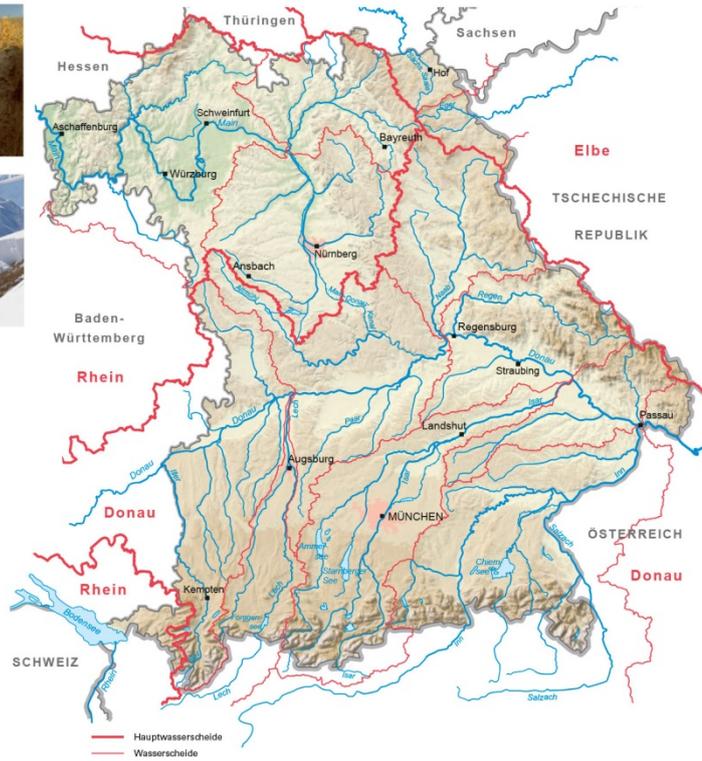




# Gewässerkundlicher Jahresbericht



## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Vorwort</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Witterung</b>	<b>4</b>
2.1	Regionaler Überblick	4
2.1.1	Nördlich der Donau	4
2.1.2	Südlich der Donau	6
2.2	Niederschläge	7
<b>3</b>	<b>Fließgewässer und Seen</b>	<b>16</b>
3.1	Abflüsse von Fließgewässern	16
3.1.1	Nördlich der Donau	16
3.1.2	Südlich der Donau	18
3.2	Wasserstände an Seen	21
3.3	Hochwasser	22
3.4	Wassertemperatur	24
3.5	Schwebstoff	27
3.6	Staatliche Wasserspeicher	29
3.7	Gewässerqualität	30
3.7.1	Überwachung des ökologischen und chemischen Zustandes	30
3.7.2	Qualität der Fließgewässer	31
3.7.3	Qualität der Seen	34
<b>4</b>	<b>Grund- und Bodenwasser</b>	<b>38</b>
4.1	Verlauf des Niedrigwassers 2016 im Grundwasser	38
4.2	Grundwasserstände	39
4.3	Quellen	44
4.3.1	Quellschüttung	44
4.3.2	Wassertemperatur an Quellen	46
4.4	Grundwasserbeschaffenheit	47
4.5	Bodenwasser	48
<b>5</b>	<b>Lawinenwarndienst</b>	<b>51</b>
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>54</b>

# 1 Vorwort

Die Reihe der jährlichen Berichte über Daten, Fakten und Themen der bayerischen Gewässerkunde werden auch in 2016 fortgeführt. Die Messnetze der Wasserwirtschaftsverwaltung umfassen bayernweit über 4.000 Messstellen zur Untersuchung von chemischen, biotischen und abiotischen Umweltvariablen. Die Erkenntnisse aus der Auswertung dieser Untersuchungen sind unabdingbar als Grundlage für Informations- und Warndienste (Hochwassernachrichtendienst, Niedrigwasserinformationsdienst, Lawinenwarndienst, etc.) sowie die vorausschauende Planung wasserwirtschaftlicher Maßnahmen.

Die statistische Aussagekraft von Datensätzen und damit die Verlässlichkeit der daraus generierten Erkenntnisse steigt mit der Länge der zur Verfügung stehenden Zeitreihen. So lässt sich beispielsweise über Pegel- und Abflussdaten, die mancherorts seit mehr als 100 Jahren erfasst werden, überprüfen, in wie weit sich das Abflussgeschehen von Flüssen und Bächen langfristig geändert hat. Diese Informationen und die dadurch möglichen Zukunftsprojektionen sind beispielsweise für die Dokumentation und Abschätzung der Veränderungen durch den Klimawandel und für Planungen im Bereich des Hochwasserschutzes von großer Bedeutung.

Katastrophen, wie die im Jahr 2016 zeitweise in den Medien omnipräsenten Sturzflutereignisse, die auch von den aktuell besten Modellen nicht vorhergesagt werden konnten, zeigen aber auch immer wieder, dass die Untersuchungen und die Forschung auf diesem Gebiet stetig vorangetrieben werden müssen. Neben den quantitativen Aspekten (Niederschlagsmenge, Abfluss, Grundwasserstände, etc.) beschäftigt sich die Gewässerkunde auch detailliert mit der Qualität von Gewässern. Hierbei wird der ökologische-chemische Zustand von Wasserkörpern zum einen über die Zusammensetzung der aquatische Flora und Fauna, zum anderen über die Belastung mit chemischen Stoffen ermittelt. Die EG-Wasser-rahmenrichtlinie (WRRL) fordert bis spätestens 2027 den guten ökologischen Zustand für alle richtlinienrelevanten Wasserkörper. Eine kontinuierliche Dokumentation der Gewässerökologie und -chemie ist unentbehrlich als Grundlage für Maßnahmen, um die nötigen Verbesserungen herbeizuführen oder Verschlechterungen zu verhindern (Verschlechterungsverbot). In diesem Bericht werden daher auch die Auswirkungen von Sturzfluten auf den biologischen Zustand eines Gewässers näher beleuchtet.

Die Gewässerkunde ist nicht nur das Gedächtnis (für vergangene Entwicklungen) und das Auge (zum Erfassen/Messen der aktuellen Situation) der Wasserwirtschaft, sondern auch ein wichtiger Impulsgeber für zukünftige wasserwirtschaftliche Aufgaben und Maßnahmen.

Die wichtigsten Daten und Auswertungen aus dem Jahr 2016 sind in diesem Bericht zusammengestellt.

Dr.-Ing. Werner Wahlß

Leiter des Gewässerkundlichen Dienstes im Bayerischen Landesamt für Umwelt

## 2 Witterung

### 2.1 Regionaler Überblick

In der Gesamtbilanz war das Jahr 2016 zu trocken und deutlich zu warm. So betrug die Jahresmitteltemperatur für Bayern 8,9 °C und lag um 0,8 Grad über dem 30-jährigen Mittel der Jahre 1981 bis 2010. Damit war das Jahr 2016 als drittes Jahr in Folge zu warm, blieb aber um 0,7 Grad unter dem Rekordjahr 2014. Der Jahresniederschlag 2016 summierte sich für Bayern auf 922 mm und liegt um 5 % unter dem langjährigen Referenzwert (Mittel 1981 – 2010).

Im Witterungsverlauf lassen sich folgende bemerkenswerte Ereignisse hervorheben:

- Dauerregenfälle und Schneeschmelze führten Anfang Februar zu einem kleineren Hochwasser bei den westlichen Donauzuflüssen und im Bereich des oberen Main, der Rednitz und des Regen. Weitere Regenfälle im letzten Monatsdrittel führen erneut zu Ausuferungen bei kleineren Flüssen Nordbayerns.
- Der Frühsommer 2016 fiel markant zu nass aus. Im 4-Wochenzeitraum (27.05. – 25.06.2016) regnete es in den Regierungsbezirken Unterfranken, Mittelfranken, Oberfranken, Oberpfalz und Niederbayern mehr als das Doppelte des langjährigen Mittels.
- Im Mai und Juni 2016 trat die Großwetterlage „Tief Mitteleuropa“ sehr häufig auf, blieb lange ortstabil und in der feucht-warmen Luftmasse entstanden immer wieder gewittrige Starkregenfällen, die katastrophale Sturzfluten auslösten (siehe eigenständiger wasserwirtschaftlicher Bericht „Sturzfluten und Hochwasserereignisse im Mai/Juni 2016“).
- In der zweiten Jahreshälfte (August bis Dezember) fielen alle Monate im langjährigen Vergleich zu trocken aus und von Ende August bis Mitte Oktober sowie im Dezember traten lang anhaltende Trockenperioden auf.
- Zwei- bis dreitägige Dauerregenfälle führten jeweils Mitte Juli, Anfang August und Mitte September zu regionalen, kleineren Hochwässern (12. - 14.07.: Süd- und Ostbayern, 05. - 06.08.: Südwestbayern und 16. - 17.09.2016: Ostbayern).
- Durch die häufigen und lang anhaltenden Hochdrucklagen traten im Dezember verbreitet nur 4 bis 7 Niederschlagstage auf und der Monat fiel markant zu trocken aus.

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

#### 2.1.1 Nördlich der Donau

Im langjährigen Vergleich (Mittel 1981 bis 2010) fielen 8 Monate des Jahres 2016 zu warm aus und nur der März, April, Oktober und November blieben statistisch zu kalt. Die Monatsmitteltemperatur im April erreichte den langjährigen Durchschnitt. Als deutlich zu warm (Abweichung vom Mittel um mindestens +2,1 Grad) erwiesen sich die Monate Februar und September (Abb. 1).

Im Januar und Februar wurden nur sehr wenige Eistage (Tage mit Höchsttemperaturen unter 0 °C) registriert (z. B. Nürnberg: 6 Eistage, 7 Tage weniger als im langjährigen Mittel). Der ausgehende Winter blieb insgesamt zu mild, wobei am 22. Januar die tiefste Temperatur des Jahres gemessen wurde (Hof: -17,2 °C und Nürnberg: -12,8 °C). In den Monaten März und April wurden verbreitet keine Eistage mehr verzeichnet (Ausnahme Hof: Eistag am 1.3.) und die Zahl der Frosttage ging deutlich zurück. So wurden im April, in Abhängigkeit von der Station, noch 3 (Würzburg) bis 12 Frosttage (Bamberg) gezählt. Auch wurde es bei zeitweilig südlicher Strömung schon frühlingshaft warm (Tageshöchsttemperatur Bamberg:

21,1 °C am 04.04.). Im Mai traten keine Frosttage mehr auf, es wurde im Monatsverlauf deutlich wärmer (Ausnahme: Kaltlufteinbruch zur Monatsmitte) und die nordbayerischen Stationen verzeichneten schon 1 bis 6 Sommertage (Tageshöchsttemperatur mindestens 25 °C). Am 22. Mai wurde in Nürnberg bei südwestlicher Luftmassenzufuhr schon der erste heiße Tag des Jahres mit 30,2 °C beobachtet. Im Folgemonat Juni lag Bayern häufig unter Tiefdruckeinfluss und die Erwärmung brachte nur 4 bis 8 Sommertage mit zwei heißen Tagen hervor, wobei das langjährige Mittel für den Juni ca. 10 Sommertage verzeichnet. Am 24. Juni wurde in Bamberg der heißeste Tag des Jahres mit einer Höchsttemperatur von 34,6 °C registriert. Der Juli und August waren durch wechselhaftes Wetter gekennzeichnet, aber in der feucht warmen Luftmasse traten dennoch überdurchschnittlich viele Sommertage auf (verbreitet 29 bis 38 Sommertage im Zweimonatszeitraum und damit 5 bis 10 Tage mehr als im Mittel). Die Zahl der bei den Stationen registrierten heißen Tage (verbreitet 6 bis 9) lag dagegen im Bereich des langjährigen Mittels. Der heißeste Tag des Jahres wurde in Würzburg am 28. August mit 34,6 °C gemessen. Im September verursachte der häufige Hochdruckwettereinfluss überdurchschnittlich viele Sommertage (7 bis 13 Sommertage) und einige heiße Tage (3 bis 6 heiße Tage), wobei diese Hitzeperiode örtlich 5 Tage andauerte (z. B. Würzburg). Insgesamt wurden im Jahr 2016 verbreitet 15 heiße Tage registriert und damit rund 3 Tage mehr als im langjährigen Vergleich. Der Oktober wurde durch zeitweilige nördliche Luftmassenzufuhr deutlich kühler, es wurden keine Sommertage mehr registriert und vereinzelt trat Nachtfrost auf (0 bis 5 Frosttage in Nordbayern). In der ersten Novemberhälfte kam es zu polarer Kaltluftzufuhr und dadurch wurden überdurchschnittlich viele Frosttage (10 bis 15 Frosttage, örtlich ein Eistag) beobachtet. Die Hochdruckwetterlagen des Dezember ließen gebietsweise zähe Nebeldecken entstehen, die eine bodennahe Kaltluftschicht bedeckten und zahlreiche Frosttage verursachten (18 bis 29 Frosttage, davon 4 bis 9 Eistage). Am 5. Dezember wurde in Bamberg mit -11,9 °C die tiefste Temperatur des Monats gemessen. Das Lufttemperaturmittel für Nordbayern erreichte im Dezember den langjährigen Mittelwert.

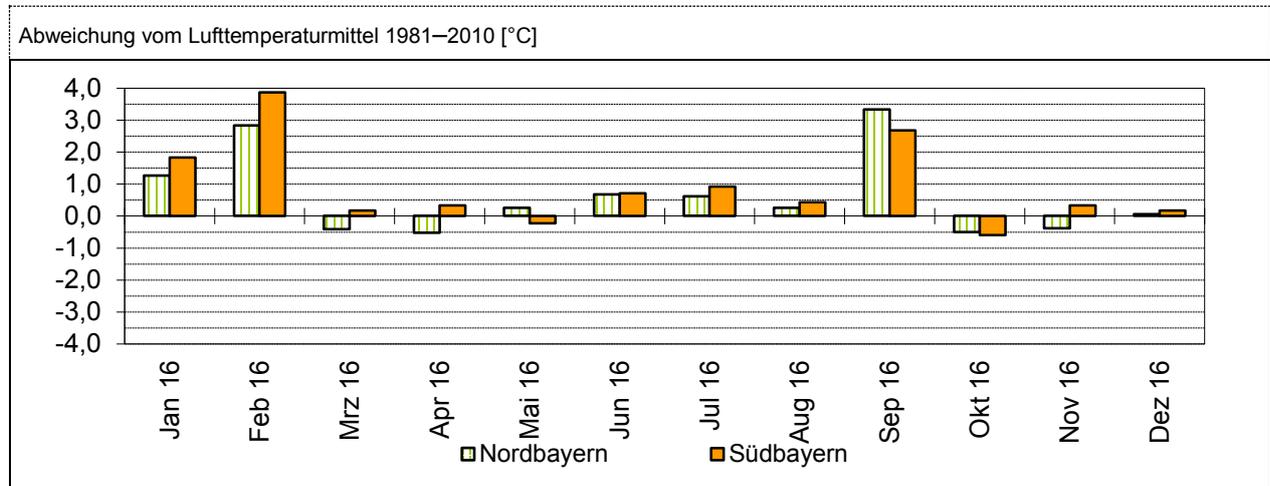


Abb. 1: Lufttemperaturverhältnisse in Bayern (Abweichung der Monatsmittel in 2015 vom Mittelwert der Periode 1981–2010)

Sieben von zwölf Monaten blieben vergleichsweise zu trocken, wobei von Juli bis Dezember sechs zu trockene Monate unmittelbar aufeinanderfolgten und der Dezember sogar markant zu trocken ausfiel. Die Monate der ersten Jahreshälfte waren, bis auf Januar und Februar, überwiegend zu trocken oder erreichten den langjährigen Durchschnitt (April, Mai).

Nordbayern wies im Kalenderjahr 2016 eine Gebietsniederschlagshöhe von 751 mm auf und erreichte damit 90 % der Referenzperiode 1981/2010 (Maingebiet: 709 mm, 89 % vom Mittel)

## 2.1.2 Südlich der Donau

Im langjährigen Vergleich (Mittel 1981–2010) fielen 10 Monate des Jahres 2016 zu warm aus und nur der Mai und Oktober blieben unter ihrem langjährigen Durchschnitt. Dabei waren der Februar und September jeweils deutlich zu warm (Abb. 1).

Im **Januar** und **Februar** wurden nur sehr wenige Eistage (Tage mit Höchsttemperaturen unter 0° C) registriert (z. B. Augsburg: 5 Eistage, 13 Tage weniger als im langjährigen Mittel) und der ausgehende Winter blieb insgesamt zu mild, wobei am 18. Januar die tiefste Temperatur des Jahres gemessen wurde (Oberstdorf: -23,5 °C). In den Monaten **März** und **April** wurden keine Eistage mehr verzeichnet und die Zahl der Frosttage ging deutlich zurück. So wurden im April, in Abhängigkeit von der Station, noch 6 (Kempten) bis 8 Frosttage (Mühldorf a. Inn) gezählt. Auch wurde es bei zeitweilig südlicher Strömung schon frühlingshaft warm (Tageshöchsttemperatur Fürstzell bei Passau: 24,2 °C am 05.04.). Im **Mai** traten nur noch alpennah einzelne Frosttage auf (z. B. Oberstdorf: 3 Frosttage), es wurde im Monatsverlauf deutlich wärmer (Ausnahme: Kaltlufteinbruch zur Monatsmitte) und die südbayerischen Stationen verzeichneten schon 1 bis 3 Sommertage (Tageshöchsttemperatur mindestens 25 °C). Am 22. Mai wurde in Garmisch-Partenkirchen bei südwestlicher Luftmassenzufuhr bereits 29,9 °C gemessen. Im Folgemonat **Juni** lag Bayern häufig unter Tiefdruckeinfluss und die Erwärmung brachte nur 4 bis 8 Sommertage mit zwei heißen Tagen (Fürstzell bei Passau: 32,3 °C am 24.06.) hervor, wobei das langjährige Mittel für den Juni ca. 7 bis 11 Sommertage verzeichnet. Der **Juli** und **August** waren durch wechselhaftes Wetter gekennzeichnet, aber in der feucht warmen Luftmasse traten dennoch überdurchschnittlich viele Sommertage auf (verbreitet 27 bis 35 Sommertage im Zweimonatszeitraum und damit 3 bis 8 Tage mehr als im Mittel). Die Zahl der bei den Stationen registrierten heißen Tage (verbreitet 3 bis 5) lag dagegen im Bereich des langjährigen Mittels. Am 10. - 11. Juli wurde in München der heißeste Tag des Jahres mit einer Höchsttemperatur von 33,2 °C registriert. Im **September** verursachte der häufige Hochdruckwettereinfluss überdurchschnittlich viele Sommertage (7 bis 13 Sommertage), aber im Gegensatz zu Nordbayern keine heißen Tage. Insgesamt wurden im Jahr 2016 verbreitet 3 bis 8 heiße Tage registriert, wobei kein einheitlicher Trend im Vergleich zum langjährigen Mittel erkennbar ist. Der **Oktober** wurde durch zeitweilige nördliche Luftmassenzufuhr deutlich kühler, es wurden keine Sommertage mehr registriert und vereinzelt trat Nachtfrost auf (3 bis 8 Frosttage in Südbayern). In der ersten **November**-hälfte kam es zu polarer Kaltluftzufuhr und dadurch wurden zahlreiche Frosttage (13 bis 19 Frosttage, örtlich ein Eistag) beobachtet. Die Hochdruckwetterlagen des **Dezembers** ließen gebietsweise zähe Nebeldecken entstehen, die eine bodennahe Kaltluftschicht bedeckten und zahlreiche Frosttage verursachten (23 bis 29 Frosttage, davon 9 bis 12 Eistage). Am 31. Dezember wurde in Kempten mit -10,2 °C die tiefste Temperatur des Monats gemessen. Das Lufttemperaturmittel für Südbayern lag im Dezember geringfügig über dem langjährigen Mittelwert.

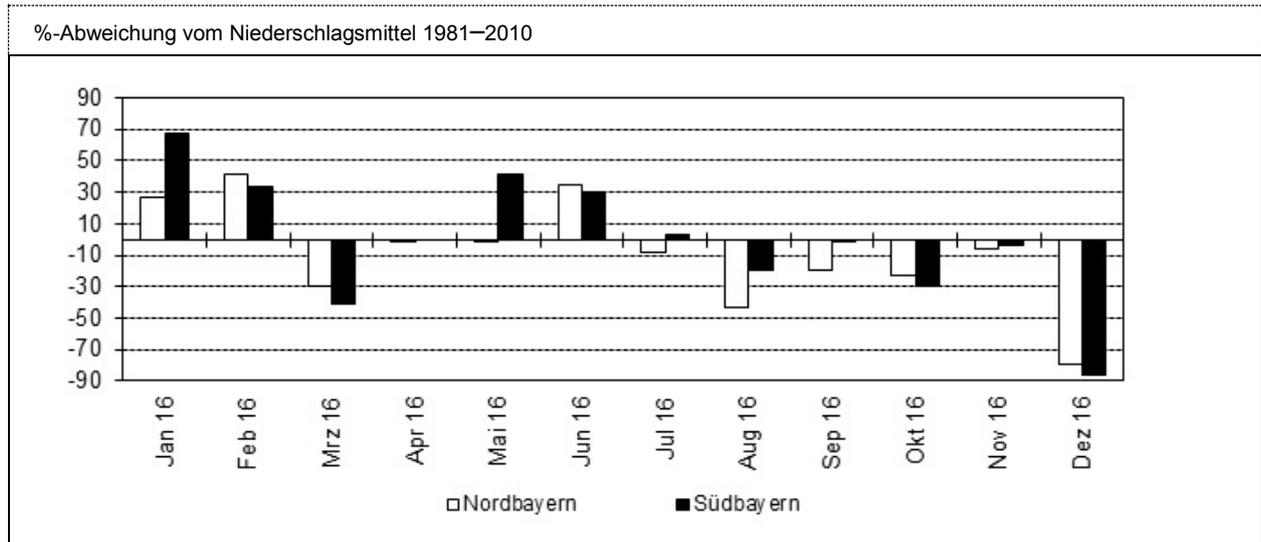


Abb. 2: Niederschlagsverhältnisse in Bayern (Abweichung der Monatssummen in 2016 vom Mittelwert der Periode 1981–2010)

In Südbayern blieben sechs von zwölf Monaten vergleichsweise zu trocken, wobei von August bis Dezember fünf zu trockene Monate unmittelbar aufeinanderfolgten und der Dezember sogar markant zu trocken ausfiel. Mit Ausnahme des zu trockenen März und des durchschnittlichen April, blieben die Monate der ersten Jahreshälfte zu nass und der Januar war sogar deutlich zu nass (Abb. 2). Insgesamt fielen im Kalenderjahr 2016 mit 1122 mm Niederschlag und damit wurde der langjährige Mittelwert (1981 bis 2010) erreicht.

Der Jahresniederschlag im gesamten Donaueinzugsgebiet bis zur bayerischen Grenze summierte sich auf 989 mm und erreichte damit 99 % 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 2016.

Im Folgenden werden die Niederschlagsverhältnisse des Jahres 2016 monatsweise erläutert und außergewöhnliche Ereignisse näher beschrieben.

Im langjährigen Vergleich fiel der **Januar** in Südbayern und in Nordbayern deutlich zu nass aus, wobei in Südbayern zwischen 16 bis 22 Niederschlagsstage auftraten (Nordbayern: 15 bis 20). Zu Monatsbeginn waren nur die höheren Lagen schneebedeckt (z. B. Großer Arber: 2 cm am 1.). In der ersten Monatshälfte überquerten immer wieder Tiefdruckgebiete in einer westlichen Strömung Bayern und prägten mit milden Luftmassen, sowie leichten Regenfällen die Witterung. Bei der Passage des Sturmtiefs „Carolina“ (8. bis 10.) traten in Schwaben und im westlichen Oberbayern zeitweise flächige Niederschläge mit 12 bis 18 mm auf. Das Tief „Daniella“ sorgte in den Folgetagen vom 11. bis 13. weiterhin für nasses Wetter mit verbreiteten Tagesniederschlägen von 4 bis 12 mm. Zur Monatsmitte (15. bis 17.) gelangten auf der Vorderseite eines Ostatlantikhochs polare Kaltluft und Frontensysteme aus nördlichen Richtungen nach Bayern, die für ein winterliches Intermezzo mit Schneefällen bis ins Flachland und Dauerfrost sorgten. Erst ab der Monatsmitte wiesen auch die tieferen Lagen eine Schneedecke auf (z. B. Schneehöhen am 16.: München: 6 cm, Regensburg: 2 cm). Um den 20. wurden die maximalen Schneehöhen des Monats gemessen (z. B. München: 8 cm am 18., Oberstdorf: 47 cm am 20., Hof: 19 cm am 21.). Vom 18. bis zum 27. herrschte meist ruhiges, niederschlagsarmes Hochdruckwetter, wobei sich die Hochdruckzone von Mitteleuropa in den Mittelmeerraum verlagerte und zunehmend milde Luft aus südwestlichen Richtungen nach Bayern gelangte. Dadurch kam es zu einer deutlichen Schneedeckenabnahme und ab dem

26. waren die tieferen Lagen wieder schneefrei. Vom 28. bis zum 31. lag Mitteleuropa in einem zonalen Starkwindband und das Nordmeersturmtief „Marita“ überquerte Bayern mit Starkregenfällen. Am 30. lag der Niederschlagsschwerpunkt mit rund 40 mm über dem Oberallgäu und am 31. wurden Tagesniederschläge von über 50 mm in den Allgäuer Alpen, dem Mangfallgebirge, den Chiemgauer Alpen und dem Berchtesgadener Land gemessen. Insgesamt betrug die Zweitagesniederschläge am 31. zum Beispiel: Balderschwang/Lkr. Oberallgäu: 109 mm, Reit im Winkl/Lkr. Traunstein: 81 mm und Kreuth/Lkr. Miesbach: 78 mm. Im Januar variierte die Anzahl der Schneedeckentage in den tiefen Lagen von 7 (z. B. Würzburg) bis 12 (z. B. Nürnberg).

Auch der **Februar** war überdurchschnittlich niederschlagsreich, da 12 bis 20 Niederschlagstage und zeitweilige Starkniederschläge auftraten. In den Höhenlagen unter 800 m waren es meist Regenfälle und so blieb der Februar in den tiefen Lagen ungewöhnlich schneearm. Zu Monatsbeginn überquerte bereits das nächste Sturmtief mit dem Namen „Norkys“ Bayern westwärts und bei der Passage der Warmfront hielten die Regenfälle und das Tauwetter an. Die Regenfälle summierten sich am 1. und 2. nur auf 1 bis 12 mm, aber das Niederschlagsdargebot (Regen plus Schneeschmelze) erreichte am 1. örtlich 21 mm (z. B. Lindberg/Buchenau/Lkr. Regen). Dadurch wurde ein kleineres Hochwasser bei den westlichen Donauzuflüssen und im Bereich des oberen Main, der Rednitz und des Regen ausgelöst. Beim Durchzug der Frontensysteme des Tiefs „Oceana“ gingen die Regenfälle am 3. in Schnee über und entschärften die Hochwassersituation. Die stärksten Niederschläge wurden an den Alpen gemessen und betrug für den Zweitageszeitraum vom 3. bis 4. um 50 mm (z. B. Rohrmoos/Lkr. Oberallgäu: 55 mm). In der Zeit vom 5. bis zum 19. gestalteten eine Reihe von Tiefausläufern, die Bayern häufig in einer kräftigen Westströmung querten, das Wetter sehr wechselhaft. Große Beachtung fand dabei das Sturmtief „Susanna“, das die Fachingsumzüge am Rosenmontag und Faschingsdienstag behinderte. Nur an einzelnen Tagen (8., 9. und 13.) wurden gebietsweise 10 bis 20 mm Flächenniederschlag erreicht, die verbreitet als Regen, in östlichen Mittelgebirgslagen und den Alpen als Schnee fielen (z. B. Neuschneehöhen am 11.: Hof: 1 cm und Sonnen/Lkr. Passau: 11 cm). Vom 20. auf den 21. überquerten die Frontensysteme des isländischen Orkantiefs „XIN“ Bayern, verursachten Sturmböen, Starkniederschläge und ein kleineres Hochwasser in Nordbayern (insbesondere im oberen Maingebiet und am Regen). Die Regenschwerpunkte lagen in den Chiemgauer Alpen, dem Bayerischen Wald, im Mangfallgebirge und im Frankenwald und erreichten Werte um 40 mm (z. B. Tagesniederschläge am 20.: Reit im Winkl/Lkr. Traunstein: 55 mm, Lindberg-Buchenau/Lkr. Regen: 49 mm, Kreuth/Lkr. Miesbach: 41 mm und Presseck/Lkr. Kulmbach: 40 mm). Nach diesem vorfrühlingshaft warmen Wetter sorgte eine nördliche Strömung bis zum 26. für Kaltluftzufuhr und winterliche Verhältnisse. Ein von Frankreich nach Bayern reichendes Tief brachte Südbayern am 24. und 25. flächigen Niederschlag und dem Oberallgäu Neuschneezuwächse von 10 bis 20 cm (Immenstadt/Lkr. Oberallgäu: 33 cm Gesamtschneehöhe am 26.). Am Schalttag verlagerte sich das Tief „Zissy“ vom Golf von Genua nordostwärts und dadurch wurde auf der Tiefvorderseite Mittelmeerluft nach Deutschland gelenkt. Diese feucht-warme Luft glitt über die in Bayern befindliche Kaltluft, bayernweit fiel Schnee, wobei der Niederschlagsschwerpunkt mit 12 bis 25 mm im Alpenvorland lag. Die Monatsanzahl der Schneetage reichte in den tiefen Lagen von 2 (z. B. München) bis 15 (z. B. Oberstdorf) und in den tiefen Lagen wurde vielerorts um den 25. die mächtigsten Schneedecken des Monats registriert (Schneehöhen: Hof : 7 cm am 24., München: 4 cm am 25.).

Das Tief „Zissy“ hatte am 1. **März** im Nordstau der Alpen eine Schneedecke von 20 bis 40 cm hervorgebracht (z. B. Immenstadt/Lkr. Oberallgäu: 38 cm) und auch die tieferen Lagen hatten eine dünne Schneedecke von ca. 6 cm (z. B. München und Nürnberg). In den Folgetagen bis zum 5. gelangten weitere Frontensysteme nach Bayern, die ein nasskaltes Wetter mit zeitweiligen Regen- und Schneeschauern verursachten und rasch tauter der Schnee in den tiefen Lagen wieder. Anschließend herrschte lang anhaltender Hochdruckeinfluss mit weitgehend trockenem und sonnigem Wetter, wobei der Kern des Hochs „Joachim“ lange über Nordeuropa lag. Dadurch wurde in Nordbayern eine 13 bis 19-tägige Trockenperiode ausgelöst. In den südlichen Landesteilen wurde zeitweilig schwacher Tiefdruckeinfluss wetterwirksam (kurzzeitig leichte Schneebedeckung, z. B. Schneehöhe München: 4 cm am 15./16.). Erst am 25. verursachte die

Kaltfront des Nordmeertiefs „Hedi“ wieder bayernweite Niederschläge, wobei am Alpenrand auch Starkniederschläge um 30 mm auftraten (Aschau-Stein/Lkr. Rosenheim: 42 mm am 25.). Bis zum Monatsende folgten weitere atlantische Tiefdruckgebiete in einer westlichen bis südwestlichen Strömung, die an den Ostertagen zeitweilige leichte Regenfälle brachten. Der März blieb bayernweit zu trocken, da nur am Anfang und Ende des Monats Niederschläge fielen und flächenhafte Starkniederschläge nur am 25. auftraten. Die tieferen Höhenlagen verzeichneten im März an 2 bis 12 Tagen eine Schneebedeckung (Nürnberg: 2, Augsburg: 3, Hof: 4 und Oberstdorf: 12 Tage), wobei die maximalen Schneehöhen vielerorts am 1. gemessen wurden.

