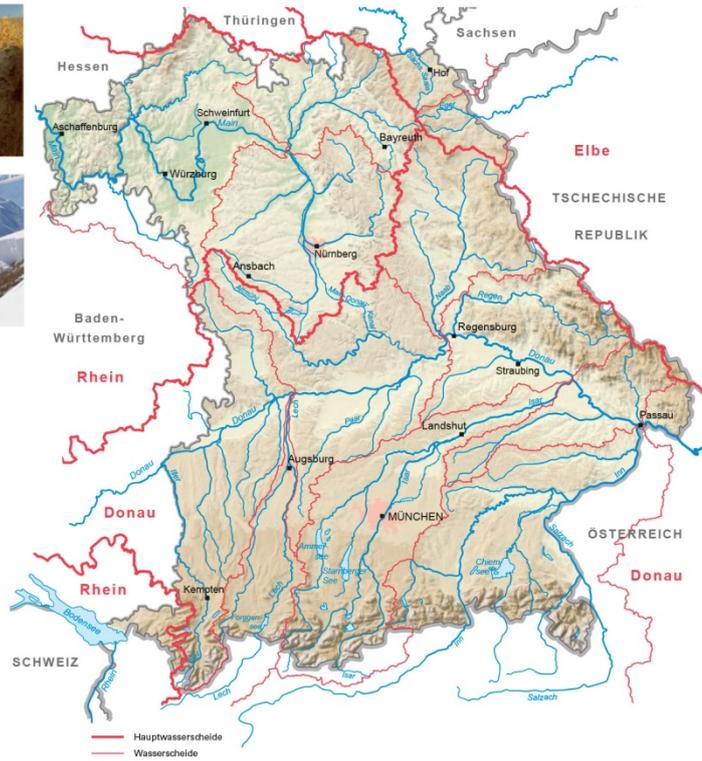


Gewässerkundlicher Jahresbericht



2014



Inhaltsverzeichnis

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	7
3	Fließgewässer und Seen	13
3.1	Abflüsse von Fließgewässern	13
3.1.1	Nordbayern	13
3.1.2	Südbayern	14
3.2	Wasserstände an Seen	15
3.3	Hochwasser	17
3.3.1	Hochwasser vom 30. Juli bis 4. August	17
3.3.2	Hochwasser 21.–25.Oktober	19
3.3.3	Kleinere Hochwasser-Ereignisse	19
3.3.4	Weitere Informationen	19
3.4	Wasserspeicher	19
3.5	Gewässerqualität	20
3.5.1	Qualität der Fließgewässer	20
3.5.2	Qualität der Seen	22
4	Grund- und Bodenwasser	27
4.1	Grundwasserstände	27
4.2	Quellschüttung	30
4.3	Grundwasserbeschaffenheit	31
4.4	Bodenwasser	32
5	Sonderthema: 25 Jahre Versauerungsmonitoring in Bayern – Entwicklungen, Trends und Perspektiven	35
5.1	Wie entstand Versauerung?	35
5.2	Seit wann wird gemessen, wie wird erfasst?	35
5.3	Gegenwärtiger Stand der Versauerung	36
5.3.1	Entwicklung der Stoffeinträge (Deposition)	36
5.3.2	Entwicklung der Versauerung im Bodenwasser	37
5.3.3	Entwicklung der Versauerung im Grundwasser	37
5.3.4	Entwicklung der Versauerung in Oberflächengewässern	37
5.3.5	Auch biologische Zeiger belegen eine Erholung der Oberflächengewässer	38
5.4	Symposium „25 Jahre Versauerungsmonitoring in Bayern“	39
5.5	Ist Versauerung auch in Zukunft ein Thema?	40
6	Zusammenfassung	41

1 Vorwort

Der Gewässerkundliche Jahresbericht 2014 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 abzuschätzen 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 EG-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 2014 sind in diesem Bericht zusammengestellt. Zudem enthält der diesjährige Bericht einen Sonderteil zum Thema „25 Jahre Versauerungsmonitoring in Bayern – Entwicklungen, Trends und Perspektiven“.

2 Witterung

2.1 Regionaler Überblick

In der Gesamtbilanz war das Jahr 2014 zu trocken und **markant zu warm**. So betrug die Jahresmitteltemperatur für Bayern 9,6 °C und lag um 1,5 Grad über dem 30-jährigen Mittel der Jahre 1981 bis 2010. Damit war das Jahr 2014 das wärmste Jahr in der gesamten Beobachtungsreihe seit 1881. Der Jahresniederschlag 2014 summierte sich für Bayern auf 822 mm und liegt um 15 % unter dem langjährigen Referenzwert (Mittel 1981–2010).

Im Witterungsverlauf lassen sich folgende bemerkenswerte Ereignisse hervorheben:

- Am Jahresanfang (Januar bis April) waren vier Monate in Folge deutlich zu warm, zu trocken und es gab kaum Schnee.
- Im Februar gelangte mit einer kräftigen südlichen Höhenströmung viel Saharastaub nach Bayern.
- Der **März fiel in Nordbayern markant zu trocken** aus.
- Ende Mai verursachten ergiebige Regenfälle ein leichtes Hochwasser im nördlichen Bayern.
- Durch eine Hitzewelle über die Pfingsttage und eine folgende lange Trockenperiode blieb der Juni deutlich zu trocken.
- Ende Juli führten intensive Starkniederschläge zu einem Hochwasser an den südlichen Donauzuflüssen und an der Donau.
- Im letzten Oktoberdrittel verursachte ein ehemaliger Hurrikan („ex-Gonzalo“) Sturmschäden, Dauerregen im Flachland, Schnee in den Alpen und Hochwasser.
- Zum Jahresende traten starke Schneefälle auf.

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

2.1.1 Nördlich der Donau

Im langjährigen Vergleich (Mittel 1981 bis 2010) fielen 10 Monate des Jahres 2014 zu warm aus und nur der Mai und August blieb statistisch zu kalt. Als deutlich zu warm (Abweichung vom Mittel größer oder gleich 2,1 Grad) erwiesen sich die Monate Januar bis einschließlich April sowie der Oktober (Abb. 1).

In den Monaten Januar und Februar wurden in den tieferen Lagen nur sehr wenige Eistage (Tage mit Höchsttemperaturen unter 0° C) registriert (z.B. Hof: 10 Eistage, 14 Tage weniger als im langjährigen Mittel). Die tiefste Temperatur des ausgehenden Winters wurde am 25. Januar gemessen (z.B. Hof: –10,1 °C). Die milde Witterung dominierte auch in den Monaten März und April und es wurden keine Eistage mehr verzeichnet. Frühlingsmild wurde es im letzten Maidrittel als eine Südlage subtropische Luft nach Bayern lenkte. In Nordbayern traten 2 bis 4 Sommertage (Tage mit Höchsttemperaturen größer oder gleich 25 °C) auf. Am 22.5. wurde örtlich der erste heiße Tag des Jahres (Tag mit Höchsttemperatur größer oder gleich 30 °C) beobachtet (z.B. Nürnberg: 31,0 °C am 22.5.). Weitere heiße Tage brachte eine Hitzeperiode über die Pfingsttage. Dabei war der 9. Juni der heißeste Tag des Jahres (z.B. Bamberg: 35,5 °C am 9.6.). Insgesamt wurden im Juni zwischen 4 bis 10 Sommertagen (3 bis 4 heiße Tage) registriert. Bei dem wechselhaften Wetter im Juli wurden überdurchschnittlich viele Sommertage gezählt (13 bis 22 Sommertage und dabei 2 bis 5 heiße Tage), wobei länger andauernde Wärmeperioden ausblieben. Der August blieb insgesamt zu kühl und nur im ersten Monatsdrittel herrschte eine sommerliche Witterung (2 bis 8 Sommertage und dabei 0 bis 2 heiße Tage). Im Folgemonat September

wurden zeitweise noch spätsommerliche Temperaturen erreicht (0 bis 4 Sommertage), es gab aber auch schon einen Kaltlufteinbruch am 24.9. (z.B. Nürnberg: Tagestiefsttemperatur 2,1 °C am 24.9.). Bei südlicher Luftmassenzufuhr wurde Anfang Oktober nochmal ein Sommertag registriert (z.B. Bamberg: 25,9 °C am 9.10.). Im letzten Monatsdrittel lenkte ein Sturmtief Kaltluft nach Bayern, örtlich gab es den ersten Frosttag (z.B. Bamberg: Tagestiefsttemperatur: -0,8 °C am 28.10.). Auch im November sorgten häufige Südlagen für eine insgesamt zu milde Witterung. So wurden am Monatsanfang nochmal Temperaturen über 16 °C verzeichnet (z.B. Bamberg: Tageshöchsttemperatur 18,7 °C am 3.11.). Die Anzahl der Frosttage (4 bis 8) war gering und es traten keine Eistage auf. Zum Monatsende blieben die Temperaturen bei verbreitet neblig-trübem Hochdruckwetter deutlich unter 10 °C. Der Dezember begann mit mildem, neblig-trübem Hochdruckwetter. Ab dem zweiten Weihnachtsfeiertag gelangte Polarluft nach Bayern und führte zu einem Wintereinbruch. Der kälteste Tag des Jahres wurde am 29. Dezember registriert (z.B. Bamberg: Tagestiefsttemperatur: -11,4 °C am 29.12.). Die Anzahl der Eistage im Dezember variierte zwischen 2 und 7 und lag unter dem langjährigen Mittel.

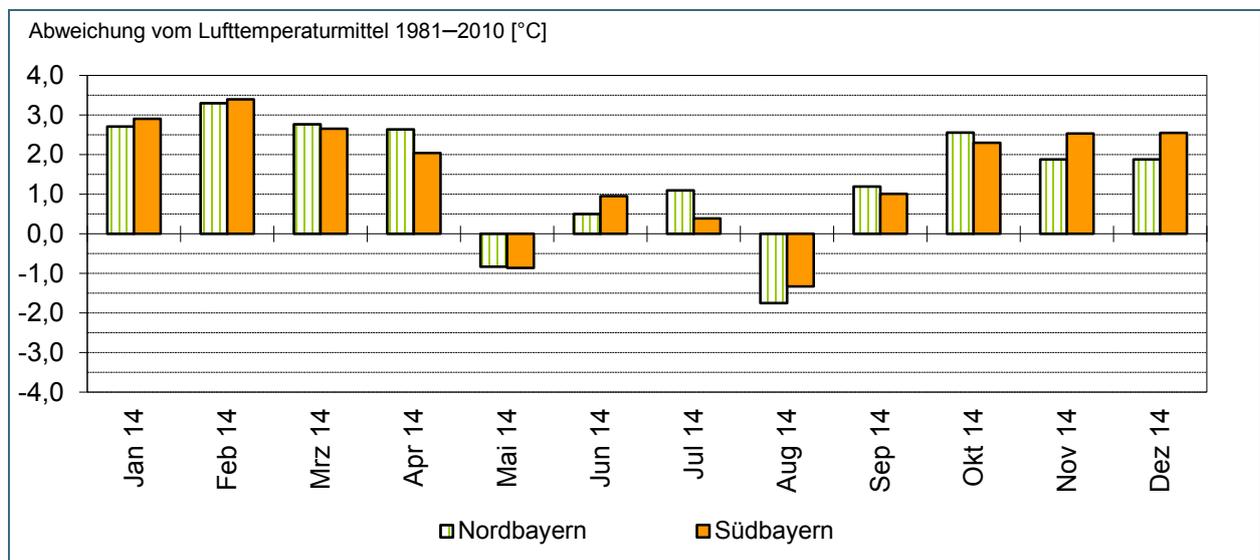


Abb. 1: Lufttemperaturverhältnisse in Bayern (Abweichung der Monatsmittel in 2014 vom Mittelwert der Periode 1981–2010)

Neun von zwölf Monaten blieben vergleichsweise zu trocken. Dabei war der **März markant zu trocken** und der Februar, Juni sowie November deutlich zu trocken. Im langjährigen Vergleich zu nass waren der Mai und die Sommermonate Juli sowie August.

Nordbayern wies im Kalenderjahr 2014 eine Gebietsniederschlagshöhe von 687 mm auf und erreichte damit 82 % der Referenzperiode 1981/2010 (Maingebiet: 677 mm, 85 % vom Mittel).

2.1.2 Südlich der Donau

Im langjährigen Vergleich (Mittel 1981–2000) fielen 10 Monate des Jahres 2014 zu warm aus. Alle Monate am Jahresanfang, Januar bis März, sowie zum Jahresende, Oktober bis Dezember, waren jeweils deutlich zu warm. Nur der Mai und August blieben statistisch zu kalt. Die Lufttemperaturmittel der restlichen Monate April, Juni, Juli und September lagen über dem 30-jährigen Mittel (Abb. 1).

In den Monaten Januar und Februar wurden in den tieferen Lagen fast keine Eistage registriert (z.B. Augsburg nur 2 Eistage im Januar, 16 Tage weniger als im langjährigen Mittel). Die tiefste Temperatur des ausgehenden Winters wurde am 29. Januar gemessen (z.B. Oberstdorf: -16,3 °C am 25.1.). Die milde Witterung dominierte auch in den Monaten März und April, es wurden keine Eistage mehr in den tiefen Lagen verzeichnet. Fröhsommerlich warm wurde es im letzten Maidrittel als eine Südlage subtro-

pische Luft nach Bayern lenkte. In Südbayern traten 2 bis 4 Sommertage auf. Am 22.5. wurde örtlich der erste heiße Tag des Jahres beobachtet (z.B. München-Stadt: 30,8 °C am 22.5.). Weitere heiße Tage brachte eine Hitzeperiode über die Pfingsttage. Dabei war der 9. Juni der heißeste Tag des Jahres (z.B. München-Stadt: 33,9 °C am 9.6.) und insgesamt wurden im Juni zwischen 8 bis 14 Sommertage (3 bis 4 heiße Tage) registriert. Bei dem wechselhaften Wetter im Juli wurden überdurchschnittlich viele Sommertage gezählt (13 bis 24 Sommertage und dabei 2 bis 4 heiße Tage), wobei länger andauernde Wärmeperioden ausblieben. Der August blieb insgesamt zu kühl, nur im ersten Monatsdrittel herrschte eine sommerliche Witterung (5 bis 10 Sommertage und dabei 0 bis 2 heiße Tage). Im Folgemonat September wurden zeitweise noch spätsommerliche Temperaturen erreicht (0 bis 5 Sommertage), es gab aber auch schon einen Kaltlufteinbruch mit Frost am 24.9. (z.B. München-Stadt: Tagestiefsttemperatur –0,1 °C am 24.9.). Bei südlicher Luftmassenzufuhr wurde Anfang Oktober nochmal ein Sommertag registriert (z.B. München-Stadt: 27,0 °C am 9.10.). Im letzten Monatsdrittel lenkte ein Sturmtief Kaltluft nach Bayern, in den Alpen schneite es (z.B. Oberstdorf: Tagestiefsttemperatur –3,5 °C am 25.10.). Auch im November sorgten häufige Südlagen für eine insgesamt zu milde Witterung. So wurden am Monatsanfang, bei Föhnneinfluss, Temperaturen über 20 °C verzeichnet (z.B. München-Stadt: Tageshöchsttemperatur 22,9 °C am 4.11.). Die Anzahl der Frosttage in den tiefen Lagen (3 bis 5) war gering, es traten keine Eistage auf. Zum Monatsende blieben die Temperaturen bei verbreitet neblig-trübem Hochdruckwetter deutlich unter 12 °C. Der Dezember begann mit mildem, neblig-trübem Hochdruckwetter. Ab dem zweiten Weihnachtsfeiertag gelangte Polarluft nach Bayern und führte zu einem Wintereinbruch. Der kälteste Tag des Jahres wurde am 29. Dezember registriert (z.B. Oberstdorf: Tagestiefsttemperatur: –18,7 °C am 29.12.). Die Anzahl der Eistage im Dezember variierte zwischen 2 und 5 und lag unter dem langjährigen Mittel.

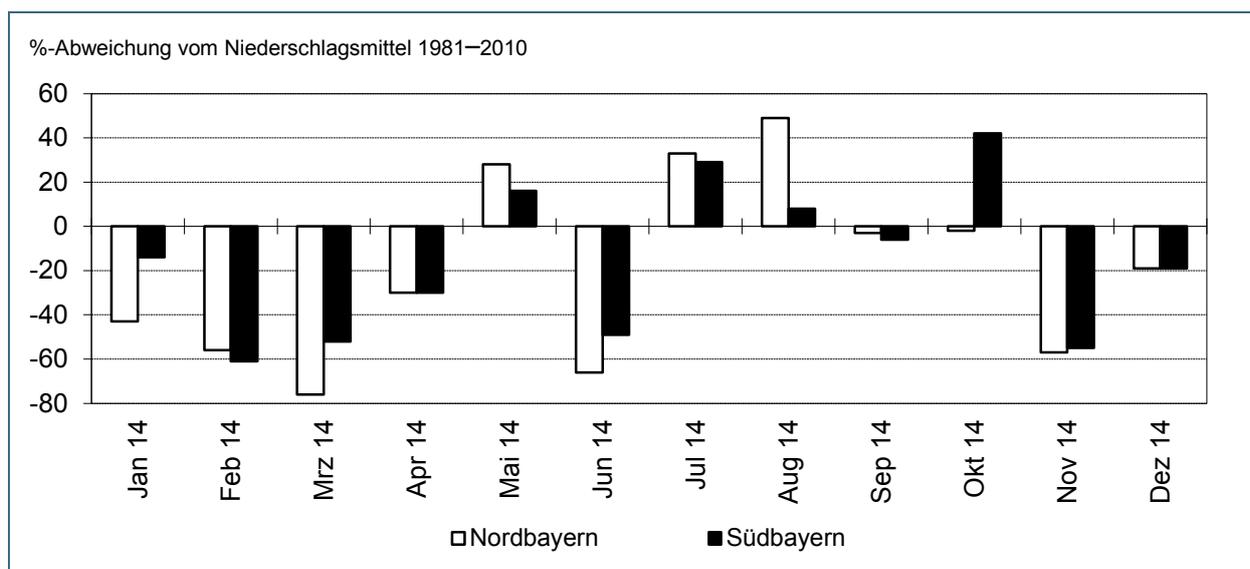


Abb. 2: Niederschlagsverhältnisse in Bayern (Abweichung der Monatssummen in 2014 vom Mittelwert der Periode 1981–2010)

In Südbayern waren acht Monate des Jahres im langjährigen Vergleich (Mittel 1981 bis 2010) zu trocken. Dabei sind vor allem die vier aufeinanderfolgenden, zu trockenen Monate am Jahresbeginn hervorzuheben. Zu nass fielen nur Mai, Juli, August und Oktober aus. Deutlich zu trocken blieben der Februar, März und November (Abb. 2). Insgesamt fielen mit 985 mm Niederschlag 12 % weniger als im 30-jährigen Mittel.

Der Jahresniederschlag im gesamten Donaeinzugsgebiet bis zur bayerischen Grenze summierte sich auf 869 mm und erreichte damit 87 % vom Mittelwert der Reihe 1981–2010.

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 2014.

Im Folgenden werden die Niederschlagsverhältnisse des Jahres 2014 monatsweise erläutert und außergewöhnliche Ereignisse näher beschrieben.

Der Januar fiel in Nord- und Südbayern im langjährigen Vergleich zu trocken aus, wobei in Südbayern zwischen 8 bis 15 Niederschlagstage auftraten (Nordbayern: 7 bis 12). Starkniederschläge mit Tageswerten über 25 mm wurden nicht beobachtet. In der ersten Monatshälfte sorgten Südwest- und Westlagen für eine milde Luftmassenzufuhr, zeitweise wurden atlantische (Sturm-)Tiefausläufer nach Bayern gelenkt, die meist nur schwache Regenfälle verursachten. Vom 16. bis zum 29.1. etablierte sich über Bayern eine quasi stationäre Luftmassengrenze zwischen hoch reichenden Tiefdrucksystemen über dem Ostatlantik und hohem Luftdruck über Osteuropa. In der Zeit vom 23. bis zum 27.1. fielen dabei bayernweit flächige Niederschläge, bei Kaltluftzufuhr kam es am 26.1. zu Schneefällen (z.B. Schneehöhe am 26.1.: Oberstdorf 11 cm und Nürnberg 4 cm). Bei der Südlage am Monatsende blieb es niederschlagsfrei. Die Monatszahl der Schneetage in den tieferen Lagen reichte von 2 (z.B. Würzburg) und 7 (z.B. Passau) bis 10 (z.B. Oberstdorf).

Anfang Februar wurden in den tiefen Lagen die einzigen Schneetage des Monats registriert (Anzahl der Schneetage, z.B. Passau: 2 und Oberstdorf: 8). Die Schneehöhen waren gering (z.B. Passau: 4 cm am 1., Oberstdorf: 7 cm am 3.2.). An den ersten beiden Tagen des Monats wurden die Ausläufer des schottischen Sturmtiefs „Nadja“ in Bayern wetterwirksam, wobei die Tagesniederschläge unter 5 mm blieben. Anschließend gelangten bei südlicher, südwestlicher und westlicher Strömung vorwiegend milde Luftmassen nach Deutschland. Wiederholt streiften atlantische Tiefausläufer Bayern. Die Niederschlagsmengen waren gering und es wurden keine Tageswerte über 25 mm registriert. In Teilen von Oberbayern, Niederbayern und der Oberpfalz entstand sogar eine 12-tägige Trockenperiode (3. bis 14.2.). Auch die Zeit vom 23. bis zum 25.2. blieb unter Hochdruckeinfluss niederschlagsfrei. Im langjährigen Vergleich war der Februar in Nord- und Südbayern deutlich zu trocken. Die Niederschlagssumme des Winters (Dezember 2013 bis Februar 2014) erreichte nur die Hälfte des langjährigen Mittels (1981–2010).

Im März setzte sich die deutlich zu milde Witterung fort, in der ersten Monatshälfte dominierte trockenes Hochdruckwetter. Zwischenzeitlich streiften einzelne Tiefausläufer Bayern, wurden aber nur schwach wetterwirksam. Dadurch entstand in Niederbayern, im nördlichen Oberbayern, in Mittelfranken und in der Oberpfalz eine 14-tägige Trockenperiode. Vom 15. bis 19. erreichten atlantische Tiefausläufer in einer nordwestlichen bis westlichen Strömung Bayern. Stärkere Regenfälle traten aber nur am 25.3. im Bereich der Chiemgauer Alpen auf (Aschau-Stein/Lkr. Rosenheim: 29 mm am 15.3.), als die Kaltfront des Ostseesturmtiefs „Ev“ auf die Alpen traf. Anschließend folgte ein Kaltlufteinbruch. In der Zeit vom 22. bis zum 25.3. verlagerte sich das Genuatief „Ilse“ über Norditalien nach Polen. Dabei kam es zu Stauniederschlägen und es schneite an den Alpen. Die Niederschlagsmengen summierten sich auf 20 bis 40 mm in Alpennähe (Tagesniederschläge am 23.3.: Balderschwang/Lkr. Oberallgäu 30 mm, Lenggries-Sylvensteinspeicher/Lkr. Bad Tölz-Wolfratshausen 42 mm und Samerberg-Geisenkam/Lkr. Rosenheim 39 mm). Durch diese Neuschneefälle entstanden am 24.3. die größten Schneehöhen des Monats (Schneehöhen am 24.: Balderschwang 42 cm, Lenggries-Sylvensteinspeicher 39 cm und Samerberg-Geisenkam 28 cm). Zum Monatsende herrschte eine südliche Strömung, bei Hochdruckeinfluss blieb es trocken. Im langjährigen Vergleich war der März in Nordbayern markant zu trocken und südlich der Donau deutlich zu trocken. Schneetage traten nur in Alpennähe auf (Anzahl der Schneetage: z.B. Oberstdorf: 4).

