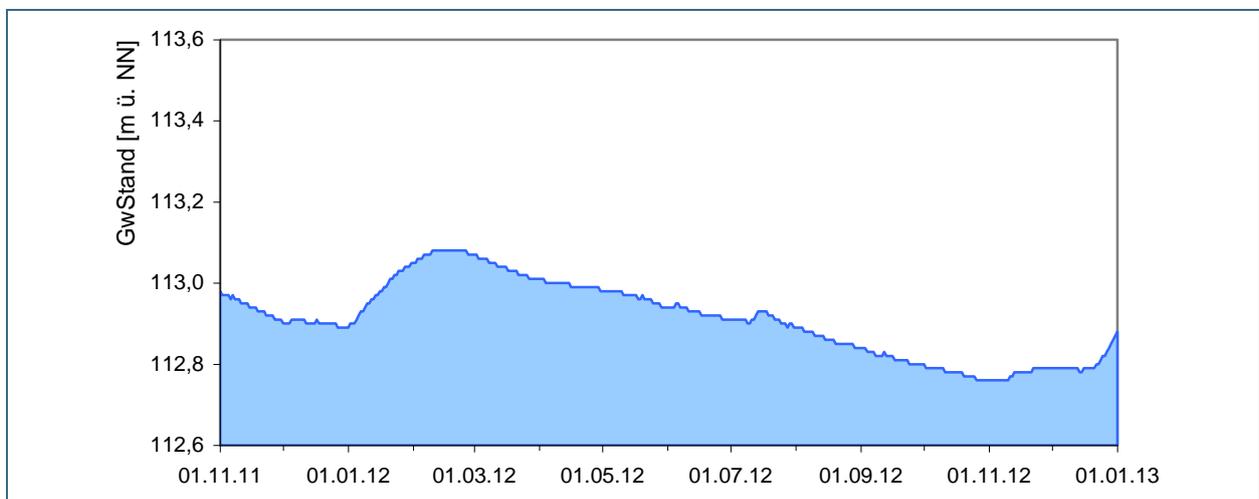


Abb. 33: Verlauf der Grundwasserstände im Quartär (Messstelle Frühlingslust, beobachtet seit 1938) - HHW: 116,34 m ü. NN; MW: 113,84 m ü. NN; NNW: 112,73 m ü. NN

Die geringmächtigen, oberflächennahen Grundwasservorkommen in den Flusstälern stehen in der Regel in Wechselwirkung mit den Fließgewässern. Sie zeigen deshalb rasche Grundwasserstandsschwankungen als Folge von Niederschlagsereignissen und Wasserstandsänderungen in den nahegelegenen Vorflutern. Der Grundwasserstand an der ausgewählten Messstelle Kirchehrenbach 6 in Oberfranken (Abb. 34) steht beispielsweise in Kontakt mit dem Abflussgeschehen der nahegelegenen Wiesent. Die Schneeschmelze zum Jahreswechsel 2011/2012 sowie die Niederschlagsereignisse im

Mai und Dezember zeichnen sich im Verlauf der Ganglinie deutlich ab. Der Wasserstand in dem nahe gelegenen Fließgewässer Wiesent folgt dieser Entwicklung in analoger Weise.

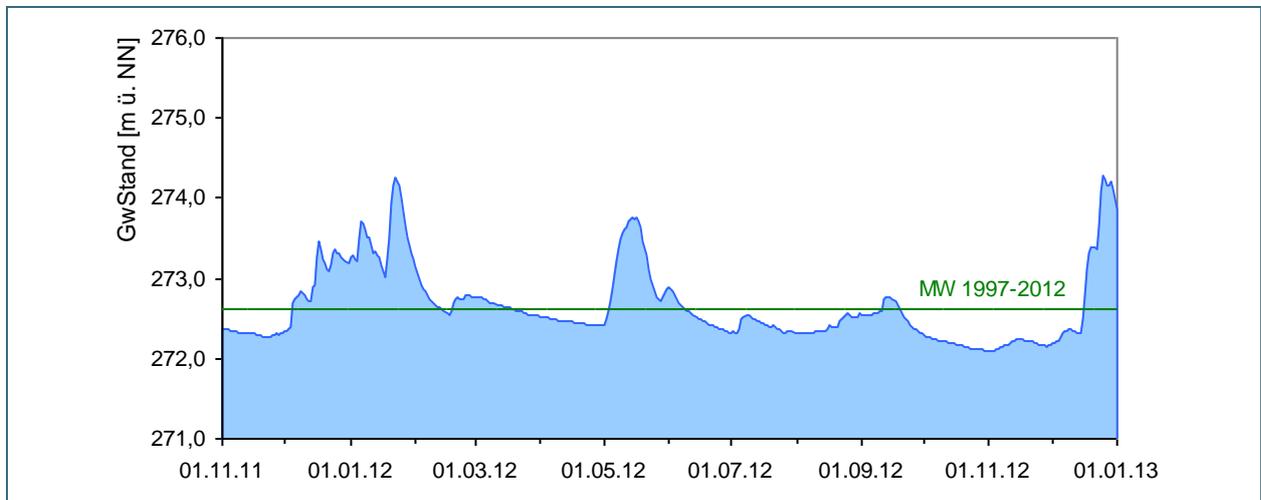


Abb. 34: Verlauf der Grundwasserstände im Quartär (Messstelle Kirchehrenbach 6, beobachtet seit 1997) - HHW: 275,04 m ü. NN; MW: 272,61 m ü. NN; NNW: 271,97 m ü. NN

Das Grundwasser im tertiären Molassebecken (Raum südlich der Donau, grundwasserführend bis zur Linie Memmingen-Starnberg-Burghausen) liegt in Tiefen von 60 bis 200 m. Bereits im Dezember 2011 wurde an der Grundwassermessstelle Niederroth T 7f ein kontinuierlich steigender Grundwasserstand beobachtet (Abb. 35). Dieser Trend hielt bis Anfang Februar 2012 an. Unterbrochen von teils deutlichen Wasserstandsschwankungen sank das Grundwasserniveau bis August ab und erreichte am 04. August seinen niedrigsten Wert (474,43 m ü. NN) für das Jahr 2012. Ausgehend von diesem niedrigsten Wert stieg der Grundwasserstand an der Messstelle Niederroth T 7f bis zum Jahreswechsel auf ein Niveau oberhalb des langjährigen Mittelwertes an.