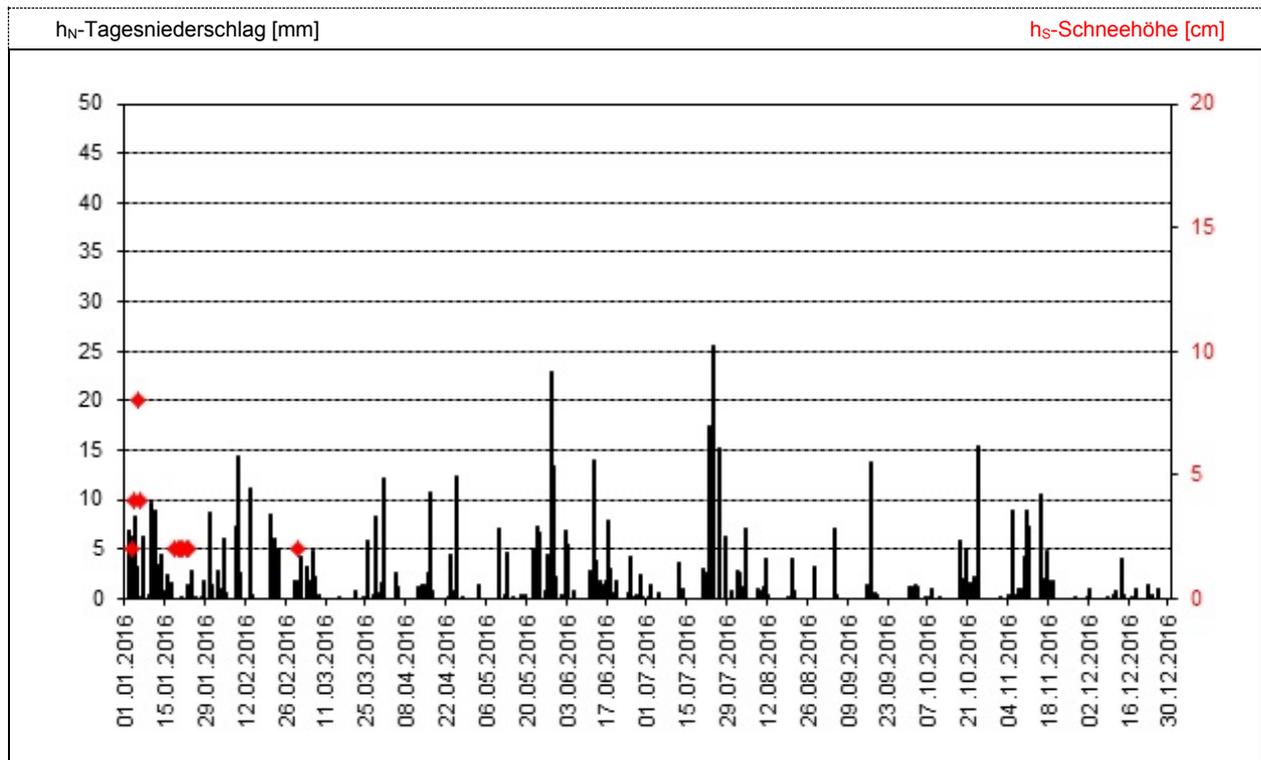


Abb. 3: Niederschläge  $h_N$  und Schneehöhen  $h_S$  der Ombrometerstation Hammelburg

Der **April** glänzte mit dem sprichwörtlichen typischen Aprilwetter (Wechsel von Sonne, Regen-, Schneeregen und Graupelschauern) und auch der Monatsniederschlag blieb durchschnittlich, da der langjährige Mittelwert erreicht wurde. Zum Monatsanfang, vom 1. bis zum 12., waren westeuropäische Tiefdrucksysteme weitgehend ortsstabil, es gelangten milde Luftmassen aus südwestlichen bis südlichen Richtungen nach Bayern (Saharastaub wurde am 4. nach Bayern verfrachtet) und vor allem in Oberfranken, der Oberpfalz und in Niederbayern entstand eine 12-tägige Trockenperiode. Die westlichen Landesteile Bayerns verzeichneten zeitweise schwache Niederschläge. Vom 13. bis 18. gab es in einer westlichen Strömung rasche Wechsel von Tiefdruck- und Hochdruckgebieten. Intensive Wettererscheinungen gab es am 13. entlang einer wellenden Luftmassengrenze. So traten linienhaft angeordnete kräftige Gewitter auf, die am Alpenvorland Hagelschlag (Bad Tölz: Hagel mit 3 cm Korndurchmesser) zu örtlichen Überflutungen und umgestürzten Bäumen (Landkreis Traunstein) führten. In der Zeit vom 15. bis 18. verlagerte sich das Tief „Petra“ langsam von der Nord- zur Ostsee und die Frontensysteme schleiften südostwärts über Bayern hinweg. Dadurch kam es zu länger anhaltenden Niederschlägen und an einzelnen Gewässern Mittelfrankens traten stellenweise kleinere Ausuferungen auf. Die Folgetage bis zum 22. blieben weitgehend trocken und bei nordwestlicher Luftmassenzufuhr wurde es kälter. Vom 23. bis zum Monatsende dominierte eine nördliche Anströmung, die zu einem Wintereinbruch führte. Die zeitweise eingelagerten Tiefdruckgebiete verursachten gebietsweise Tagesniederschläge im Bereich von 4 bis 20 mm und brachten vielerorts kurzzeitig eine geschlossene Schneedecke (Hof: 1 cm am 25., Immenstadt/Lkr Oberallgäu: 27 cm am 27., Augsburg: 2 cm am 27.). Im April variierte die Gesamtzahl der Tage

mit einer Schneebedeckung in den tieferen Höhenlagen von 1 (z. B. Augsburg) bis 4 (z. B. Hohenpeißenberg).

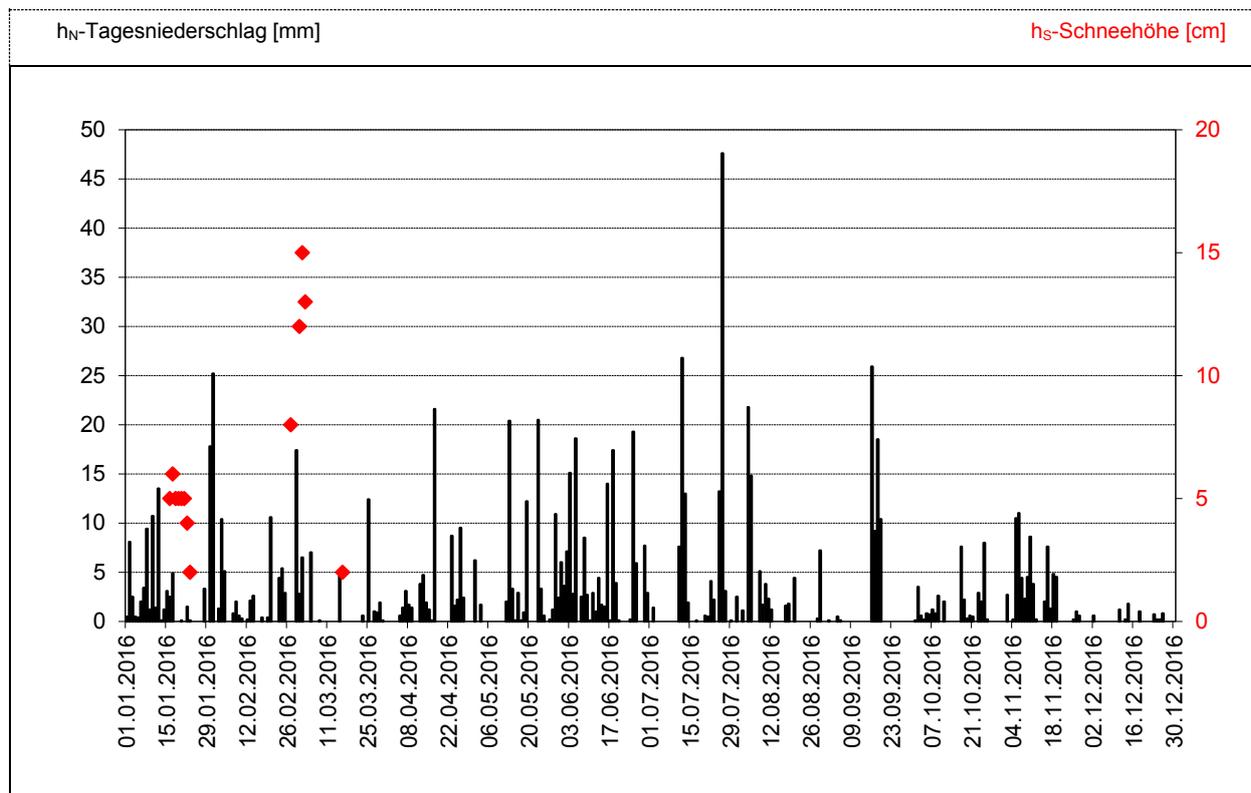


Abb. 4: Niederschläge  $h_N$  und Schneehöhen  $h_S$  der Ombrometerstation Utting-Achselschwang

Vom 1. bis zum 11. **Mai** herrschte verbreitet Hochdruckeinfluss und in weiten Teilen Nordbayerns entstand eine 11-tägige Trockenperiode. Von der Trockenperiode ausgenommen war Südbayern, da zeitweilige Starkniederschläge fielen, am 1. im Einflussbereich des Norditalientiefs „Viola“ (z. B. Aschau-Stein/Lkr. Rosenheim: 56 mm) und am 3. im Bereich einer südostbayerischen Tiefdruckrinne (z. B. Ruhpolding/Lkr. Traunstein: 41 mm). Vom 12. bis 14. Mai verlagerte sich ein Höhentief vom West- zum Ostalpenraum und am Boden erstreckte sich eine Tiefdruckrinne, mit dem eingelagerten Bodentief „Yekaterina“, von Frankreich her über den Donauraum nach Ungarn. Im Bereich der Frontalzone und in der labil geschichteten Atmosphäre kam es zu Hebungsprozessen, die Starkregenfälle und teils kräftige Gewitter auslösten. Das Band mit den stärksten Niederschlägen erstreckte sich vom Bodenseeraum über das südliche Donauvorland bis nach Oberösterreich. Exemplarisch seien folgende Tagesniederschläge genannt: Sigmarszell-Zeisertsweiler/Lkr. Lindau: 59 mm am 12., Aldersbach-Kriestorf/Lkr. Passau: 65 mm am 12., Aschau-Stein/Lkr. Rosenheim: 41 mm am 13., Marktschellenberg/Lkr. Berchtesgadener Land: 47 mm am 13. und 31 mm am 14. Aus Radarmessungen wurden im Landkreis Passau im Zeitraum 12. bis 13. maximale Niederschlagssummen von 47 mm/2 h bzw. 84 mm/24 h ermittelt (Jährlichkeit 50 bis 100). Vom 15. bis zum 22. sorgte überwiegender Hochdruckeinfluss für einen ruhigeren Witterungsabschnitt. Vom 23. bis zum 31. domierte die Großwetterlage „Tief Mitteleuropa“ das Wettergeschehen und schon am 23. kam es in der feucht-warmen Luftmasse zu kräftiger Hebung. Die stärksten Regenfälle traten im Landkreis Oberallgäu (Rohrmoos: 42 mm am 23.) und im Landkreis Miesbach (Miesbach: 46 mm am 23.) auf. Anschließend konnte nur kurzzeitig ein Hoch über Skandinavien auch in Bayern für trockenes Wetter sorgen. Vom 28. bis zum 31. verlagerte sich ein Höhentrog vom Ostatlantik ins westliche Mitteleuropa, es entstand das Bodentief „Elvira“, das meist über dem westlichen Deutschland lag und eine subtropische, labil geschichtete Warmluft nach Bayern gelenkt hatte. Durch die gradientschwache Lage konnten die konvektiven Schauerzellen lange ortsstabil bleiben. Unwetterartige Starkregenfälle und Gewitter wurden vor allem am 29. und 31. beobachtet. Die Niederschlagsschwerpunkte lagen am

29. in den westlichen Landesteilen des südlichen Donauvorlands, im westlichen Mittelfranken und in Unterfranken. Die Auswertung der maximalen Radarniederschläge in den Landkreisen ergab folgende herausragende Intensitäten: 102 mm in 2 Stunden im Landkreis Neustadt a. d. Aisch und 97 mm in 2 Stunden im Landkreis Ansbach. Die größten Niederschlagsintensitäten traten im Zeitraum von zwei bis vier Stunden auf und erreichten sehr unterschiedliche Jährlichkeiten von ca. 10 a bis deutlich seltener als 100 a in Abhängigkeit davon, wie ortsstabil die gewittrigen Schauerzellen waren. Eine detaillierte Beschreibung der Verhältnisse gibt der wasserwirtschaftliche Bericht „Sturzfluten und Hochwasserereignisse im Mai/Juni 2016“. Am 31. traten an einer von Tschechien nach Südosteuropa reichenden Luftmassengrenze kräftige Starkregenfälle auf und der Niederschlagschwerpunkt lag im Randbereich von Südostbayern (Tagesniederschlag am 31.: Simbach/Lkr. Passau: 78 mm, Laufen/Lkr. Berchtesgadener Land: 68 mm). Trotz der Starkniederschläge zum Monatsende erreichte der Mainiederschlag in Nordbayern nur das langjährige Mittel. In Südbayern dagegen fiel der Mai aufgrund der zahlreichen Starkniederschläge vergleichsweise zu nass aus.

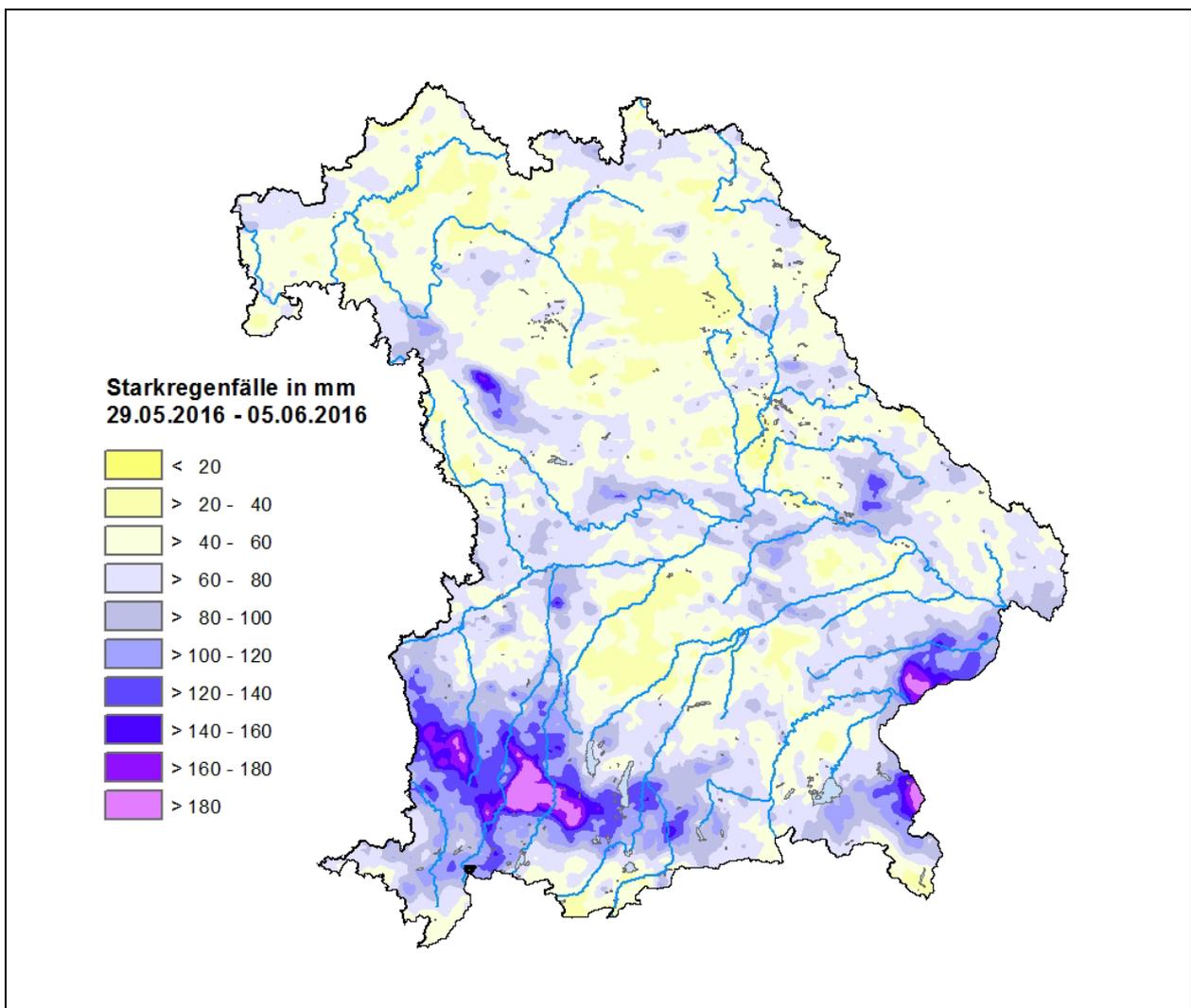


Abb. 5: Aufsummierte Radarniederschläge [mm] für den 8-tägigen Starkregenzeitraum 29. Mai bis 05. Juni 2016

Am 1. **Juni** wurde das Tief „Friederike“ mit Kern über Tschechien wetterbestimmend und der Drehrichtung des Tiefs entsprechend, gelangten aus nordöstlichen bis nördlichen Richtungen feuchtwarme Luftmassen nach Südostbayern. Es bildeten sich in dieser schwachen Anströmung immer wieder kräftige Schauer- und Gewitterzellen. Der maximale Radarniederschlag im Landkreis Rottal-Inn ergab eine Intensität von 111 mm in 6 Stunden (Jährlichkeit seltener als 500 a gemäß PEN LAWA 2010) und im Raum Simbach entstand ein katastrophales Hochwasser. Bis zum 4. war weiterhin die Großwetterlage „Tief

Mitteleuropa“ mit bayernweiten lokalen gewittrigen Starkregenfällen prägend (z. B. maximaler Radarniederschlag im Landkreis Weilheim-Schongau: 66 mm in 2 Stunden am 3.). Die Abb. 5 zeigt die aufsummierten Radarniederschläge aus der 8-tägigen gewittrigen Starkregenphase vom 29. Mai bis 05. Juni 2016. Die Niederschlagsschwerpunkte lagen dabei in den Landkreisen Weilheim-Schongau, Ansbach, Rottal-Inn, Berchtesgadener Land und erreichten Summenwerte von über 180 mm. Am 05. Juni 2016 hatte sich das Höhentief nach Osteuropa verlagert, aber über Bayern lag weiterhin die feuchte Warmluft und vom 06. bis 08. kam es bei zeitweiligem, schwachem Bodentiefdruckeinfluss zu Hebung mit konvektiven Schauerzellen. An den beiden Folgetagen, 9. bis 10. Juni, sorgte ein kleinräumiges Höhentief über dem Alpenraum für weitere Regenfälle in Südbayern. Vom 11. bis 14. herrschte eine zonale Zirkulationsform, wobei mehrere Tiefausläufer in einer westlichen Strömung Mitteleuropa überquerten (13.: Frontensysteme von Tief „Ines“ verursachten einen maximalen Radarniederschlag im Lkr. Schweinfurt von 37 mm in 6 Stunden). Anschließend folgte eine meridionale Strömungssituation als sich vom 15. bis 17. in der Höhe ein Tiefdrucksystem über Westeuropa ausbildete. Am Boden entstand über Südfrankreich das Tief „Karin“, das sich im weiteren Verlauf an den Alpen entlang nach Tschechien verlagerte. Die Luftmassenzirkulation um das Tief herum führte dabei am 17. feuchte, warme Luft aus Südosteuropa gegen kühlere Luftmassen über Deutschland. An der Westflanke des Tiefs regnete es länger anhaltend mit Niederschlagsschwerpunkten in Oberfranken und dem Oberallgäu (Tagesniederschlag am 16.: Scheßlitz-Köttensdorf/Lkr. Bamberg: 36 mm, Balderschwang/Lkr. Oberallgäu: 54 mm). Das Tiefdrucksystem über Westeuropa verlagerte sich in der Folge ostwärts und wurde ab dem 18. zur Großwetterlage „Trog Mitteleuropa“. Die Luftdruckgegensätze wurden geringer und das Höhentief zog nach Mittelitalien ab, bescherte aber vor allem Südbayern noch weitere Niederschlagstage bis zum 20.06.2016, als in den übrigen Landesteilen schon trockenes Hochdruckwetter (Hoch „Wolfgang“) herrschte, das bis zum 23. anhielt. Vom 24. bis 26.06.2016 entstand über Westeuropa erneut ein Höhentrog, der mit südwestlicher Strömung subtropische Warmluft nach Bayern lenkte. Am 25. überquerte die Kaltfront des Ostseetiefs „Neele/Marine“ Bayern ostwärts und dabei traf nordatlantische Subpolarluft auf südeuropäische Subtropikluft. Dabei traten Unwetter durch schwere Gewitter auf, die insbesondere über dem Bayerischen Wald extrem ausfielen. Dabei kam es zu extremen Niederschlagsintensitäten von rund 70 mm in 1 Stunde in der Radarauswertung des Landkreises Freyung-Grafenau (deutlich seltener als 100 a). In der Westlage zum Monatsende entwickelten sich vereinzelt weitere gewittrige Schauer, die aber nur ganz vereinzelt Niederschlagswerte über 35 mm hervorbrachten. Den Juni kennzeichneten viele unwetterartige Starkregenfälle, die sich überwiegend in feucht-warmen Luftmassen entwickelten und nur langsam verlagerten und daher fiel der Monat im langjährigen Vergleich bayernweit zu nass aus

Vom 1. bis 10. **Juli** überwog trockenes Hochdruckwetter (Hoch „Yogi und Zacharias“), wobei zwischenzeitlich, bei der Passage des Skandinavientiefausläufers „Oliane“ am 2., auch flächige Niederschläge auftraten. In Südbayern wurden Starkregenschwellwerte überschritten und die Niederschlagsschwerpunkte lagen im Einzugsgebiet der Loisach (Schlehdorf/Lkr. Bad Tölz-Wolfratshausen: 42 mm am 2.) und im Chiemgau (Siegsdorf-Höll/Lkr. Trtaunstein: 46 mm am 2.). Vom 11. bis zum 15. verlagerte sich ein ausgedehntes Tiefdrucksystem von West- nach Mitteleuropa und am Boden entwickelten sich die Tiefdruckgebiete „Tiba“ und „Ulrike“. Bereits am 11. traten unwetterartige Starkregenfälle, Hagel und Gewitter südlich einer Linie Ansbach – Nürnberg – Weiden auf (Tagesniederschlag am 11.: Lam-Lambach/Lkr. Cham: 46 mm, Ampfing/Lkr. Mühldorf am Inn: 54 mm). Am 12. reichte der Niederschlagsschwerpunkt vom Unterallgäu übers Alpenvorland bis ins Berchtesgadener Land (Tagesniederschlag am 12.: Ottobeuren/Lkr. Unterallgäu: 56 mm, Berchtesgaden/Jenner: 51 mm). In den Folgetagen lag das Tief „Ulrike“ lange über dem südlichen Polen und der Drehrichtung des Tiefs entsprechend waren die Niederschläge in den Staulagen der östlichen Mittelgebirge und Alpen am höchsten (Balderschwang/Lkr. Oberallgäu: 68 mm am 13., Marktschellenberg/Lkr. Berchtesgadener Land: 42 mm am 14.) Insgesamt entstand eine 4-tägige Dauerregenlage mit verbreiteten Niederschlagssummen um 90 mm (z. B. Lam-Lambach/lkr. Regen) bis zu 152 mm (Balderschwang/Lkr. Oberallgäu). Dadurch wurde insbesondere am Regen ein Hochwasser ausgelöst. Ab der Monatsmitte, vom 16. bis 20., sorgte das Hoch „Burkhard“ für hochsommerliche Temperaturen und weitgehend trockenes Wetter. Vom 21. bis zum 25. hielt sich in

Bayern eine feucht-warme, labil geschichtete Luftmasse und lokal entwickelten sich immer wieder heftige Gewitter mit Starkregenfällen. Im Niederschlagsradar ließen sich kleinräumige Schauerzellen erkennen, die sich über ganz Bayern verteilten. Nachfolgend sind exemplarisch nur die höchsten gemessenen Tagesniederschläge aufgeführt: Bechhofen/Lkr. Ansbach: 50 mm am 21., Jachenau-Tannern/Lkr. Bad Tölz – Wolfratshausen: 44 mm am 22., Zeilarn/Lkr. Passau: 68 mm am 23. und Geretsried/Lkr. Bad Tölz – Wolfratshausen: 81 mm am 24. Durch die unwitterartigen Starkregenfälle am 23. war es im Stadtgebiet von Passau zu zahlreichen Sturzflutschäden gekommen. In der nachfolgenden Westlage, vom 26. bis zum Monatsende, überquerten Frontensysteme Bayern und es waren auch wieder großräumige Niederschläge zu verzeichnen. Bei der Passage der Kaltfront des Nordmeertiefs „Ziljana“ lag der Niederschlagsschwerpunkt im Chiemgau und im Berchtesgadener Land. Die Zweitagesniederschlagssummen vom 25. bis 26. betrug zum Beispiel: Amerang/Lkr. Rosenheim: 83 mm und Ramsau-Schwarzeck/Lkr. Berchtesgadener Land: 56 mm. Am 31. lag die Kaltfront des Tiefs „Avrem“ in Alpennähe und die höchsten Niederschläge wurden an der oberen Donau (Dillingen: 46 mm) und in den Ammergauer Alpen (Oberammergau/Lkr. Weilheim-Schongau: 45 mm) gemessen. Bei 10 bis 15 Niederschlagstagen blieb der Juli in Nordbayern vergleichsweise zu trocken. Zwar traten in Südbayern nur geringfügig mehr Niederschlagstage auf (10 bis 18 Tage), aber die häufigen Starkregenfälle ließen den Monat im langjährigen Vergleich zu nass ausfallen.

Vom 1. bis 12. **August** wurden in einer westlichen bis nordwestlichen Strömung immer wieder Tiefdruckgebiete herangeführt und verursachten wechselhaftes Wetter. Beim Durchzug der Tiefdruckgebiete „Christiane“ und „Dagmar“ traten am 4. und 5. ausgedehnte Regenfälle auf, wobei das Oberitalientief „Dagmar“ ein Starkregenband verursachte, das vom Bodensee, über die Allgäuer Alpen und die Bayerischen Alpen bis ins Chiemgau reichte (Zweitagesniederschläge vom 4. bis 5.: Oberreute/Lkr. Lindau: 78 mm, Halblech/Lkr. Ostallgäu: 90 mm, Steingaden/Lkr. Weilheim-Schongau: 78 mm, Aschau-Stein/Lkr. Rosenheim: 57 mm). Diese ergiebigen Regenfälle lösten bei den südlichen Donauzuflüssen und an der Donau ein Hochwasser aus. Am 9. hatte das Skandinavientief „Ella“ eine Luftmassengrenze an den Alpen erzeugt und die stärksten Regenfälle wurden im Berchtesgadener Land gemessen (Berchtesgaden/Jenner: 49 mm am 9.). Das Hoch „Egbert“ ließ die Tage vom 13. bis 15. trocken ausfallen. Die Westlage vom 16. bis zum 19. ließ in Südbayern eine Luftmassengrenze entstehen und dort fielen immer wieder gewittrige Regenschauer. Am 20. brachte die Kaltfront von Tief „Hildegund“ bayernweite Niederschläge, wobei nur im Berchtesgadener Land Starkregenfälle über 30 mm verzeichnet wurden (Berchtesgaden/Jenner: 37 mm). Vom 21. bis zum Monatsende dominierte meist ruhiges, sonnenscheinreiches und zunehmend hochsommerlich heißes Hochdruckwetter (Hoch „Gerd“ und Hoch „Harald“) und in weiten Teilen Nordbayerns entstand eine 11-tägige Trockenperiode. In Südbayern kam es am 29. zu Starkregenfällen im Bereich der Kaltfront des Ostseetiefs „Kitty“ und die höchsten Niederschläge wurden im Oberallgäu registriert (Sonthofen/Lkr. Oberallgäu: 48 mm am 29.). Insgesamt fiel der August bayernweit zu trocken aus, da es nur sehr wenige Niederschlagstage gab (Nordbayern: 6 bis 9 Tage, Südbayern: 12 bis 14). Der Sommerniederschlag der Monate Juni, Juli und August addierte sich in Nordbayern auf 230 mm (95 % vom Mittel 1981-2010) und in Südbayern auf 414 mm (105 % vom Mittel).

Den **September** prägten wiederholte Trockenperioden und spätsommerliche Hitzewellen. In der ersten Monatshälfte waren die Hochdruckgebiete „Johannes“, „Karl“ und „Lukas“ nacheinander wetterbestimmend, es war überdurchschnittlich sonnig, bei zeitweiliger südlicher Luftmassenzufuhr örtlich über 30 °C heiß und es blieb verbreitet trocken. So entstand vom 5. bis zum 15. eine nahezu bayerweite 11-tägige Trockenperiode. Am 4. und 5. verursachte die Kaltfront eines Ostseetiefs lediglich in den alpinen Lagen Starkniederschläge (Balderschwang/Lkr. Oberallgäu: 76 mm am 4., Ramsau-Scharzeck/Lkr. Berchtesgadener Land: 48 mm am 5.). Vom 16. bis 19. brachten die Frontensysteme der Tiefs „Stephanie“ und „Theresia“ kühles Wetter mit ergiebigen Niederschlägen, die nicht nur die Münchner Oktoberfestbesucher störten. Da das Tief „Theresia“ längere Zeit über Tschechien verharrte, entstand eine Dauerregelage, die in Ostbayern (Regen und Rott) ein Hochwasser auslöste. Die Niederschlagsschwerpunkte lagen dabei am 16. in Alpennähe (20 bis 66 mm), am 17. in Niederbayern und der Oberpfalz (40 bis

84 mm), am 18. in Schwaben und dem westlichen Oberbayern (4 bis 98 mm) und am 19. in Südbayern (4 bis 39 mm). Bei dem 4-tägigen Dauerregen fiel in Südbayern 80 bis 137 mm Niederschlag, wobei die höchsten Tagesniederschläge 80 mm überschritten (z. B. Schorndorf-Knöbling/Lkr. Cham: 86 mm am 17., Ingolstadt: 98 mm am 18.). Vom 20. bis zum Monatsende setzte sich wieder Hochdruckeinfluss durch, die Höchsttemperaturen stiegen wieder über 15 °C und eine 11-tägige Trockenperiode entstand. Im September wurden verbreitet nur 5 bis 9 Niederschlagstage registriert und dadurch fiel der Monat im langjährigen Vergleich zu trocken aus.