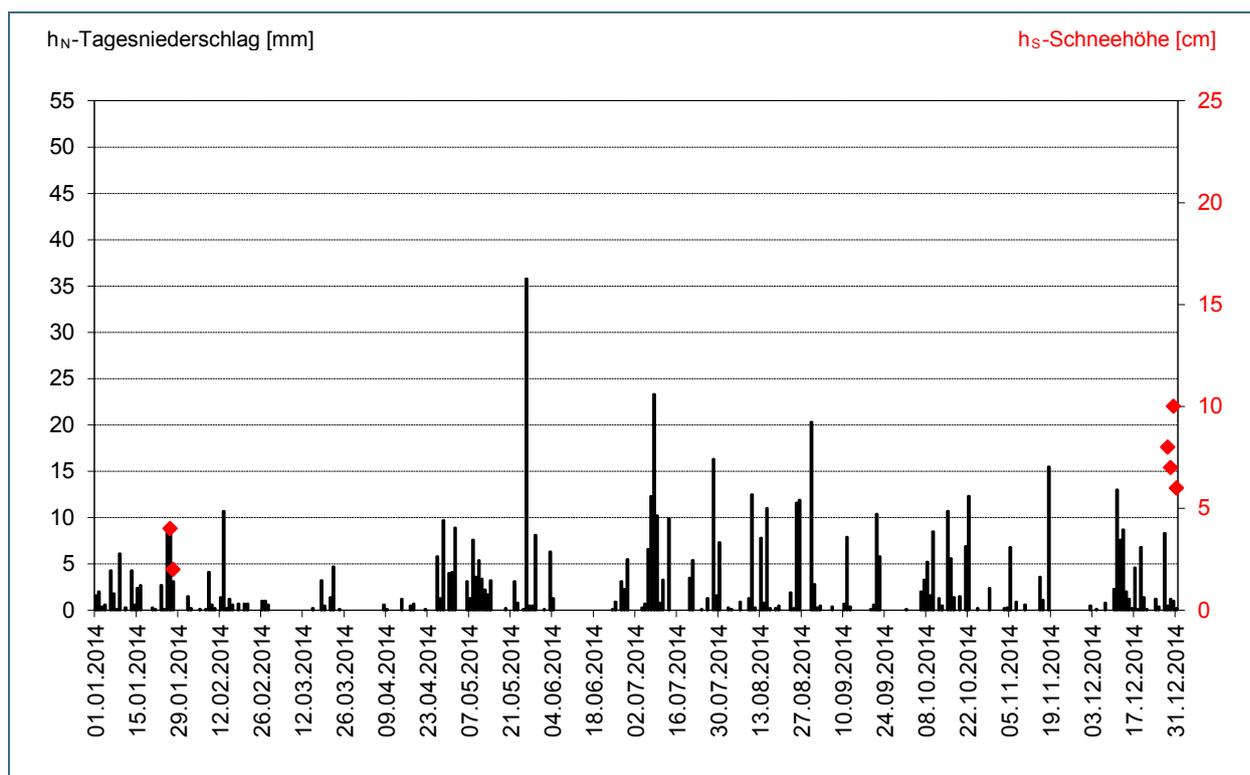


Abb. 3: Niederschläge h_N und Schneehöhen h_S der Ombrometerstation Hammelburg

Die warme und zu trockene Witterung setzte sich auch im April fort. Der Monat begann mit einer südlichen Höhenströmung, die wieder bei ruhigem Hochdruckwetter Saharastaub nach Deutschland lenkte. Vom 9. bis 14.4. herrschte eine nordwestliche Höhenströmung, die eingelagerten Frontensysteme brachten vor allem alpennah Tagesniederschläge von 10 bis 20 mm (12. und 14.4.). In den Tagen bis zum 17.4. blieb es im Bereich eines mitteleuropäischen Hochs weitgehend trocken. Am 18.4. überquerte eine Kaltfront von Norden her Bayern, die Schneefallgrenze lag am Karfreitag vorübergehend bei 500 m. In den tiefen Lagen fiel Schneeregen, in Unterfranken traten Graupelschauer auf. Auf dem Hohenpeißenberg wurde am 20.4. eine Schneehöhe von 5 cm beobachtet. In den Folgetagen traten gewittrige Regenschauer auf, ein Nordmeerhoch brachte eine Wetterberuhigung bis zum 25.4.. Vom 26. bis zum 28.4. wurde ein Tief bei den britischen Inseln wetterwirksam und sorgte für bayernweite Niederschläge. Die stärksten Niederschläge fielen beim Durchzug der Kaltfront, die gewittrige Schauerzellen aufwies (z.B. Stadelhofen/Lkr. Bamberg: 54 mm am 26.4.). Zum Monatsende überquerten Tiefdruckgebiete in einer westlichen Strömung Bayern, die Flächenniederschläge blieben aber gering. Im gesamten Monat wurden vielerorts nur 4 bis 10 Niederschlagstage registriert. Im langjährigen Vergleich war es im April bayernweit zu trocken. Schneetage verzeichneten nur die höheren Lagen des Alpenraums (z.B. Hohenpeißenberg: 2 und Oberstdorf: 1 Schneetag).

In der ersten Maihälfte herrschte eine eher kühle Witterung. Bei den Westlagen bis zum 11. kam es zu zahlreichen gewittrigen Regenfällen (z.B. Geisenfeld/Lkr. Pfaffenhofen a. d. Ilm: 37 mm am 1.5.), aber auch zu frontalen Regenfällen, die insbesondere im Alpenstau stärker ausfielen (z.B. Schlehdorf/Lkr. Bad Tölz-Wolfratshausen: 51 mm am 2.5., Balderschwang/Lkr. Oberallgäu: 43 mm am 7.5.). Vom 12. bis zum 18.5. verlagerte sich ein umfangreiches Tiefdrucksystem von Mitteleuropa zum Balkan und lenkte kalte Luftmassen nach Bayern. Während das zugehörige Bodentief „Yvette“ mit Dauerniederschlägen in Südosteuropa ein großes Hochwasser auslöste, war Bayern nur im Randbereich von Starkniederschlägen betroffen (z.B. Marktschellenberg/Lkr. Berchtesgadener Land : 44 mm am 17.5.). In der Zeit vom 19. bis zum 30.5. zog ein ausgedehntes Tiefdrucksystem von Westeuropa nach Mitteleuropa. Zunächst lag Bayern auf der Trogvorderseite in einer Südströmung, es blieb weitgehend niederschlagsfrei. In der Zeit vom 26. bis 29.5. verursachte das Tief „Annetraut“ (am 26.5. Tiefdruckkern über Südbayern) vor allem in

den östlichen und südöstlichen Landesteilen Bayerns Dauerniederschläge und löste dort ein Hochwasser aus. Die höchsten Tagesniederschlagssummen (3-Tagesniederschlagssummen vom 26. bis 28.5.) betragen zum Beispiel: Scheyern/Lkr. Pfaffenhofen a. d. Ilm: 86 mm am 26.5. (109 mm), Marktschellenberg/Lkr. Berchtesgadener Land: 101 mm am 27.5. (167 mm), Lam-Lambach/Lkr. Cham: 48 mm am 28.5. (89 mm) und Sankt Englmar/Lkr. Straubing-Bogen: 36 mm am 28.5. (97 mm). Die schweren Gewitter und Starkniederschläge am 26.5. verursachten auch überflutete Straßen in Freising, starke Behinderungen des Flugverkehrs am Münchner Flughafen sowie Hagelschlag im Alpenvorland. Zum Monatsende sorgte ein Azorenhochkeil für Wetterberuhigung. Der Mai war im Jahresverlauf der erste Monat, der im langjährigen Vergleich zu nass ausfiel.

Anfang Juni strömten aus nördlichen Richtungen kühle Luftmassen nach Bayern, das Wetter blieb wechselhaft. Am 4.6. kam es zu leichten frontalen Regenfällen, die teils schauerartig verstärkt waren. Zu Pfingsten gelangten bei südlicher Strömung tropische Luftmassen nach Bayern und in der Folgezeit entwickelten sich örtlich kräftige Gewitter und Starkregenfälle (z.B. Helmbrechts/Lkr. Hof: 31 mm am 10.6., Oberstaufer-Thalkirchdorf/Lkr. Oberallgäu: 42 mm am 12.6.). Ansonsten herrschte in der Zeit vom 5. bis 22.6. meist ruhiges Hochdruckwetter (Hoch „Xerxes“), gebietsweise entstand eine 14-tägige Trockenperiode (in Niederbayern und in Teilen Oberbayerns). In Unter- und Oberfranken wurde sogar vielerorts eine 22-tägige Trockenperiode beobachtet. Im Zeitraum vom 19. bis 27.6. gelangten zwar wieder einzelne Tiefausläufer nach Bayern und es traten auch gewittrige Regenschauer auf, aber die Niederschlagssummen blieben gering. Vom 28.6. bis zum Monatsende sorgte ein ausgedehntes, mitteleuropäisches Tiefdrucksystem für regnerisches Wetter in ganz Bayern. Dabei lag der Niederschlagsschwerpunkt an den Alpen. Die größten Regenmengen wurden am 29.6. gemessen (Tagesniederschläge am 29.6.: Oberstdorf-Rohrmoos/Lkr. Oberallgäu: 52, Mittenwald-Buckelwiesen/Lkr. Garmisch-Partenkirchen: 54 mm und Aschau-Stein/Lkr. Rosenheim: 37 mm). Durch die lang anhaltende Trockenheit war der Juni in Südbayern vergleichsweise zu trocken und in Nordbayern sogar deutlich zu trocken.

Bis zum 4. Juli wurde eine mitteleuropäische Hochdruckbrücke wetterbestimmend. Bis auf zeitweilige, zum Teil gewittrige Regenschauer geringer Intensität blieb es niederschlagsfrei. Vom 5. bis 14.7. entstand eine Tiefdruckrinne über Mitteleuropa, die kühle Luft im Westen von heißer Luft im Osten trennte. In diese Tiefdruckrinne war das Bodentief „Michaela“ eingebettet, welches die zunächst meridionale Ausrichtung der Front in eine streckenweise zonale Richtung aufdrehte. An der Luftmassengrenze kam es zu ergiebigen Dauerregenfällen und gewittrigen Schauern. Die Niederschlagsschwerpunkte lagen in Ostbayern, in Mittelfranken und im Alpenraum. Die höchsten Tagesniederschläge wurden am 8.7. gemessen (3-Tagesniederschläge vom 8. bis 10.7.): Lindberg-Buchenau/Lkr. Regen: 103 mm (118 mm), Ludwigschorgast/Lkr. Kulmbach: 55 mm (65 mm), Lauf-Pegnitz/Lkr. Nürnberger Land: 48 mm (59 mm), Balderschwang/Lkr. Oberallgäu: 81 mm (153 mm) und Jachenau-Tannern/Lkr. Bad Tölz-Wolfratshausen: 54 mm (86 mm). Die Folgetage, 15. bis 18.7., brachten sonniges, sommerlich warmes und trockenes Hochdruckwetter. Vom 19.7. bis zum Monatsende dominierte Tiefdruckwetter. Am 21.7. überquerte Tief „Paula“ mit Stark- und Dauerregen Bayern ostwärts. Die Niederschlagsschwerpunkte erstreckten sich vom Allgäu über den Donaauraum bis in die Oberpfalz (z.B. Tagesniederschläge am 21.7.: Ottobeuren/Lkr. Unterallgäu: 88 mm, Scheyern/Lkr. Pfaffenhofen a. d. Ilm: 77 mm, Marklkofen/Lkr. Dingolfing: 85 mm und Parsberg/Lkr. Neumarkt i.d.OPf: 57 mm). Weitere Starkniederschläge, die überwiegend konvektiv geprägt waren, wurden am 26.7. im Bereich Bodensee bis Chiemgau (z.B. Sigmarszell/Lkr. Lindau: 59 mm, Samerberg-Geisenkam/Lkr. Rosenheim: 79 mm) und am 29.7. in Unterfranken (Hasloch/Lkr. Main-Spessart: 85 mm) beobachtet. Desweiteren verursachte das über den Alpen liegende Tief „Quinta“ starke, gewittrige Regenfälle, die auch von Gewittern begleitet wurden. Die höchsten Niederschlagssummen wurden am 30.7. an den Alpen und in Südostbayern registriert (Unterwössen/Lkr. Traunstein: 92 mm, Kreuth-Glashütte/Lkr. Miesbach: 78 mm und Kirchberg/Lkr. Regen: 71 mm). Diese ergiebigen Regenfälle lösten bei einigen Donauzuzüssen und an der Donau selbst ein Hochwasser aus. Durch die häufigen frontalen Niederschläge und die zahlreichen Gewitterereignisse war der Juli im Vergleich zum langjährigen Mittel zu nass.

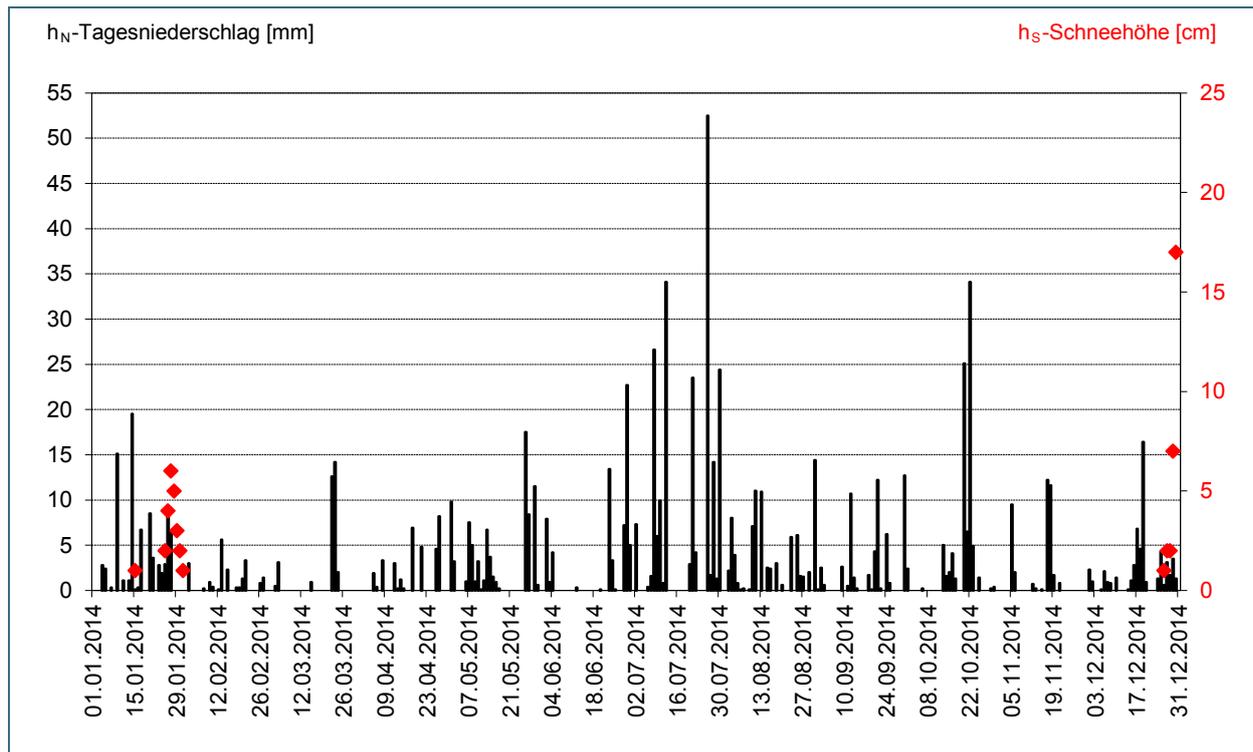


Abb. 4: Niederschläge h_N und Schneehöhen h_S der Ombrometerstation Utting-Achselschwang

Vom 1. bis 12. August lag Bayern häufig im Einflussbereich von Tiefdruckgebieten mit Kern über Großbritannien. In einer feuchtwarmen Luftmasse entstanden wiederholt Schauer und Gewitter, nur gebietsweise fiel starker Niederschlag (z.B. Mering/Lkr. Aichach-Friedberg: 57 mm am 2.8., Berchtesgaden-Jenner/Lkr. Berchtesgadener Land: 51 mm am 3.8. und Eggenfelden/Lkr. Rottal-Inn: 45 mm am 11.8.). Anschließend, vom 13. bis 23.8., sorgte ein ausgedehntes mitteleuropäisches Tiefdrucksystem für Kaltluftzufuhr. Diesen frühherbstlichen Witterungsabschnitt prägten zeitweilige Regenschauer, die nur ganz vereinzelt Starkniederschlagskriterien erreichten. Vom 24. bis zum Monatsende zogen in einer nordwestlichen Strömung Tiefausläufer hinweg, es kam zu flächigen Starkniederschlagsereignissen. Beim Durchzug des Tiefs „Yasmin“ am 26.8. erstreckte sich ein Starkregenband von Unterfranken bis zur Donau (Tagesniederschläge am 26.8.: Kösching/Lkr. Eichstätt: 56 mm, Bissingen/Lkr. Dillingen: 43 mm und Metten/Lkr. Deggendorf: 39 mm). Am 31.8. verursachte die Kaltfront von Tief „Angelika“ ergiebige Regenfälle im nördlichen Schwaben, an den Alpen und im Bayerischen Wald (Tagesniederschläge am 31.8.: Zusmarshausen/Lkr. Augsburg: 47 mm, Ettal-Linderhof/Lkr. Garmisch-Partenkirchen: 47 mm und Lindberg-Buchenau/Lkr. Regen: 52 mm). Insgesamt war der August im langjährigen Vergleich sowohl in Nordbayern, als auch in Südbayern zu nass.

Die abziehende Kaltfront von Tief „Angelika“ sorgte Anfang September noch für Starkniederschläge in Südostbayern (Ruhpolding/Lkr. Traunstein: 39 mm am 1.). Vom 3. bis 10.9. herrschte weitgehend ruhiges Hochdruckwetter, allerdings entstanden in Mittelfranken am 7.9. in feuchtwarmer Luft schwere Gewitter (Herzogenaurach/Lkr. Erlangen-Höchstadt: 78 mm am 7.9.). In den Tagen bis zum 13.9. erreichte das Balkantief „Dagmar“ Ostbayern mit Starkniederschlägen (z.B. 2-Tagesniederschlag: Plößberg-Liebensteinspeicher/Lkr. Tirschenreuth: 55 mm am 12.9.). Nach einer kurzen Trockenphase vom 15. bis 18.9., gelangten vom 19. bis 21.9. wieder Frontensysteme nach Bayern. Dabei überquerte am 21.9. eine Kaltfront von Norden her Bayern, alpine Starkniederschläge traten auf (z.B. Balderschwang/Lkr. Oberallgäu: 46 mm am 21.9.). Bis zum Monatsende folgten eine Nordlage mit einem Kaltlufteinbruch sowie eine Westlage. Während dieser Zeit wurden aber, bis auf einzelne Gewitterzellen, keine Starkniederschläge verzeichnet. Insgesamt fiel der September im langjährigen Vergleich (Mittel 1981 bis 2010) bayernweit etwas zu trocken aus.

Am ersten Oktobertag gelangte vor allem Südbayern in den Einflussbereich eines nach Osten ziehenden Tiefausläufers. Vereinzelt wurden an den Alpen Starkniederschläge registriert (z.B. Wielenbach/Lkr. Weilheim: 44 mm und Marktschellenberg/Lkr. Berchtesgadener Land: 28 mm am 1.10.). Bei häufigem Hochdruckwetter in der Zeit vom 2. bis 12.10. entstand in Schwaben, Oberbayern und Niederbayern eine 12-tägige Trockenperiode. Die Süd- und Südwestlagen erzeugten Föhntage im Alpenvorland, in weiten Teilen Bayerns herrschten aber zähe Nebelfelder. Vom 13. bis 17.10. lenkte eine Westlage atlantische Tiefausläufer nach Bayern, zeitweise fiel leichter Niederschlag mit schauerartigen Verstärkungen (z.B. Bissingen/Lkr. Dillingen: 26 mm am 16.10.). Die Folgetage blieben bei Südwestströmung und Hochdruckeinfluss trocken. In der Zeit vom 20. bis zum 23.10. herrschte eine West- bis Nordwestströmung, Sturmtiefs wurden mit Starkniederschlägen wetterwirksam. Der Niederschlagsschwerpunkt lag am 20.10. im Voralpenland (z.B. Aying/Lkr. München: 48 mm am 20.10.). Vom 21. zum 22.10. zog der ehemalige Hurrikan „ex-Gonzalo“ von der Nordsee zum Balkan. Ergiebige Dauerniederschläge traten an den Alpen auf (z.B. Balderschwang/Lkr. Oberallgäu und Lenggries-Sylvensteinspeicher/Lkr. Bad Tölz-Wolfratshausen: 94 mm am 22.10.). Dabei gelangte subpolare Luft nach Bayern und erstmals in diesem Herbst fiel Schnee bis in die mittleren Lagen (z.B. Schneehöhe Oberstdorf: 3 cm am 23.10.). Im Oberallgäu gab es Straßensperrungen aufgrund von Schneebruch. Ferner traten Sturmböen mit Windgeschwindigkeiten von über 100 km/h auf und verursachten zum Beispiel in München Sturmschäden. Am 23.10. wurden nur noch im Bereich der abziehenden Front, in Südbayern, Starkniederschläge verzeichnet (z.B. Samerberg-Geisenkam/Lkr. Rosenheim: 68 mm am 23.10.). Insgesamt wurden bei diesem 4-tägigen Dauerregenereignis in Alpennähe verbreitet über 150 mm Niederschlag gemessen (4-Tagesniederschlagssummen vom 20. bis 23.10.: Aschau-Stein/Lkr. Rosenheim: 184 mm, Inzell/Lkr. Traunstein: 176 mm und Balderschwang/Lkr. Oberallgäu: 169 mm). Dadurch wurde insbesondere bei den Donau- und Innzuflüssen ein Hochwasser ausgelöst. Vom 24.10. bis zum Monatsende brachte eine mitteleuropäische Hochdruckzone eine Wetterberuhigung. Nur zeitweise fielen geringfügige Niederschläge. Südlich der Donau, mit Ausnahme der alpinen Lagen, herrschte meist Dauernebel. Durch die Starkniederschläge im letzten Monatsdrittel war der Oktober im langjährigen Vergleich (Mittel 1981–2010) bayernweit zu nass. Auf dem Hohenpeißenberg wurden im Oktober 2 Schneetage registriert.

Anfang November gelangte milde Luft aus südwestlichen Richtungen nach Bayern, es blieb verbreitet trocken. Am 5.11. wurde eine Tiefdruckrinne in den westlichen Landesteilen niederschlagswirksam (z.B. Sigmarszell-Zeisertweiler/Lkr. Lindau: 32 mm) und nur in den höheren Lagen gab es Neuschnee (z.B. Hohenpeißenberg: 12 cm am 6.11.). Auch im weiteren Verlauf bis zum 17.11. gab es keine großflächigen Niederschläge. Dadurch entstand in den östlichen Landesteilen von Oberbayern, Niederbayern und der Oberpfalz eine 16-tägige Trockenperiode. Die stärksten Niederschläge des Monats fielen am 18.11., als ein britischer Tiefausläufer Bayern überquerte. Der Niederschlagsschwerpunkt erstreckte sich dabei von Mittelfranken bis nach Niederbayern (z.B. Wendelstein/Lkr. Roth: 26 mm und Metten/Lkr. Deggendorf: 33 mm am 18.11.). Vom 19.11. bis zum Monatsende dominierte ruhiges, häufig neblig-trübes Hochdruckwetter. Bayernweit wurde eine 11-tägige Trockenperiode registriert. An vielen Stationen gab es im November nur 2 bis 7 Niederschlagstage, wodurch der Monat im statistischen Vergleich in Nord- und Südbayern deutlich zu trocken war. Nur die höheren Lagen verzeichneten Schneetage (z.B. Hohenpeißenberg: 4).

Im Dezember wurden in den tiefen Lagen 11 (Passau) bis 18 (Bamberg) Niederschlagstage registriert, allerdings traten kaum Starkniederschläge auf. In der ersten Monatshälfte bestimmte eine mitteleuropäische Hochdruckbrücke und ein westeuropäisches Tiefdrucksystem das Wetter – die Niederschläge waren überwiegend gering. Allerdings erreichten am 11.12. die Ausläufer eines Sturmtiefs Nordbayern mit 4 bis 20 mm Niederschlag. Vom 12. bis 25.12. herrschte eine kräftige Westströmung über Mitteleuropa. Beim Kaltfrontdurchzug von Sturmtief „Engel“ (18./19.12.) kam es im Oberallgäu zu Starkniederschlägen (2-Tagesniederschläge vom 18. bis 19.12.: Balderschwang/Lkr. Oberallgäu: 68 mm). Im Flachland gab es zunächst „grüne Weihnachten“, aber in einer nordwestlichen Strömung brachte Tief „Hiltrud“ ab dem 2. Weihnachtsfeiertag Schnee und Kälte. Bis zum Monatsende folgte eine Nordlage. So gelangten an der Ostflanke eines Frankreichtiefs von Norden her Tiefausläufer nach Bayern, die starke Schneefälle

verursachten. Der Niederschlagsschwerpunkt lag an den Alpen (z.B. Kochel/Lkr. Bad Tölz-Wolfratshausen: 38 mm am 30.12.). Aus dem Neuschneezuwachs ergaben sich am 31.12. folgende Gesamtschneehöhen: Oberstdorf: 55 cm, München: 30 cm und Nürnberg: 16 cm. Insgesamt wurden in den tieferen Lagen Bayerns im Dezember 5 bis 6 Schneetage beobachtet. Der Monat blieb im langjährigen Niederschlagsvergleich bayernweit zu trocken.