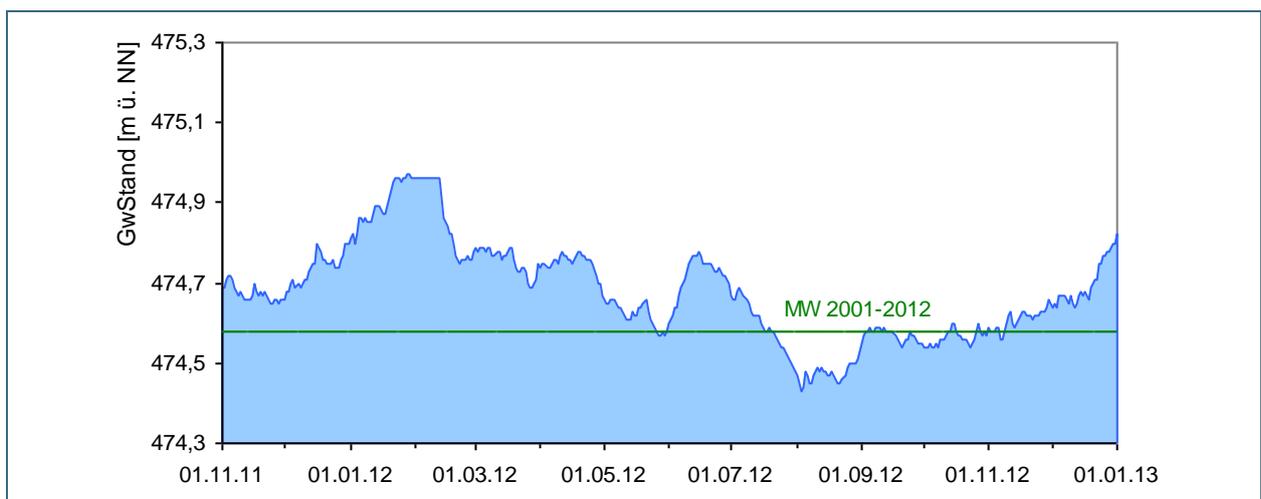


Abb. 35: Verlauf der Grundwasserstände der Oberen Süßwassermolasse des Tertiärs (Messstelle Niederroth T 7f, beobachtet seit 2001) - HHW: 475,19 m ü. NN, MW: 474,58 m ü. NN, NNW: 474,07 m ü. NN

Im Weißen Jura (Raum Eichstätt-Regensburg-Bamberg-Bayreuth) 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. In der Regel reagiert dieses rasch auf Niederschlags- und Hochwasserereignisse, andererseits können die oberhalb des Grundwasserspiegels gelegenen Hohlräume auch als Zwischenspeicher dienen. Vielerorts lagen die Grundwasserstände im Jura zum Jahresbeginn unterhalb des langjährigen Mittelwertes. Mit Einsetzen der Schneeschmelze stiegen die Grundwasserstände im Januar stark an und übertrafen die mittleren Verhältnisse zum Teil deutlich (Abb. 36). An zahlreichen Messstellen wurde der Jahreshöchstwasserstand 2012 bereits 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.

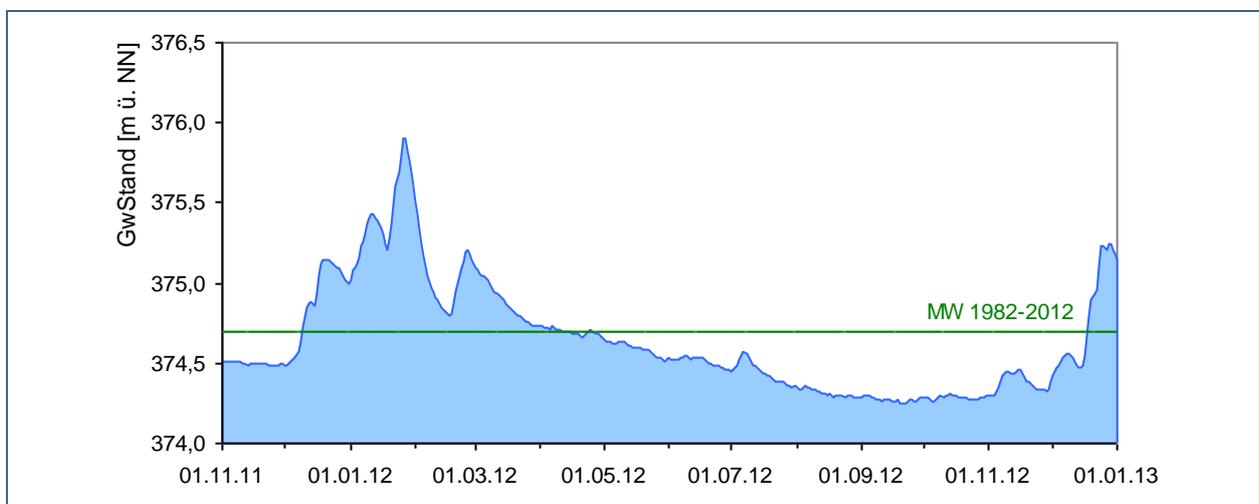


Abb. 36: Verlauf der Grundwasserstände im Malmkarst (Messstelle Gungolding 928, beobachtet seit 1982)
 HHW: 376,80 m ü. NN, MW: 374,70 m ü. NN, NNW: 374,20 m ü. NN

Die vergleichsweise tiefen Grundwasservorkommen im Muschelkalk in Mittel- und Unterfranken reagieren zeitlich verzögert auf Niederschlagsereignisse und zeigen einen insgesamt trägeren Verlauf als oberflächennahe Grundwasserleiter. Ausgehend von einem Maximum im Februar 2012 gingen die Grundwasserstände an der Messstelle Rothof (Abb. 37) bis zum Jahreswechsel kontinuierlich zurück und lagen Ende 2012 unter den mittleren Verhältnissen.