Bis zum 5. **Oktober** herrschte eine Westlage, die atlantische Tiefausläufer sowie kühlere Luftmassen nach Bayern lenkte und für zeitweilige Regenfälle sorgte. Die Niederschlagssummen waren in der Fläche gering, lediglich in Südbayern wurden Tagesniederschläge um 20 mm registriert (z. B. Markt-schellenberg/Lkr. Berchtesgadener Land: 27 mm am 3.). Vom 6. bis zum 16. hielt sich das Hoch „Peter“ stabil über Skandinavien und löste in weiten Teilen Bayerns eine 11-tägige Trockenperiode aus, die Niedrigwasser verursachte und zu Einschränkungen bei der Schifffahrt führte. Lediglich im Alpenvorland und in den alpinen Lagen fiel zeitweise geringer Niederschlag mit Tageswerten unter 10 mm. Im Witterungsabschnitt vom 17. bis zum 22. stand Mitteleuropa unter Tiefdruckeinfluss und häufig herrschte wolkenreiches, regnerisches Wetter. Starkniederschläge wurde dabei am 20. beobachtet als eine Luftmassengrenze zonal über Mittelfranken lag (Tagesniederschlag am 20.: Weihenzell-Grüb/Lkr. Ansbach: 28 mm am 20.). Vom 23. bis zum Monatsende dominierte ruhiges Herbstwetter, wobei die anfängliche mitteleuropäische Hochdruckbrücke von Tief „Elisabeth“ mit schwachen, flächigen Regenfällen (24./25.: 2 bis 16 mm) unterbrochen wurde. Ab dem 26. sorgte das mitteleuropäische Hoch „Quinn“ für trockenes Wetter. Durch die häufigen Trockenzeiten und fehlende Starkniederschläge blieb der Oktober im langjährigen Vergleich zu trocken. In Nordbayern war es schon der vierte zu trockene Monat in Folge (Südbayern: drei trockene Monate in Folge).

Der Niederschlag im hydrologischen **Sommerhalbjahr** summierte sich in Nordbayern auf 406 mm (91 % vom Mittel 1981-2010) und in Südbayern auf 714 mm (106 % vom Mittel 1981-2010).

Auch der Folgemonat **November** blieb zu trocken, da nur 10 bis 15 Niederschlagstage auftraten und Starkniederschläge sehr selten waren. Bei einer nordwestlichen bis nördlichen Strömung gelangte in der ersten Monatshälfte Kaltluft nach Bayern. Am 5. und 6. traten dabei stärkere Niederschläge auf als die Kaltfront des Nordseetiefs „Husch“ Bayern überquerte und das Ostalpentief „Ilka“ wetterwirksam wurde. Der Niederschlagsschwerpunkt lag in Südbayern mit Werten um 40 mm (z. B. Samerberg-Geisenkam/Lkr. Rosenheim: 48 mm vom 5. bis 6.). Die Temperaturen sanken auf frühwinterliche Werte und im Flachland kam es zum ersten Schneefall des beginnenden Winters (z. B. München: 1 cm Schneehöhe am 9.). Am 10. verursachte das über Süddeutschland liegende Tief „Juli“ weitere Starkniederschläge (z. B. Balderschwang/Lkr. Oberallgäu: 39 mm am 10.). In der Folgezeit blieb das Wetter weiter wechselhaft und nennenswerte Niederschläge brachte die Westlage am 15. und 16. hervor. Die Frontensysteme von Tief „Laura“ ließen ein von Unterfranken nach Niederbayern reichendes Regenband entstehen (z. B. Sankt Englmar/Lkr. Straubing-Bogen: 47 mm vom 15. bis 16.). In der zweiten Monatshälfte herrschten häufig kräftige Südwestströmungen, die ein spätsommerlich warmes Wetter ermöglichten. Daneben wurden die Hochdruckgebiete „Thomas“ und „Uwe“ von den britischen Inseln wetterbestimmend. So entstand ab dem 20. eine nahezu bayernweite, 11-tägige Trockenperiode. Im November variierte die Anzahl der Tage mit einer Schneebedeckung in den tiefen Lagen von 1 (z. B. München) bis 4 (z. B. Hof).



### 3 Fließgewässer und Seen

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

Wassertemperaturdaten von oberirdischen Gewässern werden zum Bearbeiten und Erstellen von hydrologischen Anfragen und Fachgutachten in der Wasserwirtschaft benötigt. Das Wassertemperaturmessnetz in Bayern umfasst derzeit ca. 120 Messstellen.

Neben diesen quantitativen Messungen werden die Fließgewässer und Seen auch im Hinblick auf die Gewässerqualität untersucht. Dabei werden sowohl chemische und chemisch-physikalische Messungen vorgenommen als auch biologische Untersuchungen. Neben den 38 Überblicksmessstellen werden im Kontext der Wasserrahmenrichtlinie mehr als 1.000 Messstellen untersucht.

In diesem Jahr werden erste Ergebnisse aus dem erst seit 2011/2012 betriebenen Schwebstoffmessnetz vorgestellt. Schwebstoffdaten dienen der Beurteilung wasserwirtschaftlicher und wasserbaulicher Fragestellungen und der Überwachung des Feststoffhaushalts. Das Schwebstoffmessnetz umfasst derzeit 40 Messstellen an denen kontinuierlich die Schwebstoffkonzentration erfasst wird. Abgeleitet daraus werden die weiteren Schwebstoffgrößen Fracht, Transport und Abtrag.

Die Daten werden unter dem Gewässerkundlichen Portal ([www.gkd.bayern.de](http://www.gkd.bayern.de)) bereitgestellt. Aktuelle Daten sind auch Basis für die Internetauftritte Niedrigwasserinformationsdienst ([www.nid.bayern.de](http://www.nid.bayern.de)) sowie Hochwassernachrichtendienst ([www.hnd.bayern.de](http://www.hnd.bayern.de)).

#### 3.1 Abflüsse von Fließgewässern

Besonderheiten im Jahr 2016 sind die bayernweit im langjährigen Vergleich ungewöhnlich abflussstarken Monate Februar und Juni, sowie der abflussschwache Dezember. Im Gegensatz zu den Sommermonaten 2015, die geprägt waren durch ausgedehnte Niedrigwasserperioden mit sehr geringen Abflüssen, führen 2016 die außergewöhnlich hohen Niederschläge im 4-wöchigen Zeitraum vom 27.5. – 26.6. zu ungewöhnlich hohen Abflüssen für diese Jahreszeit. Lokal lösen gewittrige unweatherartige Starkregen Sturzfluten aus (siehe Kapitel Hochwasser). Mehrtägige Dauerregenfälle im Juli, August und September lassen südlich der Donau sowie im Bereich des Bayerischen Waldes die Abflüsse ansteigen, und es kommt zu kleineren Hochwasserereignissen. Durch die fehlenden Niederschläge von August bis Dezember sind die Abflüsse niedriger als im langjährigen Vergleich. Im sehr trockenen Dezember sinken die Abflüsse drastisch ab. Die Abflussbilanz im Jahr 2016 ist für die Bereiche nördlich der Donau negativ, südlich der Donau und an der Donau ist sie ausgeglichen, z. T. auch positiv.

##### 3.1.1 Nördlich der Donau

Am Beispiel des Pegel Kemmerns/ Main (Einzugsgebietsgröße von 4.223,8 km<sup>2</sup>) wird stellvertretend für das Main- und bayerische Elbegebiet, sowie für die nördlichen Donauzuflüsse die Abflussentwicklung im Jahr 2016 charakterisiert (Abb. 7 und Abb. 8). Von Januar bis Mai zeigt sich noch der, für die Regionen nördlich der Donau, typische jahreszeitliche Verlauf mit den höheren Abflüssen in den Wintermonaten und den niedrigeren zum Sommer hin. Allerdings sticht der Februar mit einer ungewöhnlich positiven Abflussbilanz heraus. Zu Beginn des **Januars** liegen die Abflüsse deutlich unter dem mittleren Abfluss (MQ). Die z. T. kräftigen Niederschläge (10. - 11.1.) und Schneeschmelzen, sowie der Durchzug von weiteren Frontensystemen (15. - 17.1) lassen verbreitet die Abflüssen ansteigen. Erst Ende Januar kommt es wieder aufgrund von Starkregenfällen zu einem Anstieg der Abflüsse. Dies setzt sich zu Beginn des **Februars** durch weitere Dauerniederschläge und Schneeschmelze bis in hohe Lagen fort. Das Wetter im Februar bleibt wechselhaft. Nördlich der Donau sorgen vor allem das Sturmtief „Susanna“

(8. - 9.2.) sowie Orkantief „XIN“ (20. - 22.2) mit Regenfällen und Tauwetter verbreitet für höhere Abflüsse und im Bereich der nördlichen und östlichen Mittelgebirge für kleinere Hochwasser, die statisch alle 1 - 2 Jahre auftreten. Der mittlere Abfluss für Februar liegt vielfach deutlich über dem langjährigen Monatsmittel. Am Pegel Kemmern/Main beträgt dieser 170 % des langjährigen Monatsmittels. Der zu trockene **März** lässt die Abflüsse wieder unter das langjährige Mittel (MQ) sinken. Im **April** führen schauerartige Niederschläge immer wieder zu kurzzeitigen Anstiegen. In den ersten zwei relativ niederschlagsarmen Dritteln des Monats **Mai** nehmen Abflüsse ab. Ende Mai wird dieses, insbesondere im westlichen Mittelfranken und in Unterfranken, abrupt durch Dauerregen mit eingelagerten, kleinräumig sehr kurzzeitigen, unwitterartigen Starkregen beendet. Hauptgeschehen ist die Nacht vom 29. zum 30.5.. Innerhalb weniger Stunden führen extreme Starkniederschläge lokal zu Sturzfluten. An den Pegeln der Oberläufe der westlichen Rednitz/Regnitzzuflüsse Zenn, Fränkischer Rezat und Aisch werden dabei kurzzeitig Abflüsse von Jährlichkeiten größer 10 registriert (siehe Tab. 1). Daneben kommt es örtlich im westlichen Franken zu Abflüssen im Bereich von HQ 1 bis HQ 5. Dennoch ist insgesamt für den Monat Mai großteils ein Abflussdefizit zu verzeichnen. Am Pegel Kemmern/ Main liegt der mittlere Abfluss bei 63 % deutlich unter dem langjährigen Monatsmittel für Mai. Über den **Juni** verteilt kommt es immer wieder zu einzelnen Unwettern, aber auch zu Dauerregen mit eingelagerten Starkregen. Am 13.6. tritt infolge eines kleinräumigen Unwetters am Oberlauf der Volkach eine Sturzflut auf (siehe Tab. 1). In Oberfranken führt am 17.6. ergiebiger Dauerregen mit eingelagerten Starkregen in Kombination mit hoher Bodenvorfeuchte zu einem kleineren Hochwasser (örtlich bis HQ 1 - 2). Am 25. - 26.6. sind die Bereiche des Regens und der nördlichen Donauzuflüsse ab Regensburg von gewittrigem Dauerregen betroffen. Auch hier treten lokal Sturzfluten auf, die an einigen Pegel zu Abflüssen von Jährlichkeiten größer 10 führen (siehe Tab. 1). Ansonsten werden in dieser Region Abflüsse im Bereich von HQ 1 bis HQ 5 registriert. Die mittleren Abflüsse liegen deutlich über dem langjährigen Mittelwert für Juni, so am Pegel Kemmern/Main mit ca. 65 % über dem langjährigen Monatsmittel. Im **Juli** fallen die Abflüsse verbreitet und sinken unter den langjährigen mittleren Abfluss (MQ). Ausnahme bildet der Bereich von Naab und Regen. Hier führt Dauerregen Mitte Juli (12. - 14.7.) zu einem regionalen kleineren Hochwasser (örtlich bis in den Bereich von HQ 1). Im letzten Julidrittel entwickeln sich immer wieder örtlich kräftige Gewitter mit Starkregen. Ein solches führt örtlich begrenzt auf den Oberlauf der Streu (Rhön) zu einer Sturzflut (siehe Tab. 1). Aufgrund der nördlich der Donau fehlenden Niederschläge von **August bis Dezember** weisen die Abflüsse bis zum Jahresende hin fallende Tendenz auf, unterbrochen nur durch kurzzeitige Anstiege. Ausnahme bilden hier wiederum die Einzugsgebiete von Regen und Naab. Hier kommt es Mitte September aufgrund von ergiebigen Niederschlägen zu einem kleineren Hochwasser bis in den Bereich von HQ 1 bis HQ 2. Im November steigen die Abflüsse nochmal etwas an, aber bleiben weit unter dem für November üblichen Niveau. Im Dezember sinken die Abflüsse zum Jahresende hin deutlich ab. Insgesamt ist die Abflussbilanz für alle diese Monate negativ. Der Abfluss für Dezember liegt deutlich unter dem langjährigen Monatsmittel. Am Pegel Kemmern/Main erreicht der Abfluss im Vergleich zum langjährigen Monatsmittel nur 29 %. Insgesamt ist die Abflussbilanz in Nordbayern für das Jahr 2016 trotz der abflussstarken Monate Februar und Juni negativ. Am Pegel Kemmern/Main liegt der mittlere Jahresabfluss ca. 16 % unter dem langjährigen Mittel.

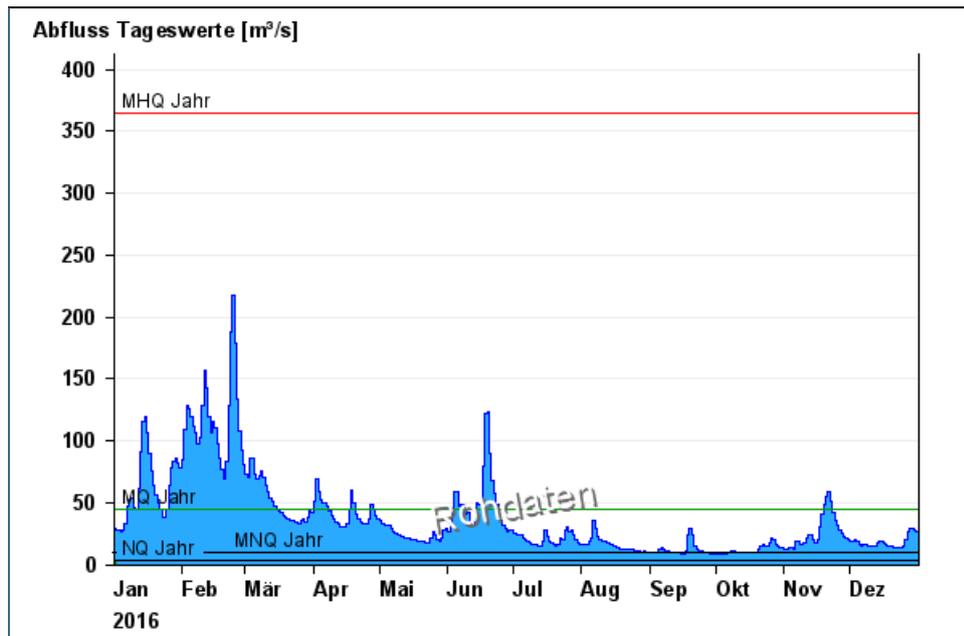


Abb. 7: Abflussentwicklung Kemmern / Main im Berichtsjahr 2016

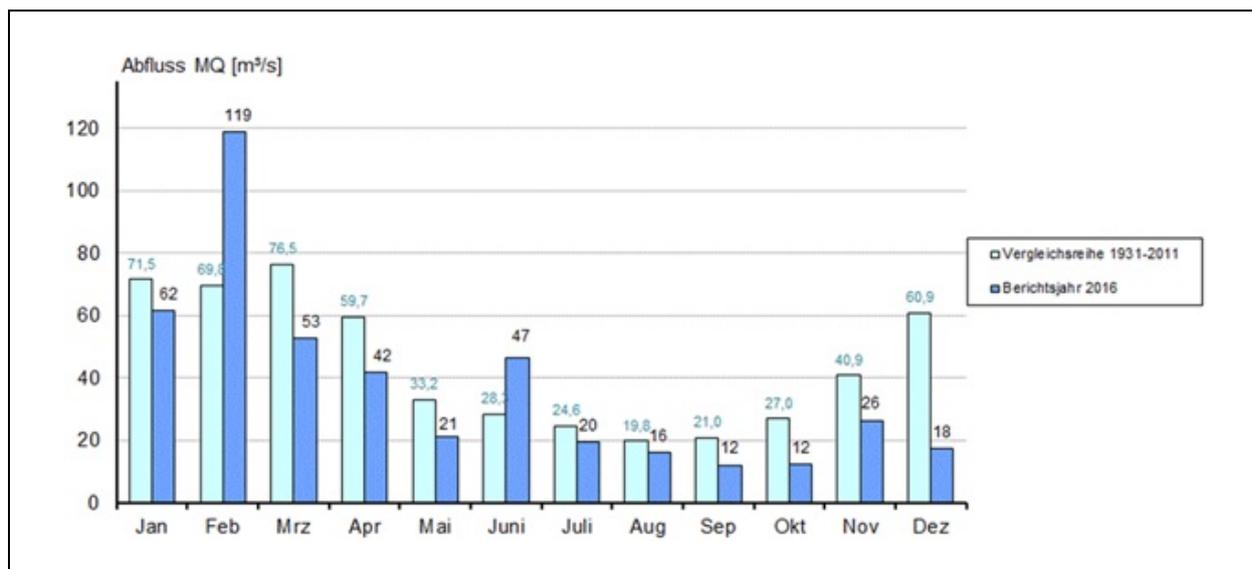


Abb. 8: Abfluss Kemmern / Main – Vergleich des aktuellen und langjährigen Monatsmittelwertes (Rohdaten)

### 3.1.2 Südlich der Donau

Stellvertretend für die südlichen Donauzuflüsse sowie die Donau ist der Pegel Kelheim/Donau in Abb. 9 und Abb. 10 dargestellt. Im Gegensatz zu den Fließgewässern nördlich der Donau sind die südlichen Donauzuflüsse und die Donau normalerweise in den Wintermonaten abflusssschwach. 2016 liegen die Abflüsse zu Jahresbeginn zwar deutlich unter dem langjährigen Mittel, aber die Niederschläge und Schneeschmelze der Frontensysteme von Sturmtief „Carlina“ (8. - 10.1.) (vor allem betroffen die westlichen Donauzuflüsse), sowie Tief „Daniella“ (10. - 13.1.) lassen gegen Ende des ersten **Janu**ardrittels die Abflüsse ansteigen. Die Starkniederschläge Ende Januar (30. - 31.1.) an den Alpen mit über 50 mm/24h führen dann zu deutlichen Abflussanstiegen. So liegt der Januarabfluss, trotz dem Start aus dem trockenen Vorjahr, im Bereich des langjährigen Monatsmittel. Die Niederschläge und das Tauwetter setzen sich noch zu Beginn des **Februars** (1. - 2.2.) fort, so dass die höchsten Abflüsse im Februar am Monatsanfang registriert werden. Der zu nasse und milde Februar führt, wie in Nordbayern, zu Abflüssen, die deutlich über dem langjährigen Monatsmittel liegen. Am Pegel Kelheim/Donau beträgt der Abfluss 145 %

des langjährigen Februarmittels. Die Niederschläge Ende Februar an den Alpen und im Alpenvorland fallen vielfach in Form von Schnee. Die Niederschläge und das Tauwetter Anfang **März** führen zu deutlich erhöhten Abflüssen. Im Anschluss sinken die Abflüsse auf das für die Jahreszeit übliche Niveau deutlich unter MQ ab. Der durchschnittliche **April** ändert daran wenig. Im **Mai** kommt es vom 12. - 13.5. südlich der Donau verbreitet zu gewittrigen Starkregenfällen, die die Abflüsse ansteigen lassen. Infolge lokal eng begrenzter, wolkenbruchartiger Niederschläge im Wolfach-Einzugsgebiet steigen die Abflüsse am Pegel Neustift bis in den Bereich von HQ 50 (siehe Tab. 1). Ende Mai in der Nacht vom 29. zum 30.5. führen wie in Nordbayern flächige Dauerniederschläge mit eingelagerten Starkregen zu deutlichen Abflussanstiegen. An einzelnen Pegeln wird HQ 2 registriert. Am 31.5 setzt mit Schwerpunkt Südosten im Inneinzugsgebiet Dauerregen ein. Trotz der Niederschläge am Monatsende ist die Abflussbilanz für Mai am Pegel Kelheim/Donau mit 96 % leicht negativ. Am 1. **Juni** halten die Dauerniederschläge mit eingelagerten Starkregen im Südosten Bayerns weiter an. Am Simbach (Innzufluss) und Altbach (Rottzufluss) lösen extreme Niederschläge katastrophale Sturzfluten aus (Tab. 1 und Kapitel Hochwasser). Am 8. - 9.6. kommt es an der Ach im Ammereinzugsgebiet infolge unwetterartiger Niederschläge zu einer Sturzflut (Tab. 1). Mitte Juni führen Dauerniederschläge mit eingelagerten Starkregen verbreitet zu kleineren Hochwasser (lokal in den Bereich von HQ 1 bis HQ 2). Am 25. - 26.6. lassen Dauerniederschläge im Südosten nochmals die Abflüsse ansteigen. Insgesamt ist die Abflussbilanz für Juni auch hier deutlich positiv. Der mittlere Abfluss am Pegel Kelheim/Donau beträgt für Juni 159 % des langjährigen monatlichen Mittelwertes. Mitte **Juli** führt in Südbayern eine Kaltfront zu länger anhaltendem Dauerregen und lässt die Abflüsse verbreitet ansteigen, am Alpenrand örtlich bis in den Bereich von HQ 1 bis 2. Anfang **August** (4. - 5.8.) treten ausgedehnte Regenfälle am Alpenrand mit den Schwerpunkten Allgäu und Oberbayern auf und verursachen an den dortigen Fließgewässern deutliche Abflussanstiege in den Bereich von HQ 1 und HQ 2. Zum Monatsende nehmen die Abflüsse ab. Die Abflussbilanz für Juli und August ist am Pegel Kelheim leicht positiv um einige Prozent. Im Gegensatz dazu liegen die mittleren Abflüsse in den Monaten September bis Dezember, mit Ausnahme November, unter dem sonst üblichen Niveau. Der **September** ist relativ trocken. Nur in der zweiten Septemberhälfte steigen die Abflüsse kurzzeitig durch gebietsweise ergiebige Niederschläge an. Der trockene **Oktober** führt dazu, dass der mittlere Abfluss am Pegel Kelheim 27 % unter dem langjährigen Monatsmittel liegt. Im **November** führen Niederschläge immer wieder zu Abflussanstiegen, so dass die Abflussbilanz für diesen Monat relativ ausgeglichen ist. Der außergewöhnlich trockene **Dezember** lässt auch hier im Süden die Abflüsse deutlich bis in den Bereich von MNQ, des Ausgangsniveau zu Jahresbeginn, abnehmen. Der mittlere Abfluss im Dezember beträgt am Pegel Kelheim/Donau nur 63 % des langjährigen Monatsmittels. Insgesamt ist die Jahresbilanz am Pegel Kelheim/Donau mit ca. 104 % im langjährigen Vergleich leicht positiv.

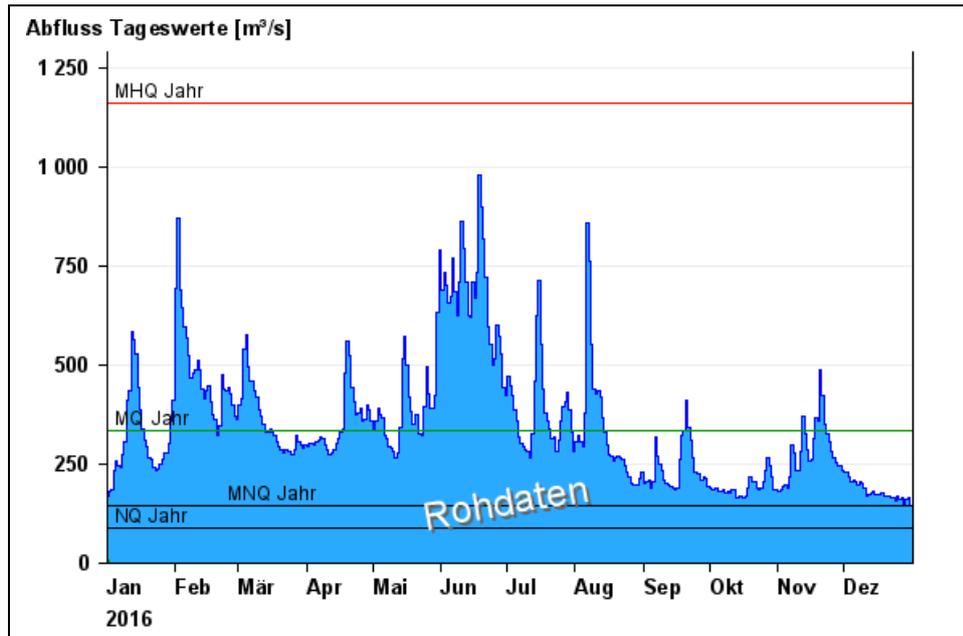


Abb. 9:  
Abflussentwicklung  
Kelheim / Donau im  
Berichtsjahr 2016

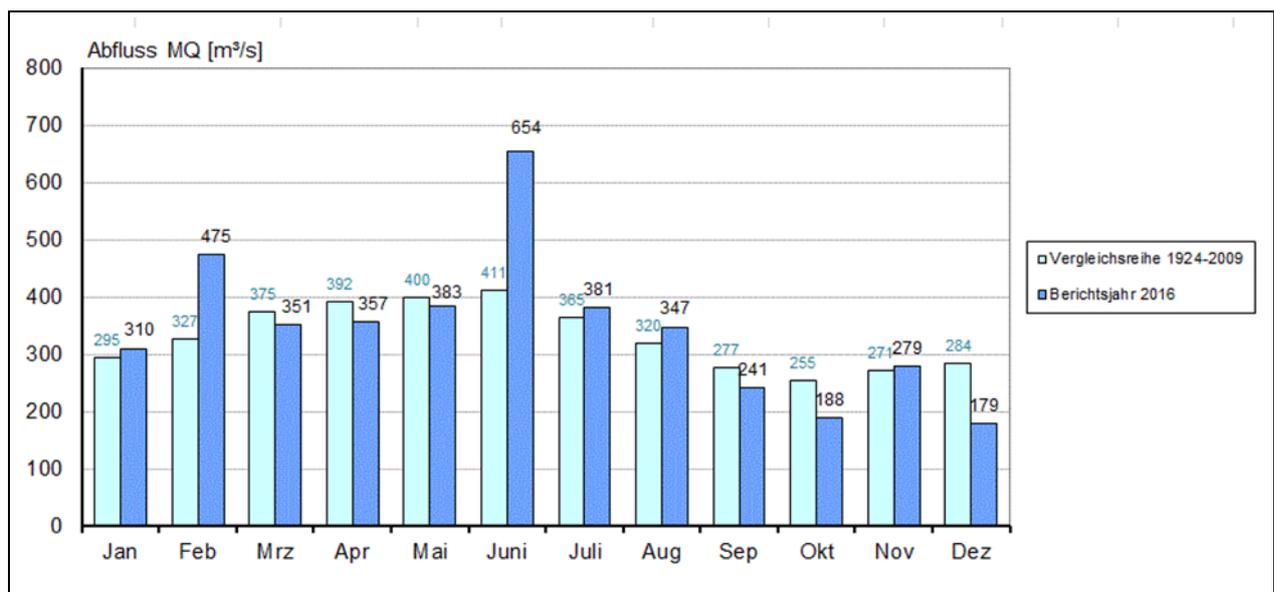


Abb. 10: Abfluss Kelheim / Donau – Vergleich des aktuellen und langjährigen Monatsmittelwertes (Rohdaten)

Tab. 1: Zusammenfassung der 2016 am stärksten betroffenen Pegel im Zeitraum Mai bis Juli  
(Bei den Abflussangaben handelt es sich um ungeprüfte Rohdaten.)

Pegel	Gewässer	A <sub>Eo</sub> [km <sup>2</sup> ]	Datum	Q <sub>max</sub> [m <sup>3</sup> /s]	HQ <sub>T</sub> [a]	Melde- stufe
Neustift	Wolfach	130,50	13.05.	83,7	50	-
Mitteldachstetten	Fränkische Rezat	24,5	29.05.	10,3	10-20	3
Oberheißbach	Fränkische Rezat	65,41	29.05.	46,4	50	3
Ansbach	Hennenbach	8,97	29.05.	5,88	10	3
Ansbach	Fränkische Rezat	119,99	30.05.	46,3	10-20	3
Stöckach	Zenn	76,97	30.05.	30,2	<100	4
Illesheim	Aisch	97,09	30.05.	23,4	20	-
Simbach am Inn	Simbach	33,00	01.06.	*190	>1.000	-
Triftern	Altbach	59,60	01.06.	125	>1.000	-
Birnbach	Rott	860,00	01.06.	354	50	4
Ruhstorf	Rott	1.049,10	02.06.	339	20-50	4
Hirschbach	Kleiner Regen	11,00	06.06.	11,9	10	-
Obernach	Ach	41,40	09.06.	46,5	10	-
Oberhausen	Ach	116,10	09.06.	64,7	100	-
Dingolshausen	Volkach	16,45	13.06.	16,2	100	-
Viechtach Reibenmühle	Aitnach	53,90	25.06.	50,9	20	-
Hirschbach	Kleiner Regen	11,00	25.06.	14,3	20	-
Linden	Sausswasser	89,70	25.06.	60,2	20	-
Rannasäge	Ranna	36,70	25.06.	15,4	10	-
Gogl-Mühle	Chamb	59,80	26.06.	29,4	50	-
Röhrnbach	Osterbach	121,00	26.06.	59,2	20	-
Nordheim vor der Rhön	Streu	64,60	26.07.	40,9	20	4
Stockheim	Sulz	48,10	26.07.	23,0	50	-

\* entstammt aus einer Niederschlags-Abfluss-Modellierung der Universität für Bodenkultur, Wien

### 3.2 Wasserstände an Seen

Derzeit werden von der bayerischen Wasserwirtschaft für hydrologische Zwecke an 15 größeren Seen kontinuierlich Wasserstände aufgezeichnet. Weiterhin bestehen noch an kleineren Seen Messstellen von örtlichem Interesse. Die großen Seen Bayerns liegen südlich der Donau. So zeigt sich bei der Entwicklung der Seewasserstände eine Parallele zu der Abflussentwicklung an den südlichen Donauzuflüssen.

Stellvertretend für die bayerischen Seen ist in den folgenden Abbildungen der Jahresgang der Wasserstände (Abb. 11) und der Vergleich mit den langjährigen Werten (Abb. 12) für den Pegel Stock am Chiemsee dargestellt. Die bayerischen Seen starten mit geringer Wasserfüllung in das Jahr 2016. Niederschläge und Schneeschmelze Ende **Januar**/Anfang **Februar** lassen die Wasserstände deutlich ansteigen. Durch die Ereignisse im letzten Februardrittel bleiben die Wasserstände auf hohem Niveau. Die mittleren Wasserstände im Februar sind deutlich höher als im langjährigen Vergleich. Im **März** gehen die Wasserstände vielfach wieder auf das für diese Jahreszeit übliche Niveau zurück, um dann wieder dem typischen Jahresgang folgend bis zu den Sommermonaten hin anzusteigen. Allerdings liegen die Werte für **April** und **Mai** etwas unter dem langjährigen Mittel. In Folge des mehrwöchigen Dauerregens (Mitte Mai bis Ende **Juni**) steigen die Wasserstände deutlich über den langjährigen Mittelwert an und erreichen ein deutlich höheres Niveau als für Juni üblich. Am Pegel Lindau/Bodensee wird am 21.6. mit 516 cm der höchste Wasserstand seit 1999 (10.6.1999, 569 cm) registriert. Die Niederschläge im **Juli** und **August** führen dazu, dass die Seewasserstände hoch bleiben. Besonders hohe Wasserstände im Zeitraum von Juni bis August verzeichnen die Seen im Isareinzugsgebiet (Starnberger See, Ammer- und Staffelsee). Am Starnberger See liegen die Wasserstände nahezu das ganze Jahr über dem langjährigen Mittelwert

(MW). Ab Mitte August bis zum November sinken die Wasserstände, unterbrochen durch einen zwischenzeitlichen Anstieg Mitte **September**. Im **November** steigen die Wasserstände immer wieder leicht an. Durch den markant zu trockenen **Dezember** sinken dann zum Jahresende hin die Wasserstände deutlich auf das Niveau zu Jahresbeginn ab.