Der Gebietsniederschlag für Bayern lag im Jahr 2014 unter dem langjährigen Mittel (1961/90). Dieses Niederschlagsdefizit zeigen auch die beispielhaft angeführten Stationen (Abb. 5). Weitere Niederschlagsdaten finden Sie im Internet unter: www.hnd.bayern.de, www.nid.bayern.de und www.gkd.bayern.de.

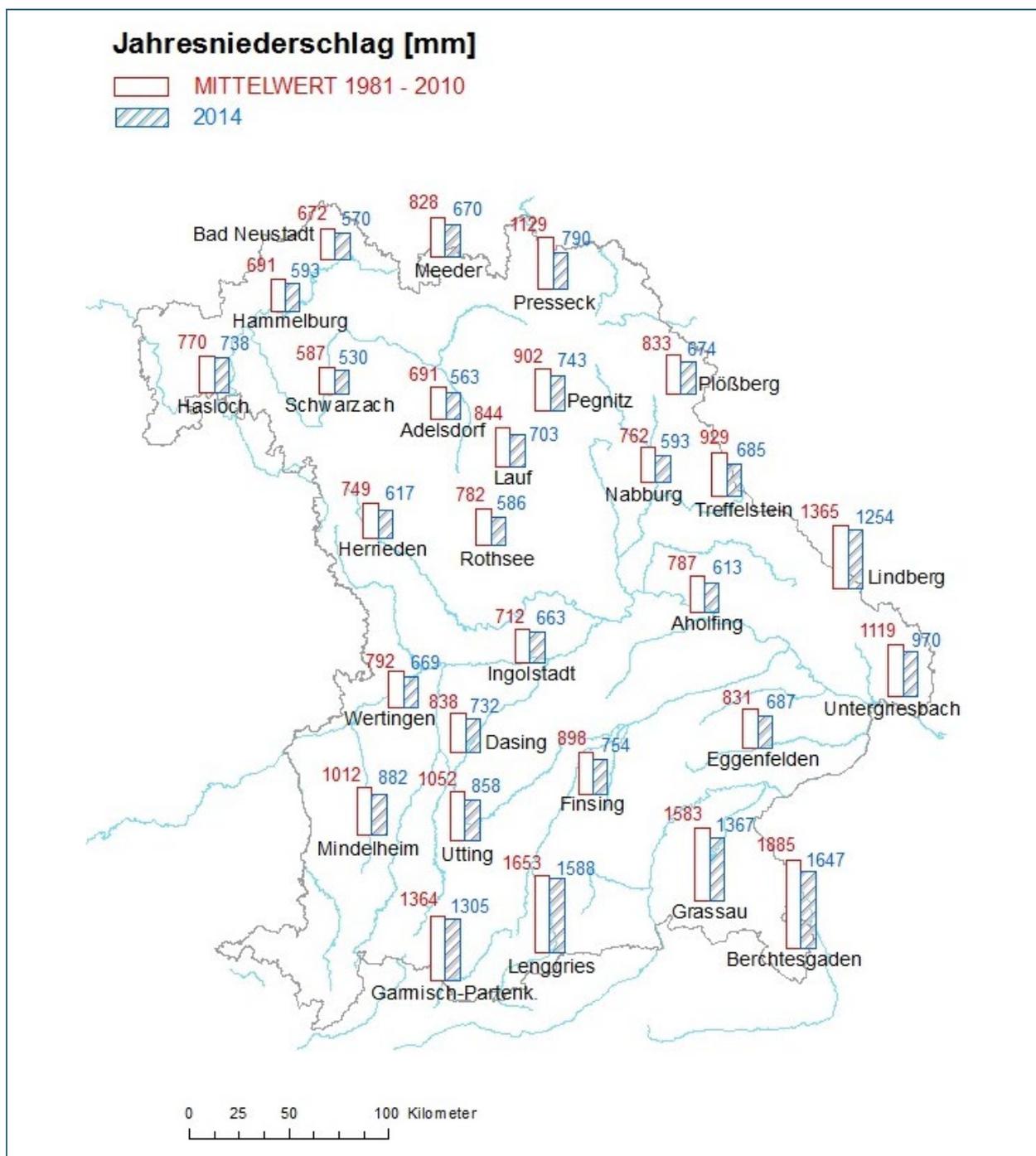


Abb. 5: Jahresniederschläge ausgewählter Ombrometerstationen

3 Fließgewässer und Seen

3.1 Abflüsse von Fließgewässern

Wasserstand und Abfluss sind die wichtigsten Parameter in der quantitativen Hydrologie. Sie sind nicht nur 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. Rückwirkende Daten stehen zum Download auf den Internetseiten des Gewässerkundlichen Dienstes (www.gkd.bayern.de) bereit.

Wasserstand und Abfluss werden in Bayern derzeit an rund 560 Pegeln gemessen.

3.1.1 Nordbayern

In Nordbayern war das Jahr 2014 zu trocken. Bereits ab dem Frühjahr und über die Sommermonate hinweg bis in den November hinein, wurde an vielen Pegeln der langjährige Mittelwert deutlich unterschritten. Nur einzelne Gewitter oder länger andauernde regionale Niederschläge sorgten zwischendurch immer wieder für ein kurzes Anschwellen der Gewässer. Erst Mitte Dezember wurden flächendeckend im Main- und Elbegebiet die langjährigen Mittelwasserabflüsse erreicht bzw. überschritten und dauerhaft eingestellt. Und dennoch ist dieser Jahresverlauf typisch für diese Region. Feuchte Wintermonate mit erhöhten Abflüssen und trockene Sommermonate sind kennzeichnend für das Main- und Elbegebiet.

Beispielhaft für das Main- und bayerische Elbegebiet ist die Abflussentwicklung des Pegels Kemmern / Main in Abb. 6 dargestellt:

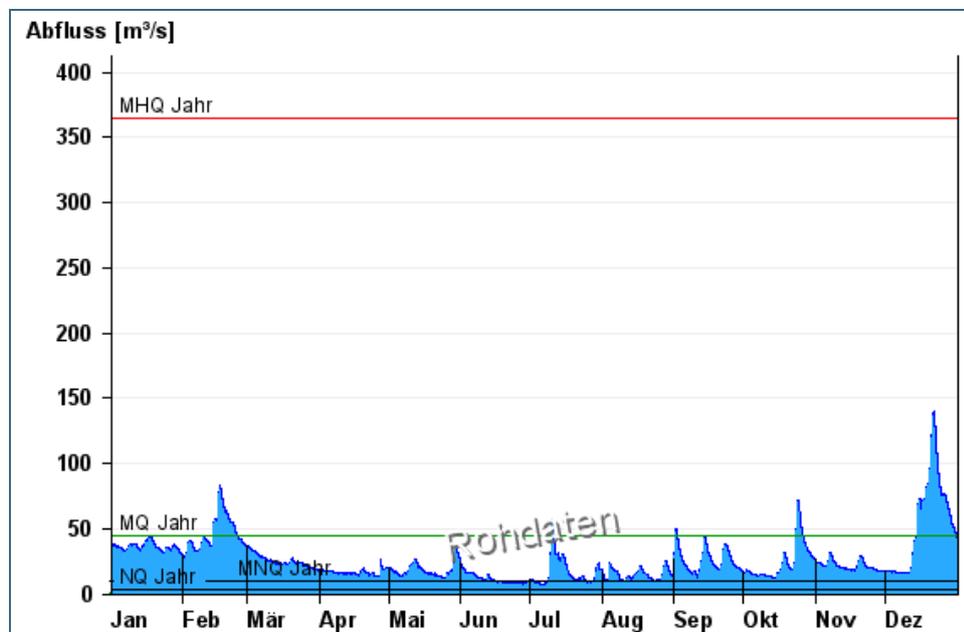


Abb. 6:
Abflussentwicklung
Kemmern / Main im
Berichtsjahr 2014

Im gesamten Jahr wurden keine außergewöhnlich niedrigen oder hohen Abflüsse mit neuen Extremwerten gemessen.

Trotz des „feuchten“ Jahresausklangs ist die Abflussbilanz für das Jahr 2014 deutlich negativ. Die mittleren Jahresabflüsse lagen in Nordbayern insgesamt unter dem langjährigen Mittel. Hervorzuheben ist das abflussschwache Frühjahr 2014. In den Monaten März und April erreichten die gemessenen Abflüsse nur rund 1/3 des langjährigen Mittelwertes. Eine Ausnahme bildet der September, der annä-

hernd dem langjährigen Mittel entsprach. Das spiegelt sich auch am Pegel Kemmern / Main wider. Der Vergleich der aktuellen Bilanz mit der langjährigen Reihe ist in Abb. 7 dargestellt.

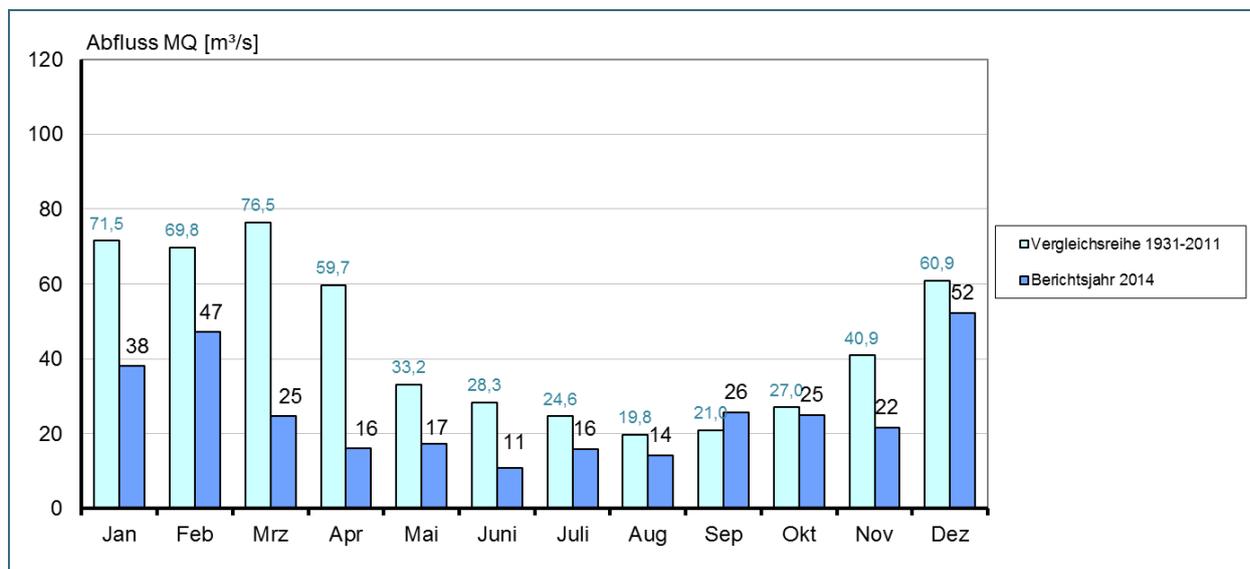


Abb. 7: Abfluss Kemmern / Main – Vergleich des aktuellen und langjährigen Monatsmittelwertes

3.1.2 Südbayern

Etwas ausgeglichener zeigt sich die Abflusssituation im Süden Bayerns. Die südlichen Donauzuflüsse präsentierten sich in gewohnter Weise: nach einem abflussschwachen Winter mit Abflüssen deutlich unter den Mittelwerten, führten Schneeschmelze und Niederschläge ab April zu einem deutlichen Anstieg der Abflüsse. Der mittlere Abfluss (MQ) wurde dabei erreicht und oftmals überschritten. Immer wieder folgten kleinere Spitzen nach oben. Ende Juli führte das Tief „Quinta“ vor allem südlich der Donau zu einem Hochwasser. An Inn, Isar und Iller wurden sogar die mittleren Hochwasserabflüsse der langen Zeitreihe (MHQ) überschritten. Danach beruhigte sich das Abflussgeschehen wieder. Die Abflüsse pendelten sich um den mittleren Abfluss (MQ) ein. Die einzelnen Ausreißer, die regelmäßig im Herbst auftrafen, hatten ihre Ursache in den zahlreichen Tiefsausläufern, die über Südbayern hinweg zogen.

Die nördlichen Donauzuflüsse und die Donau selbst ähneln im Abflussverhalten 2014 mehr dem des Main- und bayerischen Elbegebietes. Gerade in der ersten Jahreshälfte ist ein deutliches Defizit in der Abflussbilanz festzustellen. Die Ganglinien der Pegel verharrten auf einem sehr niedrigen Niveau. Nur selten wurde durch einzelne Niederschlagsereignisse der mittlere Abfluss der langen Reihe erreicht. Erst ab Juli ist ein leichter Anstieg der Abflüsse zu verzeichnen. Ab August machte sich dann auch hier das wechselhafte und regnerische Wetter mit den zahlreichen Tiefdruckgebieten bemerkbar. Die Pegel schwankten sehr stark um den langjährigen Mittelwasserabfluss. In der 2. Oktoberhälfte führten Dauerniederschläge an den nördlichen Donaubringern zu höheren Abflüssen. Vor allem das Gebiet des Regens war betroffen. Allerdings bescherte das Wettergeschehen der Donau und ihren Einzugsgebieten dann eine positive Abflussbilanz für die folgenden Monate. Erst im Dezember beruhigten sich die Abflüsse wieder. Sie verharrten meist auf einem niedrigen Niveau.

Dies gilt auch für den Pegel Kelheim / Donau, der stellvertretend für Südbayern in Abb. 8 und Abb. 9 dargestellt ist.

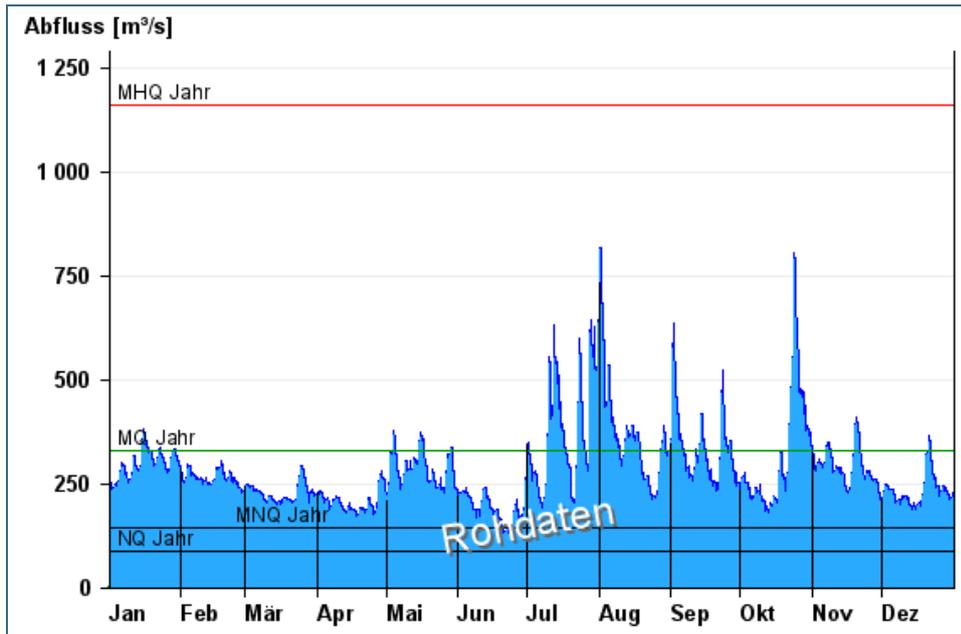


Abb. 8:
Abflussentwicklung
Kelheim / Donau im
Berichtsjahr 2014

Insgesamt betrachtet ist die Abflussbilanz auch im Süden Bayerns negativ. Die trockene erste Jahreshälfte konnte durch die Niederschläge nicht ausgeglichen werden. Hervorzuheben ist auch hier der Juni 2014. Oftmals ist nur die Hälfte des Wassers abgeflossen, wie sonst üblich.

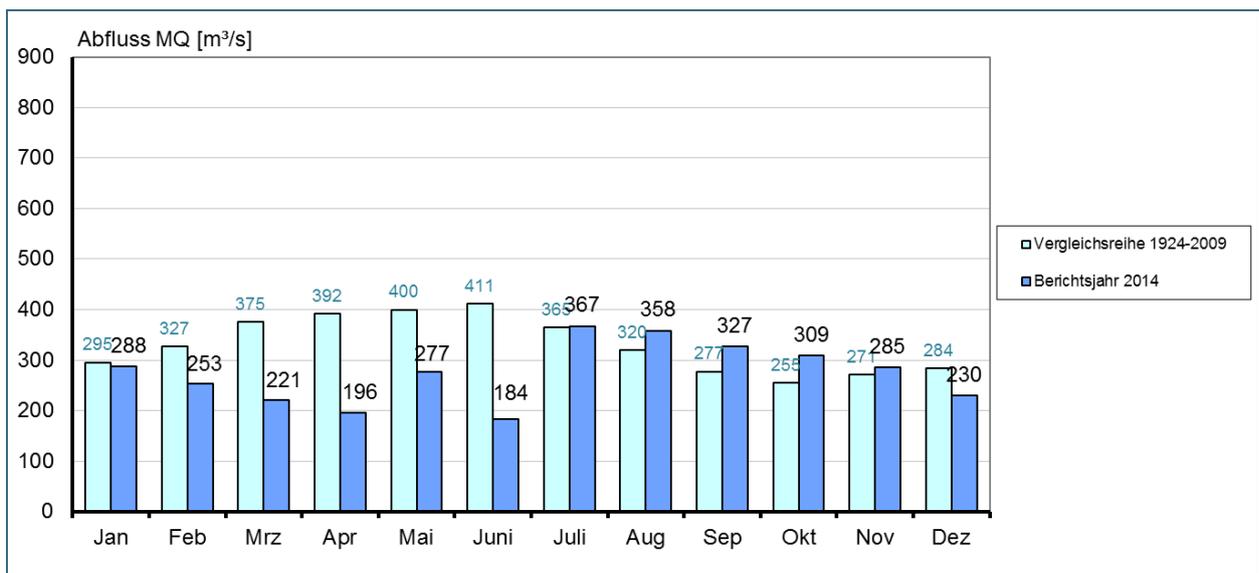


Abb. 9: Abfluss Kelheim / Donau – Vergleich des aktuellen und langjährigen Monatsmittelwertes

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.

Im gesamten Jahr 2014 waren die bayerischen Seen nur selten gut mit Wasser gefüllt. Schon die Startbedingungen aus dem Vorjahr waren ungünstig. Die meisten Wasserspiegel der Seen lagen deutlich unter dem mittleren Seewasserspiegel. Der weiterhin niederschlagsarme Winter und das viel zu trockene Frühjahr sorgten von Januar bis Anfang Mai dafür, dass sich die Situation nicht wesentlich änderte. Die Niederschläge im Mai brachten dann etwas Entspannung – allerdings nicht von langer Dauer. Das Tal wurde dann im Juni durchschritten. Die zunehmenden Niederschläge ab August führten insgesamt zu

einem Wiederaanstieg der Pegel. Einzelne Regenereignisse ließen auch die Pegel der bayerischen Seen immer wieder mal sprunghaft ansteigen, aber ebenso schnell beruhigte sich die Situation auch wieder. Hervorzuheben ist das Hochwasserereignis am Königssee Ende Juli. Starkniederschläge in unmittelbarer Umgebung des Sees führten am 31. Juli kurzzeitig zu einem starken Anstieg, aber tags darauf ebenso schnellen Abfallen des Wasserstandes. Hier wurde ein neuer Höchststand seit Beobachtungsbeginn im Jahr 2008 registriert. Das Auf und Ab der Wasserstände setzte sich bis Anfang November fort. Mit dem viel zu trockenen Dezember wurde dieses Intermezzo unterbrochen. Die Wasserstände sanken stetig, bis sie meist ihren Ausgangswert im Januar wieder erreicht hatten.

Stellvertretend für die bayerischen Seen ist in den folgenden Abbildungen der Jahresgang (Abb. 10) und der Vergleich mit den langjährigen Werten (Abb. 11) des Chiemsees am Pegel Stock dargestellt. Es zeigt sich, dass auch hier die mittleren Seenwasserstände über 8 Monate hinweg unterschritten wurden. Die Abweichungen sind im Januar und im Juni besonders deutlich.

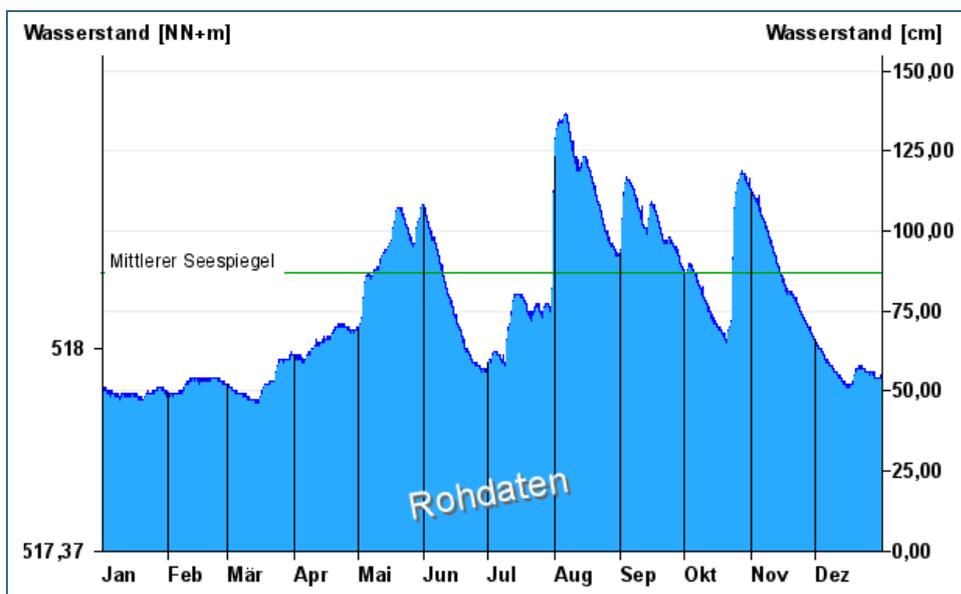


Abb. 10: Wasserstandsentwicklung Pegel Stock / Chiemsee im Berichtsjahr 2014

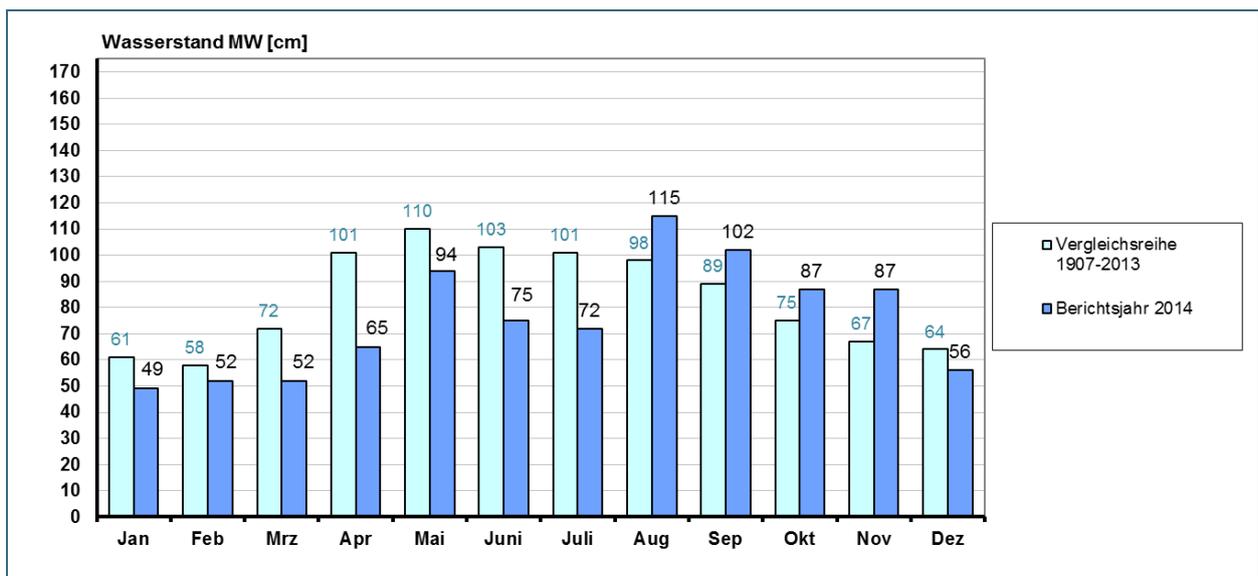


Abb. 11: Wasserstand Pegel Stock / Chiemsee – Vergleich des aktuellen und langjährigen Monatsmittelwertes

3.3 Hochwasser

Im Jahr 2014 gab es in Bayern kein großes Hochwasser, die Meldestufe 4 wurde an keinem der derzeit 269 Pegel, für die in und an den Zuflüssen zu Bayern Meldestufen festgelegt sind, erreicht.