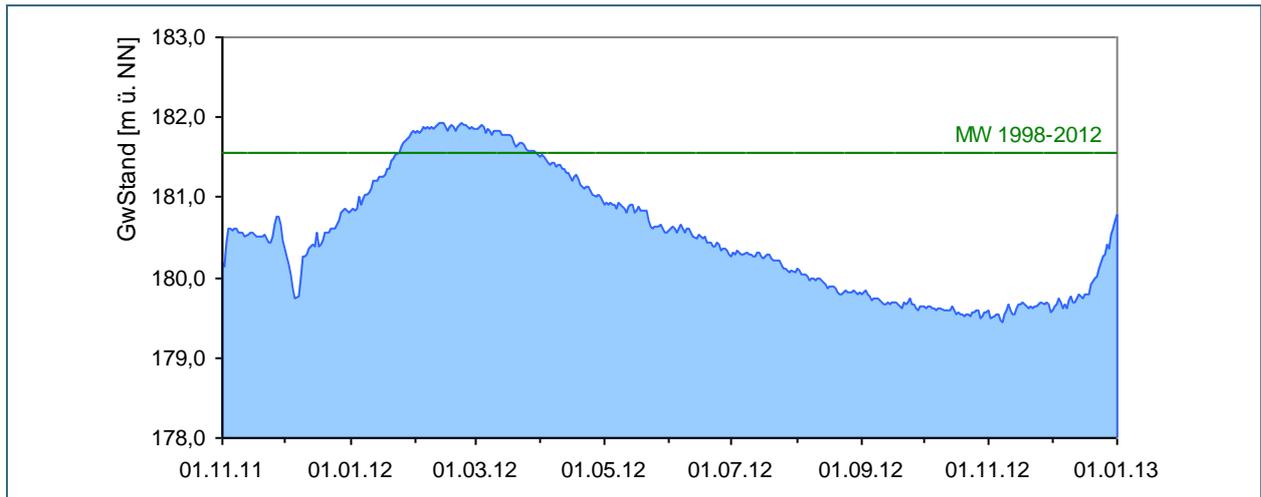


Abb. 37: Verlauf der Grundwasserstände im Muschelkalk (Messstelle Rothof, beobachtet seit 1998)
 HHW: 186,68 m ü. NN, MW: 181,55 m ü. NN, NNW: 178,43 m ü. NN

Eine vergleichbare Entwicklung ist für das Jahr 2012 auch für die Grundwasserstände im Sandsteinkuper in Mittel- und Unterfranken nachweisbar.

Im Buntsandstein zeigten die Grundwasserstände einen ähnlichen Verlauf wie in anderen großflächigen Grundwasserleitern Bayerns. Nach verhältnismäßig hohen Grundwasserständen zum Jahresbeginn fielen diese bis zum Sommer kontinuierlich ab. Mit zunehmender Grundwasserneubildung und steigenden Grundwasserständen im Dezember lag das Grundwasserniveau zum Jahresende vielerorts wieder über den mittleren langjährigen Verhältnissen. (Abb. 38) veranschaulicht beispielhaft diese Entwicklung. Die Ganglinie der Messstelle Kothén S5 weist mit ihren schnellen Reaktionen auf Niederschlagsereignisse deutliche Parallelen zu Messstellen im Weißen Jura auf.

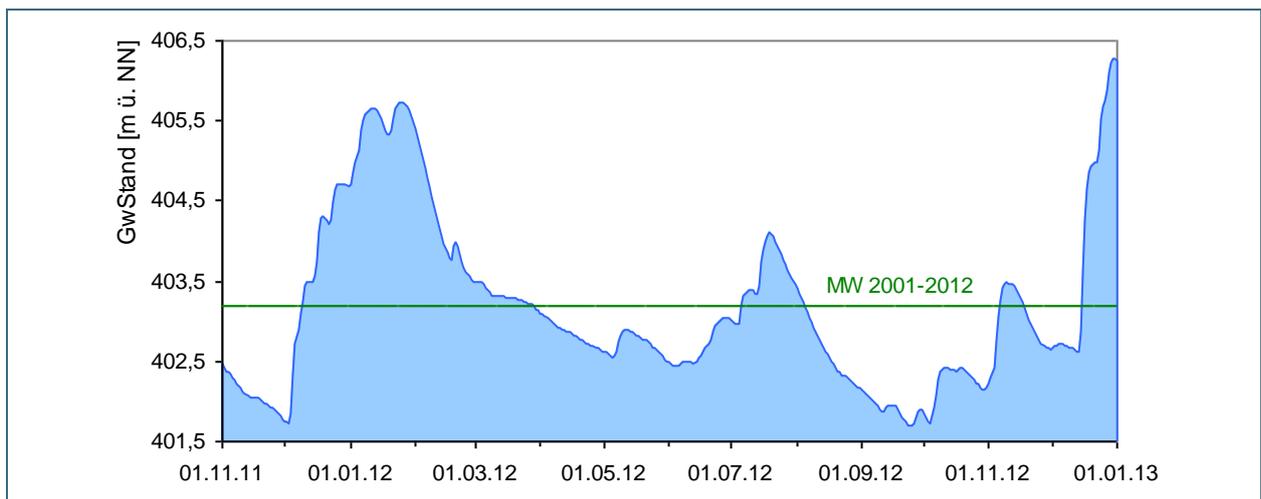


Abb. 38: Verlauf der Grundwasserstände im Buntsandstein (Messstelle Kothén S5, beobachtet seit 2001)
 - HHW: 406,78 m ü. NN, MW : 403,20 m ü. NN, NNW: 401,24 m ü. NN

Die Entwicklung der Grundwasserstände in Bayern und eine fachliche Einschätzung des aktuellen Grundwasserstandes im Hinblick auf eine Niedrigwassersituation können im Niedrigwasser-Informationssdienst unter: <http://www.nid.bayern.de/> eingesehen werden. Hier werden für die ver-

schiedenen Regionen in Bayern die Grundwasserstände für unterschiedliche Grundwasserleiter gezeigt und mehrere grafische Aufbereitungen angeboten.