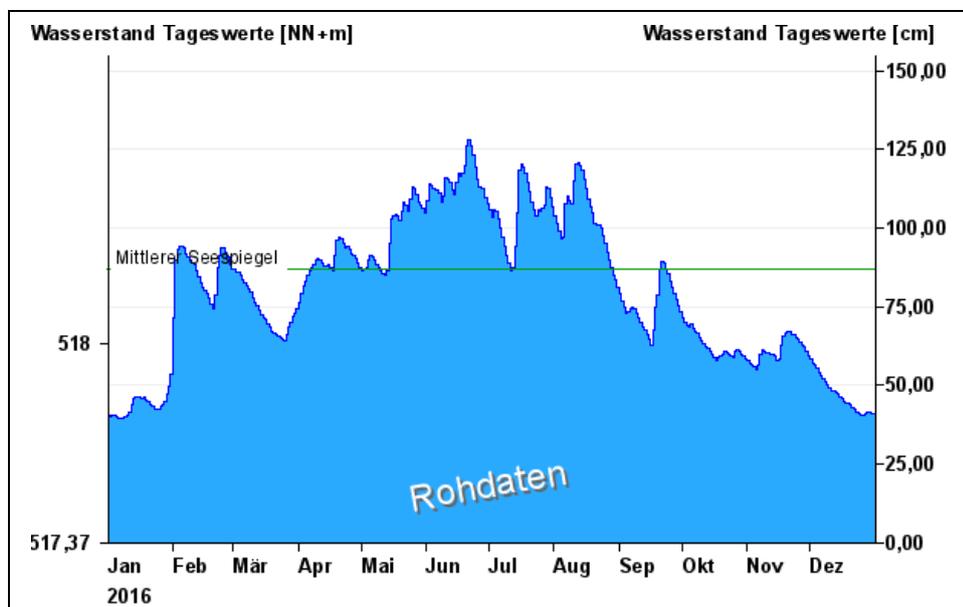


Abb. 11: Wasserstandsentswicklung Pegel Stock / Chiemsee im Berichtsjahr 2016 (Rohdaten)

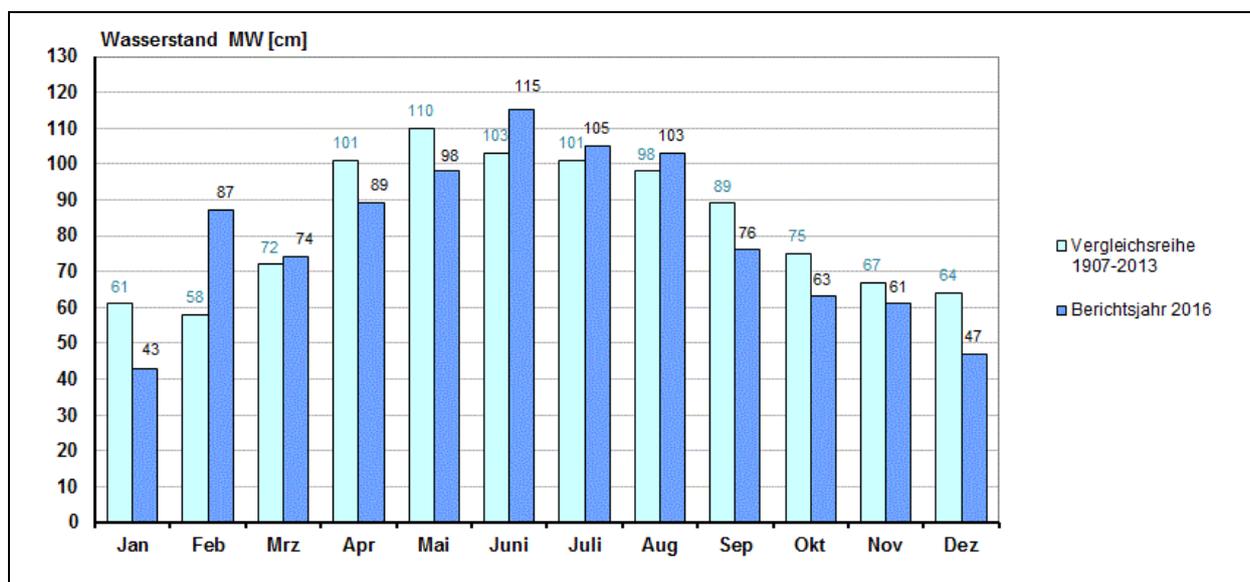


Abb. 12: Wasserstand Pegel Stock / Chiemsee – Vergleich des aktuellen und langjährigen Monatsmittelwertes (Rodaten)

### 3.3 Hochwasser

Die Hochwassersaison 2016 war vor allen Dingen von den durch sommerliche Starkniederschläge im Mai und Juni, vereinzelt auch noch im Juli verursachten, lokalen Sturzfluten geprägt, welche sich überwiegend in örtlichen Überschreitungen der Meldestufe 3 und 4 (siehe Tab. 1) niederschlugen. Immerhin stellen diese bei den genannten Meldestufen über 50 % (bei Meldestufe 4 sogar 100 %) aller in 2016 registrierten Überschreitungen der aktuell 267 bayerischen Hochwassermeldepegel dar.

Gemäß dem unter Kapitel 2 geschilderten Witterungsverlauf wurden die ersten erwähnenswerten, durch Dauerregen und Schneeschmelze generierten Hochwasserereignisse zu Beginn des Februars sowie am

Ende des ersten und im letzten Monatsdrittel beobachtet. Bei dem erstgenannten Ereignis waren vorrangig die westlichen Donauzuflüsse, der Regen, einzelne Innzuflüsse und die Donau selbst mit Überschreitungen der Meldestufe 1 und 2, vereinzelt auch der Meldestufe 3 betroffen. Die zwei letztgenannten Ereignisse betrafen ausschließlich Flussgebiete nördlich der Donau, hier insbesondere Oberen Main, Regnitz und Fränkische Saale sowie die nördlichen Donauzuflüsse Wörnitz, Altmühl, Naab und Regen mit Überschreitungen der Meldestufe 1 und 2, vereinzelt auch der Meldestufe 3.

Den darauf folgenden Sturzflutereignissen im Mai und Juni 2016 (siehe Tab. 1) widmet sich ein eigener ausführlicher wasserwirtschaftlicher Bericht (s. „Sturzfluten und Hochwasserereignisse im Mai/Juni 2016“), so dass diese hier nicht weiter gewürdigt werden sollen.

In o. g. Bericht am Rande erwähnt, verursachten von der in diesem Zeitraum vorherrschenden meteorologischen Situation abweichende, frontengebundene Dauerniederschläge in Verbindung mit hoher Bodenfeuchte vom 16. bis 20. Juni 2016 ein überregionales Hochwasser. Dabei kam es bayernweit in einer Reihe von Flussgebieten zu Überschreitungen der Meldestufe 1, an Weißem Main, Warmer Steinach, Itz und Aisch örtlich, an der Donau auch an mehreren Pegeln zu Überschreitungen der Meldestufe 2.

Mitte Juli verursachte mehrtägiger Dauerregen in Süd- und Ostbayern ein regionales Hochwasser an Naab, Regen, Starnberger See, Würm und unterer Donau. Die Pegel erreichten hierbei örtlich Meldestufe 1, vereinzelt auch Meldestufe 2.

Ein Starkniederschlagsereignis in der Rhön führte am 26. Juli 2016 in den Oberläufen der Streu zur Überschreitung der Meldestufe 4 am Pegel Nordheim vor der Rhön/Streu. Ein weiterer Starkniederschlag führte am selben Tag an der Illach im nördlichen Ammergebirge zur Überschreitung der Meldestufe 3 am Pegel Engen.

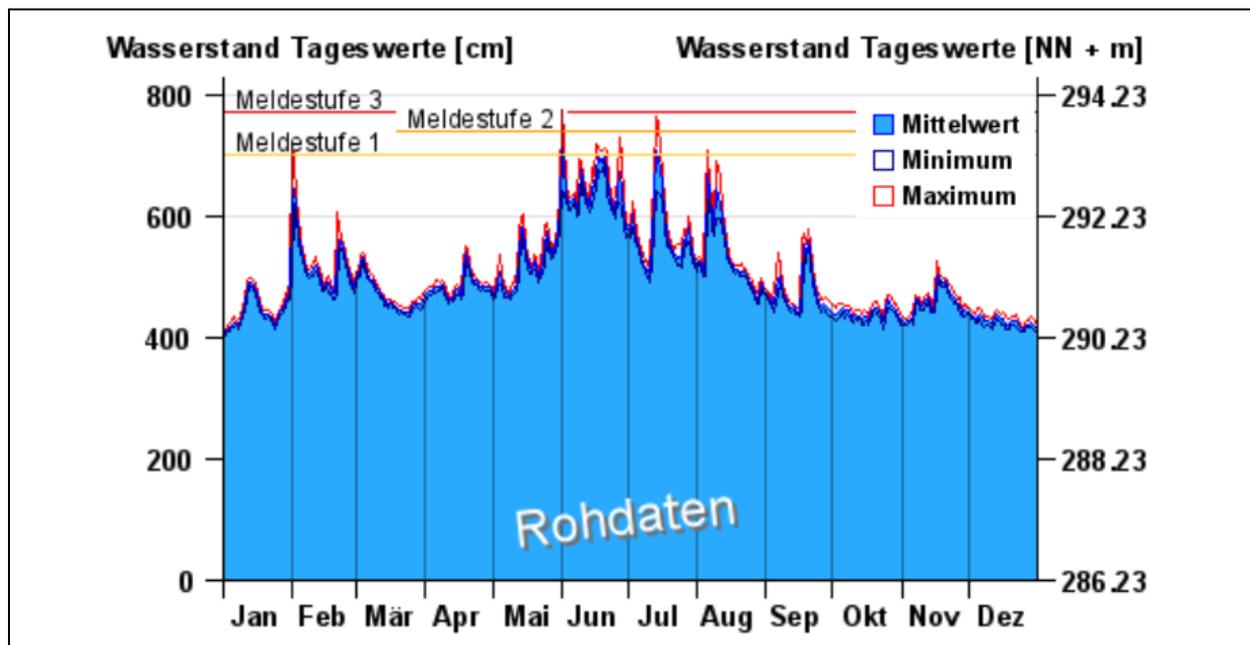
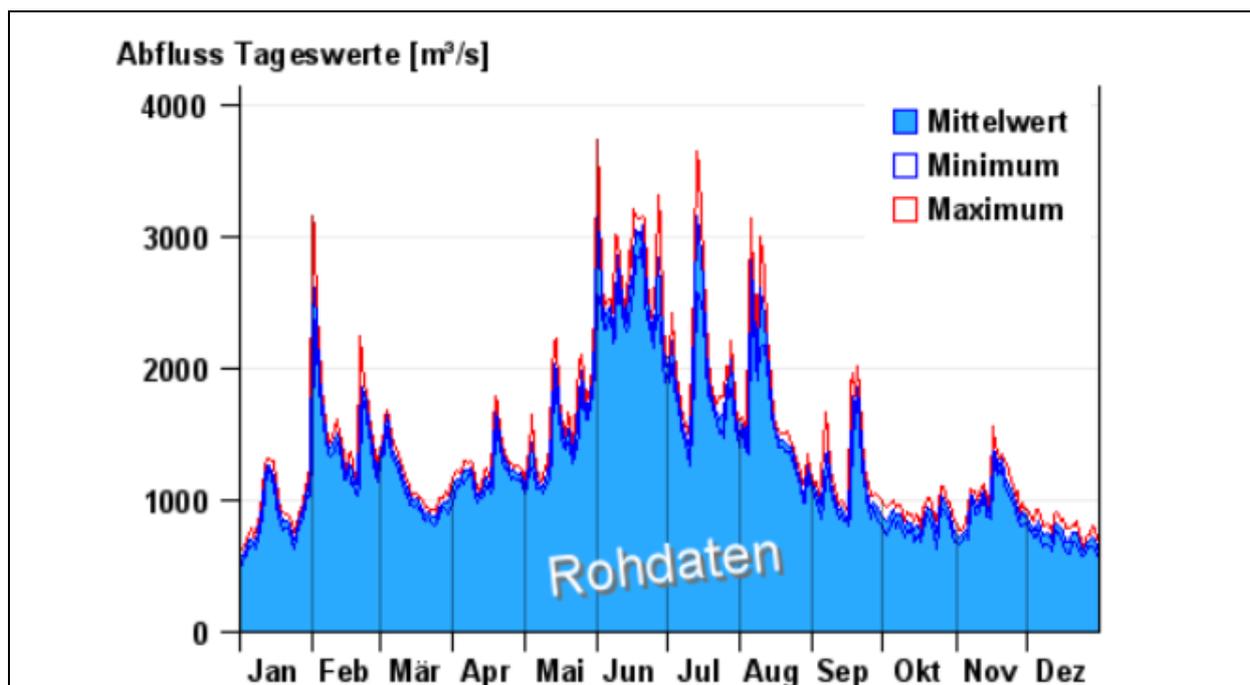
Ergiebige Niederschläge im alpinen Raum und Alpenvorland verursachten Anfang August ein regionales Hochwasser an Donau und deren südlichen Zuflüssen. Die Pegel erreichten hierbei vielfach Meldestufe 1, örtlich auch Meldestufe 2.

Das letzte erwähnenswerte Hochwasser im Berichtszeitraum ereignete sich Mitte September. Auch hier verursachten mehrtägige Dauerniederschläge im Südosten Bayerns an den Pegeln von Abens, Regen und Rott Überschreitungen der Meldestufe 1 und 2. Der Pegel Furth im Wald/Chamb erreichte sogar Meldestufe 3.

Einen Überblick über die Hochwasserperioden des Jahres 2016 geben Abb. 13 und Abb. 14. Die Ganglinie des Pegels Passau-Ilzstadt/Donau unterhalb der Inn-Mündung ist repräsentativ für weite Teile Bayerns. Bemerkenswert ist dabei insbesondere, wie das Sturzflutereignis vom 01.06.2016 in Simbach bis in die Donau „durchschlägt“ und selbst dort den höchsten Scheitelwert des Jahres 2016 (3.700 m<sup>3</sup>/s; Meldestufe 3) generiert.

Insgesamt wurden vom Hochwassernachrichtendienst im Jahr 2016 26 Hochwasserlageberichte und 40 Informationen zur Hochwasserlage veröffentlicht, davon entfielen allein 13 Berichte und 26 Informationen auf den Sturzflut-Zeitraum Mai/Juni.

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

Abb. 13: Pegel Passau-Ilzstadt/Donau (AEO 2.225 km<sup>2</sup>): Wasserstand 01.01. – 31.12.2016Abb. 14: Pegel Passau-Ilzstadt/Donau (AEO 2.225 km<sup>2</sup>): Abfluss 01.01. – 31.12.2016

### 3.4 Wassertemperatur

Während die außergewöhnliche Hitzeperiode im Sommer 2015 an vielen Messstellen zu neuen Höchstwerten bei der Wassertemperatur führte, werden 2016 keine neuen Maxima registriert.

Die Jahreswassermitteltemperatur 2016 an den 118 Messstellen liegt je nach Pegel bzw. Gewässer zwischen 6,8 °C am Pegel Taferlruck/Große Ohe und 13,3 °C am Pegel Buchwinkel/Waginger See (Abb. 15). Die Spannweite der Abweichung vom Mittelwert (seit Beobachtungsbeginn) reicht von -1,3 °C (Pegel Weismain/Weismain) bis +1,5 °C (Pegel Stegen/Ammersee). Insgesamt liegt an über 70 % der Messstellen (85 Pegel) der Mittelwert der Wassertemperatur 2016 zwischen 0,1 bis 1,5 °C über dem

Mittel der Vorjahre. Der Großteil der Messstellen, an denen die Jahresmitteltemperatur unter dem Jahresmittel der Vorjahre liegt, befinden sich im Norden Bayerns.

Auch der Verlauf der Wassertemperaturen im Jahr 2016 ist von keinen außergewöhnlichen Ereignissen geprägt.

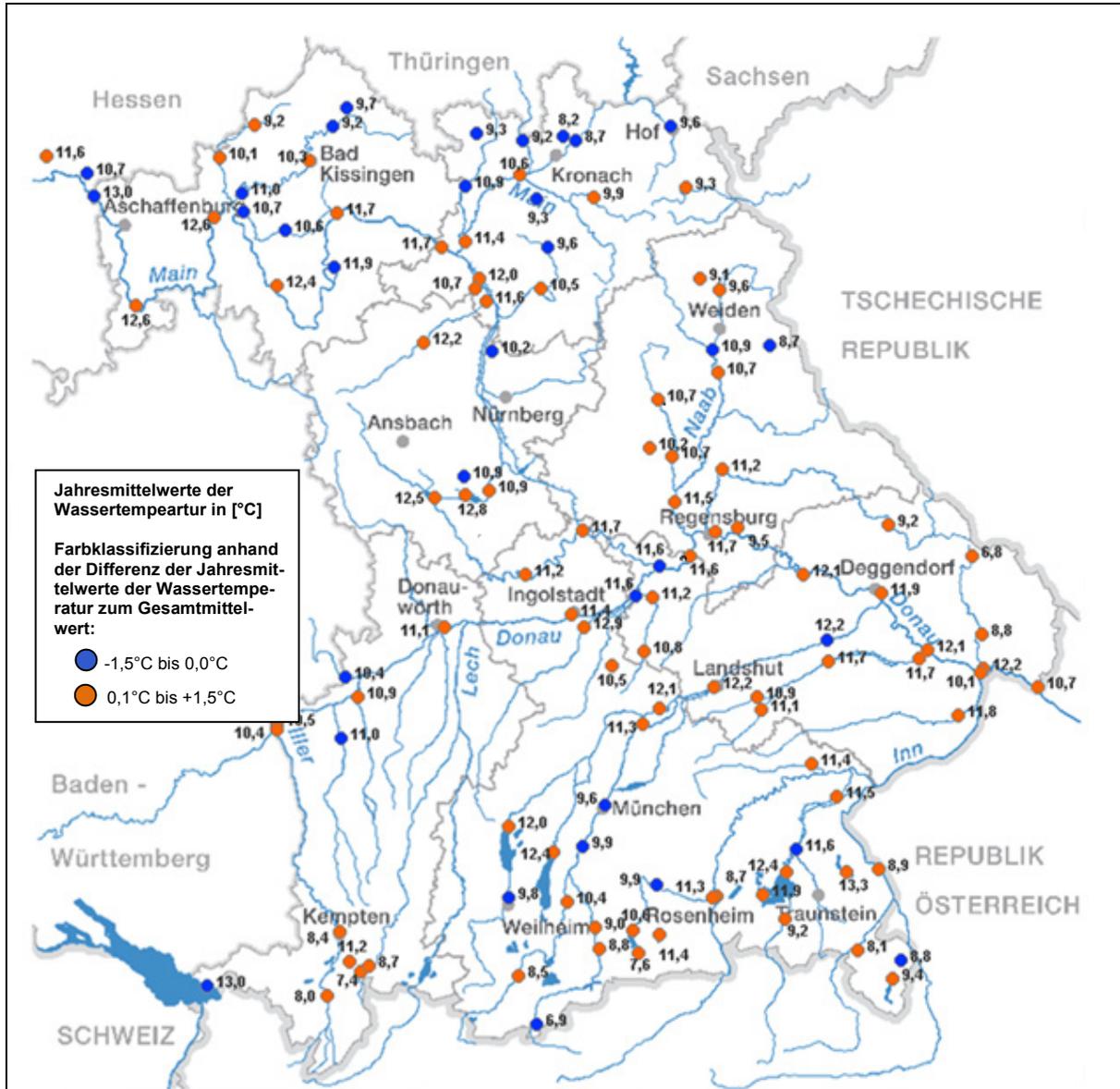


Abb. 15: Darstellung der Wassertemperaturmessstellen mit dem Jahresmittelwert 2016 in °C sowie im Vergleich zum langjährigen Wassertemperaturmittelwert (gesamter Beobachtungszeitraum - Rohdaten). Orange markiert sind die Messstellen bei denen der Jahresmittelwert 2016 größer ist als der Wassertemperaturgesamtmittelwert (seit Beobachtungsbeginn) und blau markiert sind die Pegel mit einem Jahresmittelwert 2016 der kleiner ist als der Gesamtmittelwert.

Exemplarisch wird der Jahresverlauf der Wassertemperatur für 2016 an den Messstellen Windischeschenbach/Naab (Nordbayern) und Kempten/Iller vorgestellt (siehe Abb. 16).

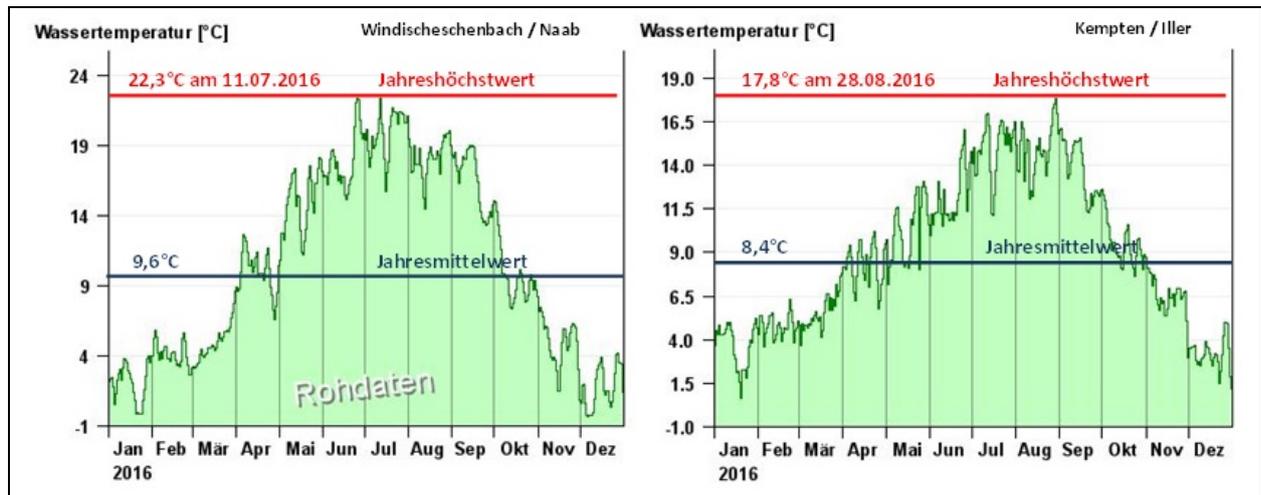


Abb. 16: Jahresverlauf, Jahreshöchstwert und Jahresmittelwert der Wassertemperatur an den Messstellen Windischeschenbach/Naab (links) und Kempten/Iller (rechts) für das Berichtsjahr 2016

An beiden Messstellen zeigt sich ein ähnlicher Verlauf der Wassertemperaturen mit geringen Werten im Winter und hohen in den Sommermonaten. Mitte Januar sinkt an beiden Messstellen für einige Tage die Wassertemperatur von ca. 4 °C auf Werte um 0 °C ab, um Ende Januar wieder auf das vorherige Niveau anzusteigen. Ab Mitte März ist ein kontinuierlicher Anstieg zu verzeichnen. Auf zwei kurze Abkühlungsphasen Ende April und Mitte Mai (Kaltlufteinbruch) folgt am Pegel Windischeschenbach/Naab Mitte Juli der Jahreshöchstwert von 22,3 °C. Am Pegel Kempten wird das Maximum der Wassertemperatur Ende August mit 17,8 °C erfasst. Mitte Juli sinkt an beiden Messstellen die Wassertemperatur für drei Tage signifikant um etwa 8 °C ab. Ab Mitte September nimmt die Wassertemperatur bis zum Jahresende hin, unterbrochen durch kurzzeitige Anstiege, ab. Eine geringfügige Bildung von Randeis war nur an der Messstelle Windischeschenbach Ende Januar und Anfang Dezember festzustellen.

### 3.5 Schwebstoff

Die Fließgewässer Bayerns führen regional sehr unterschiedliche Schwebstoffmengen (Abb. 17). Im Norden Bayerns sind die Schwebstoffkonzentrationen tendenziell geringer als im Süden. Vor allem der Inn führt besonders hohe Mengen an Schwebstoff mit sich.

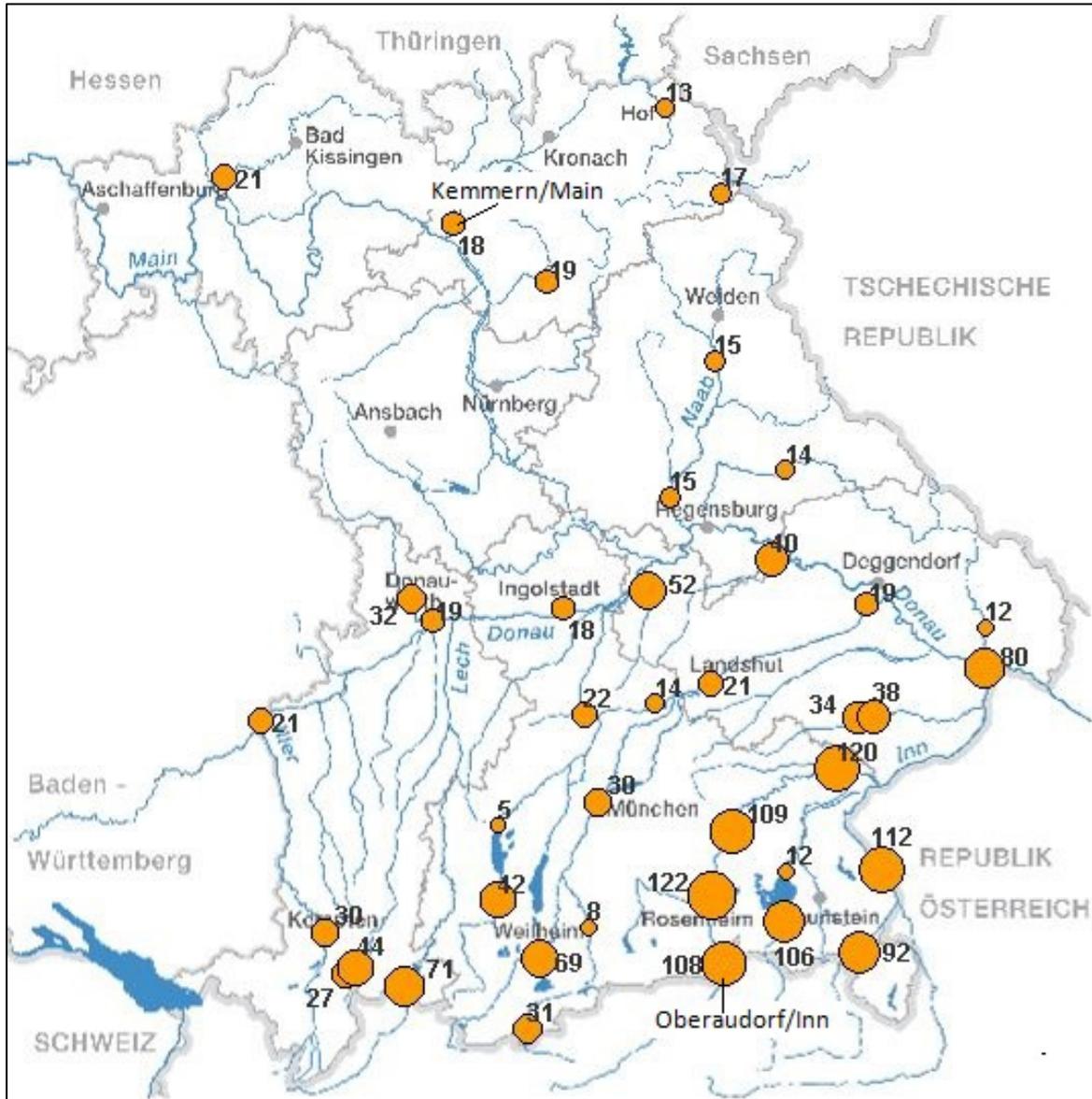


Abb. 17: Mittlere Schwebstoffkonzentrationen [g/m<sup>3</sup>] im Zeitraum 2011 bis 2016

Exemplarisch werden die Messstellen Kemmern/Main mit vergleichsweise niedrigen und Oberaudorf/Inn mit sehr hohen Schwebstoffwerten (siehe Abb. 17) für das Jahr 2016 vorgestellt. Tab. 2 veranschaulicht den Unterschied beider Messstellen eindrucksvoll. In Oberaudorf ist die mittlere Schwebstoffkonzentration etwa zehnfach so hoch wie in Kemmern. Die jährliche Fracht beträgt sogar das Hundertfache.

Tab. 2: Vergleich von Schwebstoff - und Abflussmengen (Rohdaten) der Messstellen Kemmern/Main und Oberaudorf/Inn (Berichtsjahr 2016 im Vergleich zum Bezugszeitraum 2012/16 bzw. 2011/16)

	Kemmern/Main		Oberaudorf/Inn	
	2012/16	2016	2011/16	2016
mittlere Konzentration [g/m <sup>3</sup> ]	16	11	109	115
maximale Konzentration [g/m <sup>3</sup> ]	327	232	8030	5670
mittlerer Transport [kg/s]	1,2	0,7	55	62
jährliche Fracht [Tsd t]	37	21	1700	2000
jährlicher Abtrag [t/km <sup>2</sup> ]	9	5	179	203
mittlerer Abfluss [m <sup>3</sup> /s]	37	37	297	287
mittlere Abflussspende [l/(s km <sup>2</sup> )]	9	9	31	30
	EZG: 4250 km <sup>2</sup>		EZG: 9713 km <sup>2</sup>	

In Abb. 18 und Abb. 19 sind die Jahresverläufe für 2016 der Schwebstoffganglinien der Messstellen Kemmern/ Main und Oberaudorf/ Inn dargestellt.

Die Messstelle Kemmern zeigt einen für Nordbayern typischen Verlauf. Die Schwebstoffganglinien sind in dieser Region stark an das Abflussverhalten gekoppelt. Der wesentliche Schwebstofftransport (ca. ½ der Jahresfracht) findet in den ersten zwei Monaten des Jahres 2016, insbesondere im abflussstarken Februar statt. Ein weiterer nicht unbeachtlicher Teil (ca. ¼ der Jahresfracht) wird im Juni transportiert, insbesondere bei dem kleineren Hochwasser ausgelöst durch das Starkregenereignis Mitte Juni in der Region von Kemmern. Hier wird auch die maximale Schwebstoffkonzentration von 232 g/m<sup>3</sup> am 17.06.2016 gemessen. Die Fracht im Jahr 2016 summiert sich auf eine Gesamtmenge von ca. 21.000 Tonnen im Jahr 2016 auf (Abb. 18). Dies ist nur 57 % der mittleren Jahresfracht 2012 - 2016. Für diese geringe Jahresfracht sind wahrscheinlich die insgesamt geringen Abflüsse über das Jahr (Ausnahme Februar und Juni) verantwortlich.