Es traten jedoch vom **30. Juli bis 4. August** und vom **21. bis 25. Oktober** 2 mittlere Hochwasser-Ereignisse auf, bei denen verbreitet Überflutungen der Meldestufen 1–3 beobachtet wurden. Außerdem gab es drei kleinere Hochwässer am **28.–29. Mai**, **21.–23. Juli** und **20.–21. Dezember** mit Überschwemmungen der Meldestufen 1 bis 3 an vereinzelten Flussabschnitten. Vom Hochwassernachrichtendienst wurden dazu insgesamt 5 Informationen zur Hochwasserlage und 7 Hochwasserlageberichte herausgegeben.

In (Abb. 12) zeigt die Grafik der Wasserstände am Pegel Passau/ Ilzstadt im Jahr 2014 die Verteilung der Hochwässer im Jahr 2014 als Beispiel für die Situation in weiten Teilen Bayerns.

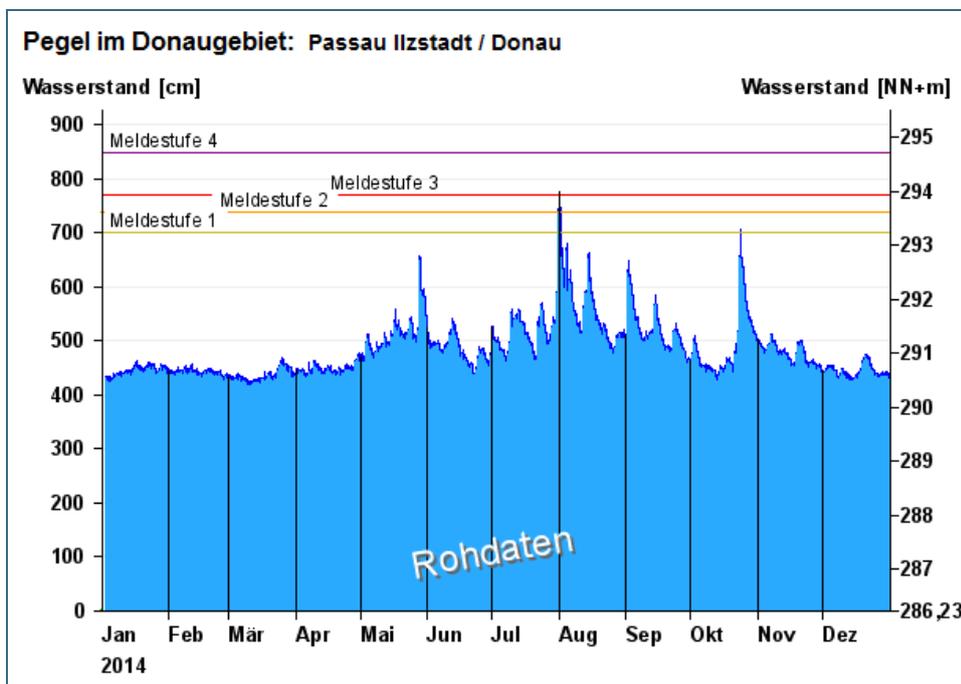


Abb. 12: Ganglinie des Wasserstands im Jahr 2014 am Pegel Passau Ilzstadt an der Donau unterhalb der Inn-Mündung

3.3.1 Hochwasser vom 30. Juli bis 4. August

Am 30. und 31. Juli traten starke Niederschläge mit Schwerpunkt am Alpenrand auf, es wurden bis zu 160 mm Niederschlag innerhalb von 48 Stunden gemessen. Dies verursachte vom **30. Juli bis 4. August** ein mittleres Hochwasser mit verbreitet auftretenden Überschwemmungen. Betroffen war das Gebiet von Iller, Paar, Isar, Inn und Salzach.

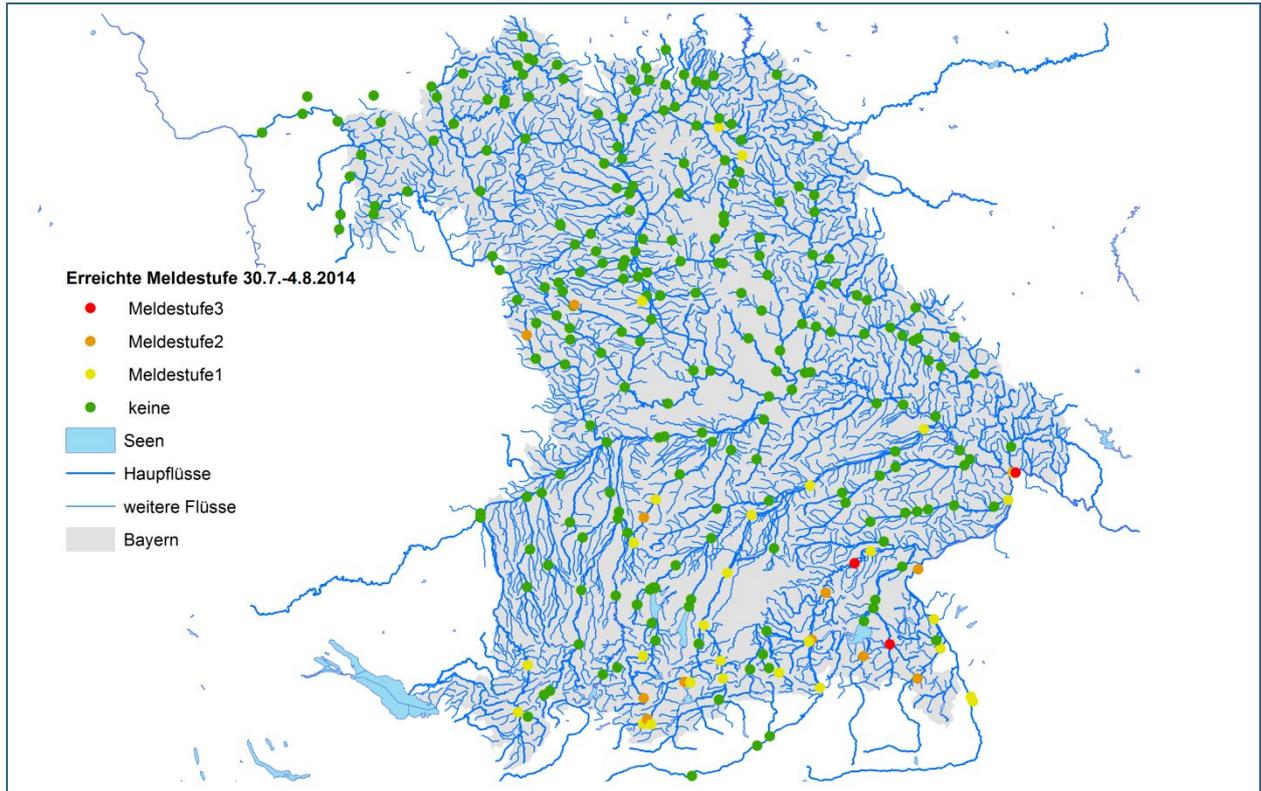


Abb. 13: Überschwemmungen nach Meldestufen beim Hochwasser vom 30.7 bis 4.8. 2014

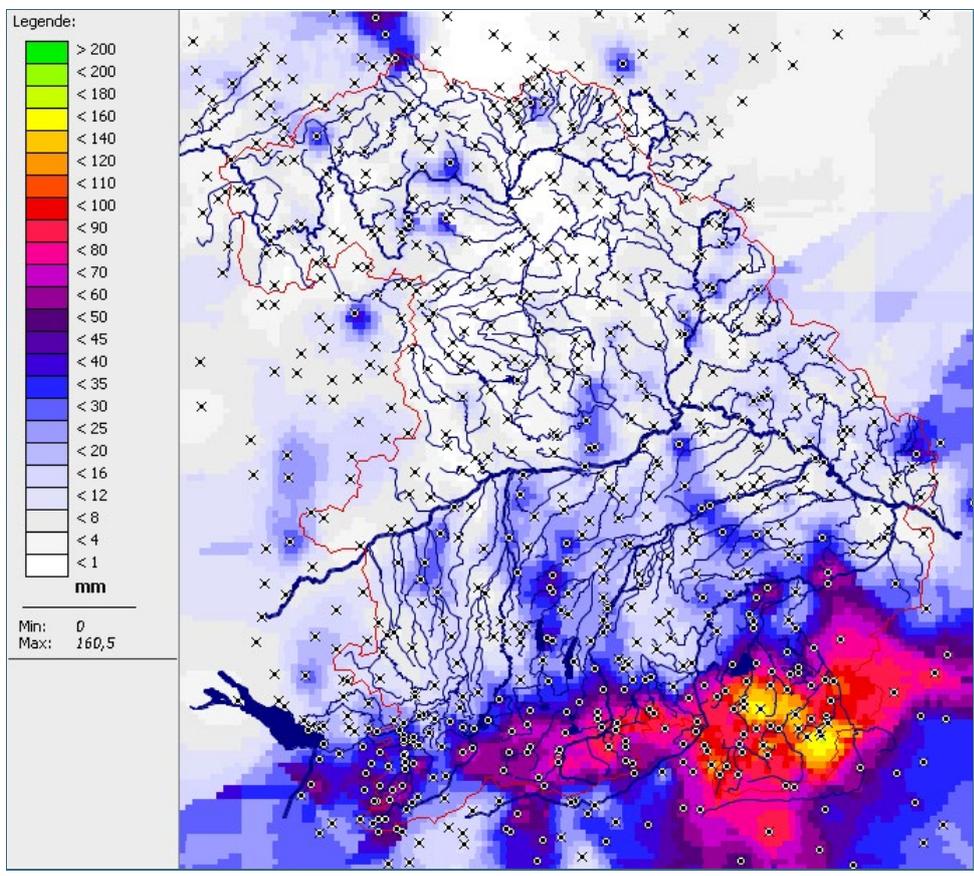


Abb. 14: 48 -Stunden Niederschlagssummen vom 30.7. 0 Uhr bis 1.8.2014

Im Bereich von insgesamt 41 Pegeln traten Überschwemmungen der Meldestufen 1 und 2 auf, an den Pegeln Hochberg/ Traun, Kraiburg/ Inn und am Donau- Pegel Passau Ilzstadt wurden am 31.7.2014 bei

Wasserständen der Meldestufe 3 auch bebaute Gebiete überflutet. An insgesamt 8 Pegeln wurden Abflüsse mit einer Jährlichkeit von über 5 Jahren registriert, an 3 Pegeln an kleinen Flüssen: Brunnen/ Mühlbacher Ache im Lechgebiet, Bad Kreuth/ Sagebach im Mangfallgebiet und Bergen/ Weiße Ache im Gebiet der Alz stiegen die Abflüsse sogar auf Werte mit Jährlichkeiten von 20 bis 50 Jahren.

Abb. 13 und Abb. 14 zeigen die räumliche Verteilung der Überschwemmungen und Niederschläge in Bayern vom 30.7. bis zum 4.8.2014.

3.3.2 Hochwasser 21.–25.Oktober

Länger andauernde Niederschläge vor allem im alpinen Raum und im Alpenvorland sowie im bayerischen Wald führten auch vom **21. bis zum 25. Oktober 2014** zu einem mittelgroßen Hochwasser.

Überschwemmungen der Meldestufe 1 traten im Bereich von 40 Pegelmessstellen, verteilt über ganz Bayern auf. Überschwemmungen der Meldestufe 2 gab es dabei an wenigen Pegeln am oberen Main, am Pegel Vilshofen/Donau sowie an einigen Pegeln im Gebiet des Regen. Hier waren im Bereich der Pegel Lohberg/ Weißer Regen und Cham/Regen wo die Wasserstände die Meldestufe 3 erreichten auch bebaute Gebiete betroffen. An 6 Pegeln am Alpenrand und im bayerischen Wald wurden Abflussspitzen mit einer Jährlichkeit von 5–10 Jahren gemessen.

3.3.3 Kleinere Hochwasser-Ereignisse

Beim Hochwasser vom **28.–29. Mai** war vor allem das Einzugsgebiet des Regen mit Überflutungen der Meldestufen 1-2 sowie der Meldestufe 3 am Pegel Lohberg/ Regen betroffen. Im Gebiet des Oberen Main erreichten die Wasserstände außerdem am Pegel Untersteinach/ Warme Steinach die Meldestufe 2.

Am **21.–23. Juli** verursachten ergiebige Niederschläge ein Hochwasser in kleineren Ausmaß mit Überschwemmungen der Meldestufe 1 an einzelnen Abschnitten kleinerer Zuflüsse zur Donau oberhalb Regensburg.

Das Hochwasser vom **20.–21. Dezember** führte an einigen Pegeln zu Wasserstände der Meldestufe 1, am Pegel Fürth am Berg/Steinach traten Überschwemmungen der Meldestufe 3 auf.

3.3.4 Weitere Informationen

Aktuelle Informationen zu Hochwasser finden Sie unter www.hnd.bayern.de oder als mobiles Angebot für Smartphones unter m.hnd.bayern.de.

3.4 Wasserspeicher

In Bayern stehen durch die 25 staatlichen Wasserspeicher plus einen Flutpolder insgesamt rund 145 Mio. m³ Rückhalteraum für den Hochwasserschutz und ca. 135 Mio. m³ für die Niedrigwasseraufhöhung zur Verfügung.

Im Jahr 2014 gab es keine außergewöhnlichen Hochwassersituationen in welchen die Wasserspeicher genutzt werden mussten. Im Verlauf des gesamten Jahres konnten durch die bayernweit verteilten staatlichen Speicher regionale Abflussspitzen gedämpft werden und somit begrenzte lokale Ausuferungen vermieden werden.

Im Sommer 2014 wurde aufgrund der langanhaltenden Trockenperioden ein Niedrigwasserbericht durch das Referat 62 des LfU ausgegeben. Dieser beschreibt die vorhandene Wassermengensituation in den Speichern und zeigt auf, an welchen Speichern das Normalstauziel unterschritten wurde. Durch das Unterschreiten des Normalwasserstandes erfüllen die dafür vorgesehenen Speicher auch formal die

Funktion der Niedrigwasseraufhöhung für das unterhalb liegende Gewässer. Durch den Bericht wird auf die knapper werdende Ressource Wasser hingewiesen.

Aufgrund einsetzender Niederschläge im Juli 2014 entspannte sich die Situation an 7 Speichern allerdings nach kurzer Zeit.

3.5 Gewässerqualität

3.5.1 Qualität der Fließgewässer

Die Untersuchung der Gewässer findet an ausgewählten Messstellen statt. Bedeutende Gewässer werden regelmäßig auf chemisch-physikalische Basisparameter untersucht. Diese Gewässer sind durch ein Wassereinzugsgebiet von mindestens 2500 km² und einen hohen mittleren Abfluss definiert und sind als Messnetz zur Überblicksüberwachung zusammengefasst. An diesen Messstellen finden biologische Untersuchungen in der Regel in einem Drei-Jahres-Zyklus statt. Ausnahmen bilden biologische Untersuchungen zu speziellen Fragestellungen. Die Ergebnisse der biologischen und chemischen Untersuchungen werden alle 6 Jahre in Form von sogenannten Bewirtschaftungsplänen veröffentlicht. Die Ergebnisse des 1. Bewirtschaftungsplans stehen im Kartendienst Bewirtschaftungsplanung zur Verfügung www.lfu.bayern.de/wasser/wrrl/kartendienst. Die nächste Aktualisierung wird im Jahr 2015 (Monitoringergebnisse aus dem Zyklus 2009–2013) durchgeführt und mit dem nächsten Gewässerkundlichen Jahresbericht veröffentlicht.

Chemisch-physikalische Basisparameter

Die Untersuchung ausgewählter chemisch-physikalischer Basisparameter findet 4-wöchentlich statt. An den größeren Gewässern liegen langjährige Datenreihen vor, die teilweise bis 1982 zurück reichen. Die Datenreihen können über www.gkd.bayern.de abgerufen werden und sind auch als Download verfügbar. Darüber hinaus sind an Main, Regnitz und Donau automatische Messstationen installiert. Sie liefern im 15-Minuten-Takt Aufzeichnungen wichtiger Parameter wie Sauerstoff, pH-Wert und Leitfähigkeit. Aktuelle Werte können ebenfalls unter www.gkd.bayern.de abgerufen werden. Die 15-Minuten-Takt Aufzeichnungen sind für die Parameter Wassertemperatur und Sauerstoff unter www.nid.bayern.de abrufbar.

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. 15 zeigt den Jahresverlauf für die Parameter Wassertemperatur und Sauerstoff an der Messstation Kahl am Main.

Geringe Niederschläge und Abflüsse von Januar bis März führen im Main zu einer deutlich niedrigeren Phosphat-Konzentration als im langjährigen Mittel. Die warmen Temperaturen begünstigen zudem eine frühe Biomasseentwicklung, was auch die steigenden Sauerstoffgehalte bis Ende März belegen. Bedingt durch lokale Hochwasser und milde Temperaturen im Mai schwanken die Nährstoffkonzentrationen und der Sauerstoffgehalt in dieser Periode stark. Die Phosphat-Konzentrationen liegen in Mai und Juni deutlich über dem Durchschnitt der Vorjahre. Erst mit einer Algenblüte in der 2. Juniwoche sinken die Phosphatkonzentrationen während der Sauerstoffgehalt zeitgleich wieder zunimmt.

Starkniederschläge Mitte und Ende Juli führen dann wieder zu einem Sinken der Sauerstoffkonzentration. Die Werte fallen für einige Tage unter 6 mg/l. Ende Juli wird die Vorwarnstufe des Alarmplans Main durch einen Anstieg der Wassertemperatur auf 25 °C erreicht. Die Phosphatkonzentrationen liegen im Juli deutlich unter dem Vorjahresmittel. Im relativ kühlen August sinken die Temperaturen wieder in den unkriti-

schen Bereich und der Sauerstoffgehalt steigt auf das Niveau von 8 mg/l an. Nach einigen Schwankungen im September fällt die Temperatur allmählich auf das Herbst/Winterniveau von etwa 4 °C ab.

Dieser Zustand bleibt bis Ende Oktober stabil, danach steigt der Sauerstoffgehalt auf das Winterniveau von 12 mg/l an. Die Phosphat-Konzentrationen nähern sich zum Jahresende dem Vorjahresdurchschnitt an und überschreiten diesen im Dezember.

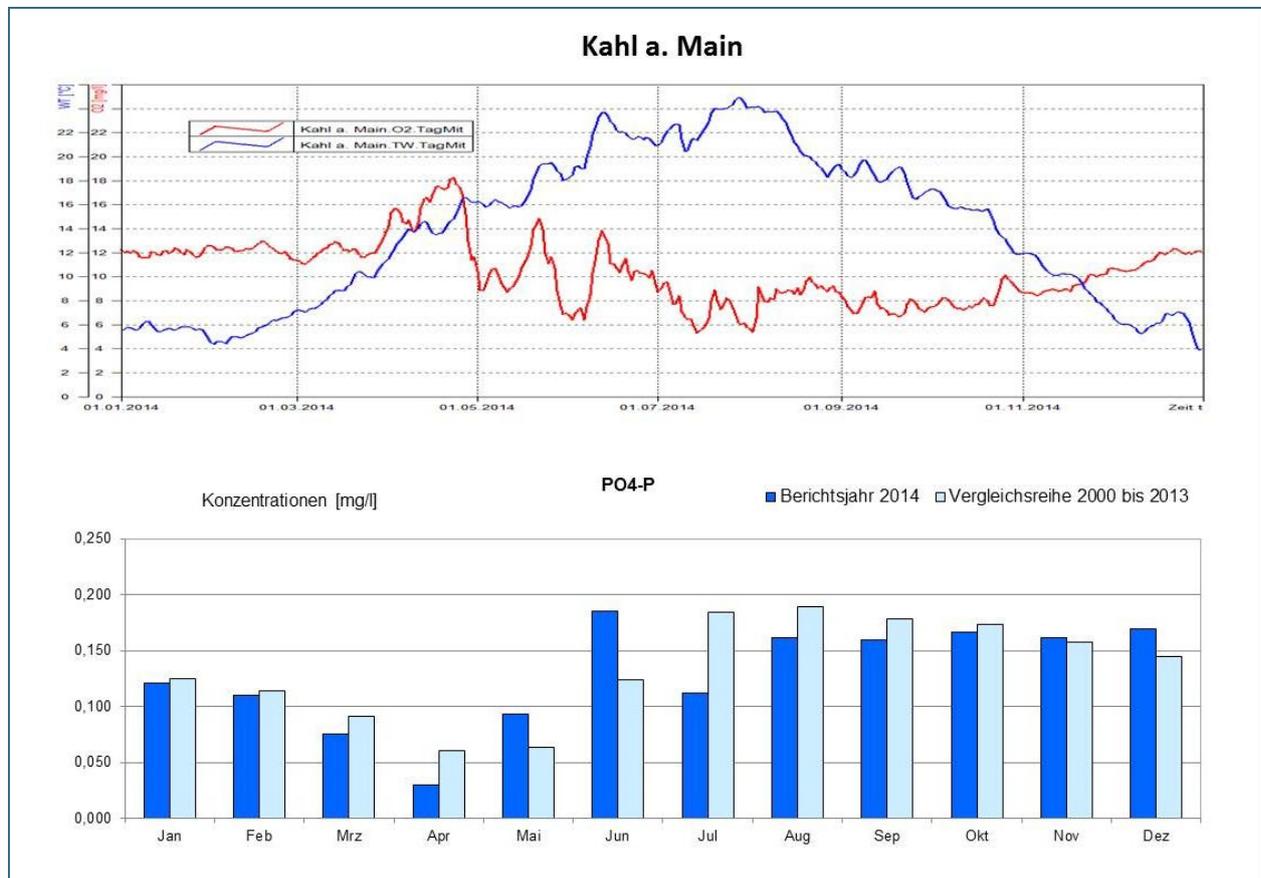


Abb. 15: Sauerstoff und Wassertemperatur an der automatischen Messstation Kahl am Main im Vergleich mit Stichprobenergebnissen von Ortho-Phosphat als Monatsmittel für das Jahr 2014 und dem langjährigen Mittel der Jahre 2000–2013

Südbayern – Donau, Bittenbrunn und Donau, Ingolstadt

Abb. 16 zeigt den Jahresverlauf der Wassertemperatur und Sauerstoffkonzentration für die Donau, Messstation Ingolstadt, Luitpoldstraße.

Die Wassertemperatur steigt sehr früh, ab Mitte Februar, kontinuierlich an und erreicht ab Mitte Juni mit 22°C den Höchststand. Nach einem Kälteeinbruch von 16°C im Juli, steigen die Werte rasch wieder auf 20° Grad an. Ab August fallen die Werte langsam wieder auf das Herbst/Winterniveau von 4°C ab.

Die Messergebnisse der Nährstoffgehalte (Phosphat) stammen von der etwa 20 km flussaufwärts gelegenen Messstelle Bittenbrunn. Analog zum Abfluss liegen die Phosphat-Konzentrationen der Donau in der ersten Jahreshälfte unter dem Durchschnitt der Vergleichsmessreihe von 2000–2013. Erst in der zweiten Jahreshälfte erreichen die Konzentrationen aufgrund der höheren Niederschläge ein überdurchschnittlich hohes Niveau.

In den Frühjahrsmonaten führt eine erste Biomasseentwicklung in Verbindung mit geringen Niederschlägen zu einem Sinken der Phosphat-Konzentration und einem gleichzeitigen Anstieg des Sauerstoffge-

halts. Der Einbruch der Biomasseproduktion in Verbindung mit Nährstoffeinträgen aus kleineren Hochwassern im Mai ist anhand fallender Chlorophyll-Konzentrationen, dem Wiederanstieg der Nährstoffparameter und einer Zehrung des Sauerstoffs zu erkennen. Die tiefsten Sauerstoffwerte Ende Juli, liegen bei 7,7 mg/l. Verstärkt wird der Wiederanstieg der Nährstoffkonzentrationen Ende Juli durch weitere Hochwasser an Zuflüssen und der Donau selbst, sowie Abschwemmungen aus der Fläche aufgrund erhöhter Niederschläge. Ortho-Phosphat-P erreicht dabei ein Maximum von 0,070 mg/l. Nach einem deutlichen Rückgang der Phosphatkonzentration im August pendelt sich diese zum Herbst/Winter auf ein konstantes im Vergleich zur Vorjahresdurchschnitt höheres Niveau von 0,05 mg/l ein. Die Sauerstoffkonzentrationen steigen nach kleinen Schwankungen wieder auf das Winterniveau von 12 mg/l.