Allgemeine Informationen zum Landesgrundwasserdienst werden bereitgestellt unter: <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 vier 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. 39). Der Anteil an Messstellen mit Nitratgehalten > 40 mg/l liegt aktuell bei rund 12 %.

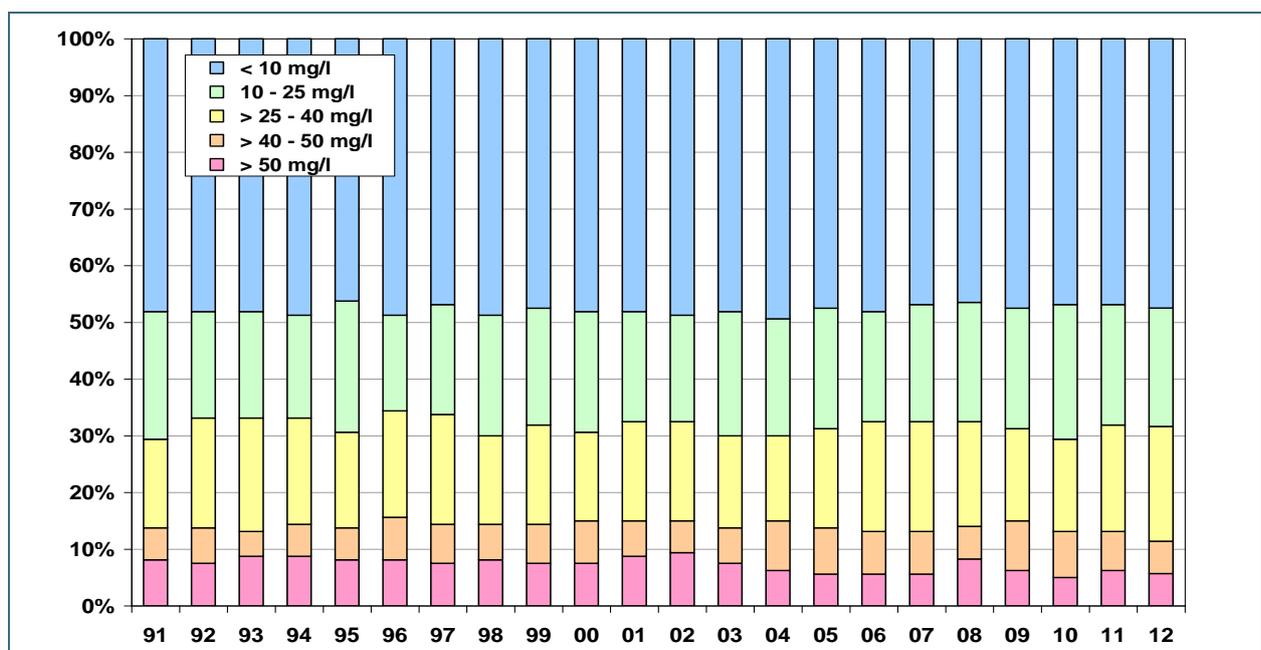


Abb. 39: Entwicklung der Nitratkonzentration im Grundwasser 1991-2012 (Anteil Messstellen in %)

4.3 Bodenwasser

Zur medienübergreifenden Beobachtung von Stoffflüssen und Stoffbelastungen im Wasserkreislauf wird im Rahmen des Integrierten Hydrologischen Monitorings (IHM) der Weg des Wassers mit seinen Inhaltsstoffen vom Niederschlag über das Sickerwasser bis zum Grundwasser und Gebietsabfluss untersucht.

Im Folgenden beschrieben ist der Gang der Bodenfeuchte als Regulativ für die Entwicklung der Sickerwasserflüsse und der Grundwasserneubildung am Beispiel von einem bewaldeten Standort im Bereich des Bayerischen Waldes (Nationalpark). 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 negative 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 Bayerischer Wald ist durch Silikatgesteine des kristallinen Grundgebirges (vor allem Granite und Gneise) und deren Verwitterungsprodukte geprägt. Das Speichervolumen der Gesteine bzw. der zugehörigen Verwitterungsprodukte ist nicht besonders hoch, so dass sich Änderungen des Niederschlagsgeschehens hier vergleichsweise schnell auf die Grundwasserneubildung auswirken können.