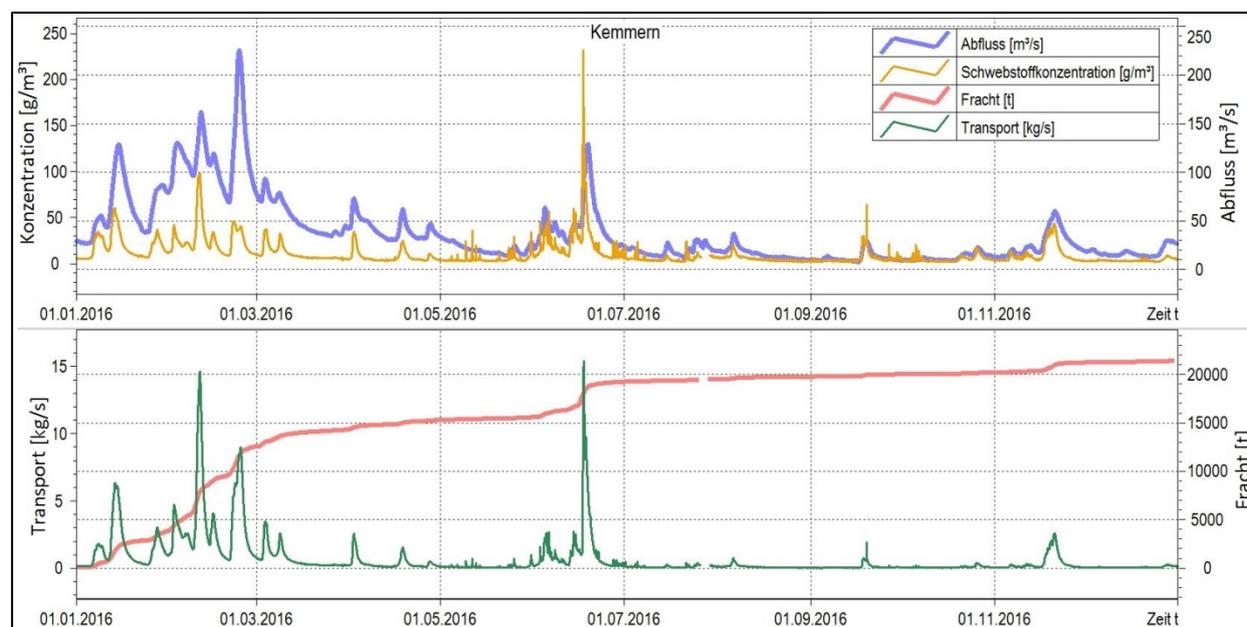


Abb. 18: Ganglinien der Schwebstoffgrößen und des Abflusses (Rohdaten) an der Messstelle Kemmern/Main im Berichtsjahr 2016

Die Messstelle Oberaudorf zeigt einen für den Inn typischen Verlauf. Diese Region weist im bayernweiten Vergleich die höchsten Schwebstoffmengen auf (Abb. 19). Das Schwebstoffgeschehen findet hier fast ausschließlich in den Sommermonaten (Ende Mai bis Mitte September) zu Zeiten der höchsten

Abflüsse statt. Die maximale Schwebstoffkonzentration von  $5.670 \text{ g/m}^3$  wird beim Hochwasser Anfang August, ausgelöst durch ein Starkregenereignis am 05.08.2016, gemessen. Die Fracht beläuft sich auf eine Gesamtmenge von fast 2 Mio. Tonnen im Jahr 2016 (Abb. 19). Im Gegensatz zum Pegel Kemmern/Main liegt hier die Jahresfracht über der mittleren Fracht der Vorjahre (ca. 18 %).

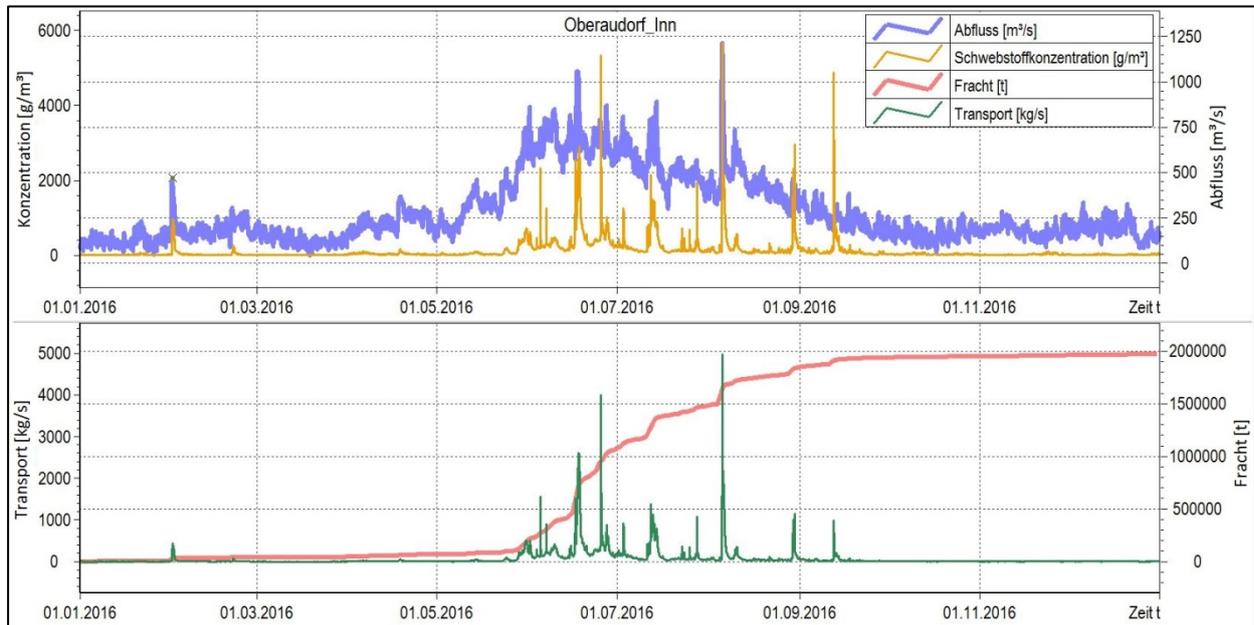


Abb. 19: Ganglinien der Schwebstoffgrößen und des Abflusses (Rohdaten) an der Messstelle Oberaudorf/Inn im Berichtsjahr 2016

### 3.6 Staatliche Wasserspeicher

In Bayern werden durch 25 staatliche Wasserspeicher plus einen Flutpolder insgesamt rund 221 Mio.  $\text{m}^3$  gewöhnlicher und außergewöhnlicher Rückhalteraum für den Hochwasserschutz und ca. 146 Mio.  $\text{m}^3$  für die Niedrigwasseraufhöhung zur Verfügung gestellt. Bezüglich der Wasserbewirtschaftung an diesen Speichern stellte sich die Situation im abgelaufenen Jahr wie folgt dar.

Das Jahr 2016 war vor allem durch örtlich begrenzte Starkregenereignisse im Mai gekennzeichnet. So gab es zum Teil starke örtliche Überschwemmungen wie im Raum Ansbach beim Hochwasserrückhaltebecken Oberzenn, am Sonnensee (Flachlanden, bei der Ortschaft Kettenhöfsetten), oder auch in Simbach; die Presse berichtete darüber ausführlich. Die staatlichen Wasserspeicher starteten in der Regel in das Jahr 2016 mit einem Bewirtschaftungsvolumen von ca. 75 %. Die Starkniederschläge gingen nicht im Einzugsbereich der Speicher nieder, so dass die Bewirtschaftung nicht vom üblichen Jahresrhythmus abweichen musste. Bayernweit konnten die Abflussspitzen gedämpft und somit im Unterstrom der Talsperren Ausuferungen vermieden werden. Gegen Ende des Sommers (September) wurde vom LfU ein Niedrigwasserbericht aufgrund der Pegelstände in den Gewässern erstellt. An den die staatlichen Wasserspeicher standen jedoch ausreichend gefüllte Betriebsräume zur Niedrigwasseraufhöhung zur Verfügung.

Über das Jahr gesehen erfüllten die staatlichen Wasserspeicher ihre Aufgaben zur Niedrigwasseraufhöhung und zum Hochwasserschutz. Besondere Maßnahmen waren nicht veranlasst.

## 3.7 Gewässerqualität

### 3.7.1 Überwachung des ökologischen und chemischen Zustandes

Im Mittelpunkt der Überwachung von Fließgewässern und Seen entsprechend der EU-Wasserrahmenrichtlinie steht das Gewässer als Lebensraum und seine ökologische Funktionsfähigkeit. Dazu werden Gewässerorganismen als Indikatoren für den Zustand der Gewässer genutzt. Im Ergebnis wird der ökologische Zustand in Form einer Zustandsklasse von 1 bis 5 bewertet. Untersucht werden vier Organismengruppen, in der Wasserrahmenrichtlinie als biologische Qualitätskomponenten bezeichnet:

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

Chemisch-physikalische Basisparameter, wie pH-Wert, Sauerstoffgehalt und Temperatur, sowie die Gewässerstruktur gehen als unterstützende Qualitätskomponenten in die Bewertung des ökologischen Gewässerzustands ein. Zusätzlich wird untersucht, ob ausgewählte Industrie- und Agrarchemikalien, sogenannte flussgebietspezifische Schadstoffe, die für sie geltenden Umweltqualitätsnormen (Grenzwerte) einhalten. Der Ablauf der Bewertung ist in Abb. 20 dargestellt.

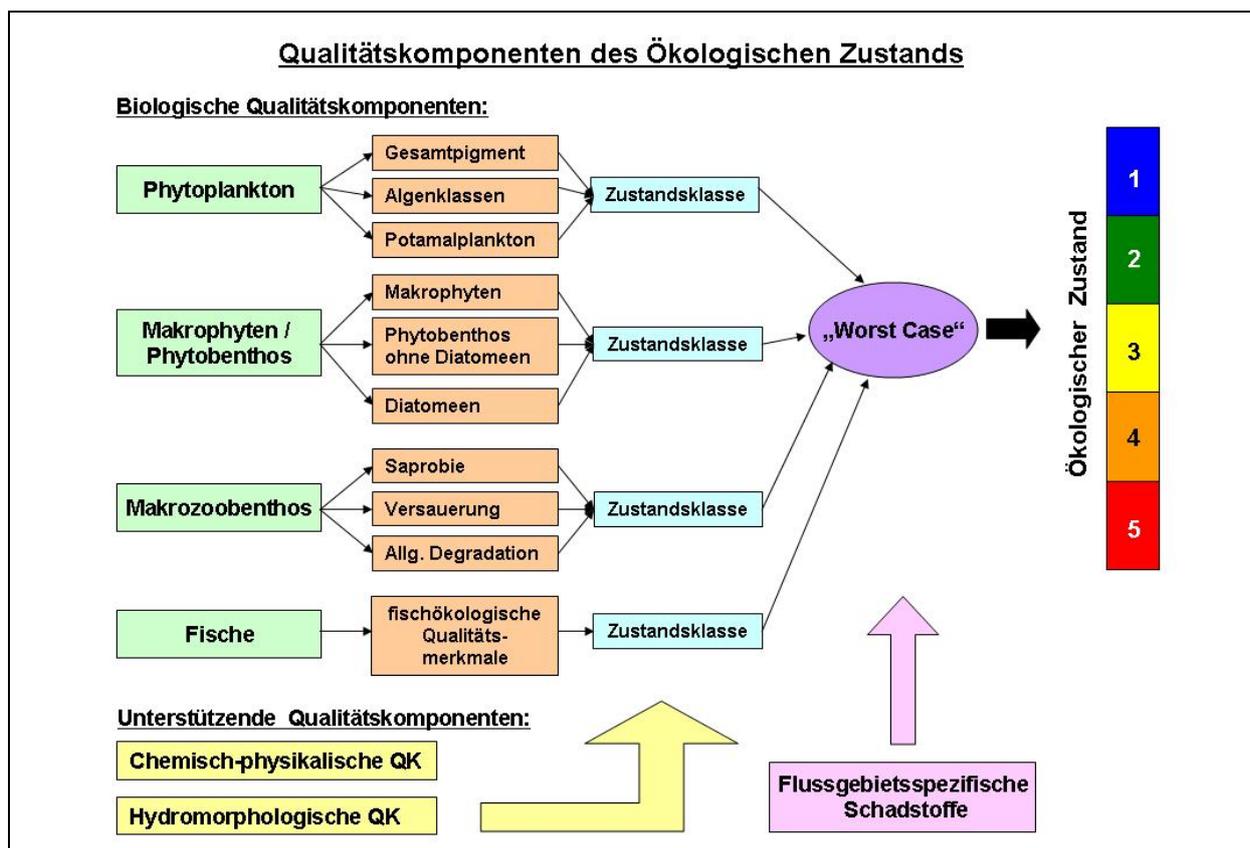


Abb. 20: Ablaufschema Bewertung des ökologischen Zustandes nach EG-Wasserrahmenrichtlinie (aus Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz, Baden-Württemberg; 2011 unveröffentlicht)

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

Weiterführende Informationen zum Thema erhalten Sie unter:

[www.lfu.bayern.de/wasser/wrrl/gewaesserueberwachung/index.htm](http://www.lfu.bayern.de/wasser/wrrl/gewaesserueberwachung/index.htm)

Umfangreiche Ergebnisse der biologischen und chemischen Untersuchungen werden regelmäßig im GKD-Portal im Internet veröffentlicht ([www.gkd.bayern.de](http://www.gkd.bayern.de)). Darüber hinaus werden viele Daten zur Gewässerqualität im Zuge der Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie alle 6 Jahre in Form von sogenannten Bewirtschaftungsplänen veröffentlicht. Der Zweite Bewirtschaftungsplan für den Bewirtschaftungszeitraum 2016 – 2021 wurde Ende 2015 veröffentlicht. Die Monitoringergebnisse werden im Umweltatlas Bayern unter dem Kartenthema „Gewässerbewirtschaftung“ veröffentlicht:

[www.umweltatlas.bayern.de/gewaesserbewirtschaftung](http://www.umweltatlas.bayern.de/gewaesserbewirtschaftung).

### 3.7.2 Qualität der Fließgewässer

Die bayerischen Fließgewässer werden regelmäßig an ausgewählten Messstellen auf die biologische, chemische und chemisch-physikalische Gewässerqualität hin untersucht. Neben diesen Daueraufgaben werden im Rahmen der Qualitätssicherung auch fachliche und methodische Grundlagen überprüft und weiterentwickelt.

Im Folgenden werden einige ausgewählte Aspekte aus dem Arbeitsbereich der Gewässerökologie näher betrachtet.

#### Gewässerchemische Situation in Nordbayern – am Beispiel Kahl am Main

Abb. 21 zeigt beispielhaft den Jahresverlauf für die Parameter Wassertemperatur und Sauerstoff an der Messstation Kahl am Main.

Die Wassertemperatur stieg Anfang März allmählich an. Nach einem kurzen Kälteeinbruch, Anfang Mai, kletterte die Temperatur kontinuierlich bis auf den Höchstwert, Ende Juli, von 24,7 Grad C. Dieser Wert wurde im Sommer nicht mehr überschritten. Im September fiel dann die Wassertemperatur allmählich ab, bis auf das Herbst/Winterniveau von 4 Grad C.

Der Sauerstoffgehalt stieg erst Anfang Mai an. Mitte dieses Monats kam es dann zu einer Sauerstoffzehrung. In den Sommermonaten wiederholten sich die Sauerstoffanstiege und Zehrungen, wobei keine Grenzwerte unterschritten wurden. Mitte September stieg dann der Sauerstoff allmählich auf das Winterniveau von 12 mg/l.

Bis zum Monat April zeigte die Phosphatkonzentration kaum Abweichungen vom langjährigen Mittel. Das Anfang Mai stattfindende starke Algenwachstum bedingte für den Monat Mai ein sehr deutliches Absinken der Phosphatkonzentration auf etwa ein Zehntel des über die Jahre zuvor beobachteten Wertes. Bereits im Juni stiegen die Phosphatwerte wieder sehr deutlich an. In den Monaten Juli bis August waren dagegen erneut niedrigere Phosphatkonzentration, im Vergleich zum langjährigen Mittel der Jahre 2000-2015 zu verzeichnen, da auch in diesen Monaten eine starke Biomasseproduktion stattfand. Erst im Laufe des Herbstes nähern sich die Phosphatkonzentrationen wieder dem Mittel der Vergleichsreihe an.

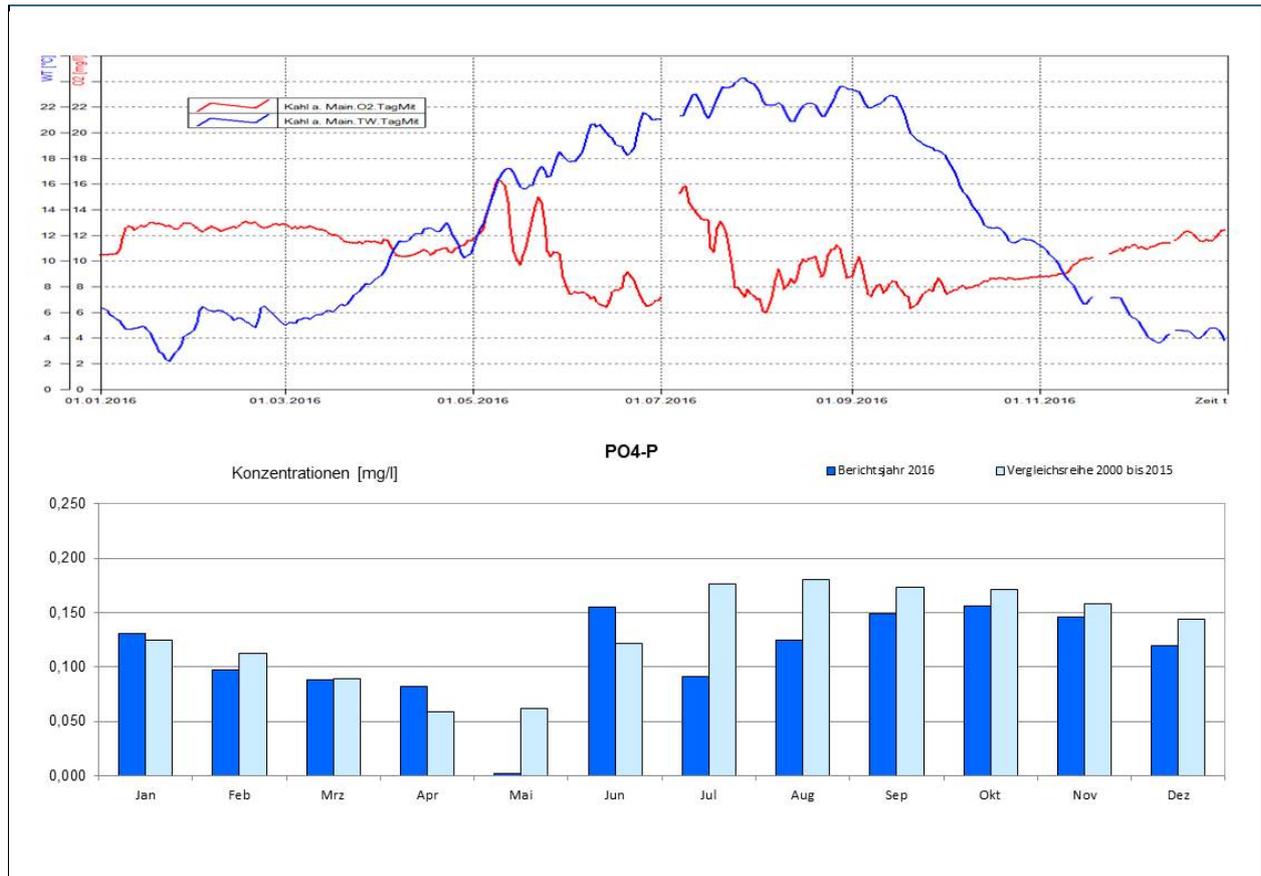


Abb. 21: Sauerstoff und Wassertemperatur an der automatischen Messstation Kahl am Main im Vergleich mit Stichprobenergebnissen von Ortho-Phosphat als Monatsmittel für das Jahr 2016 und dem langjährigen Mittel der Jahre 2000–2015

### Gewässerchemische Situation in Südbayern – am Beispiel Donau

Abb. 22 zeigt den Jahresverlauf der Wassertemperatur und Sauerstoffkonzentration für die Donau, Messstation Ingolstadt, Luitpoldstraße.

Die Wassertemperatur stieg im März an. Ende April kam es zu einer kleinen Kälteperiode. Danach kletterte die Wassertemperatur bis auf den Höchstwert, im Juli, von 21,3 Grad C. In den Sommermonaten kam es immer wieder zu Kälteeinbrüchen. Ab September fiel die Wassertemperatur dann wieder ab auf das Herbst/Winterniveau von 4 Grad C.

Der Sauerstoffgehalt blieb lange Zeit stabil, bis es ab Mai zu kleineren Schwankungen kommt. Der sommerliche Tiefstwert von 7,9 mg/l, Anfang August, wurde nicht mehr unterschritten. Ab September stieg der Sauerstoffwert langsam wieder an und erreichte das Herbst/Winterniveau von 12 mg/l.

Die Messergebnisse der Nährstoffgehalte (Phosphat) stammen von der etwa 20 km flussaufwärts gelegenen Messstelle Bittenbrunn. Im langjährigen Mittel ist in den ersten Monaten des Jahres ein stetiges Sinken der Phosphatkonzentration zu beobachten, welches im Jahr 2016 deutlich stärker ausgeprägt war. Die Phosphatkonzentration im April und Mai waren ungewöhnlich niedrig, was auf starkes Biomassewachstum an der Messstelle Bittenbrunn zurückzuführen ist, welches sich in den Sauerstoffgehalten der Messstelle Ingolstadt nicht widerspiegelt. Im weiteren Jahresverlauf schwankt die Phosphatkonzentration um die langjährigen Mittelwerte.

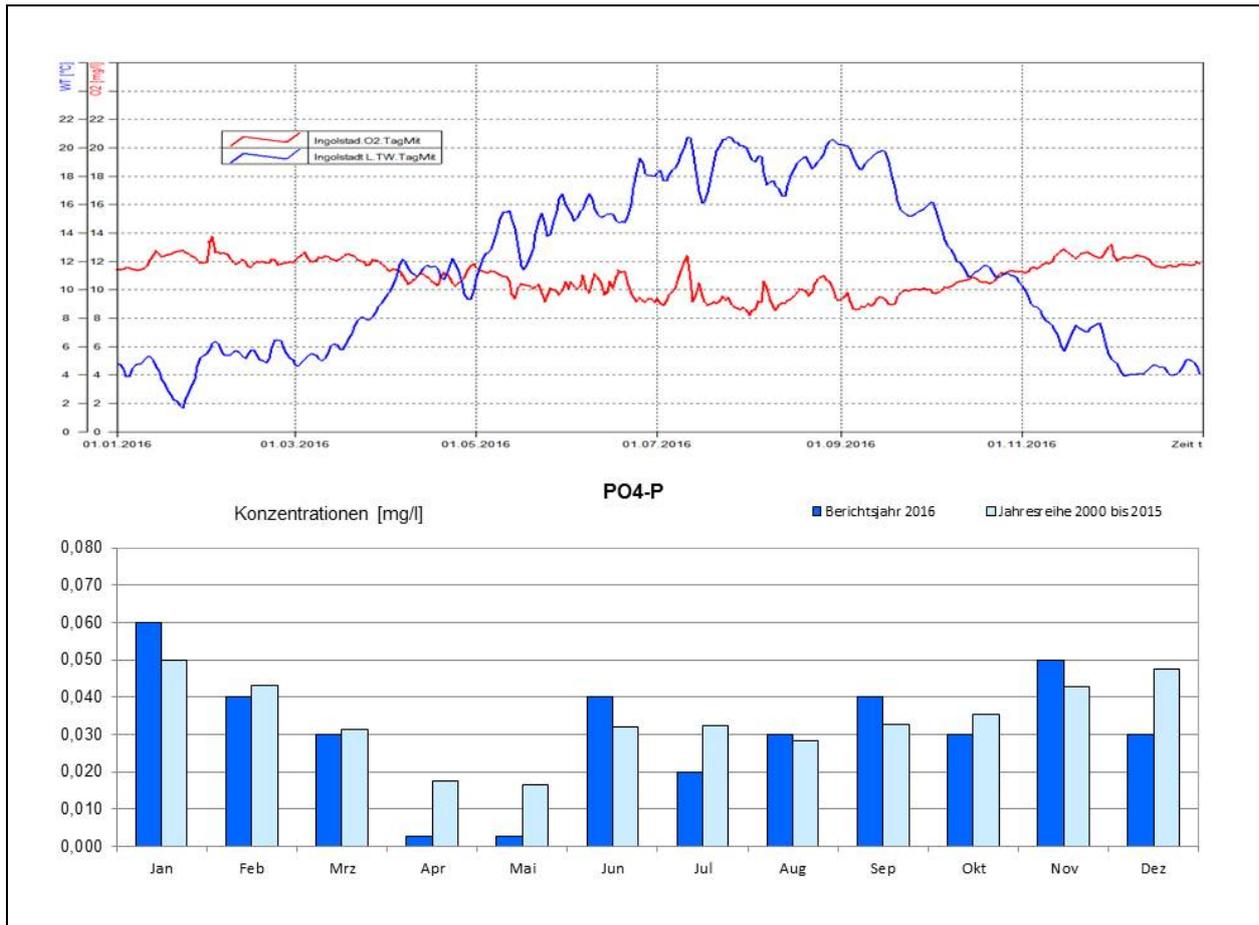


Abb. 22: Sauerstoff und Wassertemperatur an der automatischen Messstation Donau, Ingolstadt im Vergleich mit Ortho-Phosphat der Messstelle Bittenbrunn als Monatsmittel für das Jahr 2016 und dem langjährigen Mittel der Jahre 2000–2015.

### Erfolgskontrolle von Maßnahmen an Fließgewässern

Zur Erreichung des von der EG-Wasserrahmenrichtlinie geforderten „guten ökologischen Zustands“ bzw. des „guten ökologischen Potenzials“ wird bayernweit eine Vielzahl von Maßnahmen zur Verbesserung der Gewässerstruktur und zur Reduktion stofflicher Belastungen durchgeführt. Trotzdem bleibt bisher an vielen Flusswasserkörpern die Zielerreichung aus. Aus diesem Grund wurde am bayerischen Landesamt für Umwelt ein Projekt „Erfolgskontrolle von Maßnahmen an Fließgewässern“ ins Leben gerufen, um einen belastbaren Kenntnisstand zu diesem Themenkomplex zu erarbeiten. Ziel ist es, detaillierte Empfehlungen für die Konzeptionierung von Maßnahmen und deren Monitoring geben zu können, um somit die Ziele der EG-WRRL erreichen zu können. Laufzeit des Projektes ist von März 2016 bis Dezember 2018.

### Ökologische Auswirkungen der Sturzflutereignisse 2016

Im Gegensatz zum Junihochwasser 2013 waren die durch Starkregen ausgelösten Hochwasserereignisse 2016 lokal sehr begrenzt. In der Regel waren nur kleine bis sehr kleine Gewässer betroffen. Das Wasser ging schnell wieder zurück. Bei den überfluteten Flächen handelte es sich um ländliche Gebiete. Industrie- und Gewerbegebiete, in denen wassergefährdende Stoffe zum Einsatz kommen, waren kaum betroffen. Zur Beweissicherung wurden punktuell Rückstellproben entnommen, die bei begründetem Verdacht auf Schadstoffbelastung gezielt untersucht werden. Im Gegensatz zum Junihochwasser 2013 konnte auf ein umfangreiches Beweissicherungsprogramm verzichtet werden.

Wie zu erwarten, war in den vom Hochwasser beziehungsweise Starkregen betroffenen Gebieten ausgelaufenes Heizöl feststellbar, allerdings in deutlich geringerem Umfang als beim Hochwasser 2013. Die betroffenen Regionen liegen nicht in ausgewiesenen Überschwemmungsgebieten. Die für Überschwemmungsgebiete vorgesehenen Regelungen und die damit verbundene Prüfpflicht konnten deshalb nicht greifen. Die Regelungen stellen sicher, dass Heizöllageranlagen so zu errichten und zu betreiben sind, dass sie bei Überschwemmung nicht aufschwimmen und leckschlagen oder auslaufen.

Im Juli wurden neun Bodenproben von ehemals überfluteten Flächen aus dem Bereich des Wasserwirtschaftsamts Deggendorf genommen und auf Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW), polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und Metalle analysiert. Die MKW-Gehalte waren in acht der neun Proben unauffällig. PAK waren nicht oder nur in geringen Konzentrationen nachweisbar und auch die Konzentrationen der Metalle waren unauffällig.



Abb. 23: Der Tannerbach, Ortsteil Wiesmühle fünf Monate vor dem Sturzflutereignis)



Abb. 24: Die selbe Stelle mit völlig ausgeräumtem Bachbett, 28 Tage nach der Sturzflut

Neben diesen chemischen Untersuchungen wurden vom Wasserwirtschaftsamt Deggendorf auch Untersuchungen zur Situation der wirbellosen Gewässerorganismen (Makrozoobenthos) und zu der Regeneration der Besiedlung vorgenommen. Die Ergebnisse sollen auch mit früheren Untersuchungen verglichen werden. Die Auswertungen sind noch nicht abgeschlossen.

### 3.7.3 Qualität der Seen

Die landesweite Überwachung und Bewertung der Seenqualität, sowie die Beobachtung deren Entwicklung erfolgt an den rund 50 größten Seen Bayerns. Ab einer Oberfläche von 0,5 km<sup>2</sup> fallen sie unter die gesetzlich verankerte Berichtspflicht nach den Vorgaben der EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL). In einem drei- bis sechsjährigen Turnus sind nach bundesweit einheitlichen und mit den Nachbarstaaten abgeglichenen Verfahren objektiv nachvollziehbare und vergleichbare Ergebnisse zu erheben.

Etwa 30 der großen Seen sind natürlich während der Würmeiszeit vor über 10.000 Jahren entstanden. In der Folge waren sie sehr unterschiedlichen Randbedingungen ausgesetzt, wie z. B. geographische Lage, Geologie des Untergrundes, Größe des Einzugsgebietes und Mächtigkeit der Zuflüsse. Dadurch haben sie sich zu sehr unterschiedlichen Gewässern weiterentwickelt.

Um diesen Unterschieden auch in einer Bewertung gerecht zu werden, können die Seen anhand von Kriterien wie geographische Lage, Kalziumgehalt des Wassers, Schichtungseigenschaften, Tiefe und Größe des Einzugsgebietes zu Gruppen, sogenannten Gewässertypen, zusammengefasst werden, die dann unterschiedlich strenge Anforderungen bei der Bewertung erfüllen müssen.

In Bayern lassen sich die natürlichen Seen in vier Seetypen einteilen, die Baggerseen und Stauseen in drei weitere Typen.

Am Beispiel von Königssee und Hopfensee lassen sich die Randbedingungen, die für verschiedene Seetypen stehen im Folgenden darstellen.

Tab. 3: Wichtige Gewässerkenngrößen: Königssee und Hopfensee im Vergleich.