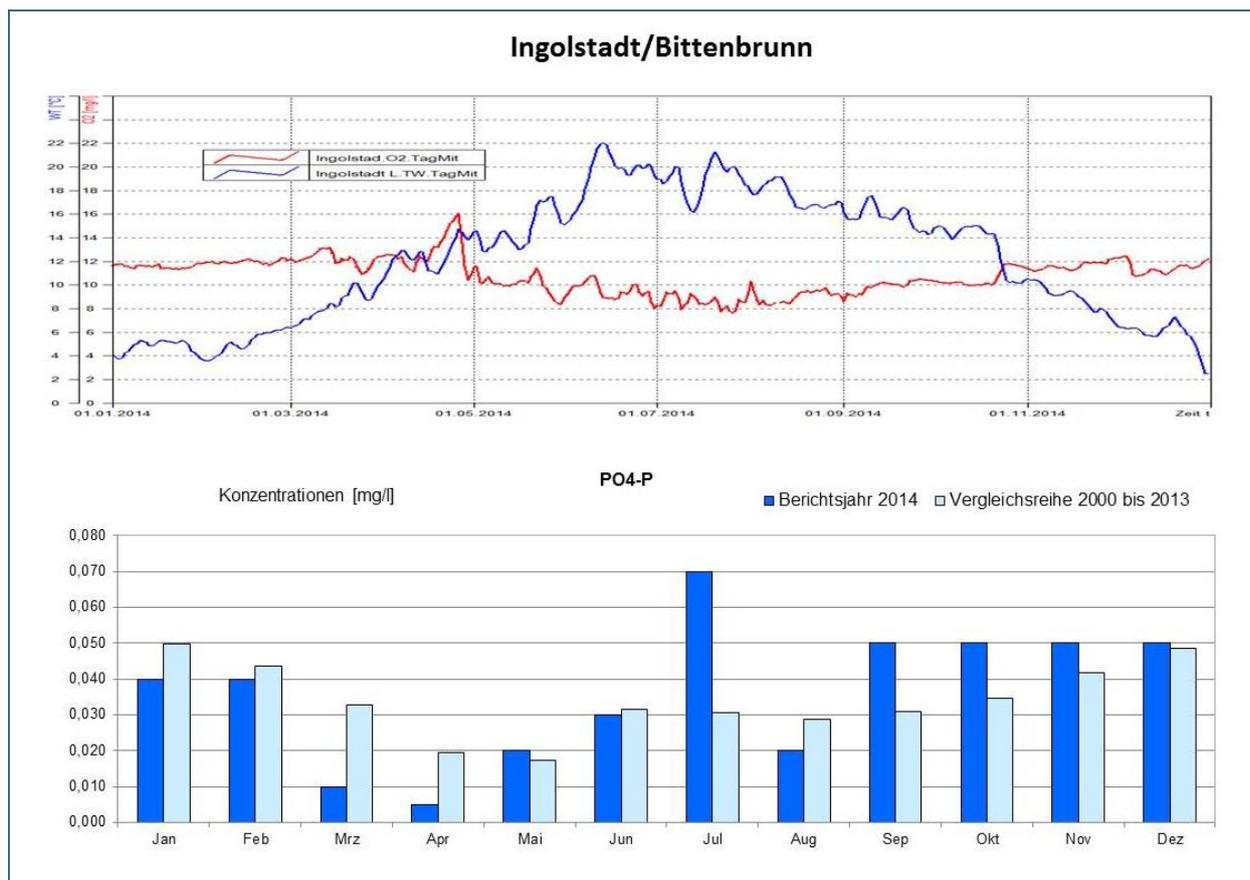


Abb. 16: Sauerstoff und Wassertemperatur an der automatischen Messstation Donau, Ingolstadt im Vergleich mit Ortho-Phosphat der Messstelle Bittenbrunn als Monatsmittel für das Jahr 2014 und dem langjährigen Mittel der Jahre 2000–2013.

3.5.2 Qualität der Seen

Die Qualität der bayerischen Seen wird regelmäßig nach gesetzlichen Vorgaben, hier vor allem zu nennen die EG Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) und die Oberflächengewässerverordnung (OGewV), überwacht und deren Entwicklung langfristig beobachtet. Die landesweite Überwachung der Seequalität betrifft überwiegend Seen mit einer Fläche größer 0,5 km². Überwacht werden bestimmte biologische und chemisch-physikalische Qualitätskomponenten im drei- bis sechsjährigen Turnus. Messwerte zu chemischen und physikalischen Parametern werden im Internetauftritt des Gewässerkundlichen Dienstes Bayern zur Verfügung gestellt (www.gkd.bayern.de).

Da jährlich nur ein Teil der bayerischen Seen untersucht werden können, ist die Beschreibung der Entwicklung der Gewässerqualität für ein bestimmtes Jahr als bayernweiter Überblick nicht sinnvoll. Daher wird jährlich beispielhaft aus dem laufenden Seenmonitoring berichtet. Für das Jahr 2014 werden die

Monitoringergebnisse des Großen Brombachsees exemplarisch vorgestellt und über den erstmaligen Einsatz einer kontinuierlich messenden Temperaturmessboje am Ammersee berichtet.

Temperaturmessboje Ammersee:

Um die langfristigen Auswirkungen des Klimawandels auf bayerische Seen näher zu untersuchen, hat das Bayerische Landesamt für Umwelt erstmalig eine Messboje am Ammersee im Einsatz. Mit Hilfe einer Messkette, die an der Unterseite einer Boje befestigt ist, wird seit dem Sommer 2013 die Wassertemperatur in 16 Messtiefen ständig erfasst.

Die Messboje ist an der tiefsten Stelle des Ammersees verankert. Das Herzstück des Messsystems bildet die 80 m lange Messkette. Ihre 16 Temperatursensoren sind über die gesamte Wassersäule bis kurz über den Grund des Ammersees verteilt und zeichnen kontinuierlich die Wassertemperatur auf. Die Messdaten werden in einem Datensammler im Inneren der Boje gespeichert. Die Messboje ist mit zwei Solarpanelen ausgestattet, die eine autonome Stromversorgung ermöglichen. Mehrmals am Tag werden die Daten über Mobilfunk an eine Datenbank der Wasserwirtschaftsverwaltung übermittelt und im Internetauftritt des Gewässerkundlichen Dienstes Bayern stellt. (www.lfu.bayern.de/wasser/ammerseeboje/wetterstation)

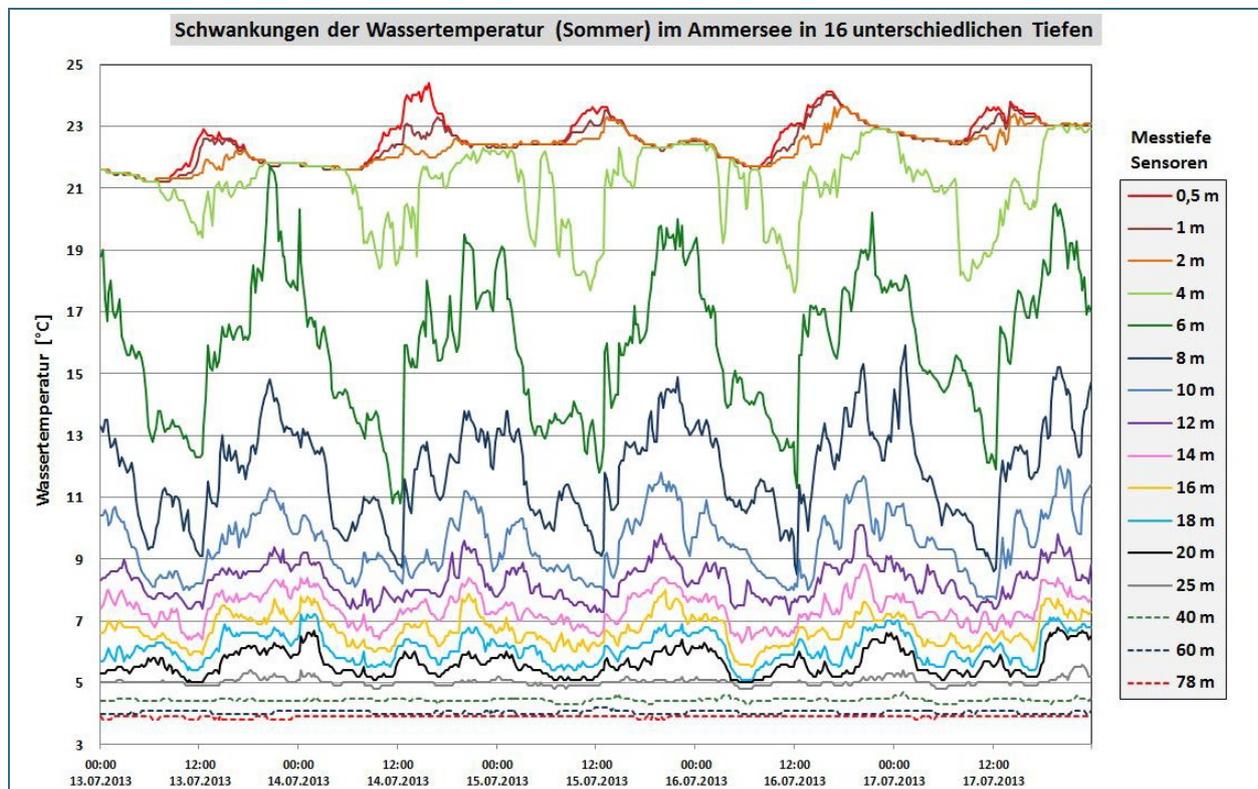


Abb. 17: Ammersee –Darstellung des Temperaturverlaufs aller 16 Sonden über den Zeitraum von einer Woche im Sommer

Auf der Spitze der Boje ist eine Kompaktwetterstation installiert, mit der Lufttemperatur, Luftdruck, relative Luftfeuchte, Globalstrahlung, Windrichtung und Windgeschwindigkeit erfasst werden. Diese meteorologischen Daten sollen helfen, die Ergebnisse der Wassertemperaturmessungen zu interpretieren und zu beurteilen. Abb. 17 zeigt den Verlauf der Wassertemperatur an 5 Messtagen im Juli in den 16 Messtiefen. Der See weist zu dieser Zeit eine Temperaturschichtung mit einer warmen Oberflächenschicht über einer kalten Tiefenschicht und zwischen beiden der sogenannten Sprungschicht (ca. 6–10 m Tiefe). Man sieht relativ geringe Temperaturschwankungen in der Oberflächenschicht (0–4m), sehr geringe bis keine Schwankungen in der Tiefenschicht (40–78m) und große Schwankungen in der Sprungschicht (6–10m). Dort sind finden Schwankungen von ca. 5 °C innerhalb weniger Stunden statt, was eine hohe Dynamik

bedeutet. Erklären lassen sich diese Schwankungen durch sogenannte interne Wellen (Seiches). Interessant für die Zukunft ist, wie sich diese typischen Temperaturverläufe im Rahmen des Klimawandels entwickeln werden, ob es Änderungen in den vertikalen Mustern, der Mächtigkeit der Schichten und Dauer der Schichtung im jeweiligen Jahr gibt und wie sich diese Veränderungen gegebenenfalls auf den Stoffhaushalt und die Organismen im See auswirken werden.

Beispiel Großer Brombachsee:

Bereits im achten Jahrhundert hatte man die Idee die beiden Flusssysteme Main und Donau für Schiffe passierbar miteinander zu verbinden. Der damals begonnene Bau der „Fossa Carolina“ oder auch Karlsgraben genannt wurde vermutlich nie vollendet. Im 19. Jahrhundert gab es erneut Bestrebungen, die Nordsee mit dem Schwarzen Meer auf einem schiffbaren Weg zu verbinden. Zu diesem Zweck wurde damals der Ludwig-Donau-Main-Kanal gebaut, welcher die Europäische Hauptwasserscheide, von der Fränkischen Alb gebildet, überbrückte. Diese schiffbare Straße wurde Mitte des 20. Jhd. aufgelassen.

Um einerseits die Schifffahrt zu ermöglichen und andererseits Wasser aus dem wasserreichen Süden Bayerns in den wasserarmen Norden zu schaffen, entstand im Zusammenhang mit dem Bau des Main-Donau-Kanals auch das sogenannte Fränkische Seenland mit den zusammenhängenden Seen Altmühlsee, Igelsbachsee, Kleiner Brombachsee und Großer Brombachsee.

Die größte dieser Stauhaltungen bildet der Große Brombachsee mit einer Fläche von 8,7 km² und einer maximalen Tiefe von 36 m.

Die in den ersten Jahren des Einstaus relativ hohen Phosphorwerte haben sich in den Folgejahren deutlich verringert. Die in den vergangenen fünf Jahren im Mittel ca. zwischen 20 und 30 µg/l schwankenden Phosphorwerte und die relativ geringen Sichttiefen (um 3 m schwankend im gleichen Zeitraum) weisen den Brombachsee als ein mesotrophes Gewässer aus. Innerhalb dieser 5 Jahre lässt sich eine leichte Tendenz zu steigenden Phosphor-Werten erkennen (Abb. 18).

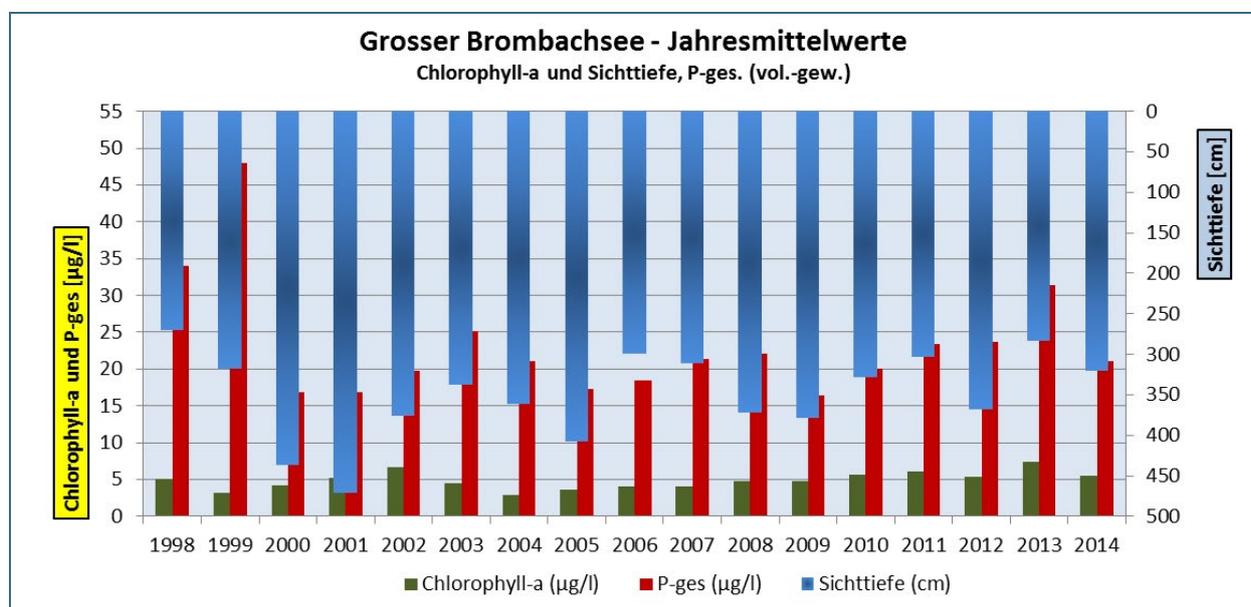


Abb. 18: Trophieparameter Sichttiefe, Chlorophyll a und Gesamtphosphorgehalt (P-ges) des Großen Brombachsees seit 1998 bis 2014.

Die in Abb. 19 beispielhaft für das Jahr 2009 dargestellten Sauerstoff- und Temperaturmesswerte lassen deutlich die Entstehung einer stabilen thermischen Schichtung des Seewassers mit Temperaturen über 20°C an der Oberfläche und dem wesentlich kälteren Tiefenwasser (deutlich unter 10°C) in den Sommermonaten erkennen. Damit einher geht eine Sauerstoffzehrung durch Mineralisierung abgestorbener organischer Materials in der Tiefe. Der O₂-Gehalt geht in den Monaten September und Oktober gegen

Null. Je mehr Nährstoffe den pflanzlichen Organismen zur Verfügung stehen, desto mehr Biomasse kann gebildet werden. Diese stellt dann wiederum die Nahrungsgrundlage für alle in der Nahrungskette darüber stehenden Organismen. Beim Absterben sinkt diese Biomasse auf den Gewässergrund und wird durch Mikroorganismen unter Sauerstoffverbrauch abgebaut. Durch Wasserabkühlung und Windeinfluss setzt eine Zirkulation des Wasserkörpers im November ein, die den Sauerstoffgehalt des Tiefenwassers wieder ausgleicht.

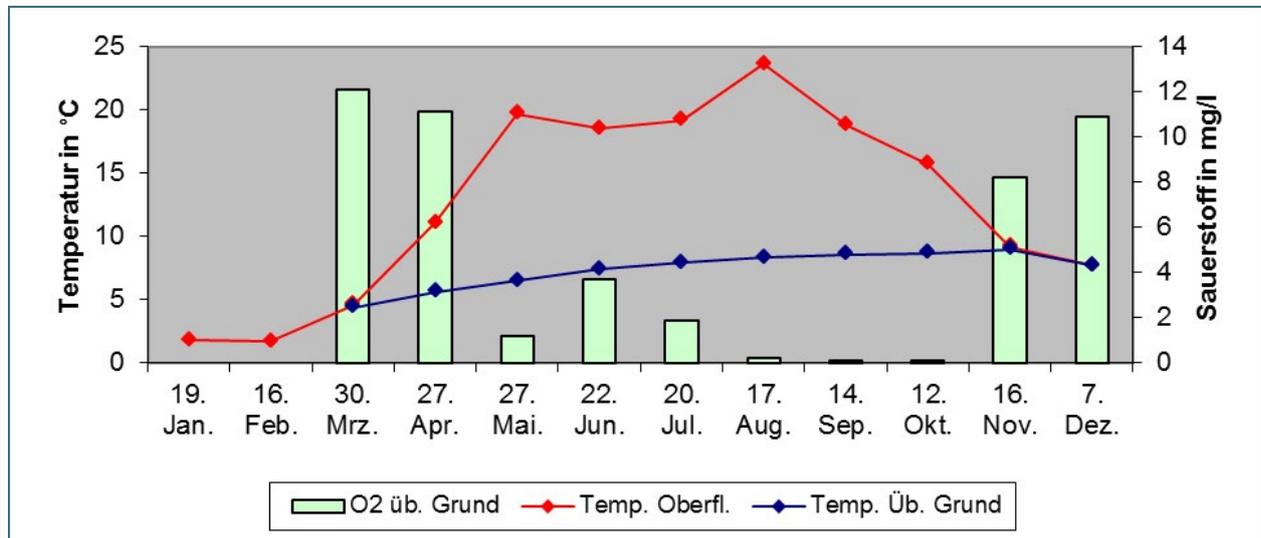


Abb. 19: Sauerstoffgehalte über Seegrund sowie Temperaturwerte des Oberflächen- und des Tiefenwassers. In den Monaten Januar und Februar konnten keine Sauerstoffwerte ermittelt werden.

Die Bewertung des ökologischen Zustandes nach EG-Wasserrahmenrichtlinie, welche auf Grundlage der Untersuchungsergebnisse der in diesem See vorhandenen freischwebenden Algen (Phytoplankton), der substratgebundenen Flora (Makrophyten und Phytobenthos) und der Fische erfolgt, ergibt einen „mäßigen ökologischen Zustand“ (Zustandsklasse 3). Dieses Urteil wird durch Einschätzung durch Gewässerexperten mit langjährigen Kenntnissen bestätigt. Ziel der Wasserrahmenrichtlinie ist die Erreichung des „guten ökologischen Zustands“ (Zustandsklasse 2) für alle Seen > 50ha und somit auch des Großen Brombachsees.

Im Rahmen von chemischen Untersuchungen sollte geprüft werden, ob aus dem durch landwirtschaftliche Nutzung geprägten Einzugsgebiet Schadstoffe diffus eingebracht werden. Dabei konnten zwei Pflanzenschutzmittel nachgewiesen werden. Es handelt sich dabei um ein Abbauprodukt eines Herbizids (Desethylterbuthylazin) sowie um das Maisherbizid Terbuthylazin. Der für Terbuthylazin in der Oberflächengewässerverordnung festgeschriebene Grenzwert von $0,5\mu\text{g/l}$ wurde weit unterschritten, einen Grenzwert für Desethylterbuthylazin gibt es nicht. Die Ergebnisse sind einschließlich der Vorjahresergebnisse des Altmühlsees sowie der Vorsperre des Großen Brombachsees, dem Igelsbachsee in Abb. 20 dargestellt. Die im Altmühlsee gefundenen Stoffe Aminomethylphosphonsäure, Atrazin und Isoproturon (alle ohne Grenzwertüberschreitung) konnten im Großen Brombachsee nicht nachgewiesen werden. Die genannten anderen Seen sind dem Großen Brombachsee in der Seenkette vorgeschaltet, daher ist interessant welche Schadstoffe in welchem See nachweisbar bzw. nicht mehr nachweisbar sind. Diese Erkenntnisse werden für die Festlegung des künftigen Schadstoffmonitorings in Seen genutzt.

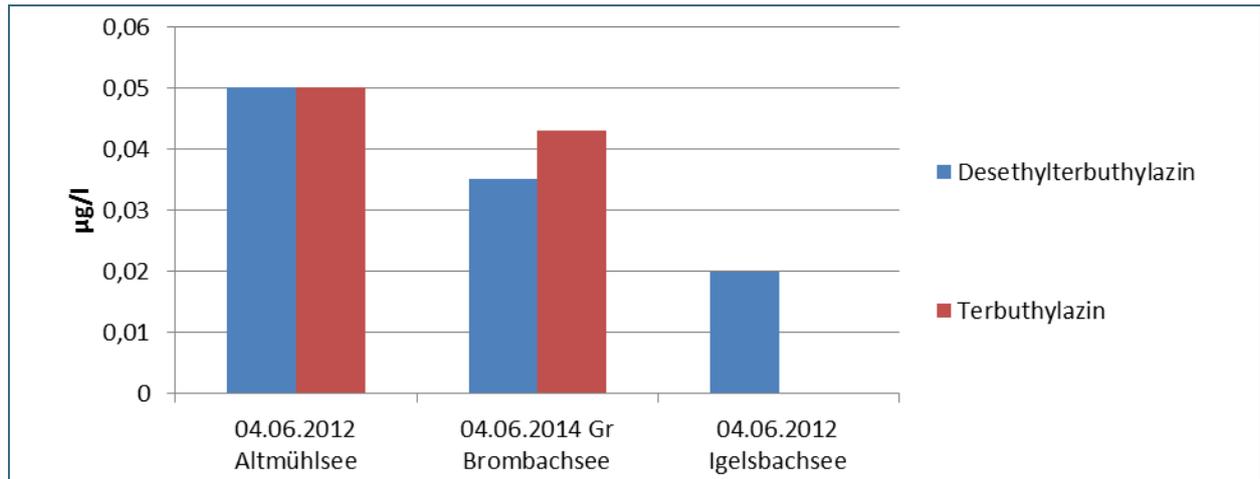


Abb. 20: Desethylterbutylazin und Terbutylazin-Gehalte in drei Seen des Fränkischen Seenlandes. Messwerte aus dem Monat Juni 2013 bzw. 2014.

Im Sommer 2014 trafen sich die Probenehmer der bayerischen Wasserwirtschaft zu einem Methodenvergleich und Probenahmeworkshop am Großen Brombachsee. 12 Bearbeiterteams der Wasserwirtschaftsämter und des LfU führten an der tiefsten Stelle des Brombachsees parallel Beprobungen für physikalische, chemische und biologische Parameter gemäß den Untersuchungsvorschriften des Handbuchs Technische Gewässeraufsicht durch (Abb. 21).



Abb. 21: Vergleichende Probenahme an der tiefsten Stelle des Brombachsees.

Veranstaltungen dieser Art, die im 3-Jahresrhythmus stattfinden, dienen der Qualitätssicherung beim Seenmonitoring. Notwendige weitere Standardisierungen der Vorgehensweisen können so erkannt werden. Erprobung und Vergleich geeigneter und neuer Geräte sowie intensiver Erfahrungsaustausch führen zu immer weiter optimierten Verfahren und reproduzierbaren Datengrundlagen.

Die im Rahmen des Workshops gewonnenen Ergebnisse belegen in weiten Teilen eine sehr gute Übereinstimmung (Abb. 22).