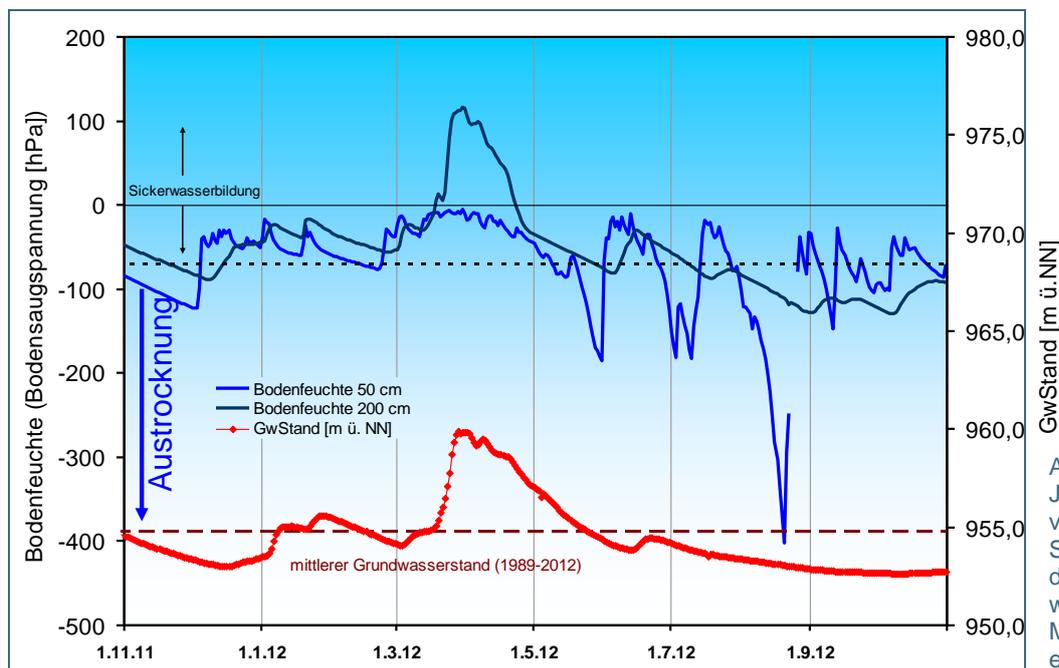


Abb. 40: Jahresverlauf 2012 von Bodenfeuchte, Sickerwasserbildung und Grundwasserstand am Messstandort „Bayerischer Wald“

Betrachtet man den in Abb. 40 dargestellten Jahresverlauf der Bodenfeuchte in den verschiedenen Tiefen (50 und 200 cm), so fällt auf, dass bereits der trockene Monat Februar deutliche Auswirkungen auf den Bodenwasserhaushalt hatte und während dieser Zeit kaum Sickerwasser neu gebildet wurde. Trotz weiterhin geringer Niederschläge fand in den folgenden Monaten März und April dann aber durchgängig Sickerwasserbildung statt. Dies ist vor allem auf das späte Abschmelzen der Schneedecke und die damit verbundenen Wasserabgaben zurückzuführen. Anfang April war eine nahezu vollständige Aufsättigung des Bodens und damit verbunden eine sehr starke Sickerwasserbildung in

allen Horizonten festzustellen. Im Anschluss ging die Bodenfeuchte, auch bedingt durch die aufkommende Vegetationsentwicklung, bis in den Juni hinein soweit zurück, so dass zuletzt sogar eine Austrocknung des Bodens festzustellen war.

Die beschriebenen Entwicklungen lassen sich mit zeitlicher Verzögerung auch an Hand der 2012 hier gemessenen Grundwasserstände sehr gut nachvollziehen. Nach einem kurzzeitigen Anstieg im Januar sind bis in den März hinein sinkende Grundwasserstände zu verzeichnen. Die Schneeschmelze bewirkt dann ein starkes Ansteigen um fast 5 m, bevor Anfang April die Jahreshöchststände erreicht werden. Weitgehend losgelöst von der Dynamik des Bodenwasserhaushalts sind dann bis zum Jahresende in der Regel fallende Grundwasserstände zu verzeichnen. Die Bodenfeuchte ist in dieser Zeit oberflächennah durch eine Reihe kurzfristiger Wechsel von Sickerwasserbildung und Austrocknung gekennzeichnet. Markant ist dabei vor allem das Saugspannungsmaximum (= stärkste Austrocknung) während der heißesten Tage des Jahres Mitte August. Unabhängig davon fand von Juli bis Oktober in 2 m Tiefe kein vertikaler Wassertransport mehr statt, was als deutlicher Hinweis auf den Wasserbedarf der Vegetation zu sehen ist. Zum Jahresende 2012 wurden dann Grundwasserstände gemessen, die deutlich niedriger als das langjährige Mittel und damit auch unter den entsprechenden Vorjahreswerten lagen.

5 Lawinen

Der Winter 2011/2012 bedeutete für den bayerischen Lawinenwarndienst eine echte Bewährungsprobe. Die Belastung der Lawinenkommissionen bei der Beurteilung der Lawinengefährdung in ihren Zuständigkeitsbereichen erreichte eine Intensität, die mit dem Winter 1998/99, dem Winter der Lawinenkatastrophe in Galtür, vergleichbar war.

Dabei setzte der Winter erst sehr spät, Anfang Dezember, ein. Die umfangreichen Schneefälle bis Weihnachten bescherten den Hochlagen dann einen Anstieg der Gesamtschneehöhe auf bis zu 2 Meter, in mittleren Lagen lagerte sich eine Schneedecke von bis zu einem Meter ab. Die Folge war, dass der warme Boden, bedingt durch den trockensten Herbst seit Aufzeichnungsbeginn des Deutschen Wetterdienstes, direkt von einer dicken, isolierenden Schneedecke abgedeckt wurde. An der Basis der Schneedecke entstanden durch die Bodenwärme nasse Schmierschichten, die den ganzen Winter über auf steilen, glatten Hängen das Gleiten der Schneedecke förderten. In Folge war der Winter 2011/12 geprägt von einem umfangreichen Aufkommen von Gleitschneelawinen. Das sind Lawinen, die direkt an der Bodenoberfläche abrutschen, bei entsprechender Schneelage große Umfänge und Reichweiten erreichen können und vom Lawinenwarndienst nur schwer prognostizierbar sind (Abb. 41).