	Königssee	Hopfensee
		
<b>Lage im Naturraum</b>	Alpen	Alpenvorland
<b>Höhe über NN [m]</b>	603	784
<b>maximale Tiefe [m]</b>	190	10,4
<b>Volumen [Mio m<sup>3</sup>]</b>	512	9
<b>Oberfläche [ha]</b>	522	194
<b>Uferlänge [km]</b>	20	7
<b>Größe Einzugsgebiet</b>	136,5	32,5
<b>Typ nach WRRL</b>	4: Geschichteter Alpensee	2: Geschichteter Alpenvorlandsee mit relativ großem Einzugsgebiet

Der Königssee weist im Verhältnis zu seiner Tiefe eine sehr kleine Oberfläche und damit ein sehr großes Volumen auf (siehe Tab. 3). Die steil abfallenden Felswände an den Ufern verringern die Dauer der Sonneneinstrahlung gerade in den Wintermonaten und bieten auch Windschatten. Dies und die relativ geringen Wassermengen, die durch die Zuflüsse in den See gelangen bewirken, dass der Königssee auf äußere Einflüsse nur sehr langsam reagiert. Die Erwärmung des Oberflächenwassers durch die Sonneneinstrahlung im Sommer erfolgt nur sehr langsam, eine Aufkonzentration von stofflichen Einträgen ebenso wie ein Verdünnungseffekt bereits im See vorhandener Stoffe durch die Zuflüsse wären sehr langwierige Prozesse. Bilanziert man alle Zu- und Abflussmengen eines Sees, erhält man die sogenannte theoretische Erneuerungszeit. Sie bezeichnet das Maß für die Dauer die benötigt werden würde, um das gesamte Seewasser einmal zu erneuern. Im Fall des Königssees beträgt diese mehr als zwei Jahre. Die aus den Kalkalpen stammenden Gewässer, die in den See münden, bringen aufgrund des kargen felsigen Gebietes durch das sie fließen nur wenig aus oberflächlichen Abschwemmungen stammende organische Schweb- und Nährstoffe mit. Für die Entwicklung von Organismen spielt in Seen der Nährstoff Phosphor eine sehr relevante Rolle. Lediglich aus Gesteinsabrieb der mit Starkregenereignissen in den See gelangt, können größere Mengen mineralische Schwebstoffe auftreten. In der Folge ist auch das Königsseewasser sehr nährstoffarm, es bilden sich nur wenige frei in der Wassersäule schwebenden chlorophyllhaltige Phytoplanktonorganismen aus, das Wasser ist klar und das Sonnenlicht kann bis in größere Tiefen eindringen. Ein Maß hierfür ist die Sichttiefe (siehe Abb. 25). Die felsigen Ufer weisen nur an sehr wenigen Stellen einen für Wasserpflanzen besiedelbaren Bereich auf, Röhrichtgürtel und Schwimmblattpflanzen können hier nicht existieren. Jedoch können in diesem See auch Pflanzen in größere Tiefen mit dem dort noch verfügbaren Sonnenlicht vordringen. In 9 m Wassertiefe findet man am Königssee noch geschlossene Bestände von Armeleuchteralgen. Es gibt in Bayern Seen, in denen die Vegetation sogar bis in 20 m Tiefe und weiter reicht.

Der Hopfensee befindet sich im hügeligen Voralpenland und weist auf der gesamten Uferlänge flache Gefälle auf. Über die im Verhältnis zur Tiefe sehr große Oberfläche kann der See von meteorologischen und atmosphärischen Ereignissen stark beeinflusst werden, Wind und Sonne wird eine große Angriffs- bzw. Einwirkfläche geboten. Mit einer mittleren Wassertemperatur an der Oberfläche in den Sommermonaten von fast 20 °C (gemessen seit dem Jahr 2000) ist er fast um 3 °C wärmer als der Königssee im gleichen Zeitraum. Aus dem ebenfalls zum größten Teil im Voralpenland gelegenen humusreichen Einzugsgebiet werden durch die Zuflüsse nährstoffreiche organische Partikel und Schwebstoffe u. a. durch Oberflächenabschwemmungen in den See eingebracht. An der theoretischen Erneuerungszeit, die hier lediglich ca. 4 Monate beträgt, kann man ablesen, dass die Zuflüsse und damit deren Einfluss auf den See, auch im Hinblick der stofflichen Fracht, eine wesentlich größere Rolle spielen als beim Königssee. Auf Grundlage der so eingebrachten Phosphormengen, gerade auch im Zusammenhang mit wärmerem Wasser kann sich das Phytoplankton in sehr viel höheren Dimensionen entwickeln. Das zeigen die gemessenen Chlorophyllgehalte deutlich (siehe Abb. 25). In der gleichen Abbildung ist auch zu erkennen, dass die Maximalwerte der Sichttiefe bei 2 m liegen und damit bei etwa einem Sechstel der Maximalwerte des Königssees. Die Wasserpflanzen erreichen in diesem See maximal ca. 2,5 m Wassertiefe. Der Zustrom von feinputikulärem Material, welches sich am Seegrund ablagert, hat weitere Folgen. Es bildet sich eine für Wasserpflanzenbesiedelung gut geeignete Sedimentschicht aus. Im Zusammenhang mit der geringen Uferneigung bietet diese eine ideale Voraussetzung für die Ausbildung ausgeprägter Röhrichtzonen und Schwimmblattgürtel. Solche strukturreichen Abschnitte werden z. B. von Fischen als Unterstand und Schutzzone für Jungtiere genutzt.

Schon allein wegen des unterschiedlich beschwerlichen Zugangs zu diesen beiden Seen, unterliegen sie in sehr verschiedenem Maße der menschlichen Nutzung. Die WRRL bewertet zwar das Maß des menschlichen Einflusses auf die Gewässer und strebt einen möglichst unbeeinflussten Zustand an. Jedoch werden solche Unterschiede, die auf naturräumlichen Gegebenheiten beruhen und wie sie hier anhand dieser zweier Seen beispielhaft dargestellt sind, bei der Beurteilung des Ökologischen Zustandes berücksichtigt. Ein See wie der Hopfensee kann beispielsweise höhere Konzentrationen an Phytoplankton enthalten, ohne die Anforderung des „Guten Ökologischen Zustands“ nach WRRL zu verfehlen. Auf der anderen Seite muss ein Gewässer wie der Königssee sehr strenge Anforderungen z. B. bzgl. der Tiefenverbreitung der Wasserpflanzen erfüllen.

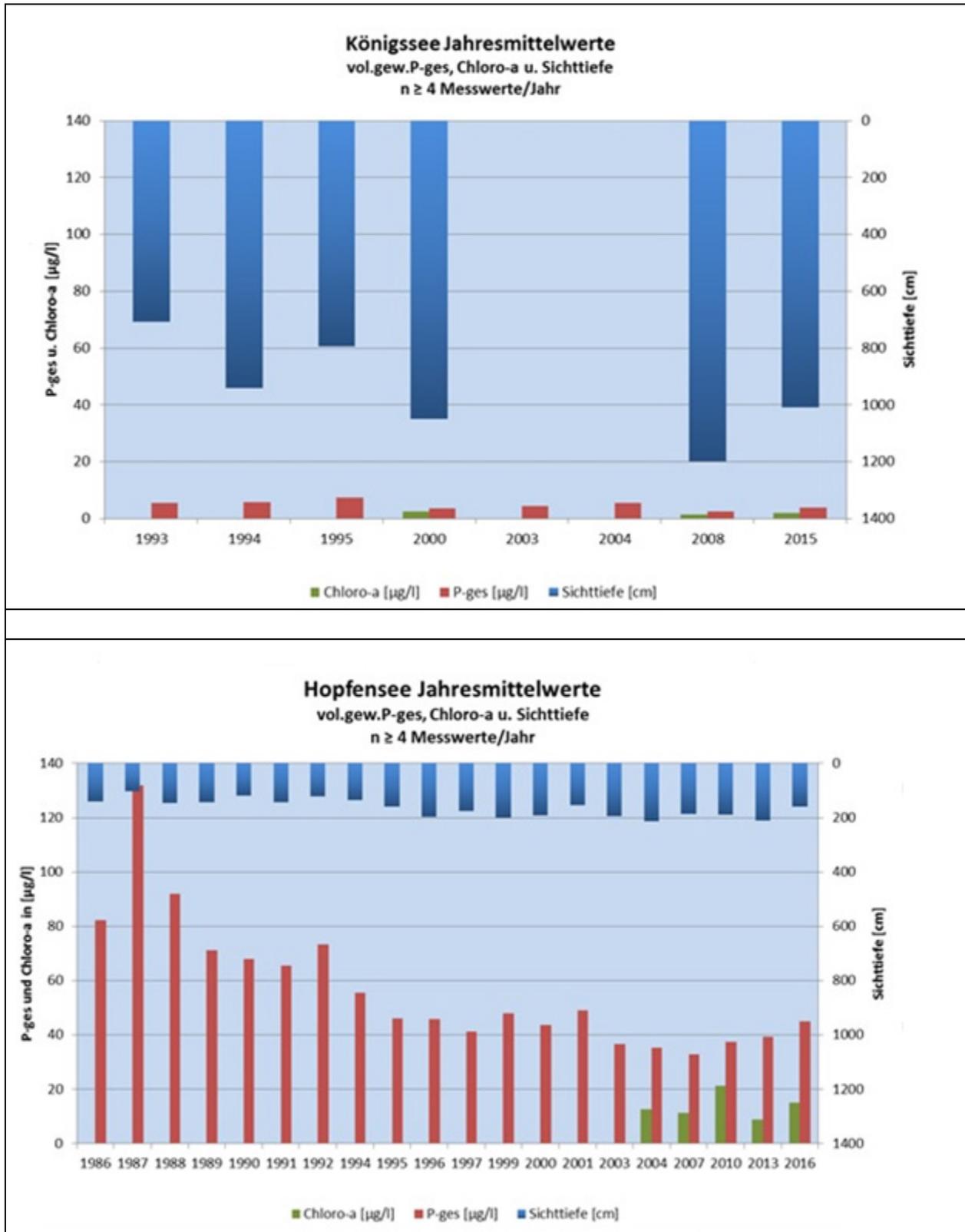


Abb. 25: Relevanter Kenngrößen der Seenbewertung im Vergleich. Königssee oben, Hopfensee unten.  
 Chloro-a: Chlorophyllgehalt des Wassers in µg/l als Maß für die Menge von Phytoplantonorganismen  
 P-ges.: Phosphorgehalt des Wassers in µg/l als Maß für den relevanten Nährstoff Phosphor  
 Sichttiefe in cm als Maß für die Lichteindringtiefe

## 4 Grund- und Bodenwasser

### 4.1 Verlauf des Niedrigwassers 2016 im Grundwasser

Das Jahr 2016 war durch relativ niedrige Grundwasserstände und Quellschüttungen gekennzeichnet. Die niedrigen Grundwasserverhältnisse waren allerdings weniger stark ausgeprägt als im Vorjahr 2015. Zur genauen Beschreibung der bayernweiten Entwicklung stehen die tagesaktuellen Daten des Niedrigwasser-Informationsdienstes (NID) zur Verfügung ([www.nid.bayern.de](http://www.nid.bayern.de)). Der NID umfasst insgesamt etwa 400 Messstellen, die überwiegend den oberflächennahen Grundwasserleitern zuzuordnen sind, aber auch tiefere Grundwasserleiter einbeziehen. Auf der Basis einer statistischen Einteilung erfolgt für jede Messstelle mit einer mindestens fünfjährigen Messreihe eine Klassifikation der aktuellen Niedrigwassersituation (kein Niedrigwasser; niedrig; sehr niedrig; neuer Niedrigstwert). Betrachtet man den zeitlichen Verlauf des Messstellanteils, der innerhalb des NID mindestens als niedrig eingestuft war, so ergibt sich die in Abb. 26 dargestellte und im Weiteren näher beschriebene Entwicklung.

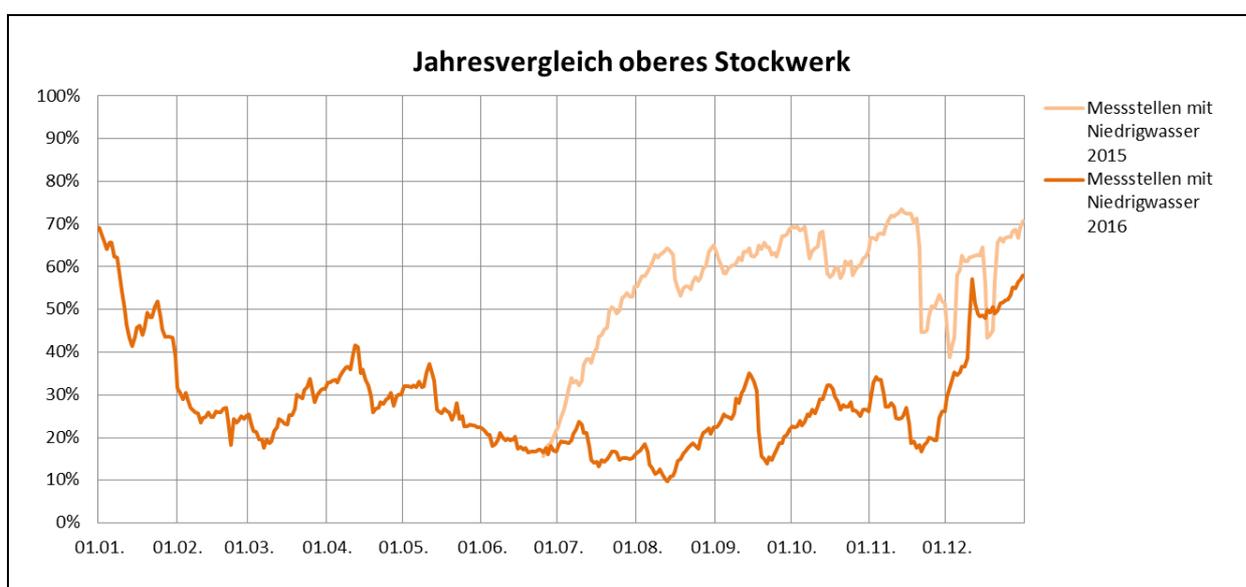


Abb. 26: Verlauf der Niedrigwassersituation 2015 und 2016 im Grundwasser: Grundwassermessstellen und Quellen des oberen Stockwerks mit einer Beobachtungsdauer > 5 Jahre

Zu Jahresbeginn bestand an etwa 70 % der Messstellen im oberen Grundwasserstockwerk eine Niedrigwassersituation. Niederschläge und Schneeschmelze im Januar und Februar ließen die Grundwasserstände und Quellschüttungen dann aber rasch ansteigen, so dass die Zahl der Messstellen an denen niedrige und sehr niedrige Wasserstände aufgezeichnet wurden, bis auf 20 % zurückging. Bis Anfang Dezember lag die Anzahl der als niedrig eingestuftes Messstellen stets unter 50 %. Aufgrund des extrem trockenen bzw. niederschlagsarmen Dezembers verschärfte sich zum Jahresende hin die Niedrigwassersituation, so dass am 31.12.2016 wieder an ca. 60 % der Messstellen niedrige bzw. sehr niedrige Messwerte registriert wurden. An einer Vielzahl der Grundwassermessstellen und Quellen wurden 2016 neue Niedrigstwerte erreicht: So wiesen zum 31.12.2016 von den 334 Grundnetzmesstellen, die mindestens seit Mitte 2000 in Betrieb sind, 50 Messstellen einen neuen Niedrigstwert für das Jahr 2016 auf. (Zum Vergleich: für das Jahr 2015 waren es zum 31.12.2016 noch 63 Messstellen.)

## 4.2 Grundwasserstände

Die Grundwasservorkommen Bayerns sind auf hydrogeologische Einheiten verteilt, die mit ihrem regionalen Aufbau insgesamt 29 großräumige hydrogeologische Teilräume ausbilden. Die wasserwirtschaftlich bedeutsamen Grundwasservorkommen unterliegen einer regelmäßigen Beobachtung. Hierbei wird die hydrologische Entwicklung in den hydrogeologischen Einheiten mit ihren jeweiligen grundwasserhydraulischen Eigenschaften und der witterungsbedingten Ereignisse erfasst und dokumentiert. Die nachfolgende Darstellung und Beschreibung der Grundwasserverhältnisse im Jahr 2016 konzentriert sich auf die weitflächigen Porengrundwasserleiter (Tertiär, Quartär) im südbayerischen Raum und auf die Kluft- und Karstgrundwasserleiter (Trias bis Kreide) nördlich der Donau sowie auf die räumlich eingegrenzten Porengrundwasserleiter in den Talräumen im Main Einzugsgebiet in Nordbayern.

Im Gebiet der weiträumigen **quartären Schotterflächen** südlich der Donau setzte sich der Trend der sinkenden Grundwasserstände des Vorjahres fort. Temporäre größere Niederschlagsmengen führten zu einer kurzfristigen Entspannung der Grundwasserverhältnisse. In Gebieten mit größeren Flurabständen wirkten sich diese Neubildungsereignisse deutlich gedämpfter auf die Grundwasserstände aus als an Messstellen mit geringem Flurabstand oder in Fließgewässernähe. Die Niederschlagsereignisse zu Jahresbeginn (Januar und Februar) sowie in der Jahresmitte (Mai bis Juni) zeigten einen jeweils kurzen Anstieg der Grundwasserstände. Die Niederschlagsmengen waren jedoch nicht ausreichend, um ein nachhaltiges Ansteigen des Grundwasserspiegels zu bewirken. Die Jahreshöchststände wurden im Juli bzw. August erreicht, blieben aber deutlich unterhalb des Vorjahresniveaus. Der zum Jahresende hin absinkende Trend des Grundwasserspiegels wird lediglich durch kurzzeitige Anstiege im September und November unterbrochen.

Die Grundwasserstandsentwicklung an der Messstelle Eching 275 D (Abb. 27) zeigt stellvertretend die Entwicklung der Grundwasserverhältnisse in den Schotterflächen. Der Jahreshöchstwert ergab sich hier Mitte Juli. Das Niveau des langjährigen Mittelwertes wurde ganzjährig nicht erreicht. Die stärkeren Niederschlagsereignisse zum Jahresende, insbesondere im November 2016, konnten den bis Jahresende abnehmenden Trend nicht aufhalten. Ein neuer Niedrigstwert wurde im Jahr 2016 nicht beobachtet.

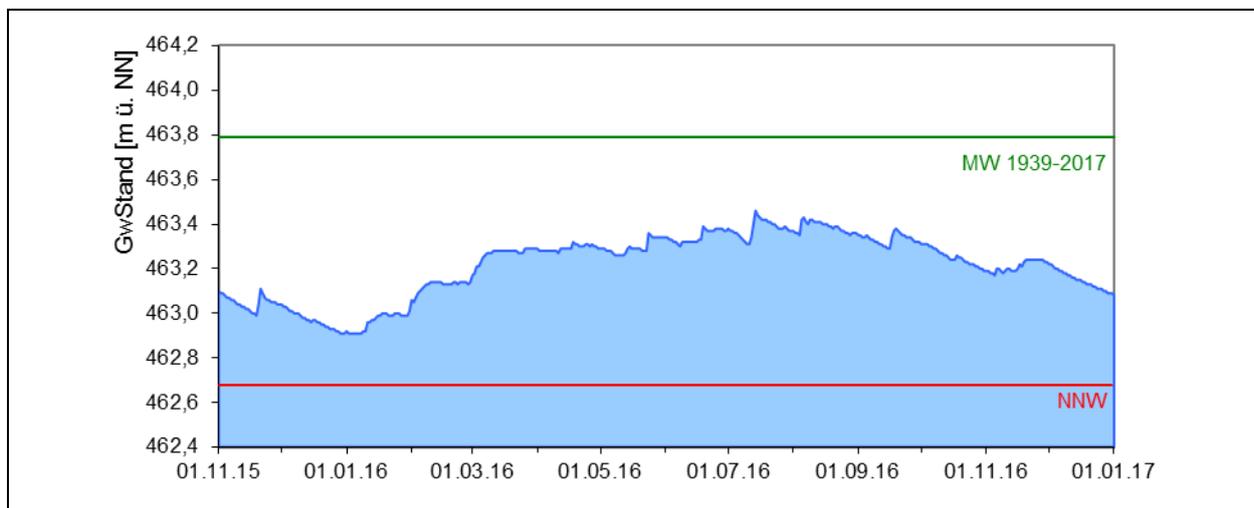


Abb. 27: Verlauf der Grundwasserstände im Niederterrassenschotter der Münchener Schotterebene (Messstelle Eching 275D, beobachtet seit 1939) - HHW: 465,59 m ü. NN, MW: 463,79 m ü. NN, NNW: 462,68 m ü. NN

Die räumlich eingegrenzten und geringmächtigen **quartären Grundwasservorkommen** in den Flusstälern Nordbayerns werden maßgeblich durch flächige Grundwasserneubildungsereignisse oder durch seitliche Randzuflüsse beeinflusst und stehen mit den zugehörigen Fließgewässern in enger hydraulischer Wechselwirkung, insbesondere in Abschnitten mit Stauhaltungen. Sie zeigen deshalb vielmals rasche Grundwasserstandsschwankungen als Folge von Niederschlagsereignissen oder Wasserstandsänderungen in den angekoppelten Fließgewässern. Am Beispiel der Referenzmessstelle Frühlingslust

86A (Abb. 28) ist die Entwicklung der Grundwasserstände über das Jahr 2016 gut zu erkennen. Gegen Ende des Jahres 2015 wurde hier ein neuer Niedrigstwert erreicht, sodass zu Beginn des Jahres 2016 bereits sehr niedrige Grundwasserverhältnisse vorlagen. Der Anstieg des Grundwasserspiegels seit Januar 2016 setzte sich über die gesamte erste Jahreshälfte fort. Dabei fand der Großteil der Grundwasserneubildung – und damit einhergehend ein Anstieg der Grundwasserstände - in den niederschlagsreichen Monaten Januar und Februar statt. Die höchsten Grundwasserstände wurden im Kalenderjahr 2016 Ende Juni erreicht. Danach setzte ein stetiger Abwärtstrend ein, der sich bis zum Jahresende kontinuierlich bis zu einem erneut sehr niedrigen Niveau fortsetzte. Der langjährige Mittelwert der Messstelle wurde ganzjährig nicht erreicht. Der höchste gemessene Grundwasserstand lag geringfügig über dem des Vorjahres.

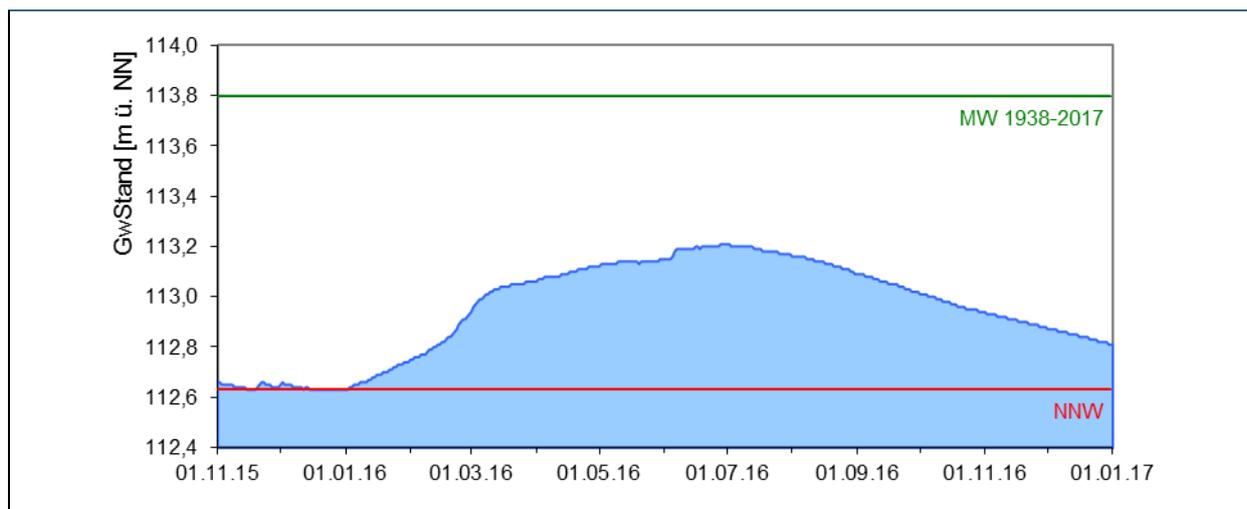


Abb. 28: Verlauf der Grundwasserstände im Quartär (Messstelle Frühlingslust 86A, beobachtet seit 1938)  
- HHW: 116,34 m ü. NN, MW: 113,80 m ü. NN, NNW: 112,63 m ü. NN

Das Grundwasser im **tertiären Molassebecken** südlich der Donau liegt in Tiefen von rund 50 m bis 200 m unter Gelände. In der Regel sind hier die Grundwässer gespannt und fließen natürlicherweise den im Molassegebiet vorkommenden größeren Fließgewässern zu. Bedingt durch die Tiefenlage unter Gelände und der dadurch verzögerten Grundwasserneubildung reagiert das Grundwasser relativ träge und zeitverzögert auf das Niederschlagsgeschehen. Ausgehend von den relativ niedrigen Grundwasserspiegeln gegen Ende des Jahres 2015 wirkten sich z. B. an der Grundwassermessstelle Mauern T1 die Niederschlagsereignisse zu Jahresbeginn durch Erreichen eines Jahreshöchststandes im Februar aus (Abb. 29). Der Druckspiegel verblieb anschließend auf einem Niveau unterhalb des langjährigen Mittels. Der Beginn der warmen Sommermonate und die Niederschlagsarmut in der zweiten Jahreshälfte führte ab September bis zum Jahresende zu einem abfallenden Trend der Grundwasserstände. Lokal wurden auch neue Niedrigstwerte der Grundwasserstände registriert. An der Messstelle Mauern T1 wurde Ende Dezember ein neuer Niedrigstwert gemessen.

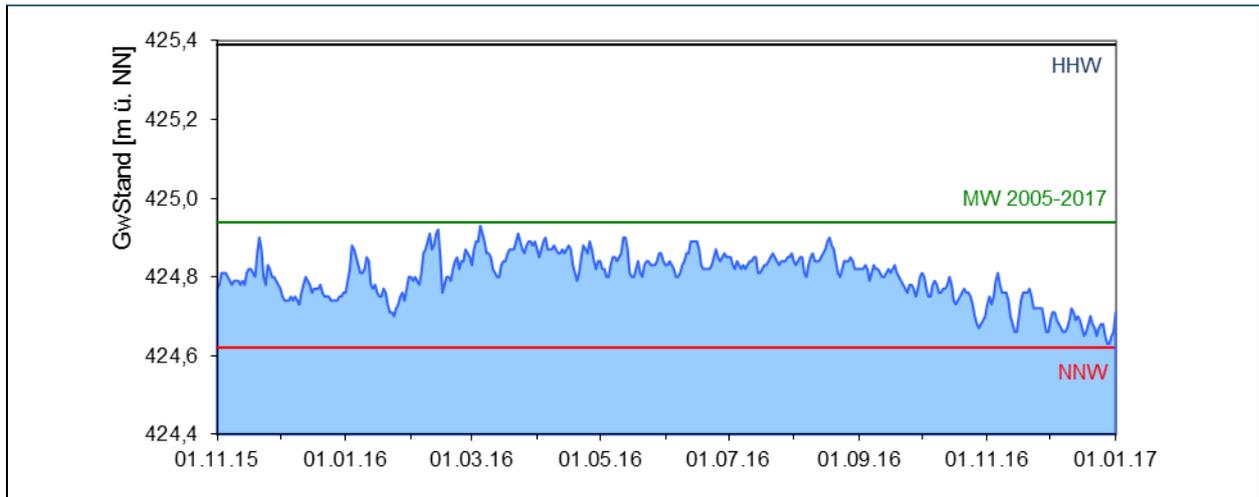


Abb. 29: Verlauf der Grundwasserstände der Oberen Süßwassermolasse des Tertiärs (Messstelle Mauern T 1, beobachtet seit 2005) - HHW: 425,39 m ü. NN, MW: 424,94 m ü. NN, NNW: 424,62 m ü. NN

Im **Weißem Jura (Malm)** der Fränkischen Alb, mit seiner fortgeschrittenen Verkarstung, bewegt sich das Grundwasser in Kluff- und Schichtfugen, die vielfach durch Verkarstungsprozesse zu unterirdischen Fließgerinnen ausgeweitet sind. Die Ausprägung der Klüftung und die Raumlage der Karsthohlräume bestimmt maßgebend das Fließgeschehen, welches rasch auf Niederschlags- und Hochwasserereignisse reagiert. Oberhalb des Grundwasserspiegels befindliche Karsthohlräume können zudem als temporäre Zwischenspeicher wirken.

Das Ende der Trockenperiode des Vorjahres endete mit den sehr niedrigen Grundwasserständen vom November 2015. Die zum Jahresende 2015 bzw. Jahresbeginn 2016 signifikanten Niederschlags- und Abflussereignisse äußerten sich an der beispielhaft ausgewählten Messstelle Heiligenstadt 9 (Abb. 30) durch einen raschen Anstieg der Grundwasserstände bis zum Jahreshöchststand Anfang März. Wegen der nachfolgenden Trockenperioden im Frühjahr und Spätsommer setzte bereits im März ein Trend absinkender Grundwasserstände ein, der bis Ende des Jahres anhielt. Die Niederschlagsereignisse im Juni und November unterbrachen jeweils den Abwärtstrend mit einem kurzfristigen Anstieg des Grundwasserspiegels. Die Grundwasserverhältnisse an der Messstelle Heiligenstadt 9 bewegten sich, mit Ausnahme der Periode von Mitte Januar bis Ende Mai, generell deutlich unter dem langjährigen Mittel.

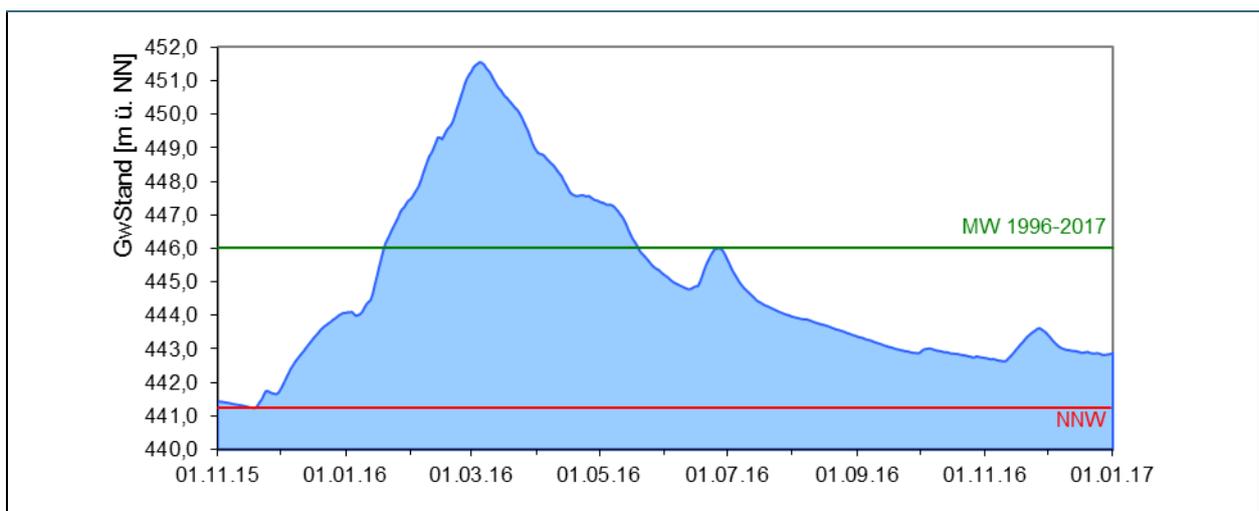


Abb. 30: Verlauf der Grundwasserstände im Malmkarst (Messstelle Heiligenstadt 9, beobachtet seit 1996) HHW: 458,69 m ü. NN, MW: 446,03 m ü. NN, NNW: 441,23 m ü. NN

In den Kluftgrundwasserleitern des **Sandsteinkeupers** erholte sich der anhaltende Abwärtstrend der Grundwasserstandsentwicklung im Jahresverlauf 2016 etwas und die Grundwasserstände erreichten zeitweise mittlere Verhältnisse. Bei der Messstelle Hallstadt 16, die stellvertretend für den Sandsteinkeuper unter Überdeckung steht, endete das Jahr 2015 mit sehr niedrigen Grundwasserständen deutlich unter dem langjährigen Mittel (Abb. 31). Die Grundwasserneubildung der feuchten Monate Januar und Februar bewirkte einen Anstieg der Grundwasserstände bis Ende März. Der Grundwasserspiegel verharrte auf dem Niveau des langjährigen Mittelwerts bis Ende Juni. Auf Grund hoher Niederschläge Ende Juni wurde dann der Jahreshöchststand erreicht. In der Folge setzte eine Phase sinkender Grundwasserstände ein. Dieser Trend setzte sich bis zum Jahresende fort. Der Niederschlag im November bewirkte einen leichten Anstieg der Grundwasserstände bevor sich der Abwärtstrend aufgrund der ausgeprägten Trockenheit im Dezember fortsetzte. Zum Jahresende 2016 waren die Grundwasserstände auf einem insgesamt niedrigen Niveau, wenn auch etwas höher als zu Jahresbeginn.