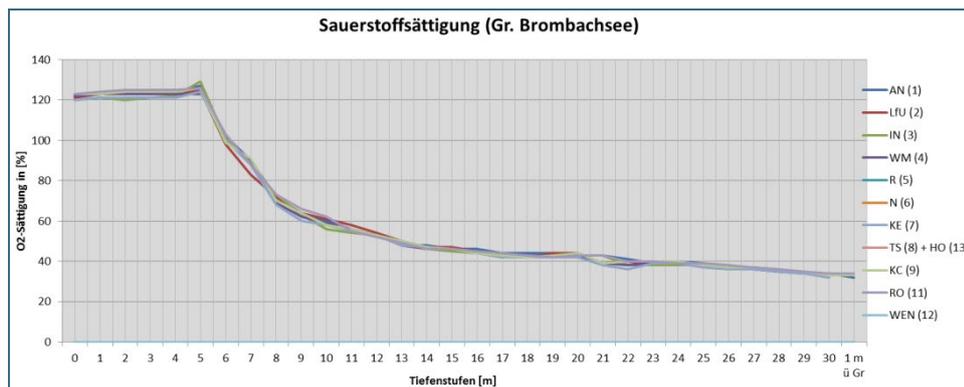


Abb. 22: Zeitgleiche Messung der Sauerstoffsättigung im Tiefenprofil des Großen Brombachsees durch 12 Messteams im Rahmen des Probenahmeworkshops im Juli 2014

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 der jeweiligen geologischen Formation, insbesondere durch den Kluft- oder Porenraum, bestimmt. Ferner unterscheiden sie sich in Bezug auf Ergiebigkeit und Größe der zusammenhängenden Grundwasserkörper. Die folgende landesweite Darstellung der Grundwasserverhältnisse im Jahr 2014 behandelt die weitflächigen südbayerischen Porengrundwasserleiter (Tertiär, Quartär) sowie die Kluft- und Karstgrundwasserleiter (Trias bis Kreide) nördlich der Donau.

Im Bereich der weiträumigen quartären Schotterflächen südlich der Donau setzte sich der Trend fallender Grundwasserstände, der seit der zweiten Jahreshälfte 2013 vorherrschte, auch zum Jahresbeginn 2014 fort. Dieser Trend hielt bis zum Monat Juli an, an dem die Jahrestiefststände erreicht wurden. Ab Mitte Juli folgte ein zuerst leichter Anstieg des Grundwassers, der ab Ende Oktober deutlicher ausfiel. Grundsätzlich reagieren die Schotterflächen aufgrund ihrer Größe und ihrer hydrogeologischen Eigenschaften wesentlich gedämpfter auf einen Niederschlagsbeitrag oder auch auf ein Niederschlagsdefizit als andere Grundwasserleiter. Stellvertretend für die Entwicklung des Grundwasserstandes im Bereich der Münchener Schotterebene werden in Abb. 23 die Messdaten der Messstelle Eching 275D veranschaulicht. Kleinere Niederschlagsereignisse wirkten sich kaum auf den Grundwasserspiegel aus. Erst die ergiebigen Niederschläge im Oktober konnten eine deutliche Aufhöhung des Grundwassers bewirken. Der Grundwasserstand an der Messstelle Eching lag ganzjährig unter dem langjährigen Mittelwert dieser Messstelle. Ein neuer Niedrigstwert wurde 2014 nicht erreicht, das bisherige Minimum an dieser Messstelle von 2004 wurde jedoch nur um 7cm verfehlt.

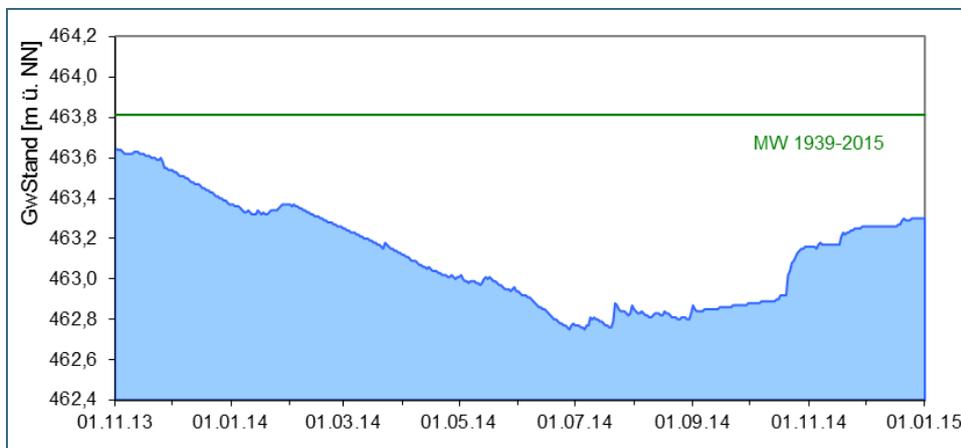


Abb. 23:
Verlauf der Grundwasserstände im Niederterrassenschotter der Münchener Schotterebene (Messstelle Eching 275D, beobachtet seit 1939)
HHW: 465,59 m ü. NN,
MW: 463,81 m ü. NN,
NNW: 462,68 m ü. NN

Die zumeist geringmächtigen, oberflächennahen quartären 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 Kleinschwarzenlohe Q11 (Abb. 24) steht beispielsweise in Kontakt mit dem Abflussgeschehen der nahegelegenen Schwarzach (Mittelfranken). So sind die Wasserstandsspitzen der Schwarzach (aufgezeichnet am Pegel Wendelstein) meist auch deutlich in der dargestellten Grundwasserstandsganglinie zu erkennen. Der grundsätzlich fallende Trend von Ende November 2013 bis in den Juli 2014 spiegelt die überregionale Niederschlagsituation gut wider. Aufgrund der Trockenheit und der außergewöhnlichen Wärme in den ersten vier Monaten des Jahres war die Grundwasserneubildung hier äußerst gering. Nach Erreichen der Jahrestiefststände im Juli, zeigte sich in der zweiten Jahreshälfte ein leicht ansteigender Trend bis Jahres-

ende. Der Grundwasserstand an der Messstelle Kleinschwarzenlohe blieb im gesamten Kalenderjahr unterhalb des langjährigen Mittels.

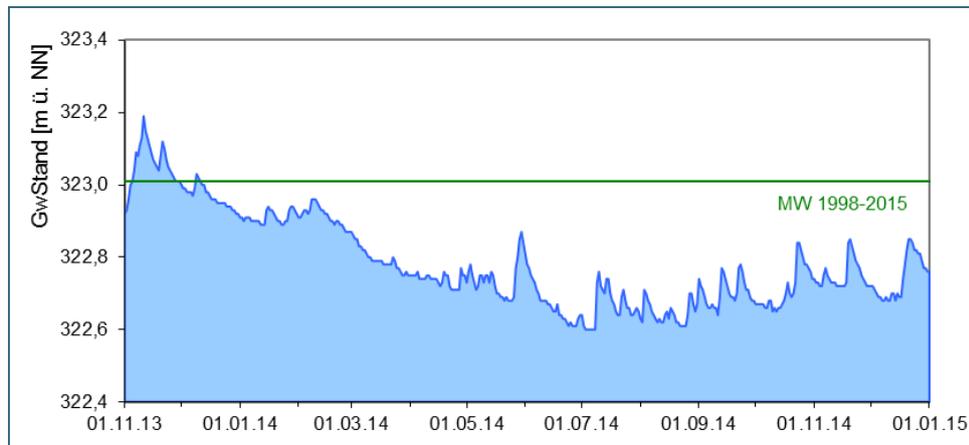


Abb. 24:
Verlauf der Grundwasserstände im Quartär (Messstelle Kleinschwarzenlohe Q11, beobachtet seit 1998)
HHW: 324,12 m ü. NN;
MW: 323,01 m ü. NN;
NNW: 322,52 m ü. NN

Das Grundwasser im tertiären Molassebecken (Raum südlich der Donau, grundwasserführend bis zur Linie Memmingen-Starnberg-Burghausen) liegt in Tiefen von 50 bis 200 m. Das Grundwasser befindet sich überwiegend im gespannten Zustand, so auch an der Messstelle Haslangkreit. Der Druckspiegel blieb von Jahresbeginn bis März relativ konstant oberhalb des langjährigen Mittelwertes und viel darauf bis Ende Juni kontinuierlich ab. So wurde der tiefste Wasserstand des Jahres am 23. Juni erreicht. Dies war immerhin der zweitniedrigste Stand seit Beginn der Beobachtung. Folgend stieg der Grundwasserspiegel wieder und erreichte zu Jahresende ein Niveau auf Höhe des langjährigen Mittels (Abb. 25). Insgesamt reagiert das Grundwasser relativ träge und zeitverzögert auf das Niederschlagsgeschehen. Langanhaltende Witterungsphasen, wie die Trockenheit im Winter/Frühjahr zeigen aber einen deutlichen Einfluss auf den Verlauf der Grundwasserstände.

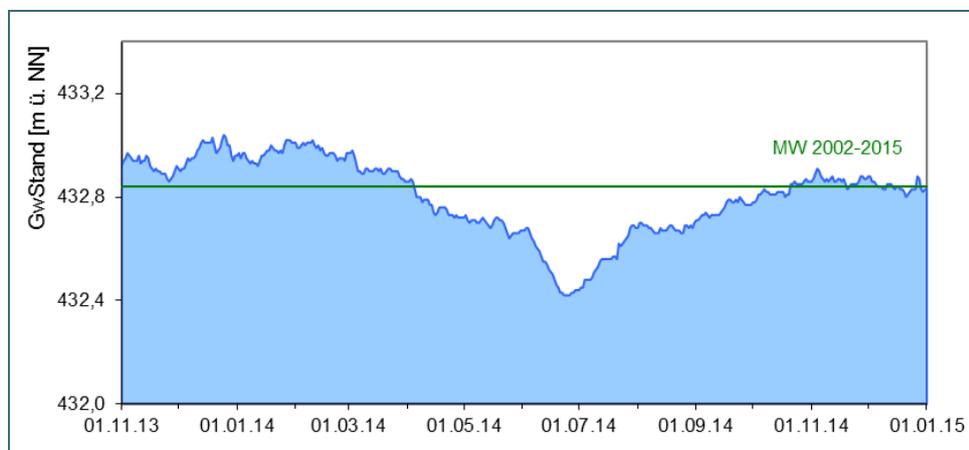


Abb. 25:
Verlauf der Grundwasserstände der Oberen Süßwassermolasse des Tertiärs (Messstelle Haslangkreit T6, beobachtet seit 2002)
HHW: 433,53 m ü. NN,
MW: 432,84 m ü. NN,
NNW: 432,35 m ü. NN

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. Aufgrund der langanhaltend trockenen Witterung zu Jahresbeginn und der fehlenden Grundwasserneubildung fielen die Grundwasserstände an der ausgewählten Messstelle Gungolding ab Ende Februar ab und erreichten im Juni das Jahresminimum (Abb. 26). Im weiteren Jahresverlauf folgten abwechselnd steigende und sinkende Phasen des Grundwasserstands mit einer insgesamt ansteigenden Tendenz. Zu Jahresende wurde das langjährige Mittel an der für den Malmkarst repräsentativen Messstelle Gungolding 928 wieder erreicht.

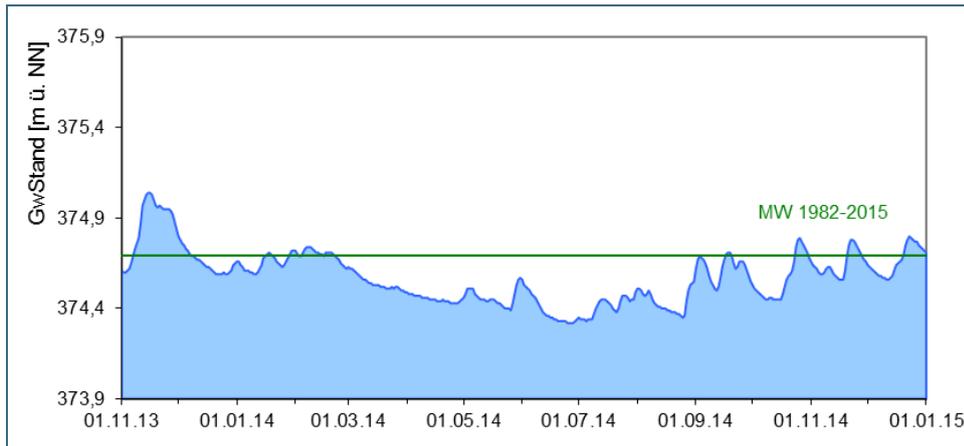


Abb. 26:
Verlauf der Grundwasserstände im Malmkarst (Messstelle Gungolding 928, beobachtet seit 1982)
HHW: 376,80 m ü. NN,
MW: 374,69 m ü. NN,
NNW: 374,20 m ü. NN

Die vergleichsweise tiefen Grundwasservorkommen im verkarsteten Muschelkalk Mittel- und Unterfrankens reagieren zeitlich verzögert auf Niederschlagsereignisse und zeigen einen insgesamt trägeren Verlauf als oberflächennahe Grundwasserleiter. Obwohl in den ersten Monaten des Jahres kaum eine Grundwasserneubildung aus Niederschlag stattfand, stiegen die Grundwasserstände im Februar noch an. Der Jahreshöchstwert wurde an der ausgewählten Messstelle ROTHOF (WÜ-MU 8) am 15. März erreicht. Danach ging der Grundwasserstand bis zum Jahreswechsel annähernd kontinuierlich zurück und lag Ende 2014 deutlich unterhalb des langjährigen durchschnittlichen Niveaus (Abb. 27).

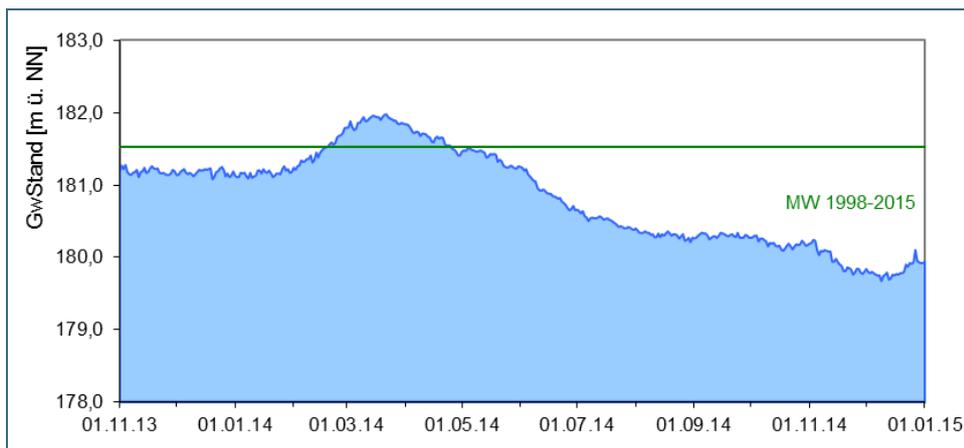


Abb. 27:
Verlauf der Grundwasserstände im Muschelkalk (Messstelle ROTHOF (WÜ-MU 8), beobachtet seit 1998)
HHW: 186,68 m ü. NN,
MW: 181,56 m ü. NN,
NNW: 178,43 m ü. NN

Im Buntsandstein zeigten die Grundwasserstände einen ähnlichen Verlauf wie in anderen großflächigen Grundwasserleitern Bayerns. In der ersten Jahreshälfte war eine von Messstelle zu Messstelle unterschiedlich stark ausgeprägte Absenkung des Grundwasserspiegels zu beobachten. Dieser Trend hielt an vielen Messstellen bis zum Herbst an. Zu Jahresende stieg das Grundwasser wieder an und erreichte vielerorts das Niveau, wie es zu Jahresbeginn vorherrschte. Abb. 28 veranschaulicht diese Entwicklung beispielhaft an der für den Buntsandstein repräsentativen Messstelle Kothen S5. Der tiefste Wasserstand des Jahres wurde an dieser Messstelle schon am 08. Juli erreicht. Dem anschließenden Anstieg des Grundwasserstandes auf Höhe des langjährigen Mittelwertes folgte eine weitere Phase der Absenkung von November bis Mitte Dezember. Darauf stieg das Grundwasser bis zum Jahreswechsel noch einmal bis über das langjährige Mittel dieser Messstelle.

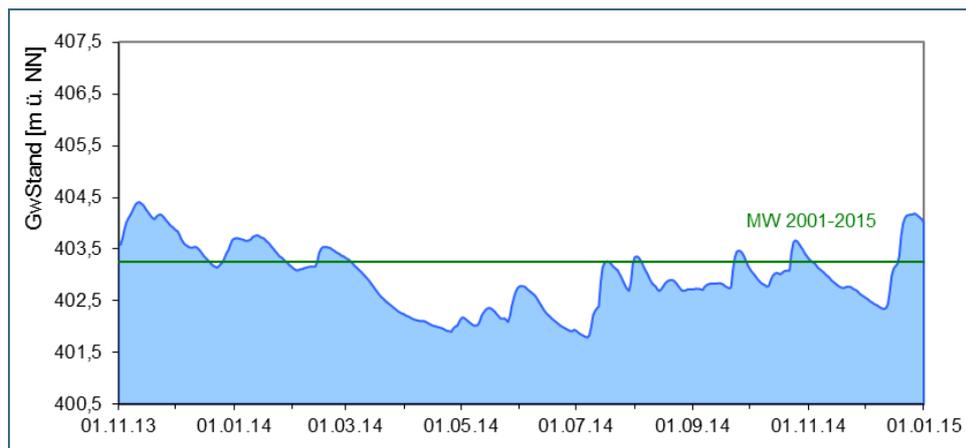


Abb. 28:
Verlauf der Grundwasserstände im Buntsandstein (Messstelle Kothen S5, beobachtet seit 2001)
HHW: 406,78 m ü. NN,
MW : 403,26 m ü. NN,
NNW: 401,24 m ü. NN

Die Entwicklung der Grundwasserstände in Bayern können im Gewässerkundlichen-Dienst (GKD) im Internet unter: www.gkd.bayern.de eingesehen werden. Im Niedrigwasser-Informationssystem (NID; www.nid.bayern.de) erfolgt zudem eine fachliche Einschätzung der aktuellen Grundwasserstände im Hinblick auf eine Niedrigwassersituation.

Allgemeine Informationen zum Landesgrundwasserdienst werden bereitgestellt unter: www.lfu.bayern.de/wasser/grundwasserstand.

4.2 Quellschüttung

Das Landesmessnetz Quellen deckt die Grundwasserkörper ab, die aufgrund der hydrogeologischen Situation nur schlecht durch Grundwassermessstellen erfasst werden können. Dies sind in erster Linie die Grundwasserkörper im kristallinen Grundgebirge, im voralpinen Moränengürtel und im alpinen Raum. Diese drei hydrogeologischen Einheiten sollen folgend behandelt werden.

Die Kluffgrundwasserleiter im Ostbayerischen Kristallin reagieren in der Regel schnell auf Niederschlagsereignisse.

Als repräsentative Messstelle für diesen Teilraum wurde die Quellschüttungsmessstelle Rassreuth gewählt. (Abb. 29) Der für die Quelle typische Anstieg der Schüttung zu Jahresbeginn blieb aufgrund des schneearmen Winters und trockenen Frühjahrs heuer komplett aus. So stagnierte die Quellschüttung bis in den September hinein auf relativ konstantem Niveau unterhalb des langjährigen Mittels. Erst im letzten Jahresquartal stieg die Schüttung nennenswert an und lag zu Jahresende etwa im Bereich des langjährigen Mittelwertes.

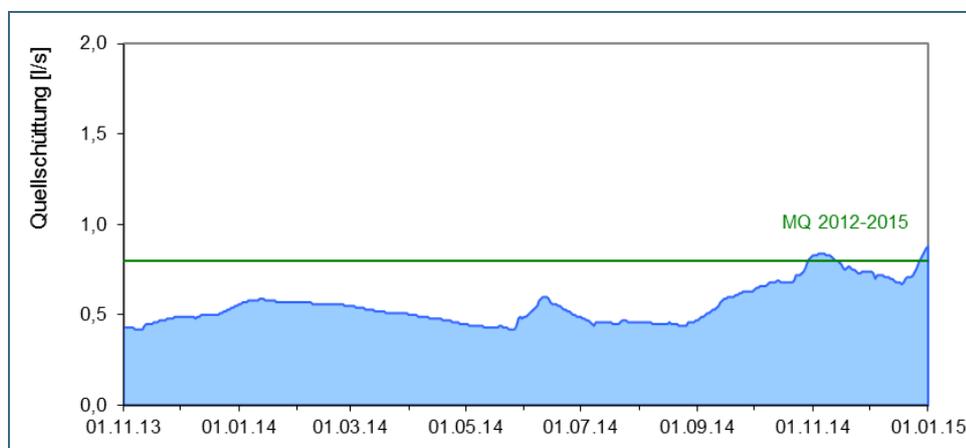


Abb. 29:
Verlauf der Quellschüttungen im Ostbayerischen Kristallin (Messstelle Rassreuth, beobachtet seit 2012)
HQ: 2,73 l/s,
MQ: 0,80 l/s,
NQ: 0,40 l/s

Aufgrund der großen geologischen Inhomogenität des voralpinen Moränengürtels zeigen die einzelnen Quellen voneinander abweichende Charakteristika. Die Reaktion auf das Niederschlagsgeschehen ist

insgesamt wesentlich gedämpfter als z.B. im Kristallin. Ein Absinken der Schüttungen bis etwa Juli/August aufgrund des trockenen Jahresbeginns ist jedoch an allen Quellmessstellen des Moränengürtels zu verzeichnen. An der Kalkofenquelle (Abb. 30) wurde am 07.07.2014 ein neuer Niedrigstwert seit Beginn der Aufzeichnung 2013 erreicht. Ab Ende Juli stieg die Schüttung kontinuierlich bis Anfang November und fiel dann wieder leicht ab. Die Quellschüttung an der Kalkofenquelle erreichte im ganzen Kalenderjahr 2014 kein einziges Mal ein Niveau auf Höhe des langjährigen Mittels.

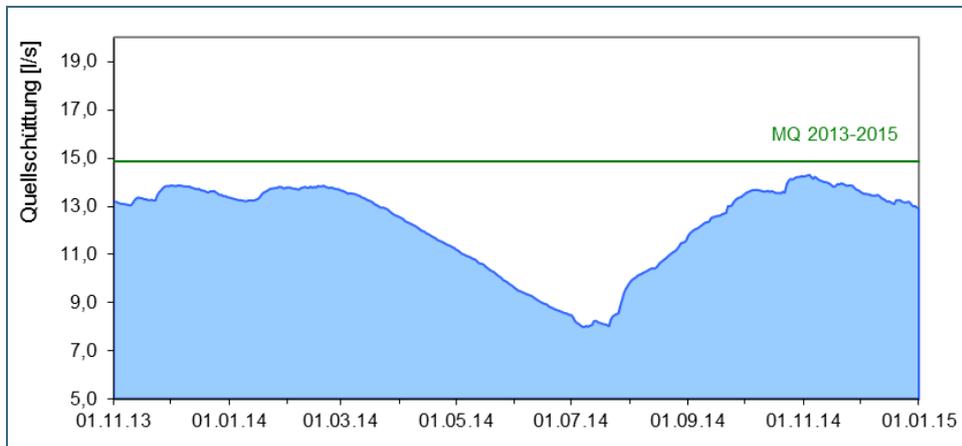


Abb. 30:
Verlauf der Quellschüttungen im voralpinen Moränengürtel (Messstelle Kalkofenquelle, beobachtet seit 2013)
HQ: 24,29 l/s,
MQ: 14,84 l/s,
NQ: 7,87 l/s

Die Quellen des alpinen Raumes reagieren rasch auf Faktoren wie Niederschlag und Schneeschmelze.

So sind auch an der Ganglinie der Quelle Strailach alle größeren Niederschlagsereignisse gut erkennbar (Abb. 31). Das Niederschlagsdefizit der ersten vier Monaten des Jahres 2014 zeichnet sich am Verlauf der Quellschüttung deutlich ab. Die niedrigste Schüttung des Jahres lag am 15. März mit 8,73 l/s vor. Schüttungen über dem langjährigen Mittelwert wurden nur vereinzelt registriert.