Abb. 41:
Gleitschneelawinen an
steilem Wiesenhang in
den Allgäuer Alpen
Rath Kristian

Starke Schneefälle führten bereits Mitte Januar in allen Höhenlagen zu den Schneehöhenmaxima des Winters 2011/12. In der Regel werden die Maxima der Schneehöhe in höheren Lagen im März erreicht. An den automatischen Messstationen des Bayerischen Lawinenwarndienstes wurden im Bereich der 14- bis 18-jährigen Messreihen neue Höchstwerte der Gesamtschneehöhe registriert, die im Mittel 100 bis 150cm über den bisherigen Maxima lagen (Beispiel: Zugspitzplatt 2250 m ü. NN bisher 270 cm, jetzt 392 cm maximale Gesamtschneehöhe; Brauneck 1485 m ü. NN bisher 170 cm, jetzt 260 cm maximale Gesamtschneehöhe).

Die Gefährdungssituation durch Lawinen im bayerischen Alpenraum Winter 2011/12 lässt sich wie folgt charakterisieren:

Starkschneefälle vor Weihnachten mit über 1 Meter Neuschnee in drei Tagen verursachte vor allem im Landkreis Oberallgäu große Lawinengefahr (=Gefahrenstufe 4 der 5-teiligen europäischen Gefahrenskala), die zu kurzzeitigen Sperrungen exponierter Wanderwege und Gemeindestraßen führte. Hochreichender Regen brachte dann eine intensive Setzung des Neuschneepaktes und verbunden mit starker Abkühlung einen schnellen Rückgang der Lawinengefahr.

Anfang Januar führten starke Schneefälle zu einem Anstieg der Gesamtschneehöhe von ungefähr 1 Meter. Stürmischer Nordwestwind verfrachtete den Neuschnee umfangreich, aus eingewehten Einzugsgebieten drohten weitreichende Großlawinen. Vor allem in den Landkreisen Oberallgäu und Garmisch-Partenkirchen mussten die Sicherheitsbehörden einschneidende Straßensperrungen verfügen. Eine große Zahl dokumentierter Selbstaumlösungen von großen Lawinen bestätigten diese Sicherheitsvorkehrungen.

Die extreme Kälte in der ersten Februarhälfte setzte in der mächtigen Schneedecke umfangreiche Umwandlungsprozesse hin zu kantigen, zuckerartigen Schneekristallen in Gang, die als potentielle Schwachschichten im Schnee in Frage kommen. An der Schneeoberfläche bildete sich leicht störrischer Oberflächenreif. Starker Wind bildete in den Hochlagen labile Triebsschneeansammlungen, die am 08. Februar am Hochkalter (2600 m) in den Berchtesgadener Alpen zu einem tödlich verlaufenden, skitouristischen Unfall führten. (Näheres unter www.lawinenwarndienst.bayern.de in der Rubrik Lawinenunfälle).

Kurz vor dem Faschingswochenende im Februar fielen bei stürmischem Wind um die 60 cm Neuschnee, die auf dem störrischen Oberflächenreif zu liegen kamen und im gesamten bayerischen Alpenraum zu großer Lawinengefahr führten. Im Landkreis Garmisch-Partenkirchen brach am Faschingswochenende durch die notwendige Sperrung der Bundesstraße B2 bei Mittenwald/Scharnitz und der Gemeindestraße bei Leutasch im Großraum Mittenwald der Verkehr zusammen, es kam zu langanhaltenden Stauungen und Verkehrsbehinderungen. Im Landkreis Miesbach wurde am 15. Februar die gesperrte Spitzingstraße massiv verschüttet. (Abb. 42)



Abb. 42:
Lawinenablagerung auf
der Spitzingstraße
Alkhofer Walter

Am 18. Februar zerstörte eine bisher nicht für möglich gehaltene Staublawine die automatische Messstation Markklamm des bayerischen Lawinenwarndienstes, ein weiteres Staublawinenereignis aus dem Anrissgebiet der Markklamm Lawine verschüttete die gesperrte Bundesstraße B2 bei Mittenwald.

Im März verursachten sehr milde Temperaturen und sonniges Wetter eine schnelle Durchfeuchtung der mächtigen Schneedecken. Zuerst lösten sich die nassen Schneeschichten in Form oberflächlicher Lockerschnee- und Schneebrettlawinen. Mit der Durchfeuchtung des Schnees bis zum Boden gingen

mit Schwerpunkt im Oberallgäu auch große nasse Gleitschneelawinen ab. Gefährdungen von Infrastruktureinrichtungen traten jedoch nicht mehr auf. Im März bestanden hervorragende Skitourenbedingungen, mit ausreichender Schneelage bis in die Täler und idealen Firnverhältnissen.

Rückblickend lässt sich sagen, dass trotz der schwierigen Wetter- und Lawinensituationen im Winter 2011/12 der bayerische Lawinenwarndienst durch den unermüdlichen Einsatz seiner ehrenamtlichen Lawinenkommissionen in seinem Zuständigkeitsbereich Gefährdungen von Leib und Leben erfolgreich verhindern konnte.