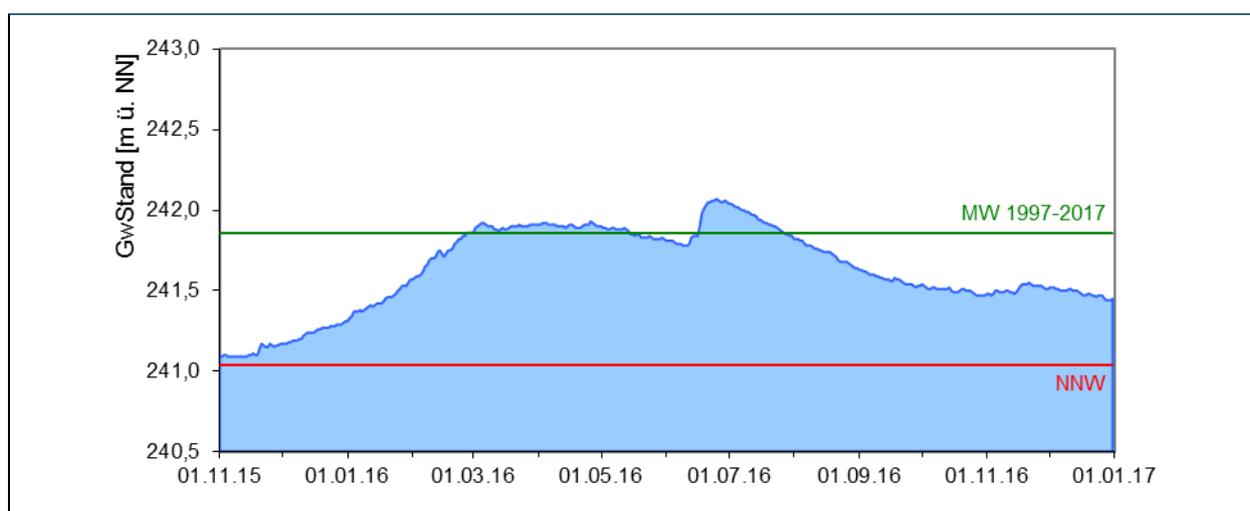


Abb. 31 :Verlauf der Grundwasserstände im Sandsteinkeuper (Messstelle Hallstadt 16, beobachtet seit 1997)  
HHW: 243,14 m ü. NN, MW: 241,87 m ü. NN, NNW: 241,04 m ü. NN

Die tief liegenden Grundwasservorkommen im verkarsteten und überdeckten **Muschelkalk** Mittel- und Unterfrankens reagieren zeitlich verzögert auf Niederschlags- bzw. Neubildungsereignisse und zeigen einen insgesamt trägeren wie auch gedämpften Verlauf der Grundwasserstandsschwankungen. Die Grundwasserneubildung fiel in oberflächennahen und überdeckten Grundwasserleitern sehr gering aus. Auch im tief liegenden Karstaquifer verläuft die Regeneration der Grundwasservorräte sehr mäßig. Nach den niedrigen Grundwasserständen zum Ende des Vorjahres stellte sich der Jahreshöchstwert an der ausgewählten Messstelle Rothof (WÜ-MU 8), mit entsprechender zeitlicher Verzögerung zu den Niederschlägen im Januar und Februar, erst gegen Ende April bis Mitte Mai ein (Abb. 32). Ab Juli ergaben sich absinkende Grundwasserstände bis zum Jahresende hin. Zum Ende des Jahres lagen die Grundwasserstände auf einem insgesamt niedrigen Niveau, wenn auch etwas höher als zu Jahresbeginn gemessen. Im Laufe des Jahres 2016 bewegten sich die Grundwasserstände an der Messstelle durchgängig unter dem langjährigen Mittelwert.

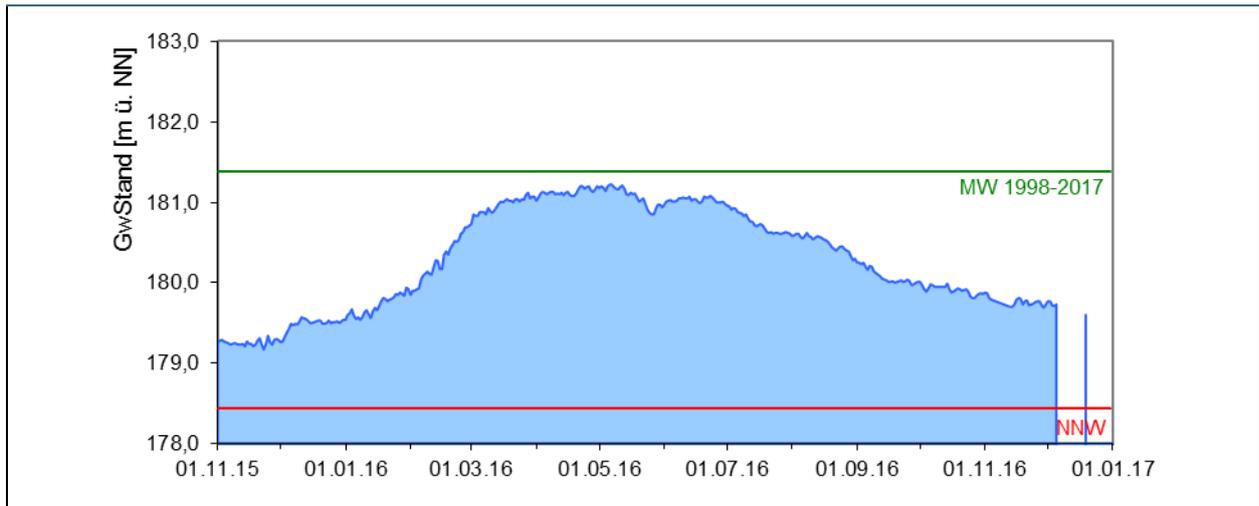


Abb. 32: Verlauf der Grundwasserstände im Muschelkalk (Messstelle ROTHOF (WÜ-MU 8), beobachtet seit 1998)  
HHW: 186,68 m ü. NN, MW: 181,39 m ü. NN, NNW: 178,43 m ü. NN

Für die Klufftgrundwasserleiter des **Buntsandsteins** ist die Entwicklung der Grundwasserstände abhängig von der Ausbildung der Klüfte und deren Anbindung an die Erdoberfläche. Dementsprechend prägen sich Niederschlagsereignisse unterschiedlich rasch und intensiv bis auf die Grundwasseroberfläche aus. Bei einer Überdeckung durch den Oberen Buntsandstein zeigt sich in der Regel ein gedämpfter Verlauf der Grundwasserstände.

In den Verbreitungsgebieten des Buntsandsteins endete das Jahr 2015 überwiegend mit sehr niedrigen Grundwasserverhältnissen, die zu Jahresbeginn 2016 mit den Auswirkungen der Niederschlags- und Neubildungsereignisse die langjährigen Mittelwasserstände überstiegen. Der höchste Grundwasserstand wurde Ende März gemessen. Anschließend setzte eine deutlich ausgeprägte Absenkphase ein, die vielerorts bis zum Ende des Jahres anhielt und aufgrund lokaler Niederschlagsereignisse nur durch kurzzeitige Anstiege des Grundwasserspiegels unterbrochen wurde. Mit Beginn der Niederschlags- und Neubildungsperiode ab Ende November stiegen die Grundwasserstände meist wieder rasch bis auf Mittelwasserniveau an, wobei sich aufgrund der ausgeprägten Trockenheit im Dezember 2016 ein erneutes Absinken des Grundwasserspiegels zum Ende des Jahres einstellte. Dadurch blieb die übliche Erholung der Grundwasserstände im Dezember an den meisten Messstellen vollständig aus. Abb. 33 veranschaulicht die genannte Entwicklung beispielhaft an der für Buntsandstein repräsentativen Messstelle Kothen S5.

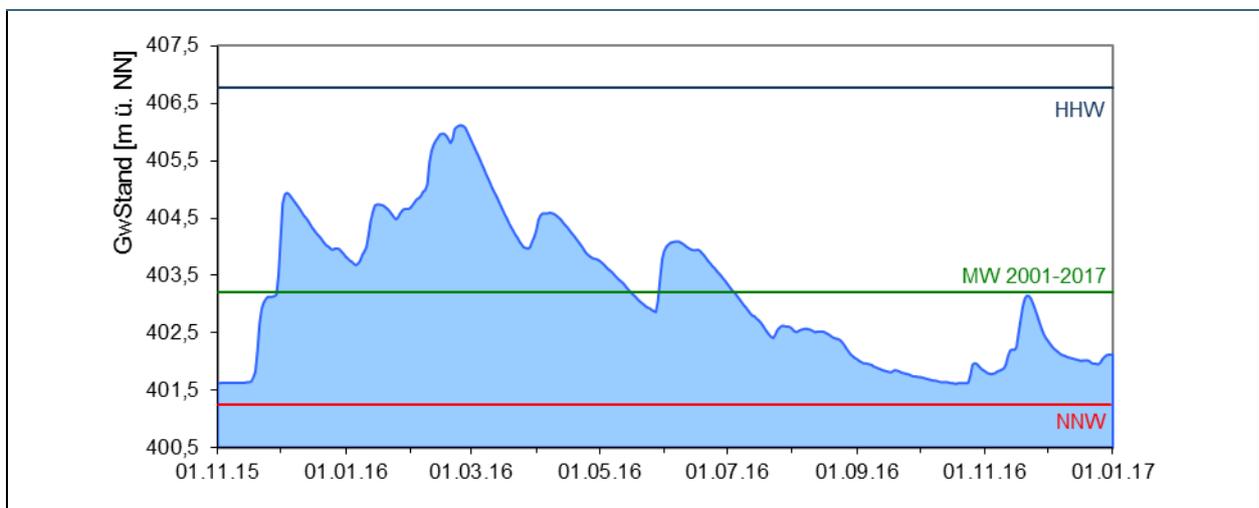


Abb. 33: Verlauf der Grundwasserstände im Buntsandstein (Messstelle Kothen S5, beobachtet seit 2001)  
HHW: 406,78 m ü. NN, MW : 403,21 m ü. NN, NNW: 401,24 m ü. NN

## 4.3 Quellen

### 4.3.1 Quellschüttung

Das Landesmessnetz Quellen deckt die Bereiche ab, die aufgrund der hydrogeologischen Verhältnisse nicht mit Hilfe von Grundwassermessstellen beobachtet werden können. Dabei handelt es sich um in erster Linie um Grundwasserkörper im kristallinen Grundgebirge, im voralpinen Moränengürtel und im alpinen Raum. Diese drei hydrogeologischen Einheiten werden im Folgenden behandelt.

Die Kluftgrundwasserleiter im **Ostbayerischen Kristallin** reagieren in der Regel schnell auf Niederschlagsereignisse und zeichnen sich durch geringe bis mäßige Ergiebigkeiten aus. An der für diesen hydrogeologischen Teilraum repräsentativen Quellmessstelle Rassreuth (Abb. 34) wurde im November 2015 ein neuer Niedrigstwert erreicht. Die Schüttungen waren anschließend zu Jahresbeginn 2016 noch deutlich niedriger als zu dieser Jahreszeit üblich. Anfang Februar setzte ein Schüttungsanstieg ein, der den langjährigen Mittelwert überschritt und sein Maximum Anfang März erreichte. Bis Ende Mai ging die Quellschüttung dann kontinuierlich zurück, bevor Anfang Juni ein weiterer Anstieg der Quellschüttung folgte. Von Juni bis August wurde der langjährige Mittelwert nochmal überschritten. Bis zum Jahresende lagen die gemessenen Schüttungen dann knapp unter dem langjährigen Mittel.

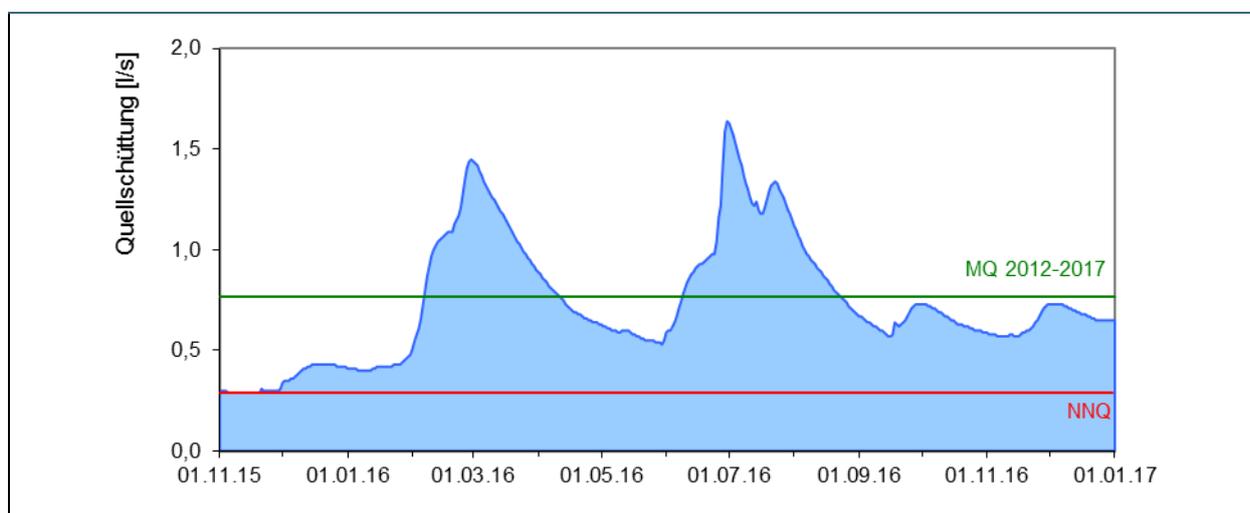


Abb. 34: Verlauf der Quellschüttungen im Ostbayerischen Kristallin (Messstelle Rassreuth, beobachtet seit 2012)  
 HQ: 2,73 l/s, MQ:0,77 l/s, NQ: 0,29 l/s

Auf Grund der großen geologischen Inhomogenität des **voralpinen Moränengürtels** zeigen die einzelnen Quellen voneinander abweichende Schüttungscharakteristiken. Die Reaktionen der z.T. ergiebigen Grundwasserleiter sind insgesamt deutlich gedämpfter als z. B. im Kristallin.

An der Kalkofenquelle wurde im Dezember 2015 ein neuer Niedrigstwert erreicht (Abb. 35). Zu Jahresbeginn 2016 stieg die Schüttung auf Grund ergiebiger Niederschläge schnell an und erreichte im Juni sogar einen neuen Höchstwert. Im zweiten Halbjahr ging die Schüttung bis zum Jahresende wieder kontinuierlich zurück. Zu Jahresende lag die Schüttung zwar unter dem langjährigen Mittelwert, war jedoch noch deutlich höher als zu Jahresbeginn. Von Anfang März bis Anfang Oktober wurde der langjährige Mittelwert durchgängig überschritten.

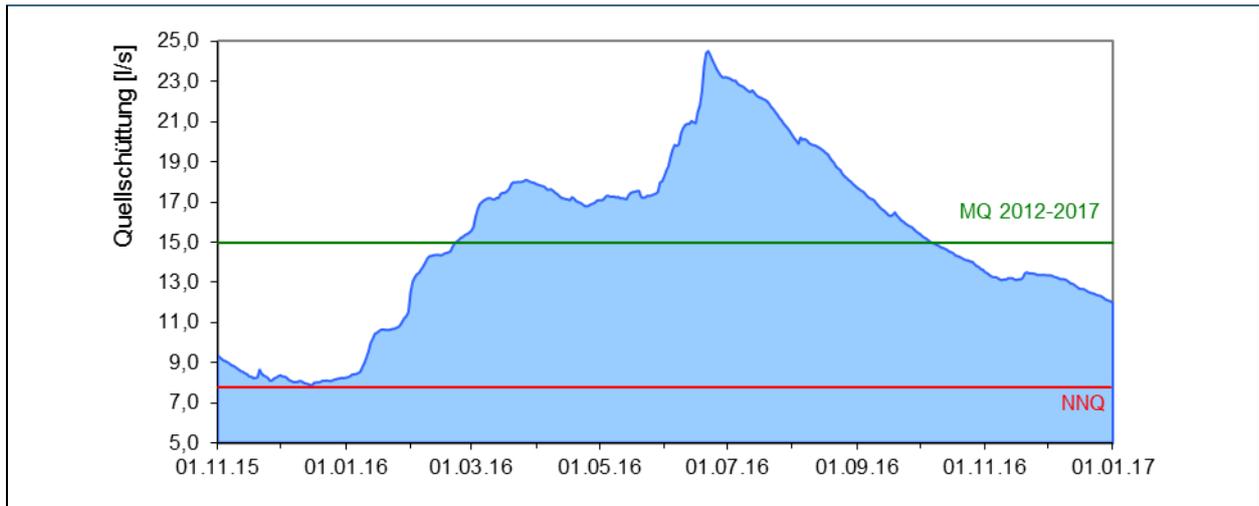


Abb. 35: Verlauf der Quellschüttungen im voralpinen Moränengürtel (Messstelle Kalkofenquelle, beobachtet seit 2012) - HQ: 24,70 l/s, MQ: 14,99 l/s, NQ: 7,78 l/s

Die Quellen des **alpinen Raumes** in Gebieten mit Kluft- und Karstgrundwasserleitern reagieren rasch auf Niederschlag und Schneeschmelze. Am Beispiel der Ganglinie der Quelle Strailach (Abb. 36) lassen sich alle größeren Niederschlagsereignisse gut erkennen. Die temporären Anstiege der Quellschüttung überschritten im Jahr 2016 nur selten den langjährigen Mittelwert.

Im November 2015 wurde an der Quelle Strailach ein neuer niedrigstwert registriert. Folglich startete das Jahr 2016 mit außergewöhnlich niedrigen Quellschüttungen. Doch schon Ende Januar wurde ein deutlicher Anstieg der Schüttung beobachtet, wobei einzelne Schüttungsspitzen den langjährigen Mittelwert kurzzeitig überschritten. Bis in den Mai verlief die Quellschüttung wieder deutlich unterhalb des langjährigen Mittels, ehe eine weitere Phase des Anstiegs begann. Ab Mitte August gingen die Schüttungswerte deutlich zurück, so dass sie zu Jahresende wieder auf einem für die Jahreszeit sehr niedrigen Niveau lagen.

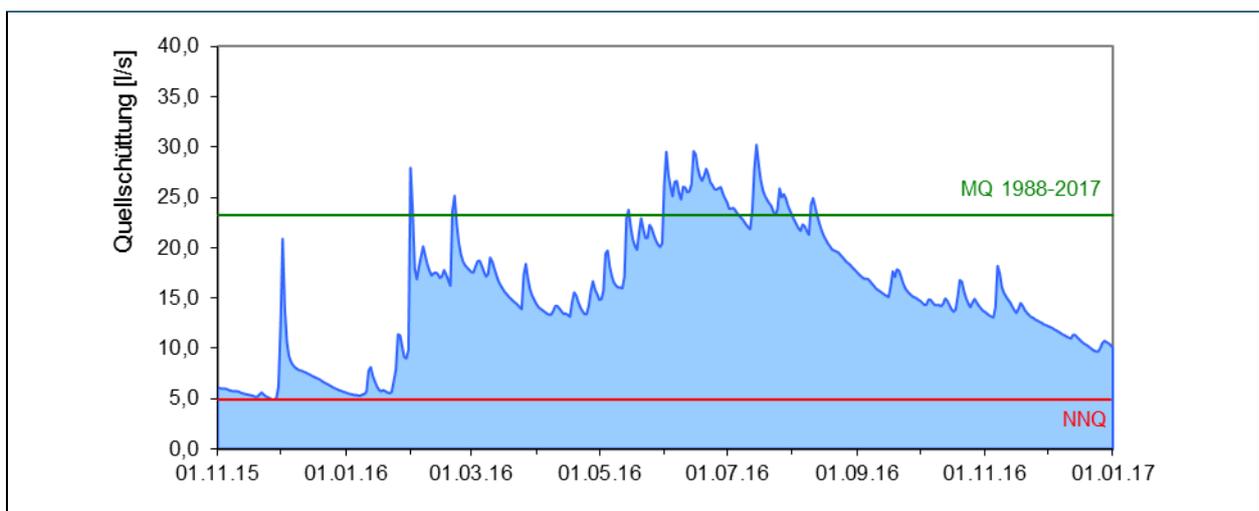


Abb. 36: Verlauf der Quellschüttungen im alpinen Raum (Messstelle Strailach 3-5, beobachtet seit 1988) HQ: 55,93 l/s, MQ: 23,27 l/s, NQ: 4,91 l/s

Die Entwicklung der Grundwasserstände und Quellschüttungen in Bayern kann im Internet im Gewässerkundlichen Dienst (GKD) unter [www.gkd.bayern.de](http://www.gkd.bayern.de) eingesehen werden. Hier ist auch ein Download der Tagesmittelwerte möglich. Im Niedrigwasser-Informationssystem (NID, [www.nid.bayern.de](http://www.nid.bayern.de)) wird eine fachliche Einschätzung der aktuellen Grundwasserstände im Hinblick auf eine Niedrigwassersituation

getroffen. Der Hochwassernachrichtendienst (HND, [www.hnd.bayen.de](http://www.hnd.bayen.de)) bietet ausgewählte Grundwassermessstellen mit Bezug zu hochwassergefährdeten Bereichen an.

#### 4.3.2 Wassertemperatur an Quellen

An mehreren Quellmessstellen wird zusätzlich zur Quellschüttung auch die Wassertemperatur kontinuierlich erfasst. Die Schwankungsbreite der Quelltemperatur ist oft sehr gering und beträgt in der Regel nur wenige Grad oder z.T. auch nur Zehntel-Grad (Celsius). Der Temperaturverlauf an Quellen hängt dabei von der örtlichen Überdeckung und dem Verlauf der Lufttemperaturen ab. Bei geringeren Überdeckungen ergeben sich größere Schwankungen und bei größeren Überdeckungen sind eher geringe Temperaturschwankungen zu erwarten. Die Jahreshöchstwerte werden meist im Spätsommer erreicht, die Tiefstwerte stellen sich zum Winterende ein. Nachfolgend wird an ausgewählten Quellen der Temperaturverlauf der letzten fünf Jahre dargestellt.

Die Stauquelle Steindorf liegt im **voralpinen Moränengürtel**. Bei Betrachtung des Temperaturverlaufs (Abb. 37) der letzten Jahre ist festzustellen, dass in den Jahren 2015 und 2016 die höchsten Werte erreicht wurden. Der Maximalwert im Jahr 2016 ist nochmals geringfügig höher als der Jahreshöchstwert aus 2015. Auch das Jahresminimum von 2016 liegt höher als in den vergangenen Jahren. Insgesamt zeichnet sich eine steigende Tendenz ab.

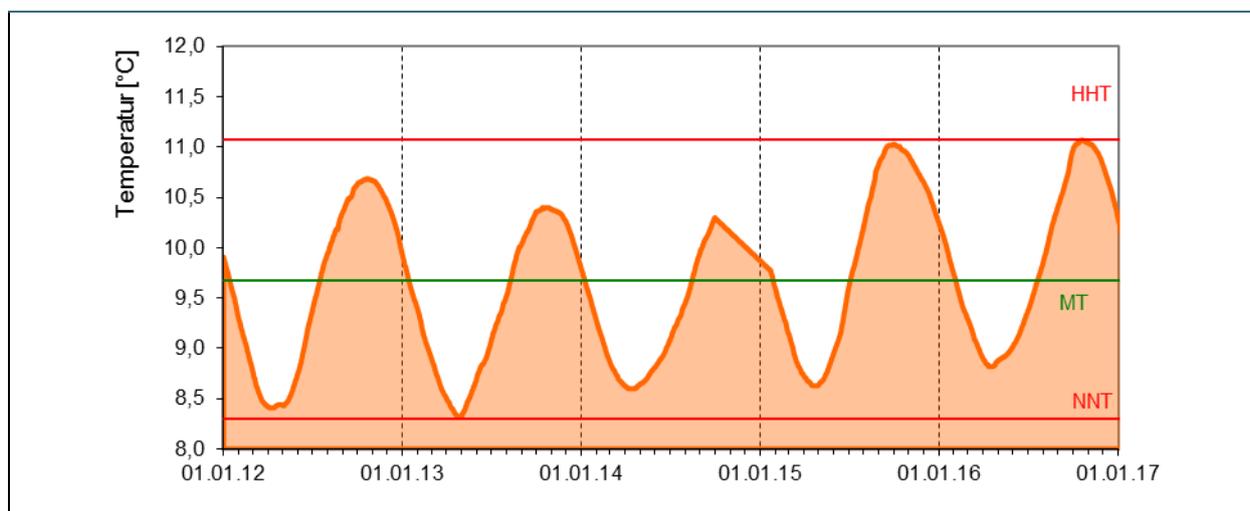


Abb. 37: Verlauf der Wassertemperatur an der Stauquelle Steindorf von 2012 bis 2017. HT: 11,07°C , MT: 9,68 °C, NT: 8,30°C

Die Quellmessstelle Unterwaiz liegt in der geologischen Region des Trias - Kreide - Bruchschollenlands. Die Temperaturganglinie von Unterwaiz (Abb. 38) zeigt für die Jahre 2015 und 2016 ein deutlich höheres Maximum als in den 3 vorherigen Jahren. Anders als bei der zuvor beschriebenen Quelle im Moränengürtel liegt jedoch auch das Minimum 2016 tiefer als in der Vergangenheit. Insgesamt zeigen die Jahre 2015 und 2016 eine größere Spannbreite als die Vorjahre.

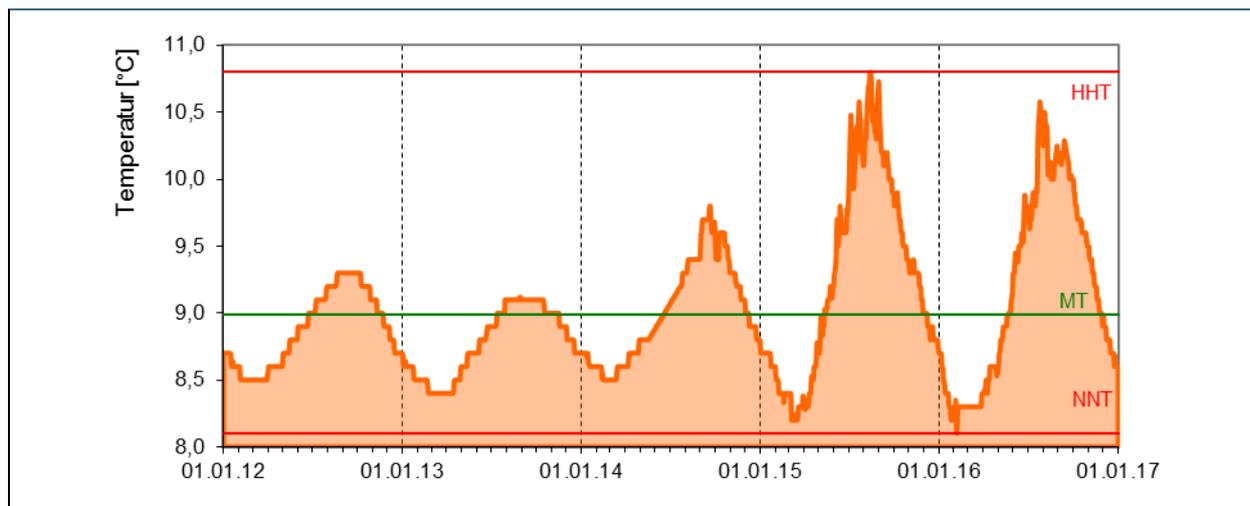


Abb. 38 Verlauf der Wassertemperatur an der Quelle Unterwaiz von 2012 bis 2017. HT: 10,8°C, MT: 8,99°C, NT: 8,1°C

An weiteren Quellen, an denen die Wassertemperatur gemessen wird, sind für die Jahre 2015 und 2016 höhere Temperaturen als in den Vorjahren festzustellen. Ein bayernweit einheitlicher Trend ist jedoch nicht direkt ableitbar. Die Jahre 2014 und 2015 wiesen die bisher höchsten gemessenen mittleren Jahrestemperaturen in Bayern auf, auch das Jahr 2016 lag deutlich über dem langjährigen Mittelwert.

#### 4.4 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 gleichzeitig die überblicksweise Überwachung nach EG-Wasserrahmenrichtlinie abdeckt. Hierzu werden mehr als 500 Messstellen auf bis zu 380 verschiedene Stoffe überwacht. Darüber hinaus wird derzeit in sechs 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 10 mg Nitrat pro Liter können natürlicher Herkunft sein. Zuviel Nitrat im Trinkwasser kann Gesundheitsschäden verursachen, deshalb geben die Trinkwasserverordnung (TrinkwV) und die Grundwasserverordnung (GrwV) einen Grenzwert von 50 mg/l vor.

Für den Parameter Nitrat wurden die 237 Messstellen des EUA-Messnetzes (Europäische Umweltagentur) ausgewertet. Diese sind über ganz Bayern gleichmäßig verteilt und werden seit 2008 zumindest einmal jährlich untersucht. Die Darstellung zeigt, dass sich die durchschnittlichen Nitratgehalte in Bayern seit 2008 nicht wesentlich verändert haben (Abb. 39). Der Anteil an unbelasteten Messstellen liegt in diesem Zeitraum gleichbleibend bei fast 50 %. Belastungen des Grundwassers zwischen 10 und 40 mg/l zeigen im selben Zeitraum ca. 40 % der Messstellen. Der Anteil an Messstellen mit hohen Nitratgehalten > 40 mg/l variiert im Untersuchungszeitraum etwas stärker und liegt aktuell bei rund 10 %. Die Klasse der hochbelasteten Messstellen weist über den gesamten Beobachtungszeitraum nur sehr geringe Änderungen auf und lag zuletzt bei knapp 6 %.