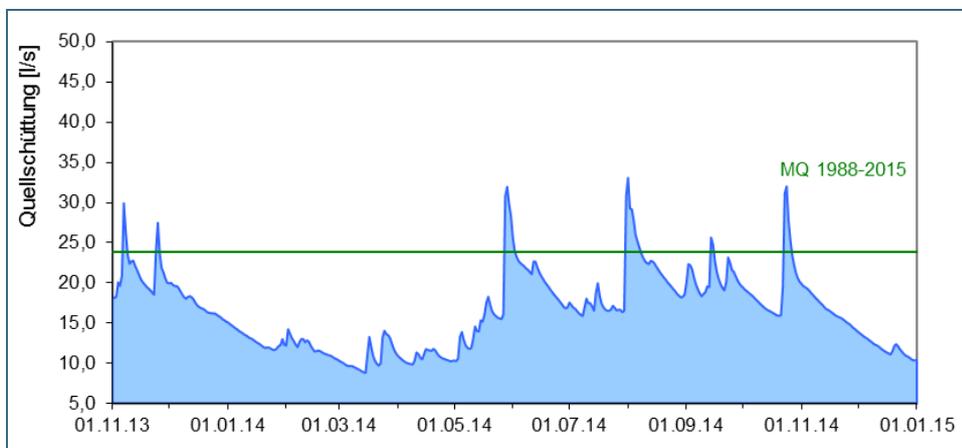


Abb. 31:
Verlauf der Quellschüttungen im alpinen Raum (Messstelle Strailach 3-5, beobachtet seit 1988)
HQ: 55,93 l/s,
MQ: 23,86 l/s,
NQ: 5,31 l/s

4.3 Grundwasserbeschaffenheit

Das Grundwasser liefert ca. 92 % des Trinkwassers in Bayern. Aus versickernden Niederschlägen wird Grundwasser ständig neu gebildet und fließt verzögert über den Untergrund den Vorflutern zu. 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 weitgehend deckungsgleich mit dem Überblicksmessnetz für die EG-Wasserrahmenrichtlinie ist. Hierzu werden mehr als 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. Zuviel Nitrat im Trinkwasser kann Gesundheitsschäden verursachen, deshalb geben die Trinkwasserverordnung und die Grundwasserverordnung (GrwV) einen Grenzwert von 50 mg/l vor.

Seit Anfang der 1990er Jahre haben sich die durchschnittlichen Nitratgehalte in Bayern (kontinuierlich gemessen an ca. 160 Messstellen) nicht wesentlich verändert (Abb. 32). Der Anteil an Messstellen mit Nitratgehalten > 40 mg/l liegt aktuell bei rund 12 %.

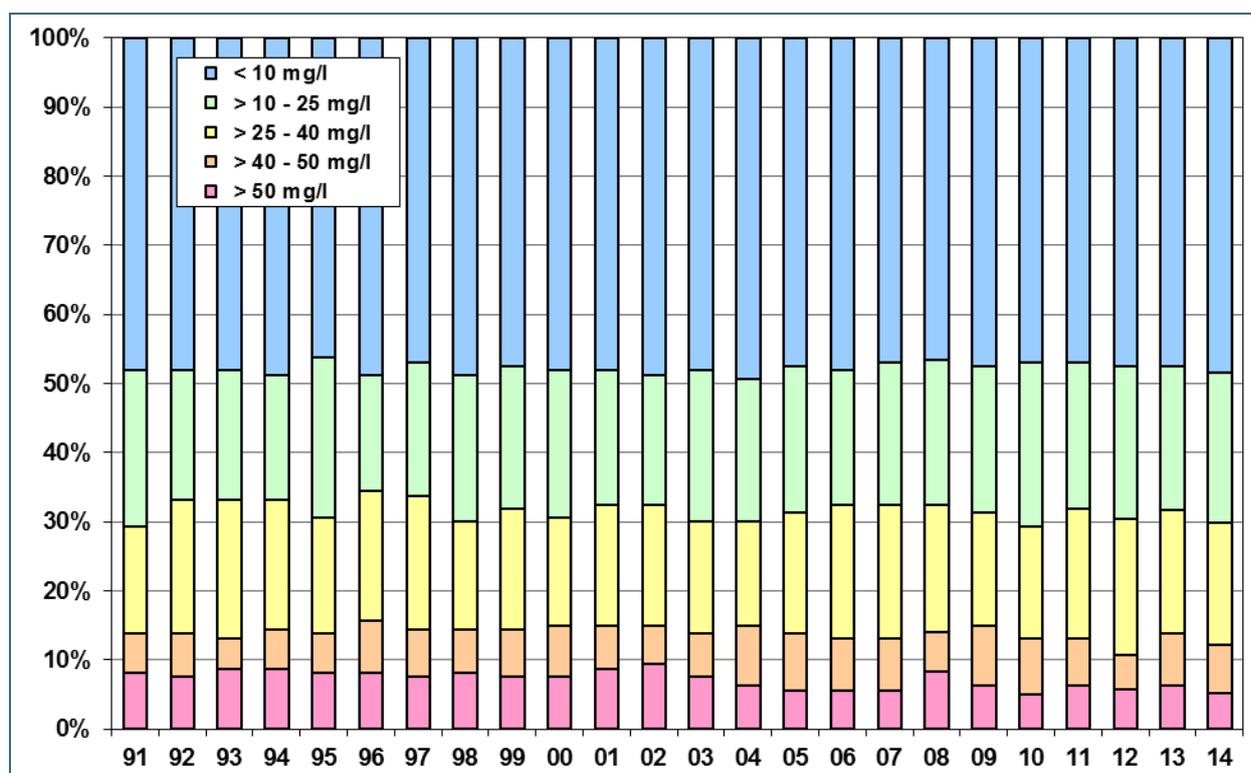


Abb. 32: Entwicklung der Nitratgehalte im Grundwasser 1991–2014 (Messstellen je Konzentrationsklasse in %)

4.4 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 eines bewaldeten Standorts im Bereich des Spessarts (Messgebiet HSP). Durchfeuchtung und Austrocknung des Bodens werden vom Wechselspiel aus Niederschlag und Verdunstung bestimmt. Die Bodenfeuchte wird direkt als Bodenwassergehalt (Vol. %) und indirekt als Bodensaugspannung in Hektopascal (hPa) gemessen. Bei hohem Bodenwassergehalt (> 20 Vol.%) bildet sich freies Sickerwasser, das in durchlässigen Böden der Schwerkraft folgend dem Grundwasser zufließt. Als Messgeräte sind pro Messtiefe je 4 Tensiometer für die Saugspannungsmessung, 4 Sonden zur Messung des volumetrischen Wassergehalts und 8 Saugkerzen zur Entnahme von Bodenwasser eingebaut.

Der Standort im Spessart (Hochspessart) ist durch Silikatgesteine des Mittleren Buntsandsteins aufgebaut und durch dessen Verwitterungsprodukte (lehmig-sandig bis sandig-lehmige Braunerden) geprägt.

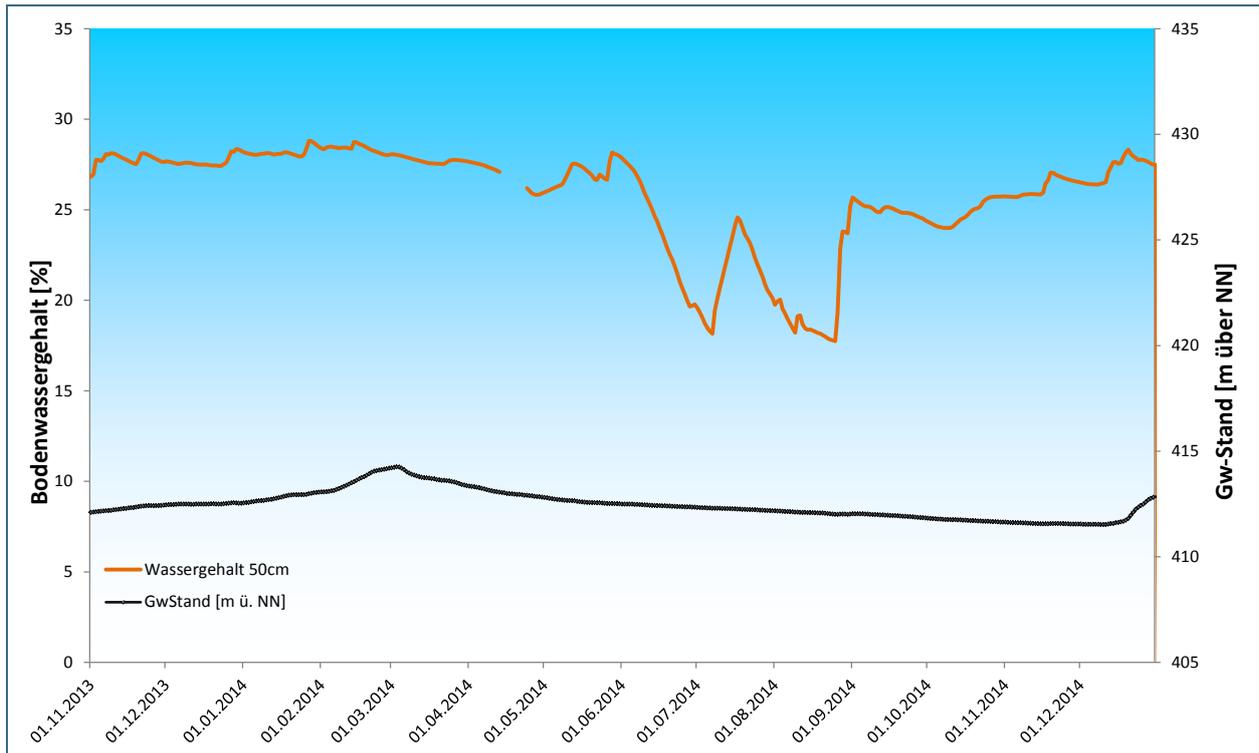


Abb. 33: Jahresverlauf 2014 von Bodenwassergehalt in 50 cm Tiefe und Grundwasserstand am Messstandort „Hochspessart“

Betrachtet man den in Abb. 33 dargestellten Jahresverlauf des Bodenwassergehaltes in 50 cm Tiefe, so fällt auf, dass der Bodenwassergehalt in den Monaten Januar – März auf einem relativ konstanten, für die Jahreszeit aber vergleichsweise niedrigen Niveau (ca. 27%) lag. Darin spiegelt sich deutlich wider, dass der Zeitabschnitt insgesamt zu warm und zu trocken war (vgl. Witterungsbericht). Die Niederschläge reichten zwar aus, um den oberen Boden feucht zu halten, nicht aber um in größerem Umfang Sickerwasser zu bilden. Im weiteren Verlauf traten zwischen Juni und September zwei Trockenphasen auf, in denen auch verdunstungsbedingt eine spürbare Zehrung des Bodenwasservorrates erfolgte. Das Jahr endete etwa mit denselben Bodenwassergehalten wie es begonnen hatte.

Betrachtet man die Grundwasserstände, so zeigt sich, dass die sonst für die Jahreszeit typische Grundwasserneubildung zu Beginn des Jahres 2014 weitgehend ausgeblieben ist. Dies wird insbesondere auch im Vergleich der Jahre 2001 bis 2014 deutlich (Abb. 34), wobei besonders die sehr geringe Schwankungsbreite der Grundwasserstände im Jahresverlauf 2014 auffällt.

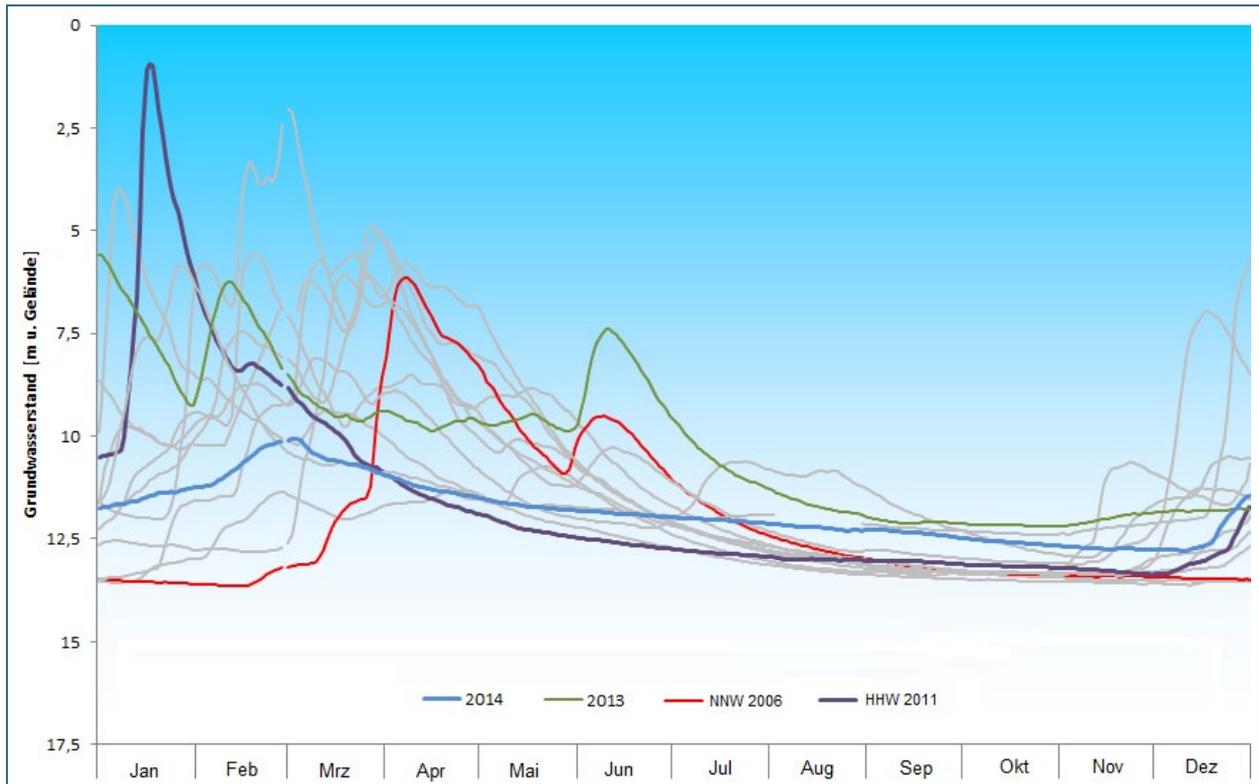


Abb. 34: Tagesmittelwerte der Grundwasserganglinien 2001–2014 an der Grundwassermessstelle „SR/GW SPESS-ART 01 am Messstandort „Hochspessart“

Farblich hervorgehoben sind die Jahre 2006 (Messung des niedrigsten Wasserstandes, NNW), das Jahr 2011 (Messung des höchsten Wasserstandes, HHW), sowie das aktuelle Jahr 2014 und das vorhergehende Jahr (2013.)

5 Sonderthema: 25 Jahre Versauerungsmonitoring in Bayern – Entwicklungen, Trends und Perspektiven

5.1 Wie entstand Versauerung?

Anfang der 1980er Jahre ließ der saure Regen und das damit einhergehende „große Waldsterben“ Besorgnis in der Öffentlichkeit laut werden und beschäftigte zunehmend die Wissenschaft. Aufgrund hoher Emissionen an Stickstoff und Schwefel aus Industrie, Verkehr und Landwirtschaft, kam es zu einem massiven Eintrag von Säuren aus der Atmosphäre, welcher in bestimmten Regionen zu einer starken Versauerung von Böden und Gewässern führte. Dies hatte in diesen Gebieten niedrige pH-Werte und unter anderem meist erhöhte Aluminiumkonzentrationen im Wasser zur Folge, welche toxisch auf Fauna und Flora wirken können.

5.2 Seit wann wird gemessen, wie wird erfasst?

In Bayern wird seit über 25 Jahren die Entwicklung der atmosphärisch bedingten Versauerung innerhalb aller betroffenen Umweltkompartimente (Boden, Wasser, Luft) durch ein intensives Monitoring überwacht. Um den Versauerungszustand möglichst exakt zu erfassen, werden biologische und chemische Untersuchungen durchgeführt (Tab. 1).

Über das kontinuierliche Monitoring von über 15 chemischen Parametern werden alle Zustandsänderungen dokumentiert und überwacht. Biologische Verfahren sind sehr gut als Indikatoren der Versauerung in Flüssen und Seen geeignet und haben gegenüber chemischen Untersuchungen zwei entscheidende Vorteile:

- Sie spiegeln den Zustand des Gewässers über einen längeren Zeitraum hinweg wider
- Sie integrieren alle Umwelteinflüsse und geben so den Gesamtzustand wieder

Biologie		Chemie
Diatomeen (<i>Kieselalgen</i>)	Makrozoobenthos (<i>Kleinlebewesen am Gewässergrund</i>)	chemische Parameter
Verschiedene Arten	Krebse, Muscheln, Egel, Schnecken, Insektenlarven, ...	pH-Wert, Sulfat, Nitrat, Sauerstoff, Aluminium, ...

Tab. 1: Bewertungsmethoden zur Feststellung des Ausmaßes der Versauerung.

Zusätzlich wird in drei von Versauerung betroffenen Gebieten im Bayerischen Wald, Fichtelgebirge und dem Hochspessart ein sogenanntes Integriertes Hydrologisches Monitoring (IHM) durchgeführt, mit dem sich der gesamte Pfad der Versauerung nachvollziehen lässt. Diese Untersuchungen finden in definierten Einzugsgebieten statt, wodurch genau bilanziert werden kann, welche Stoffmengen über die Zeit ein- und ausgebracht wurden. Über folgende Kompartimente werden Messdaten erhoben:

- Freiland- und Bestandsniederschlag
- Sickerwasser bis in eine Tiefe von 4 Meter
- Grundwasser
- Quellen
- Fließgewässer und Seen



Abb. 35:
Der erste Augenschein kann trügen. Genaue Aussagen zum Zustand der Gewässer benötigen auch biologische und chemische Untersuchungen.

Mit den vielfältigen Untersuchungen zum Wasser- und Stoffhaushalt wird eine medienübergreifende Erfassung von Veränderungen der Belastungssituation möglich. Durch die langjährigen Zeitreihen können Erholungstendenzen von der Versauerung in ihrer langfristigen zeitlichen Entwicklung dokumentiert und bewertet werden. Der Öffentlichkeit stehen die Daten im Online Portal „[Gewässerkundlicher Dienst Bayern](#)“ zur Verfügung.

5.3 Gegenwärtiger Stand der Versauerung

5.3.1 Entwicklung der Stoffeinträge (Deposition)

In Deutschland wurden unter anderem die Schwefeldioxid-Emissionen von 4,5 Mio. t (1991) auf aktuell etwa 0,5 Mio. t deutlich reduziert. Demgegenüber fällt der Rückgang der atmosphärischen Stickstoffeinträge weniger stark aus. Die Reduktion der Schwefeldioxid-Emissionen spiegelt sich auch in den fallenden Trends der Sulfat-Konzentration des Niederschlags an den Depositionsmessstellen des IHM (Integriertes Hydrologisches Monitoring) eindeutig wider (Tab. 2).

Tab. 2: Anzahl der Messstellen mit steigendem bzw. fallendem Trend der Sulfat-Konzentrationen an den ausgewerteten Messstellen der verschiedenen Umwelt-Kompartimente im gesamten Zeitraum (1985–2013) und im aktuellen Zeitraum (2005–2013).

Untersuchungsbereich	Gesamt-Entwicklung (1985–2013)			Aktuell (2005–2013)		
	Steigend	Kein sig. Trend	Fallend	Steigend	Kein sig. Trend	Fallend
Bestandsniederschlag	-	-	3	-	-	3
Sickerwasser 50 cm	-	-	3	-	-	3
Sickerwasser 100–450 cm	-	-	5	-	3	2
Grundwasser	1	5	3	-	6	2
Quelle	-	1	2	1	1	1
Fließgewässer	-	3	26	1	12	15
Seen	-	-	4	-	2	1

Abnehmende Sulfat-Konzentrationen zeigen sich in den meisten Untersuchungsbereichen, wobei aktuell einige Messstellen keine signifikanten Trends mehr aufweisen. Hier ist davon auszugehen, dass sie sich bereits weitgehend von der Versauerung erholt haben.

5.3.2 Entwicklung der Versauerung im Bodenwasser

Die Bodenzone ist ein wichtiger Umsatzraum für die über den Niederschlag eingetragenen Säurebildner. Betrachtet man die Entwicklung der Sickerwasserkonzentrationen, z.B. von Sulfat (Abb. 36), so zeigt sich in den oberen Bodenschichten eine spürbare Abnahme der Belastung, während das tiefere Sickerwasser derzeit noch weniger deutlich reagiert. Somit ist davon auszugehen, dass die Verlagerung der über Jahrzehnte eingetragenen Stoffe noch in vollem Gange ist.

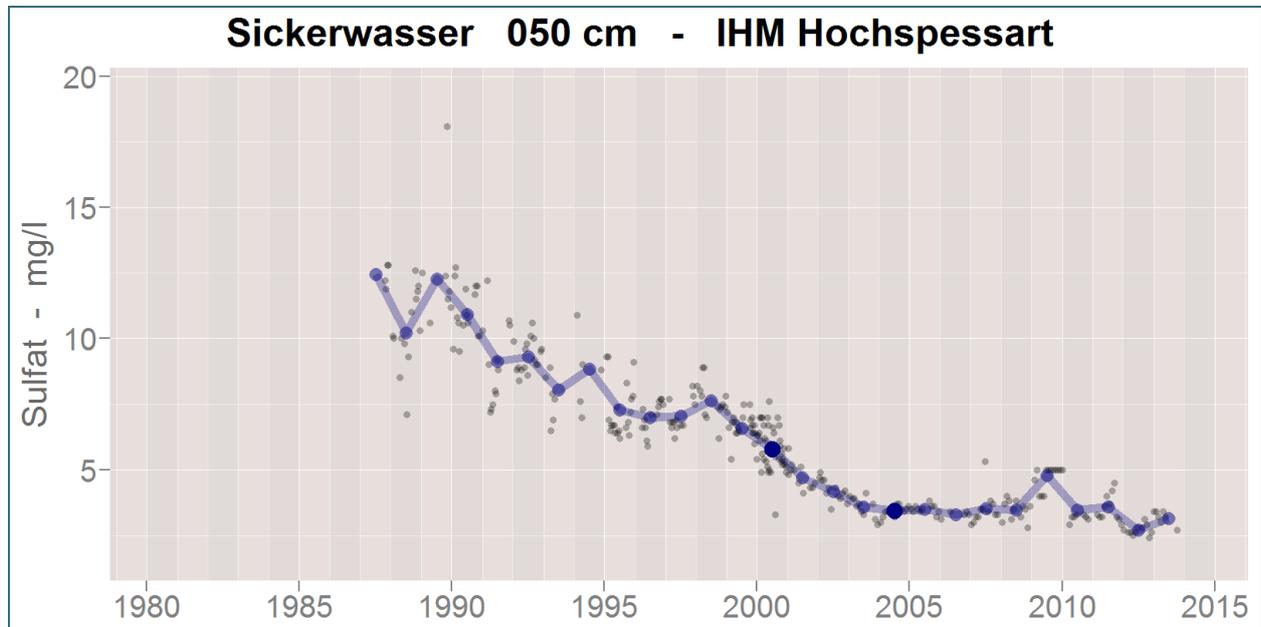


Abb. 36: Zeitliche Entwicklung der Sulfat-Konzentrationen im Bodensickerwasser in 50 cm Tiefe an der Messfläche des integrierten hydrologischen Monitorings (IHM) im Hochspessart.

5.3.3 Entwicklung der Versauerung im Grundwasser

Der Eintrag von Säurebildnern in das Grundwasser erfolgt in der Regel über die Sickerpassage. Daher zeigen sich Änderungen der Belastung im Grundwasser erst vergleichsweise spät, weshalb hier ein langfristiges Monitoring besonders wichtig ist. Große Bedeutung kommt dem Grundwasser auch wegen seiner Nutzung für die Trinkwassergewinnung zu. Infolge der Versauerung löste sich vermehrt Aluminium aus dem Boden und gelangte so auch in das Grundwasser. Der Grenzwert für Aluminium liegt nach Trinkwasserverordnung bei 0,2 mg pro Liter. Dieser Wert wurde in stark versauerten Gebieten, wie dem Fichtelgebirge, seit Ende der 1990er Jahre erfreulicherweise nicht mehr überschritten.

5.3.4 Entwicklung der Versauerung in Oberflächengewässern

Als Folge zurückgegangener Stoffeinträge wird heute bei 25 von 29 Fließgewässern und allen vier Seen des Monitoringprogramms eine Entspannung beobachtet. Diese zeigt sich unter anderem in einem deutlichen Anstieg des pH-Werts, wie er z. B. am Weißen Main im Fichtelgebirge (Abb. 37) und dem Racheelsee im Bayerischen Wald zu erkennen ist (Abb. 38). Mit dieser Erholung ging auch eine Verminderung der Sulfat- und Aluminiumgehalte in den Seen und Flüssen einher.