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

6 Zusammenfassung

- Das Jahr 2012 war im langjährigen Vergleich (1961/90) deutlich zu warm und etwas zu trocken. Die Jahresmitteltemperatur betrug 8,6 °C und lag damit um 1,1 Grad über dem 30-jährigen Mittel. Der Jahresniederschlag von Bayern erreichte 927 mm, das entspricht einem Niederschlagsdefizit von 1,5 % zum Referenzwert (Mittel 1961-1990).
- Das Jahr 2012 begann in ganz Bayern deutlich zu nass und führte dazu, dass die mittleren monatlichen Abflüsse deutlich überschritten wurden. Von Februar bis Mai wurden geringere Abflüsse erfasst als im jeweiligen Monatsmittel üblich, wobei bedingt durch die geringen Niederschläge in Verbindung mit Dauerfrost insbesondere der Februar an den südlichen Zuflüssen zur Donau abflussarm war. Dort wo aber die Kälteperiode zur Eisbildung an Fließgewässern führte, kam es auch durch Verengung des Querschnitts zu lokalen Ausuferungen und Überflutungen. Außergewöhnlich niedrige Abflüsse mit neuen Extremwerten wurden jedoch nicht gemessen. In den Monaten August bis Oktober stellten sich unterbrochen durch Niederschlagsereignisse häufiger Niedrigwasserabflüsse in der Größenordnung des mittleren jährlichen Niedrigwassers ein. Im Dezember stiegen die Abflussganglinien wieder an, am Jahresende lagen alle Abflüsse sogar deutlich über dem langjährigen Mittel.
- An den Messstationen Main, Kahl und Donau, Bittenbrunn steigt die Wassertemperatur bedingt durch Dauerfrost erst Ende Februar kontinuierlich an. Eine verstärkte Biomasseentwicklung in April und Mai sowie das Ausbleiben von Einträgen aus der Fläche aufgrund mangelnder Niederschläge führt dazu, dass 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. An der Donau weist der Sauerstoffgehalt einen typischen abnehmenden Trend bis Mitte September auf. Extreme hohe Wassertemperaturen wurden in 2012 nicht beobachtet. Für den bayerischen, staugeregelten Main trat der mit gewässerökologischer Ausrichtung erste und aktuellste Alarmplan dieser Art für ein europäisches Gewässer am 30.11.2012 in Kraft. Der „Alarmplan für den bayerischen, staugeregelten Main – Gewässerökologie“ ist auf wetterbedingte Extremsituationen ausgerichtet und beschreibt Einsätze und Maßnahmen, um gewässerökologisch kritische Situationen zu entschärfen.
- Am Beispiel des Simssees werden Ergebnisse aus den Jahren 2006 bis 2012 dargestellt. In diesen Jahren wurde der See nach den neuen für die WRRL entwickelten Methoden dreimal untersucht. Die ökologische Bewertung für das Phytoplankton war in allen Jahren gut, allerdings mit stetig sinkender Tendenz in Richtung mäßig. Im Jahr 2012 war die Bewertung knapp an der Grenze zu mäßig. Auch die Bewertung der substratgebundenen Wasserpflanzen und Algen führte im Jahr 2012 zu einer schlechteren Einschätzung als 2009. Eine mögliche Begründung kann in einer Entschlammungsmaßnahme im Ablauf des Sees liegen, die im Jahr 2012 zu einer veränderten Wasserstandsdynamik geführt hat, mit eventuellen Auswirkungen auf Pflanzenbeständen empfindlicher Arten sowie auf die sehr schnell auf Veränderungen reagierenden Phytobenthos-Kieselalgen.
- Bezogen auf die Situation im Grundwasser war 2012 ein eher durchschnittliches Jahr. Die Grundwasserstände der oberflächennahen Grundwasserleiter, z. B. in den Flusstälern, zeigten deutliche Reaktionen auf einzelne markante Ereignisse. Hervorzuheben sind die hohen Niederschläge und damit einhergehende Grundwasserneubildung im Januar und Dezember. Tiefere Grundwasserleiter zeichnen sich durch eine stark verzögerte Reaktion und einen gleichmäßigeren Jahrgang aus. Hinsichtlich der Grundwasserbeschaffenheit wurden ebenfalls keine besonderen Auffälligkeiten festgestellt.

- Der Winter 2011/2012 bedeutete für den bayerischen Lawinenwarndienst eine echte Bewährungsprobe. Dabei setzte der Winter erst sehr spät, Anfang Dezember, ein. Die umfangreichen Schneefälle bis Weihnachten bescherten den Hochlagen dann einen Anstieg der Gesamtschneehöhe auf bis zu 2 Meter. Die Folge war, dass der warme Boden, bedingt durch den trockensten Herbst seit Aufzeichnungsbeginn des Deutschen Wetterdienstes, direkt von einer dicken, isolierenden Schneedecke abgedeckt wurde. An der Basis der Schneedecke entstanden durch die Bodenwärme nasse Schmierschichten, die den ganzen Winter über auf steilen, glatten Hängen das Gleiten der Schneedecke förderten. In Folge war der Winter 2011/12 geprägt von einem umfangreichen Aufkommen von Gleitschneelawinen. Das sind Lawinen, die direkt an der Bodenoberfläche abrutschen, bei entsprechender Schneelage große Umfänge und Reichweiten erreichen können und vom Lawinenwarndienst nur schwer prognostizierbar sind. Trotz der schwierigen Wetter- und Lawinensituationen im Winter 2011/12 konnte der bayerische Lawinenwarndienst durch den unermüdlichen Einsatz seiner ehrenamtlichen Lawinenkommissionen in seinem Zuständigkeitsbereich Gefährdungen von Leib und Leben erfolgreich verhindern.