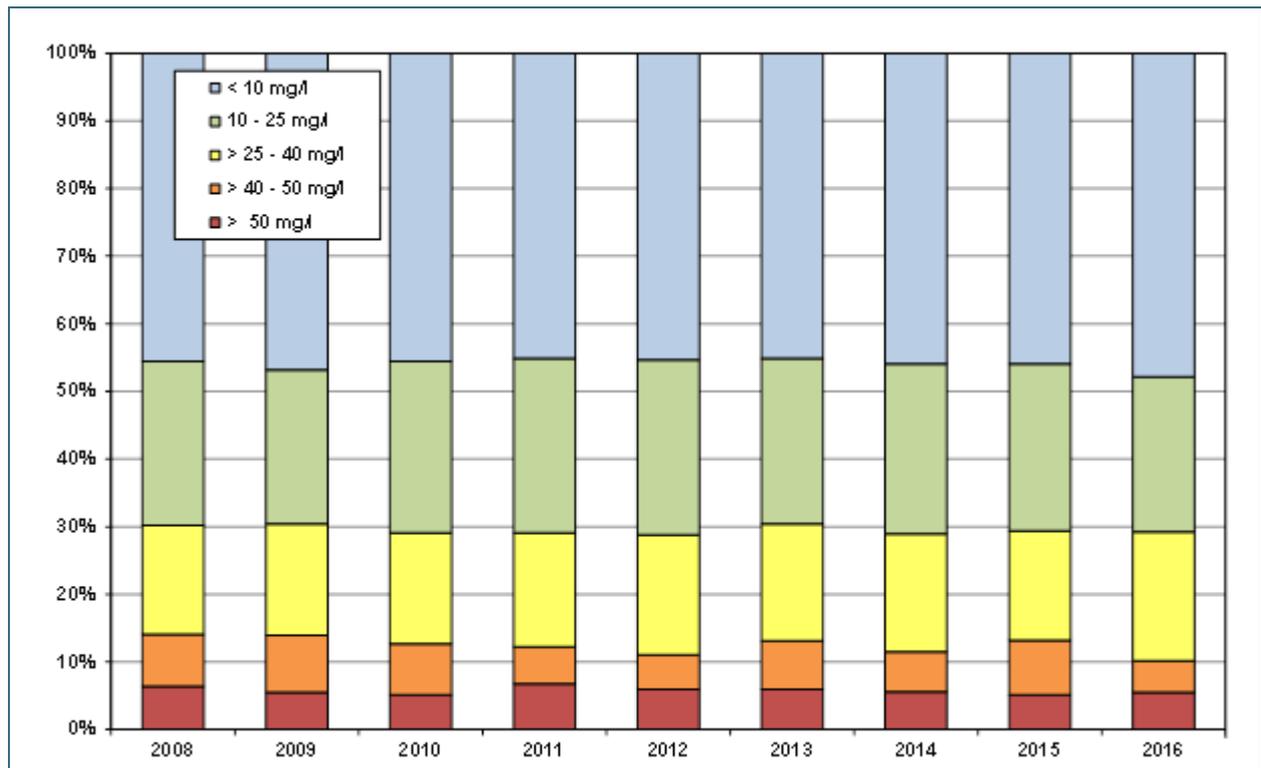


Abb. 39: Entwicklung der Nitratgehalte im Grundwasser 2008-2016 (Messstellen je Konzentrationsklasse in %)

#### 4.5 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 Jahresverlauf der Bodenfeuchte als wesentliche Steuerungsgröße für Sickerwasserbildung und Grundwasserneubildung am Beispiel eines bewaldeten Standorts im westlichen Unterfranken (Messgebiet Hochspessart). Durchfeuchtung und Austrocknung des Bodens werden vom Wechselspiel aus Niederschlag und Verdunstung bestimmt. Bei hohem Bodenwassergehalt bildet sich freies Sickerwasser, das in durchlässigen Böden der Schwerkraft folgend dem Grundwasser zufließt. Die Bodenfeuchte wird direkt als Bodenwassergehalt (Vol. %) und indirekt als Bodensaugspannung in Hektopascal (hPa) gemessen. Als Messgeräte sind pro Messtiefe (-50 cm und -200 cm) 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 ist durch Silikatgesteine des Mittleren Buntsandsteins aufgebaut und durch dessen Verwitterungsprodukte (lehmig-sandig bis sandig-lehmige Braunerden) geprägt. Er wird forstwirtschaftlich (Buchenaltbestand) genutzt



Abb. 40:  
Jahresverlauf von  
Bodenwassergehalt  
(Bw) in 50 cm Tiefe  
und Grundwasser-  
stand (Gw) am  
Messstandort  
„Hochspessart“ der  
Jahre 2015 bis  
2016

Betrachtet man den in Abb. 40 dargestellten Jahresverlauf des Bodenwassergehaltes in 50 cm Tiefe, so zeigt sich, dass der Bodenwassergehalt in den Monaten Januar – März auf einem relativ konstanten, für die Jahreszeit – wie im Vorjahr – aber vergleichsweise niedrigen Niveau (ca. 26 %) lag. Das Jahr 2016 war, mit Ausnahme der Monate Januar, Februar und Juni, im Vergleich zum langjährigen Mittel (Zeitraum 1981 - 2010) von einem teils deutlichen Niederschlagsdefizit geprägt. Die Niederschläge reichten zwar aus, um den oberen Boden feucht zu halten, nicht aber um in nennenswertem Umfang Sickerwasser zu bilden (Ausnahme Januar und Februar).

Mit Einsetzen der Vegetationsperiode ab März/April und den damit einhergehenden zunehmenden Evapotranspirationsraten trat, ähnlich wie im Jahr 2015 (siehe Abb. 40), eine verstärkte Zehrung des Bodenwasservorrates auf. Diese wurde kurzzeitig durch die Starkregenereignisse Anfang Juni unterbrochen. Im Laufe der lange andauernden sommerlichen Austrocknungsphase erreichte der Bodenwassergehalt Ende August/Anfang September mit Werten  $\leq 15\%$  sein Minimum. Besonders auffällig ist, dass die Bodenwassergehalte ab Mitte August bis Ende 2016 weit unter den durchschnittlichen Verhältnissen und meist sogar unter den Werten des vorangegangenen Trockenjahres lagen. Ursächlich hierfür waren der Spätsommer und Herbst (August bis Oktober), mit ihren geringen Niederschlägen. Auch die Novemberrniederschläge waren leicht unterdurchschnittlich, so dass zwar die Bodenwasservorräte aufgefüllt wurden, diese aber nicht auf Jahresanfangsniveau anstiegen. Der äußerst trockene Dezember ließ die Bodenwassergehalte auf einem niedrigen Niveau (23 %) stagnieren.

Vergleicht man die Bodenwasserspannungen der Jahre 2001 bis 2016 in zwei Metern Tiefe (Abb. 41), so kann man auch hier die Auswirkungen der Trockenheit 2016 – vor allem in der zweiten Jahreshälfte sehr gut nachvollziehen. Ausgehend von den Jahreshöchstwerten Ende März / Anfang April setzte eine Phase kontinuierlich sinkender Wasserspannungen ein. Das Jahresminimum wird schließlich im Dezember, und damit ungewöhnlich spät, erreicht. In den Trockenjahren 2003 und 2015 war der Verlauf der Minima bzw. das Austrocknungsverhalten im Jahresverlauf ähnlich. In beiden Fällen konnte jedoch ein spürbarer Anstieg der Bodenwasserspannungen in den letzten Wochen des Jahres beobachtet werden. Diese blieben im Jahr 2016 völlig aus. Der Dezember war laut Witterungsbericht in Nordbayern viel zu trocken. Die Niederschlagsmenge wich um 80 % vom langjährigen Durchschnitt ab, so dass die ansonsten übliche Wiederauffüllung der Bodenwasservorräte diesmal komplett ausgeblieben ist und die Bodenwasserspannung zum Jahreswechsel ihren Niedrigstwert im Jahr 2016 erreicht hat.

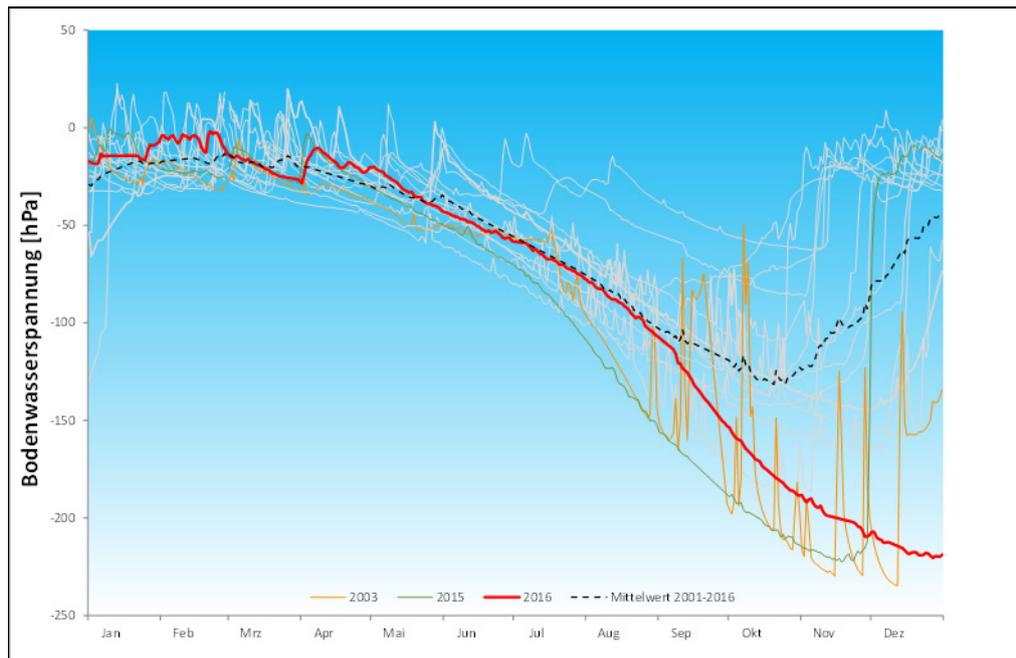


Abb. 41:  
Tagesmittel der  
Bodenwasser-  
spannung in 200 cm  
Tiefe der Jahre  
2001 bis und 2016

## 5 Lawinenwarndienst

Trotz des späten Starts in die Lawinenlageberichtssaison Anfang Januar waren die Lawinenkommissionen und Sicherheitsbehörden im Winter 2015/2016 mehrfach gefordert. Kritische Lawinensituationen Mitte Januar bis Anfang Februar 2016 veranlassten die Sicherheitsbehörden im Allgäu Straßensperrungen auszusprechen. In den darauffolgenden Monaten bis Anfang April kam es auch zu einigen Lawinenunfällen mit Personenbeteiligung mit dem traurigen Höhepunkt am 1. März, als sich am Breitenberg im Allgäu ein tödlicher Lawinenunfall ereignete.

Bis auf kurze Wintereinbrüche Mitte Oktober und Mitte November war der Herbst 2015 von lang andauernden Hochdruckwetterlagen geprägt. Bei warmen Temperaturen und Föhn schmolz der Schnee bis auf schattseitige Hochlagen weitgehend ab und im Boden konnte viel Wärme gespeichert werden. Mit dieser Bodenwärme war auch der Grundstein für eine ausgeprägte Gleitschneeaktivität im weiteren Winterverlauf gelegt. Besonders starke Gleitschneebewegungen der Schneedecke waren im Januar und im März zu beobachten (siehe Abb. 42).



Abb. 42: Gleitschneelawine im Allgäu

Nennenswerte Niederschläge, die in den Hochlagen als Schnee fielen, gab es ab 5. Januar. In Verbindung mit Wind kam es in den Folgetagen zu Verfrachtungen, so dass am 8. Januar der erste Lagebericht veröffentlicht wurde. Im weiteren Verlauf zeigte sich der Januar windig und vor allem im Westen bis Mitte des Monats neuschneereich. Starke Erwärmung und Regen ließen die Schneedecke gegen Ende des Monats aber wieder deutlich zurückgehen.

Der Februar war von Wind und milden Temperaturen geprägt. Vor allem Föhn setzte der Schneedecke stark zu, so dass es südseitig bis in mittlere Lagen weitgehend wieder ausaperte. Niederschlag wurde

meist von starkem Wind begleitet, so dass in Mulden und Rinnen meterhohe Verfrachtungen entstanden, während Rücken und Grate oft abgeweht und schneefrei waren.

Nach anfänglichen Schneefällen beruhigte sich die Wetterlage im März und der Schnee konnte sich schnell setzen. Die Lawinenlage wurde zunehmend durch die tageszeitliche Erwärmung bestimmt, die Gleitschnee-problematik trat erneut in den Vordergrund. Um Ostern gab es nochmal einen ergiebigen Neuschneezuwachs, was eine neuerlich kritische Situation für Wintersportler zur Folge hatte.

Danach setzte frühlingshaftes Tauwetter ein. Auch bedingt durch die geringmächtige Schneedecke ging die Lawinengefahr im April rasch zurück.

Insgesamt war der Winter 2015/2016 trotz der unterdurchschnittlichen Schneehöhe sehr dynamisch und wechselhaft. Während Neuschneefälle in Kombination mit Wind meist eine ausgeprägte Tribschnee-problematik zur Folge hatten (Abb. 43), die vor allem für den einzelnen Wintersportler eine Gefahr bedeutet, waren starke Erwärmung und Regen bis in die Hochlagen mit Nass- und Gleitschneezyklen verbunden (Abb. 42), die die Lawinenkommissionen vor allem im Januar immer wieder forderten.

Die Lawinengefahr im Winter 2015/2016 entwickelte sich wie folgt:

Bedingt durch den milden, schneearmen Herbst begann die Lageberichtssaison erst am 8. Januar, als lebhafter Wind den zuvor gefallenen Neuschnee in den Hochlagen verfrachtete und sich störanfällige Tribschneeablagerungen bildeten. Dies war der späteste Start in eine Lawinensaison seit Bestehen des Lawinenwarndienstes Bayern. Durch starken Wind und Neuschnee bildeten sich im Januar immer wieder störanfällige Tribschneeablagerungen in den Kammlagen des bayerischen Alpenraumes, was erhebliche Lawinengefahr zur Folge hatte. In mittleren Lagen lag verbreitet ein halber Meter im Westen bis zu einem Meter Schnee auf dem meist warmen Boden auf. Im Allgäu mussten in dieser Zeit immer wieder Straßen wegen Lawinengefahr gesperrt werden. Gegen Ende des Monats wurde es deutlich wärmer und der halbe Meter Neuschnee, der am 30. Januar fiel, taute durch hochreichenden Regen in Folge einer Warmfront in derselben Nacht wieder ab.

Der Februar war geprägt durch mehrere Warmwetterphasen meist begleitet von stürmischem Wind aus südlichen Richtungen. Die Schneedecke war meist gut gesetzt, kleinräumige Tribschneeablagerungen blieben aber störanfällig und es kam in dieser Zeit zu einigen Lawinenabgängen mit Personenbeteiligung. Die Lawinengefahr war oft mäßig mit Gefahrenstellen hinter Hangkanten und in Rinnen und Mulden. Hier konnten kleine Schneebretter schon mit geringer Zusatzbelastung ausgelöst werden. Dies war auch die Ursache des tödlichen Lawinenunfalls am Breitenberg im Allgäu am 1. März, als ein einzelner Skifahrer an einem Steilhang ein geringmächtiges Schneebrett auslöste und über steiles Schrofengelände abstürzte und zu Tode kam.

Nach anfänglichem Schneefall beruhigte sich das Wetter im März schnell und die Lawinengefahr ging von erheblich auf gering zurück. Der tageszeitliche Anstieg der Lawinengefahr auf Grund starker Erwärmung war oft zu beachten. Für den Skitourengeher wurde daher oft ein früher Start für seine Unternehmungen angeraten. In dieser Zeit rutschten zahlreiche Gleitschneelawinen auf dem Boden ab und erreichten kleine und mittlere Größe. Trotz geringer Lawinengefahr Mitte des Monats musste auf Grund der Gleitschneeaktivität ein Lift am Breitenberg im Allgäu aus Sicherheitsgründen abgeschaltet werden. Am Karsamstag kam es nochmal zu ergiebigem Neuschneefall und die Lawinengefahr erreichte die Gefahrenstufe 3, erheblich.



Abb. 43: Verblasener Schnee am Hockeck am 9. Februar

Der April begann mit Südströmung mild. Saharastaub lagerte sich zeitweise auf der Schneedecke ab. Auf Grund vermehrter Selbstauslösungen von Lawinen Anfang des Monats wurde die Lawinengefahr nochmal als erheblich eingestuft bevor die Schneedecke stark zurückging.

Insgesamt ist der Gefährdungsverlauf im Winter 2015/2016 als normal bis mäßig einzustufen mit den Hauptproblemen Tribschnee und Gleitschnee, die abwechselnd das Lawinengeschehen bestimmten. Die Gefahrenstufe 4 wurde nur an einem Tag, dem 1. Februar im Allgäu ausgegeben. Acht Lawinenunfälle mit Verletzten und unglücklicherweise einem Todesfall wurden bekannt. Wir danken den ehrenamtlichen Lawinenkommissionsmitgliedern und Beobachtern für ihre Einsatzbereitschaft, die einen unersetzbaren Beitrag leisten, um die Bevölkerung vor Lawinenunglücken zu schützen.

Aktuelle Informationen sowie Daten zum Berichtszeitraum (Lawinenlageberichte, Schneedeckenberichte, Lawinenunfälle) sind verfügbar unter [www.lawinenwarndienst.bayern.de](http://www.lawinenwarndienst.bayern.de).

## 6 Zusammenfassung

- In der Gesamtbilanz war das Jahr 2016 zu trocken und deutlich zu warm. So betrug die Jahresmitteltemperatur für Bayern 8,9°C und lag um 0,8 Grad über dem 30-jährigen Mittel der Jahre 1981 bis 2010. Damit war das Jahr 2016 als drittes Jahr in Folge zu warm, blieb aber um 0,7 Grad unter dem Rekordjahr 2014. Der Jahresniederschlag 2016 summierte sich für Bayern auf 922 mm und liegt um 5 % unter dem langjährigen Referenzwert (Mittel 1981 – 2010)
- Besonderheiten im Jahr 2016 sind die bayernweit im langjährigen Vergleich ungewöhnlich abflussstarken Monate Februar und Juni, sowie der abflussschwache Dezember. Im Gegensatz zu den Sommermonaten 2015, die geprägt waren durch ausgedehnte Niedrigwasserperioden mit sehr geringen Abflüssen, führen 2016 die außergewöhnlich hohen Niederschläge im 4-wöchigen Zeitraum vom 27.5.-26.6. zu ungewöhnlich hohen Abflüssen für diese Jahreszeit. Durch gewittrige unwitterartige Starkregen kommt es lokal zu Sturzfluten mit extrem hohen Abflüssen. Mehrtägige Dauerregenfälle im Juli, August und September lassen südlich der Donau sowie im Bereich des Bayerischen Waldes die Abflüsse ansteigen, und es kommt zu kleineren Hochwasserereignissen.
- Während die außergewöhnliche Hitzeperiode im Sommer 2015 an vielen Messstellen zu neuen Höchstwerten bei der Wassertemperatur geführt hat, wurden 2016 keine neuen Maxima registriert.
- Im Norden Bayerns sind die Schwebstoffkonzentrationen tendenziell geringer als im Süden. Vor allem der Inn führt besonders hohe Mengen an Schwebstoff mit sich. In Oberaudorf ist die mittlere Schwebstoffkonzentration etwa zehnfach so hoch wie in Kemmern.
- Die Hochwassersaison 2016 war vor allen Dingen von den durch sommerliche Starkniederschläge im Mai und Juni, vereinzelt auch noch im Juli verursachten, lokalen Sturzfluten geprägt, welche sich überwiegend in örtlichen Überschreitungen der Meldestufe 3 und 4 niederschlugen. Immerhin stellen diese bei den genannten Meldestufen über 50% (bei Meldestufe 4 sogar 100 %) aller in 2016 registrierten Überschreitungen der aktuell 267 bayerischen Hochwassermeldepegel dar.
- Im Gegensatz zum Junihochwasser 2013 waren die durch Starkregen ausgelösten Hochwasserereignisse 2016 lokal sehr begrenzt. In der Regel waren nur kleine bis sehr kleine Gewässer betroffen. Das Wasser ging schnell wieder zurück. Bei den überfluteten Flächen handelte es sich um ländliche Gebiete. Industrie- und Gewerbegebiete, in denen wassergefährdenden Stoffe zum Einsatz kommen, waren kaum betroffen. Zur Beweissicherung wurden punktuell Rückstellproben entnommen, die bei begründetem Verdacht auf Schadstoffbelastung gezielt untersucht werden. Im Gegensatz zum Junihochwasser 2013 konnte auf ein umfangreiches Beweissicherungsprogramm verzichtet werden.
- Grundwasser: Das Jahr 2016 war durch relativ niedrige Grundwasserstände und Quellschüttungen gekennzeichnet. Zu Jahresbeginn bestand an etwa 70 % der Messstellen im oberen Grundwasserstockwerk eine Niedrigwassersituation. Niederschläge und Schneeschmelze im Januar und Februar ließen die Grundwasserstände und Quellschüttungen dann aber rasch ansteigen, so dass die Zahl der Messstellen an denen niedrige und sehr niedrige Wasserstände aufgezeichnet wurden, bis auf 20 % zurückging. Bis Anfang Dezember lag die Anzahl der als niedrig eingestuften Messstellen stets unter 50 %.
- Lawinenwarndienst: Trotz des späten Starts in die Lawinenlageberichtssaison Anfang Januar waren die Lawinenkommissionen und Sicherheitsbehörden im Winter 2015/2016 mehrfach gefordert. Kritische Lawinensituationen Mitte Januar bis Anfang Februar 2016 veranlassten die Sicherheitsbehörden im Allgäu Straßensperrungen auszusprechen. In den darauffolgenden Monaten bis Anfang April kam es auch zu einigen Lawinenunfällen mit Personenbeteiligung mit dem traurigen Höhepunkt am 1. März, als sich am Breitenberg im Allgäu ein tödlicher Lawinenunfall ereignete.

- Die im Bericht beschriebenen Entwicklungen in Bayern können im Gewässerkundlichen-Dienst (GKD) im Internet unter: [www.gkd.bayern.de](http://www.gkd.bayern.de) eingesehen werden. Im Niedrigwasser-Informationssdienst (NID; [www.nid.bayern.de](http://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 2015 vom Mittelwert der Periode 1981–2010)	5
Abb. 2:	Niederschlagsverhältnisse in Bayern (Abweichung der Monatssummen in 2016 vom Mittelwert der Periode 1981–2010)	7
Abb. 3:	Niederschläge $h_N$ und Schneehöhen $h_S$ der Ombrometerstation Hammelburg	9
Abb. 4:	Niederschläge $h_N$ und Schneehöhen $h_S$ der Ombrometerstation Utting-Achselschwang	10
Abb. 5:	Aufsummierte Radarniederschläge [mm] für den 8-tägigen Starkregenzeitraum 29. Mai bis 05. Juni 2016	11
Abb. 6:	Jahresniederschläge ausgewählter Ombrometerstationen	15
Abb. 7:	Abflussentwicklung Kemmern / Main im Berichtsjahr 2016	18
Abb. 8:	Abfluss Kemmern / Main – Vergleich des aktuellen und langjährigen Monatsmittelwertes (Rohdaten)	18
Abb. 9:	Abflussentwicklung Kelheim / Donau im Berichtsjahr 2016	20
Abb. 10:	Abfluss Kelheim / Donau – Vergleich des aktuellen und langjährigen Monatsmittelwertes (Rohdaten)	20
Abb. 11:	Wasserstandsentwicklung Pegel Stock / Chiemsee im Berichtsjahr 2016 (Rohdaten)	22
Abb. 12:	Wasserstand Pegel Stock / Chiemsee – Vergleich des aktuellen und langjährigen Monatsmittelwertes (Rohdaten)	22
Abb. 13:	Pegel Passau-Ilzstadt/Donau (AEO 2.225 km <sup>2</sup> ): Wasserstand 01.01. – 31.12.2016	24
Abb. 14:	Pegel Passau-Ilzstadt/Donau (AEO 2.225 km <sup>2</sup> ): Abfluss 01.01. – 31.12.2016	24
Abb. 15:	Darstellung der Wassertemperaturmessstellen mit dem Jahresmittelwert 2016 in °C sowie im Vergleich zum langjährigen Wassertemperaturmittelwert (gesamter Beobachtungszeitraum - Rohdaten). Orange markiert sind die Messstellen bei denen der Jahresmittelwert 2016 größer ist als der Wassertemperaturgesamtmittelwert (seit Beobachtungsbeginn) und blau markiert sind die Pegel mit einem Jahresmittelwert 2016 der kleiner ist als der Gesamtmittelwert.	25
Abb. 16:	Jahresverlauf, Jahreshöchstwert und Jahresmittelwert der Wassertemperatur an den Messstellen Windischeschenbach/Naab (links) und Kempten/Iller (rechts) für das Berichtsjahr 2016	26
Abb. 17:	Mittlere Schwebstoffkonzentrationen [g/m <sup>3</sup> ] im Zeitraum 2011 bis 2016	27
Abb. 18:	Ganglinien der Schwebstoffgrößen und des Abflusses (Rohdaten) an der Messstelle Kemmern/Main im Berichtsjahr 2016	28
Abb. 19:	Ganglinien der Schwebstoffgrößen und des Abflusses (Rohdaten) an der Messstelle Oberaudorf/Inn im Berichtsjahr 2016	29
Abb. 20:	Ablaufschema Bewertung des ökologischen Zustandes nach EG-Wasserrahmenrichtlinie (aus Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz, Baden-Württemberg; 2011 unveröffentlicht)	30
Abb. 21:	Sauerstoff und Wassertemperatur an der automatischen Messstation Kahl am Main im Vergleich mit Stichprobenergebnissen von Ortho-Phosphat als Monatsmittel für das Jahr 2016 und dem langjährigen Mittel der Jahre 2000–2015	32
Abb. 22:	Sauerstoff und Wassertemperatur an der automatischen Messstation Donau, Ingolstadt im Vergleich mit Ortho-Phosphat der Messstelle Bittenbrunn als Monatsmittel für das Jahr 2016 und dem langjährigen Mittel der Jahre 2000–2015.	33
Abb. 23:	Der Tannerbach, Ortsteil Wiesmühle fünf Monate vor dem Sturzflutereignis	34
Abb. 24:	Die selbe Stelle mit völlig ausgeräumten Bachbett, 28 Tage nach der Sturzflut	34

Abb. 25: Relevanter Kenngrößen der Seebewertung im Vergleich. Königssee oben, Hopfensee unten. Chloro-a: Chlorophyllgehalt des Wassers in µg/l als Maß für die Menge von Phytoplantonorganismen P-ges.: Phosphorgehalt des Wassers in µ/l als Maß für den relevanten Nährstoff Phosphor Sichttiefe in cm als Maß für die Lichteindringtiefe	37
Abb. 26: Verlauf der Niedrigwassersituation 2015 und 2016 im Grundwasser: Grundwassermessstellen und Quellen des oberen Stockwerks mit einer Beobachtungsdauer > 5 Jahre	38
Abb. 27: Verlauf der Grundwasserstände im Niederterrassenschotter der Münchener Schotterebene (Messstelle Eching 275D, beobachtet seit 1939) - HHW: 465,59 m ü. NN, MW: 463,79 m ü. NN, NNW: 462,68 m ü. NN	39
Abb. 28: Verlauf der Grundwasserstände im Quartär (Messstelle Frühlingslust 86A, beobachtet seit 1938) - HHW: 116,34 m ü. NN, MW: 113,80 m ü. NN, NNW: 112,63 m ü. NN	40
Abb. 29: Verlauf der Grundwasserstände der Oberen Süßwassermolasse des Tertiärs (Messstelle Mauern T 1, beobachtet seit 2005) - HHW: 425,39 m ü. NN, MW: 424,94 m ü. NN, NNW: 424,62 m ü. NN	41
Abb. 30: Verlauf der Grundwasserstände im Malmkarst (Messstelle Heiligenstadt 9, beobachtet seit 1996) HHW: 458,69 m ü. NN, MW: 446,03 m ü. NN, NNW: 441,23 m ü. NN	41
Abb. 31: Verlauf der Grundwasserstände im Sandsteinkeuper (Messstelle Hallstadt 16, beobachtet seit 1997) HHW: 243,14 m ü. NN, MW: 241,87 m ü. NN, NNW: 241,04 m ü. NN	42
Abb. 32: Verlauf der Grundwasserstände im Muschelkalk (Messstelle ROTHOF (WÜ-MU 8), beobachtet seit 1998) HHW: 186,68 m ü. NN, MW: 181,39 m ü. NN, NNW: 178,43 m ü. NN	43
Abb. 33: Verlauf der Grundwasserstände im Buntsandstein (Messstelle Kothen S5, beobachtet seit 2001) HHW: 406,78 m ü. NN, MW : 403,21 m ü. NN, NNW: 401,24 m ü. NN	43
Abb. 34: Verlauf der Quellschüttungen im Ostbayerischen Kristallin (Messstelle Rassreuth, beobachtet seit 2012) HQ: 2,73 l/s, MQ:0,77 l/s, NQ: 0,29 l/s	44
Abb. 35: Verlauf der Quellschüttungen im voralpinen Moränengürtel (Messstelle Kalkofenquelle, beobachtet seit 2012) - HQ: 24,70 l/s, MQ: 14,99 l/s, NQ: 7,78 l/s	45
Abb. 36: Verlauf der Quellschüttungen im alpinen Raum (Messstelle Strailach 3-5, beobachtet seit 1988) HQ: 55,93 l/s, MQ: 23,27 l/s, NQ: 4,91 l/s	45
Abb. 37: Verlauf der Wassertemperatur an der Stauquelle Steindorf von 2012 bis 2017. HT: 11,07°C , MT: 9,68 °C, NT: 8,30°C	46
Abb. 38: Verlauf der Wassertemperatur an der Quelle Unterwaiz von 2012 bis 2017. HT: 10,8°C , MT: 8,99 °C, NT: 8,1 °C	47
Abb. 39: Entwicklung der Nitratgehalte im Grundwasser 2008-2016 (Messstellen je Konzentrationsklasse in %)	48
Abb. 40: Jahresverlauf von Bodenwassergehalt (Bw) in 50 cm Tiefe und Grundwasserstand (Gw) am Messstandort „Hochspessart“ der Jahre 2015 bis 2016	49
Abb. 41: Tagesmittel der Bodenwasser-spannung in 200 cm Tiefe der Jahre 2001 bis und 2016	50
Abb. 42: Gleitschneelawine im Allgäu	51
Abb. 43: Verblasener Schnee am Hockeck am 9. Februar	53

---

### 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](mailto:poststelle@lfu.bayern.de)

Internet: [www.lfu.bayern.de](http://www.lfu.bayern.de)

#### Postanschrift:

Bayerisches Landesamt für Umwelt  
86177 Augsburg

#### Bearbeitung:

Abteilung 8 mit Referat 62 und Referat 92

#### Bildnachweis:

Alle LfU

außer: Büro H2, München: Tab. 3 (Foto rechts)

Lorenz Köppel, Ramsau: Abb. 43

Kristian Rath, Bad Hindelang: Abb. 42

Dr. Doris Stelzer, Hohenbrunn-Riemerling: Tab. 3 (Foto links)

WWA Deggendorf: Abb. 23; Abb. 24

#### Stand:

April 2017

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](mailto: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.