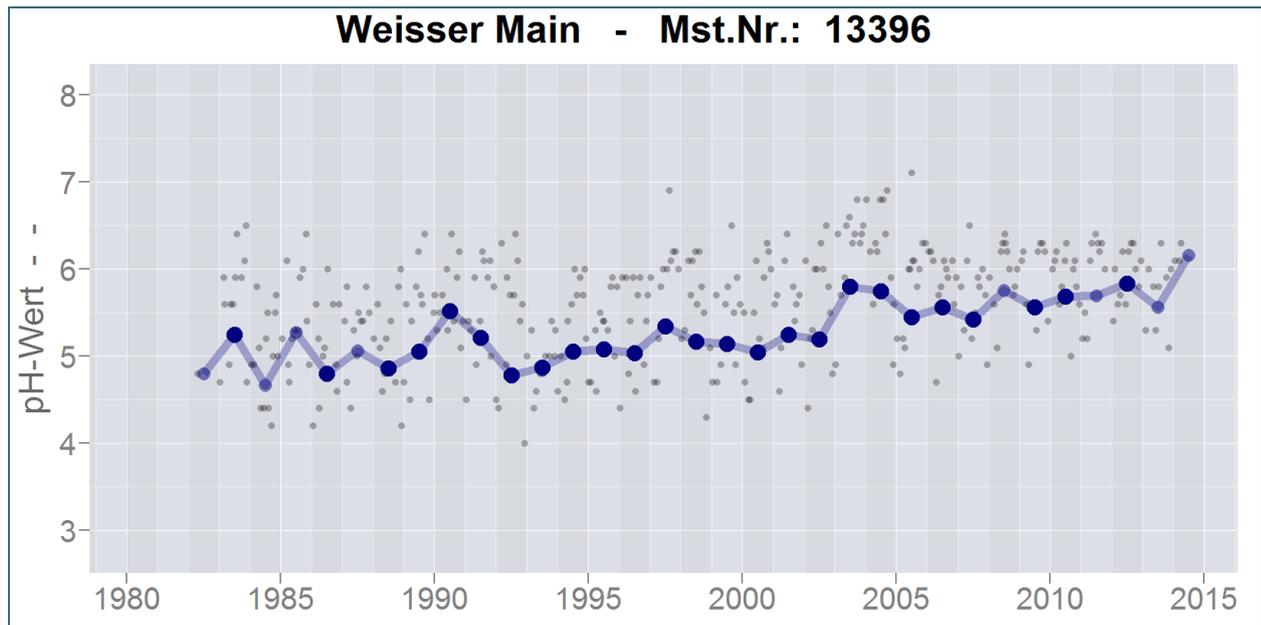


Abb. 37: Zeitliche Entwicklung der Jahresmittelwerte des pH am Weißen Main (Fichtelgebirge).

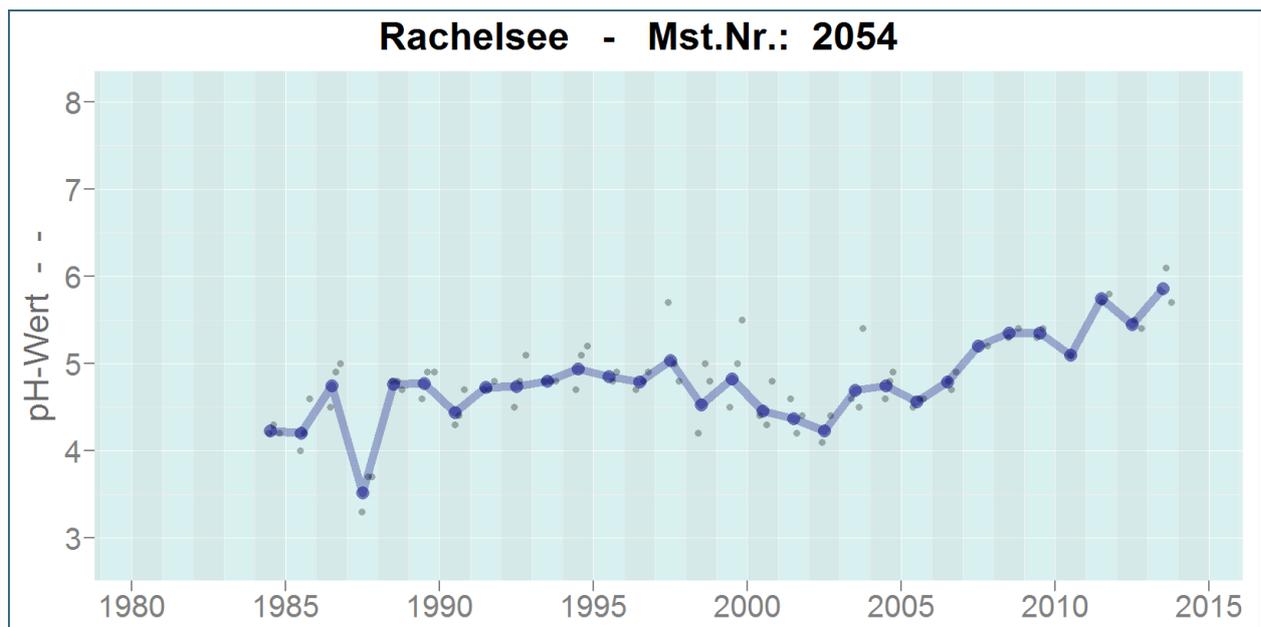


Abb. 38: Zeitliche Entwicklung der Jahresmittelwerte des pH im Rachelsee (Bayerischer Wald).

5.3.5 Auch biologische Zeiger belegen eine Erholung der Oberflächengewässer

Die am Gewässergrund lebenden wirbellosen Tiere (Makrozoobenthos) sind aufgrund ihrer langen Entwicklungszyklen gute Umweltindikatoren. Die Ergebnisse aus Untersuchungen dieser Organismengruppe werden in einem 5-stufigen Bewertungssystem, den sogenannten Säurezustandsklassen dargestellt und reichen von (1) sehr gut bis (5) schlecht. Sie geben den Zustand des Gewässers in Bezug auf Versauerung wieder.

Bei den biologischen Untersuchungen, welche in Bayern seit Beginn der 1980er Jahre durchgeführt werden, zeigen 14 von 29 Messstellen eine deutliche Erholung von sauren Bedingungen. Der Erholungsverlauf des Gewässers Hinterer Schachtenbach (Bayerischer Wald) anhand des Makrozoobenthos ist in

(Abb. 39) beispielhaft dargestellt. Seit ca. 2003 befindet sich der Hintere Schachtenbach in einem guten Zustand.

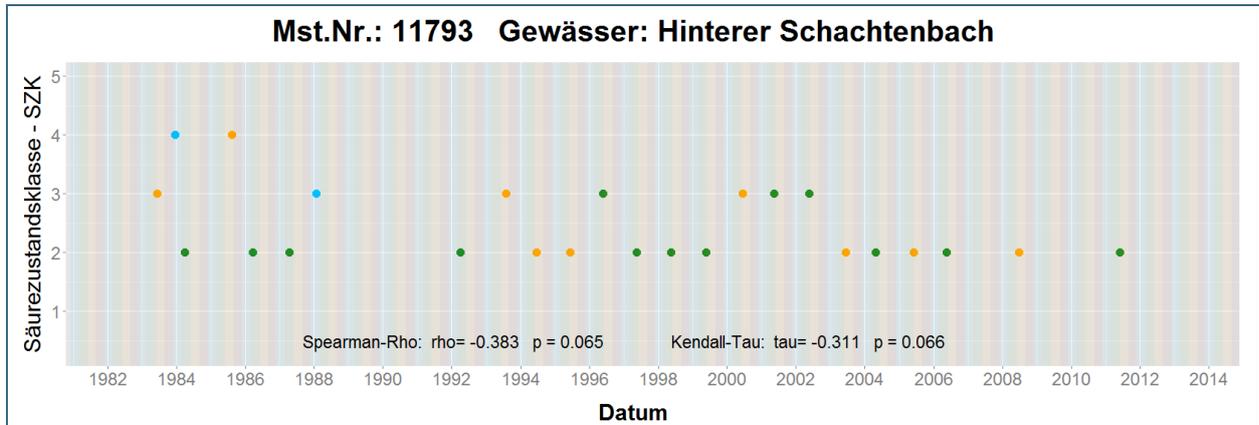


Abb. 39: Zeitliche Entwicklung der Säurezustandsklassen (1- sehr gut; 5 -schlecht) des Makrozoobenthos am Hintere Schachtenbach (Bayerischer Wald).

Die Untersuchungen an Kieselalgen belegen den beim Makrozoobenthos festgestellten positiven Trend, da auch sie vielerorts eine Verbesserung des Versauerungszustands anzeigen.

5.4 Symposium „25 Jahre Versauerungsmonitoring in Bayern“

Die Ergebnisse der Untersuchungen wurden im Rahmen des Symposiums „25 Jahre Versauerungsmonitoring in Bayern“ am 04. und 05. November 2014 im LfU in Hof präsentiert. Experten unterschiedlichster Fachrichtungen fanden sich ein, um den aktuellsten Kenntnisstand zu diskutieren und Ergebnisse auszutauschen. Vertreter aus Umweltverbänden, Forsteinrichtungen, Wasserversorgern, Landwirtschaft, Landschaftspflegeverbänden und Forschungseinrichtungen waren anwesend. Dabei nahmen nicht nur allerlei Fachkundige aus ganz Bayern am Symposium teil. Auch viele weitere Bundesländer waren vertreten. Mit den tschechischen und norwegischen Versauerungs-Experten der Universitäten Budweis und Oslo erhielt die Veranstaltung einen internationalen Charakter.



Abb. 40: Teilnehmer des Symposiums „25 Jahre Versauerungsmonitoring in Bayern“

Die Vorträge der Referenten sind auf der Internetseite des LfU öffentlich zugänglich (www.lfu.bayern.de/umweltqualitaet/umweltbeobachtung/auswirkung_verseuerung/symposium).

Die Exkursion zu den Versauerungsmessstellen von Grundwasser und Fließgewässer am zweiten Tag wurde von vielen Teilnehmern genutzt (Abb. 41), um den Ablauf der Untersuchungen kennen zu lernen.



Abb. 41: Exkursion zur Messfläche des Integrierten hydrologischen Monitorings im Fichtelgebirge

5.5 Ist Versauerung auch in Zukunft ein Thema?

Die Projektergebnisse dokumentieren deutlich die Erholung der Gewässer von der atmosphärischen Versauerung. Die Messergebnisse belegen, dass seit Ende der 1990er Jahre deutlich mehr Schwefel aus den Gebieten aus- als eingetragen wird. Dies ist die Grundvoraussetzung zur Erholung von der Versauerung. Das stark unterschiedliche Ausmaß der Erholung ist vor allem auf folgende Ursachen zurückzuführen:

- regional unterschiedlich starker Eintrag von Säurebildnern aus der Atmosphäre
- Menge an noch im Boden gespeichertem Sulfat, welches auch zukünftig ausgewaschen wird
- Ausmaß und Geschwindigkeit der Nachlieferung an Pufferkapazität aus den Böden

Daher befinden sich bereits zum heutigen Zeitpunkt einige Gewässer des Monitorings in einem annähernd versauerungsfreien Zustand, während andere Gewässer noch immer pH-Werte unter 5 aufweisen. Auf die Daten kann im Online Portal „[Gewässerkundlicher Dienst Bayern](#)“ zugegriffen werden.

Als Schlussfazit konnte auch auf dem Symposium einhellig festgehalten werden, dass Versauerung auch in Zukunft ein wichtiges Thema darstellen wird.

6 Zusammenfassung

- In der Gesamtbilanz war das Jahr 2014 zu trocken und markant zu warm. So betrug die Jahresmitteltemperatur für Bayern 9,6 °C und lag um 1,5 Grad über dem 30-jährigen Mittel der Jahre 1981 bis 2010. Damit war das Jahr 2014 das wärmste Jahr in der gesamten Beobachtungsreihe seit 1881. Der Jahresniederschlag 2014 summierte sich für Bayern auf 822 mm und liegt um 15 % unter dem langjährigen Referenzwert (Mittel 1981–2010).
- Bereits ab dem Frühjahr und über die Sommermonate hinweg bis in den November hinein, wurde an vielen Pegeln Nordbayerns der langjährige Mittelwert deutlich unterschritten. Etwas ausgeglichener zeigt sich die Abflusssituation im Süden Bayerns. Die südlichen Donauzuflüsse präsentierten sich in gewohnter Weise: nach einem abflussschwachen Winter mit Abflüssen deutlich unter den Mittelwerten, führten Schneeschmelze und Niederschläge ab April zu einem deutlichen Anstieg der Abflüsse. Der mittlere Abfluss (MQ) wurde dabei erreicht und oftmals überschritten.
- Im gesamten Jahr 2014 waren die bayerischen Seen nur selten gut mit Wasser gefüllt. Schon die Startbedingungen aus dem Vorjahr waren ungünstig. Die meisten Wasserspiegel der Seen lagen deutlich unter dem mittleren Seewasserspiegel.
- Im Jahr 2014 gab es in Bayern kein großes Hochwasser, die Meldestufe 4 wurde an keinem der derzeit 269 Pegel, für die in und an den Zuflüssen zu Bayern Meldestufen festgelegt sind, erreicht.
- Es gab keine außergewöhnlichen Hochwassersituationen in welchen die Wasserspeicher genutzt werden mussten. Im Verlauf des gesamten Jahres konnten durch die bayernweit verteilten staatlichen Speicher regionale Abflussspitzen gedämpft werden und somit begrenzte lokale Ausuferungen vermieden werden.
- Im Main liegt die Phosphat-Konzentration in den meisten Monaten deutlich niedriger als im langjährigen Mittel. Lediglich im Mai und Juni liegen die Nährstoffkonzentrationen deutlich über dem Durchschnitt der Vorjahre. Ende Juli wird die Vorwarnstufe des Alarmplans Main durch einen Anstieg der Wassertemperatur auf 25 °C erreicht.
- Analog zum Abfluss liegen die Phosphat-Konzentrationen der Donau in der ersten Jahreshälfte unter dem Durchschnitt der Vergleichsmessreihe von 2000–2013. Erst in der zweiten Jahreshälfte erreichen die Konzentrationen aufgrund der höheren Niederschläge ein überdurchschnittlich hohes Niveau.
- Da jährlich nur ein Teil der bayerischen Seen untersucht werden können, ist die Beschreibung der Entwicklung der Gewässerqualität für ein bestimmtes Jahr als bayernweiter Überblick nicht sinnvoll. Daher wird jährlich beispielhaft aus dem laufenden Seenmonitoring berichtet. Für das Jahr 2014 werden die Monitoringergebnisse des Großen Brombachsees exemplarisch vorgestellt und über den erstmaligen Einsatz einer kontinuierlich messenden Temperaturmessboje am Ammersee berichtet.
- Betrachtet man die Grundwasserstände, so zeigt sich, dass die sonst für die Jahreszeit typische Grundwasserneubildung zu Beginn des Jahres 2014 weitgehend ausgeblieben ist. Dies wird insbesondere auch im Vergleich der Jahre 2001 bis 2014 deutlich.
- Sonderthema Versauerung: Die Projektergebnisse dokumentieren deutlich die Erholung der Gewässer von der atmosphärischen Versauerung. Die Messergebnisse belegen, dass seit Ende der 1990er Jahre deutlich mehr Schwefel aus den Gebieten aus- als eingetragen wird. Dies ist die Grundvoraussetzung zur Erholung von der Versauerung. Die Daten stehen im Online Portal „[Gewässerkundlicher Dienst Bayern](#)“ der Öffentlichkeit zur Verfügung.
- Die im Bericht beschriebenen Entwicklungen in Bayern können im Gewässerkundlichen-Dienst (GKD) im Internet unter: www.gkd.bayern.de eingesehen werden. Im Niedrigwasser-Informationssdienst (NID; www.nid.bayern.de) erfolgt zudem eine fachliche Einschätzung der aktuellen Situation im Hinblick auf Niedrigwasser.

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Lufttemperaturverhältnisse in Bayern (Abweichung der Monatsmittel in 2014 vom Mittelwert der Periode 1981–2010)	5
Abb. 2: Niederschlagsverhältnisse in Bayern (Abweichung der Monatssummen in 2014 vom Mittelwert der Periode 1981–2010)	6
Abb. 3: Niederschläge h_N und Schneehöhen h_S der Ombrometerstation Hammelburg	8
Abb. 4: Niederschläge h_N und Schneehöhen h_S der Ombrometerstation Utting-Achselschwang	10
Abb. 5: Jahresniederschläge ausgewählter Ombrometerstationen	12
Abb. 6: Abflussentwicklung Kemmern / Main im Berichtsjahr 2014	13
Abb. 7: Abfluss Kemmern / Main – Vergleich des aktuellen und langjährigen Monatsmittelwertes	14
Abb. 8: Abflussentwicklung Kelheim / Donau im Berichtsjahr 2014	15
Abb. 9: Abfluss Kelheim / Donau – Vergleich des aktuellen und langjährigen Monatsmittelwertes	15
Abb. 10: Wasserstandsentwicklung Pegel Stock / Chiemsee im Berichtsjahr 2014	16
Abb. 11: Wasserstand Pegel Stock / Chiemsee – Vergleich des aktuellen und langjährigen Monatsmittelwertes	16
Abb. 12: Ganglinie des Wasserstands im Jahr 2014 am Pegel Passau Ilzstadt an der Donau unterhalb der Inn-Mündung	17
Abb. 13: Überschwemmungen nach Meldestufen beim Hochwasser vom 30.7 bis 4.8. 2014	18
Abb. 14: 48 -Stunden Niederschlagssummen vom 30.7. 0 Uhr bis 1.8.2014	18
Abb. 15: Sauerstoff und Wassertemperatur an der automatischen Messstation Kahl am Main im Vergleich mit Stichprobenergebnissen von Ortho-Phosphat als Monatsmittel für das Jahr 2014 und dem langjährigen Mittel der Jahre 2000–2013	21
Abb. 16: Sauerstoff und Wassertemperatur an der automatischen Messstation Donau, Ingolstadt im Vergleich mit Ortho-Phosphat der Messstelle Bittenbrunn als Monatsmittel für das Jahr 2014 und dem langjährigen Mittel der Jahre 2000–2013.	22
Abb. 17: Ammersee –Darstellung des Temperaturverlaufs aller 16 Sonden über den Zeitraum von einer Woche im Sommer	23
Abb. 18: Trophieparameter Sichttiefe, Chlorophyll a und Gesamtphosphorgehalt (P-ges) des Großen Brombachsees seit 1998 bis 2014.	24
Abb. 19: Sauerstoffgehalte über Seegrund sowie Temperaturwerte des Oberflächen- und des Tiefenwassers. In den Monaten Januar und Februar konnten keine Sauerstoffwerte ermittelt werden.	25
Abb. 20: Desethylterbuthylazin und Terbuthylazin-Gehalte in drei Seen des Fränkischen Seenlandes. Messwerte aus dem Monat Juni 2013 bzw. 2014.	26
Abb. 21: Vergleichende Probenahme an der tiefsten Stelle des Brombachsees.	26
Abb. 22: Zeitgleiche Messung der Sauerstoffsättigung im Tiefenprofil des Großen Brombachsees durch 12 Messteams im Rahmen des Probenahmeworkshops im Juli 2014	26
Abb. 23: Verlauf der Grundwasserstände im Niederterrassenschotter der Münchener Schotterebene (Messstelle Eching 275D, beobachtet seit 1939) HHW: 465,59 m ü. NN, MW: 463,81 m ü. NN, NNW: 462,68 m ü. NN	27
Abb. 24: Verlauf der Grundwasserstände im Quartär (Messstelle Kleinschwarzenlohe Q11, beobachtet seit 1998) HHW: 324,12 m ü. NN; MW: 323,01 m ü. NN; NNW: 322,52 m ü. NN	28
Abb. 25: Verlauf der Grundwasserstände der Oberen Süßwassermolasse des Tertiärs (Messstelle Haslangkreit T6, beobachtet seit 2002) HHW: 433,53 m ü. NN, MW: 432,84 m ü. NN, NNW: 432,35 m ü. NN	28
Abb. 26: Verlauf der Grundwasserstände im Malmkarst (Messstelle Gungolding 928, beobachtet seit 1982) HHW: 376,80 m ü. NN, MW: 374,69 m ü. NN, NNW: 374,20 m ü. NN	29
Abb. 27: Verlauf der Grundwasserstände im Muschelkalk (Messstelle ROTHOF (WÜ-MU 8), beobachtet seit 1998) HHW: 186,68 m ü. NN, MW: 181,56 m ü. NN, NNW: 178,43 m ü. NN	29

Abb. 28: Verlauf der Grundwasserstände im Buntsandstein (Messstelle Kothen S5, beobachtet seit 2001) HHW: 406,78 m ü. NN, MW : 403,26 m ü. NN, NNW: 401,24 m ü. NN	30
Abb. 29: Verlauf der Quellschüttungen im Ostbayerischen Kristallin (Messstelle Rassreuth, beobachtet seit 2012) HQ: 2,73 l/s, MQ:0,80 l/s, NQ: 0,40 l/s	30
Abb. 30: Verlauf der Quellschüttungen im voralpinen Moränengürtel (Messstelle Kalkofenquelle, beobachtet seit 2013) HQ: 24,29 l/s, MQ: 14,84 l/s, NQ: 7,87 l/s	31
Abb. 31: Verlauf der Quellschüttungen im alpinen Raum (Messstelle Strailach 3-5, beobachtet seit 1988) HQ: 55,93 l/s, MQ: 23,86 l/s, NQ: 5,31 l/s	31
Abb. 32: Entwicklung der Nitratgehalte im Grundwasser 1991–2014 (Messstellen je Konzentrationsklasse in %)	32
Abb. 33: Jahresverlauf 2014 von Bodenwassergehalt in 50 cm Tiefe und Grundwasserstand am Messstandort „Hochspessart“	33
Abb. 34: Tagesmittelwerte der Grundwasserganglinien 2001–2014 an der Grundwassermessstelle „SR/GW SPESSART 01 am Messstandort „Hochspessart“	34
Abb. 35: Der erste Augenschein kann trügen. Genaue Aussagen zum Zustand der Gewässer benötigen auch biologische und chemische Untersuchungen.	36
Abb. 36: Zeitliche Entwicklung der Sulfat-Konzentrationen im Bodensickerwasser in 50 cm Tiefe an der Messfläche des integrierten hydrologischen Monitorings (IHM) im Hochspessart.	37
Abb. 37: Zeitliche Entwicklung der Jahresmittelwerte des pH am Weißen Main (Fichtelgebirge).	38
Abb. 38: Zeitliche Entwicklung der Jahresmittelwerte des pH im Rachelsee (Bayerischer Wald).	38
Abb. 39: Zeitliche Entwicklung der Säurezustandsklassen (1- sehr gut; 5 -schlecht) des Makrozoobenthos am Hinteren Schachtenbach (Bayerischer Wald).	39
Abb. 40: Teilnehmer des Symposiums „25 Jahre Versauerungsmonitoring in Bayern“	39
Abb. 41: Exkursion zur Messfläche des Integrierten hydrologischen Monitorings im Fichtelgebirge	40

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, Stefan Rusch (Titel, Lawinenabbruch), Hartmut Paulus (Titel, Bodenprofil), WWA Aschaffenburg (Titel, Grundwassermessstelle), WWA Kempten (Titel, Hochwasser) © Irochka – Fotolia.com; (Abb. 35: Bild eines Wildbaches)

Stand:

April 2015

Diese Publikation wird kostenlos im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Bayerischen Staatsregierung herausgegeben. Sie darf weder von den Parteien noch von Wahlwerbern oder Wahlhelfern im Zeitraum von fünf Monaten vor einer Wahl zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags-, Kommunal- und Europawahlen. Missbräuchlich ist während dieser Zeit insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken und Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zweck der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Publikation nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Staatsregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Den Parteien ist es gestattet, die Publikation zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden. Bei publizistischer Verwertung – auch von Teilen – wird um Angabe der Quelle und Übersendung eines Belegexemplars gebeten.

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte sind vorbehalten. Die Broschüre wird kostenlos abgegeben, jede entgeltliche Weitergabe ist untersagt. Diese Broschüre wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Für die Inhalte fremder Internetangebote sind wir nicht verantwortlich.



BAYERN | DIREKT ist Ihr direkter Draht zur Bayerischen Staatsregierung. Unter Tel. 089 122220 oder per E-Mail unter direkt@bayern.de erhalten Sie Informationsmaterial und Broschüren, Auskunft zu aktuellen Themen und Internetquellen sowie Hinweise zu Behörden, zuständigen Stellen und Ansprechpartnern bei der Bayerischen Staatsregierung.