7 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Lufttemperaturverhältnisse in Bayern (Abweichung der Monatsmittel in 2012 vom Mittelwert der Periode 1961/90)	4
Abb. 2:	Niederschlagsverhältnisse in Bayern (Abweichung der Monatssummen in 2012 vom Mittelwert der Periode 1961/90)	5
Abb. 3:	Niederschläge hN und Schneehöhen hS der Ombrometerstation Hammelburg	6
Abb. 4:	Niederschläge hN und Schneehöhen hS der Ombrometerstation Utting-Achselschwang	8
Abb. 5:	Jahresniederschläge ausgewählter Ombrometerstationen	11
Abb. 6:	Abflussentwicklung Kemmern / Main im Berichtsjahr 2012	12
Abb. 7:	Abfluss Kemmern / Main – Vergleich des aktuellen und langjährigen Monatsmittelwertes	13
Abb. 8:	Abflussentwicklung Kelheim / Donau im Berichtsjahr 2012	13
Abb. 9:	Abfluss Kelheim / Donau – Vergleich des aktuellen und langjährigen Monatsmittelwertes	14
Abb. 10:	Trinkwassertalsperre Mauthaus im Februar 2012	14
Abb. 11:	Wasserstandsentwicklung Buchwinkel / Waginger See im Januar bis Mai 2012	15
Abb. 12:	Wasserstandsentwicklung St. Quirin / Tegernsee im Mai bis August 2012	15
Abb. 13:	Wasserstandsentwicklung Stock / Chiemsee im August bis Dezember 2012	16
Abb. 14:	Wasserstandsentwicklung Starnberg / Starnberger See im Berichtsjahr 2012	16
Abb. 15:	Wasserstand Starnberg / Starnberger See - Vergleich des aktuellen und langjährigen Monatsmittelwertes	16
Abb. 16:	Das Hochwassergeschehen im Jahr 2012 mit typischen Winterhochwassern im Januar und Dezember spiegelt sich in der Wasserstandsganglinie am Pegel Würzburg/Main wider. Würde man die entsprechende Grafik für den Pegel Schwabelweis/Donau darstellen, sähe diese sehr ähnlich aus.	17
Abb. 17:	Abflussganglinie (Rohdaten) im Januar 2012 am Pegel Pettstadt/ Regnitz mit zwei Hochwasserwellen	17
Abb. 18:	Wasserstandsganglinie am Pegel Vilshofen/Donau vom 4. bis 20. Februar 2012. Durch Eisstau stieg der Wasserstand am 14. Februar in Meldestufe 3 bis knapp unter Meldestufe 4 an.	18
Abb. 19:	Drei ausgeprägte Hochwasserwellen im Zeitraum 14.12.2012 – 8.1.2013 am Pegel Kemmern/Main, typisch für weite Bereiche nördlich der Donau.	19
Abb. 20:	Abflussganglinie (Rohdaten) am Pegel Wendelstein/Schwarzach für den Zeitraum 14.12.2012 – 8.1.2013	20

Abb. 21: Überblick über die während der Hochwasserperiode vom 14. bis zum 31. Dezember 2012 aufgetretenen (vorläufig abgeschätzten) Jährlichkeiten der Abflüsse in Bayern.	20
Abb. 22: Ablaufschema Bewertung des ökologischen Zustandes nach EG-Wasserrahmenrichtlinie (aus Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz, Baden-Württemberg; 2011 unveröffentlicht)	22
Abb. 23: Sauerstoff und Wassertemperatur an der automatischen Messstation Kahl am Main	24
Abb. 24: Konzentrationsverlauf von Orthophosphat-Phosphor an der Messstelle Kahl am Main als Monatsmittel für das Jahr 2012 im Vergleich zum langjährigen Mittel der Jahre 2000-2011	24
Abb. 25: Sauerstoff und Wassertemperatur an der automatischen Messstation Donau, Ingolstadt	25
Abb. 26: Konzentrationsverlauf von Orthophosphat-Phosphor an der Messstelle Donau, Bittenbrunn als Monatsmittel für das Jahr 2012 im Vergleich zum langjährigen Mittel der Jahre 2000-2011.	26
Abb. 27: Volumengewichtete Mittelwerte für Gesamt-Phosphor im Vergleich mit Sichttiefen und Chlorophyll a am Simssee 2012	28
Abb. 28: Simssee 2006 bis 2012 – Entwicklung des Biovolumens der vorkommenden Algenklassen	29
Abb. 29: Simssee – Bewertung gemäß Wasserrahmenrichtlinie für 2006	30
Abb. 30: Simssee – Bewertung gemäß Wasserrahmenrichtlinie für 2009	30
Abb. 31: Simssee – Bewertung gemäß Wasserrahmenrichtlinie für 2012	31
Abb. 32: Verlauf der Grundwasserstände im Niederterrassenschotter der Münchener Schotterebene (Messstelle Eching 275D, beobachtet seit 1939) - HHW: 465,59 m ü. NN, MW: 463,82 m ü. NN, NNW: 462,68 m ü. NN	33
Abb. 33: Verlauf der Grundwasserstände im Quartär (Messstelle Frühlingslust, beobachtet seit 1938) - HHW: 116,34 m ü. NN; MW: 113,84 m ü. NN; NNW: 112,73 m ü. NN	33
Abb. 34: Verlauf der Grundwasserstände im Quartär (Messstelle Kirchehrenbach 6, beobachtet seit 1997) - HHW: 275,04 m ü. NN; MW: 272,61 m ü. NN; NNW: 271,97 m ü. NN	34
Abb. 35: Verlauf der Grundwasserstände der Oberen Süßwassermolasse des Tertiärs (Messstelle Niederroth T 7f, beobachtet seit 2001) - HHW: 475,19 m ü. NN, MW: 474,58 m ü. NN, NNW: 474,07 m ü. NN	34
Abb. 36: 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	35
Abb. 37: Verlauf der Grundwasserstände im Muschelkalk (Messstelle Rothof, beobachtet seit 1998) - HHW: 186,68 m ü. NN, MW: 181,55 m ü. NN, NNW: 178,43 m ü. NN	36

Abb. 38: Verlauf der Grundwasserstände im Buntsandstein (Messstelle Kothen S5, beobachtet seit 2001) - HHW: 406,78 m ü. NN, MW : 403,20 m ü. NN, NNW: 401,24 m ü. NN	36
Abb. 39: Entwicklung der Nitratkonzentration im Grundwasser 1991-2012 (Anteil Messstellen in %)	37
Abb. 40: Jahresverlauf 2012 von Bodenfeuchte, Sickerwasserbildung und Grundwasserstand am Messstandort „Bayerischer Wald“	38
Abb. 41: Gleitschneelawinen an steilem Wiesenhang in den Allgäuer Alpen	40
Abb. 42: Lawinenablagerung auf der Spitzingstraße	41

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), Kristian Rath (Abb. 41, Gleit-
schneelawinen), Walter Alkhofer (Abb. 42 Lawinen-
ablagerung)

Stand:
07/2013

