

# Langjährige Entwicklung von Grundwasserständen und Quellschüttungen

## Eine Auswertung der Daten des hessischen Landesgrundwasserdienstes

W4

WOLF-PETER VON PAPE

Das Grundwasser ist Teil des Wasserkreislaufs. Die Schwankungen der Grundwasserstände und der Quellschüttungen sind ein sicht- und messbarer Ausdruck für die Vorratsänderungen in den Grundwasserstockwerken. Im Rahmen des Landesgrundwasserdienstes wird ein flächendeckendes Messnetz unterhalten, das für Grundwasserstände und Quellschüttungen repräsentative Werte liefert. Die Messstellen und Quellen des Landesgrundwasserdienstes sollen unbeeinflusst von Grundwasserentnahmen sein und den natürlichen Verlauf der Wasserstände und Quellschüttungen zeigen.

Die meisten Messstellen sind Brunnenrohre (Abb. 1), in denen der Wasserspiegel abgelotet wird. Es gibt aber auch einige alte Schachtbrunnen in den Dörfern (Abb. 2) oder in abgelegenen Standorten wie Forst- und Bahnwärterhäusern. Die Schüttung der Quellen (Abb. 3) wird an Gerinnen oder am Auslauf mit Behältern oder Wasserzählern direkt oder indirekt ermittelt.

Mit langfristigen Beobachtungen von Grundwasserständen und Quellschüttungen sind Entwicklungen zu erkennen, die als Grundlage für wasserwirtschaftliche Planungen dienen. Die Extremwerte, höchste



Abb. 2: Schachtbrunnen Wippenbach Nr. 486039.



Abb. 1: Grundwassermessstelle Wörsdorf Nr. 506029.



Abb. 3: Quellauslauf Breitenborn Nr. 486502.



Die zeitliche Entwicklung der Grundwasserstände und Quellschüttungen wird als Gangliniengrafik dargestellt. Typische Ganglinien haben großräumig einen ähnlichen Verlauf, oft unabhängig von Art und Lage des Grundwasserleiters. Sie sind jahreszeitlich geprägt mit steigenden Wasserständen im Winterhalbjahr und sinkenden im Sommer und Herbst. Die Schwankungen sind geprägt durch die Höhe der Grundwasserneubildung, die hydraulische Durchlässigkeit des Grundwasserleiters und die Morphologie des Gebirges. Sie werden von Trocken- und Nassperioden überlagert, so dass Extremwerte nur in diesen Zeiten auftreten. Die Lagepunkte der Messstellen, deren Messwerte als Ganglinien im Anhang darge-

stellt werden, sind in den Übersichtskarten (Abb. 4 und 5) mit Ringen markiert.

Die Grundwasserneubildung findet überwiegend im Winterhalbjahr statt, wenn die Vegetation reduziert, die Temperatur niedrig und damit die Verdunstung gering ist. Der Niederschlag kann teilweise ungehindert versickern und das Grundwasser anreichern, mit der Folge steigender Grundwasserstände. Im Sommer dagegen verdunstet ein großer Teil des Niederschlags und das Grundwasser sinkt in der Regel in dieser Jahreszeit. Auch die Quellschüttungen nehmen im Winter zu und im Sommer ab, so dass sie im Herbst am geringsten sind.

## Auswahl der Messstellen für die Auswertung

Für die Auswertung von Trends im Verlauf von Grundwasserständen und Quellschüttungen stehen Beobachtungen seit den 1950er Jahren und früher zur Verfügung. Kürzere Messreihen seit 1990 wurden nicht verwendet, da der langfristige Trend zu beurteilen ist.

Seit 1990, mit der Einführung der digitalen Techniken, wurden alle Grundwassermesswerte systematisch ausgewertet. Es zeigte sich, dass die Ganglinien der Wasserstände und Quellschüttungen mancher Messstellen keinen natürlichen Verlauf hatten. Manche waren von zeitweisen oder dauerhaften Entnahmen nahe gelegener Brunnen beeinflusst, andere fielen trocken oder hatten einen Überlauf, so dass hohe Wasserstände oben „abgeschnitten“ waren. So fiel z. B. ein alter Schachtbrunnen vor ein paar Jahren plötzlich trocken, als eine in der Nähe niedergebrachte Erdwärmehochbohrung die Wasserwegsamkeit „veränderte“. Die Konsequenz der Auswertung war, dass einige Messstellen aufgelassen oder durch Neubauten ersetzt wurden. Seit 1986 wurden 210 Messstellen und Quellen aufgelassen, mehrfach wegen Änderung der Eigentümer, z. B. Verkauf von Forst- und Bahnwärterhäusern. 242 Messstellen wurden neu gebaut, vor allem mit dem Ziel, die Grundwasserbeschaffenheit festzustellen und zu überwachen. Für die Auswertung von Trends ist der Beobachtungszeitraum der neuen Messstellen nur für Ersatzbohrungen ausreichend lang.

Die Grundwasserbeobachtung im Einflussbereich von Brunnen der Wasserwerke ist Aufgabe der Betreiber. Im Hessischen Ried und in der Untermainebene werden auch beeinflusste Grundwassermessstellen des Landes beobachtet, da hier die Absenkung durch Förderbrunnen der Wasserwerke großräumig ist und die Messnetze der Betreiber nicht das ganze Gebiet abdecken. Mit Hilfe dieser Messstellen wird die Einhaltung von festgelegten Grenzgrundwasserständen überwacht. Diese beeinflussten Messstellen werden nicht für die Auswertung von Trends verwendet, ebenso entfallen Messstellen in der Rhein- und Mainebene, die durch Beregnungsbrunnen großräumig beeinflusst werden.

Eine Unterteilung in flache und tiefe Messstellen, vor allem in unterschiedlichen Grundwasserstockwerken, ergab keine Unterschiede für die Auswertung der Grundwasserstände. Die flachen Schachtbrunnen neigen zu „zappelnden“ Ganglinien, da sie oberflächennahes Grundwasser erschließen und so schnell auf Niederschläge reagieren, tiefere Messstellen geben die Ereignisse zeitverzögert und mit gedämpften Ganglinien wieder. Die langfristigen Reaktionen auf Trocken- und Niedrigwasserperioden werden in fast allen Messstellen und Quellen beobachtet.

In der Karte (Abb. 4) sind die ausgewählten Messstellen zusammen mit den Trinkwasserschutzgebieten dargestellt. In den Schutzzonen I und II von Brunnen gibt es oft Absenkungen der Grundwasserober-

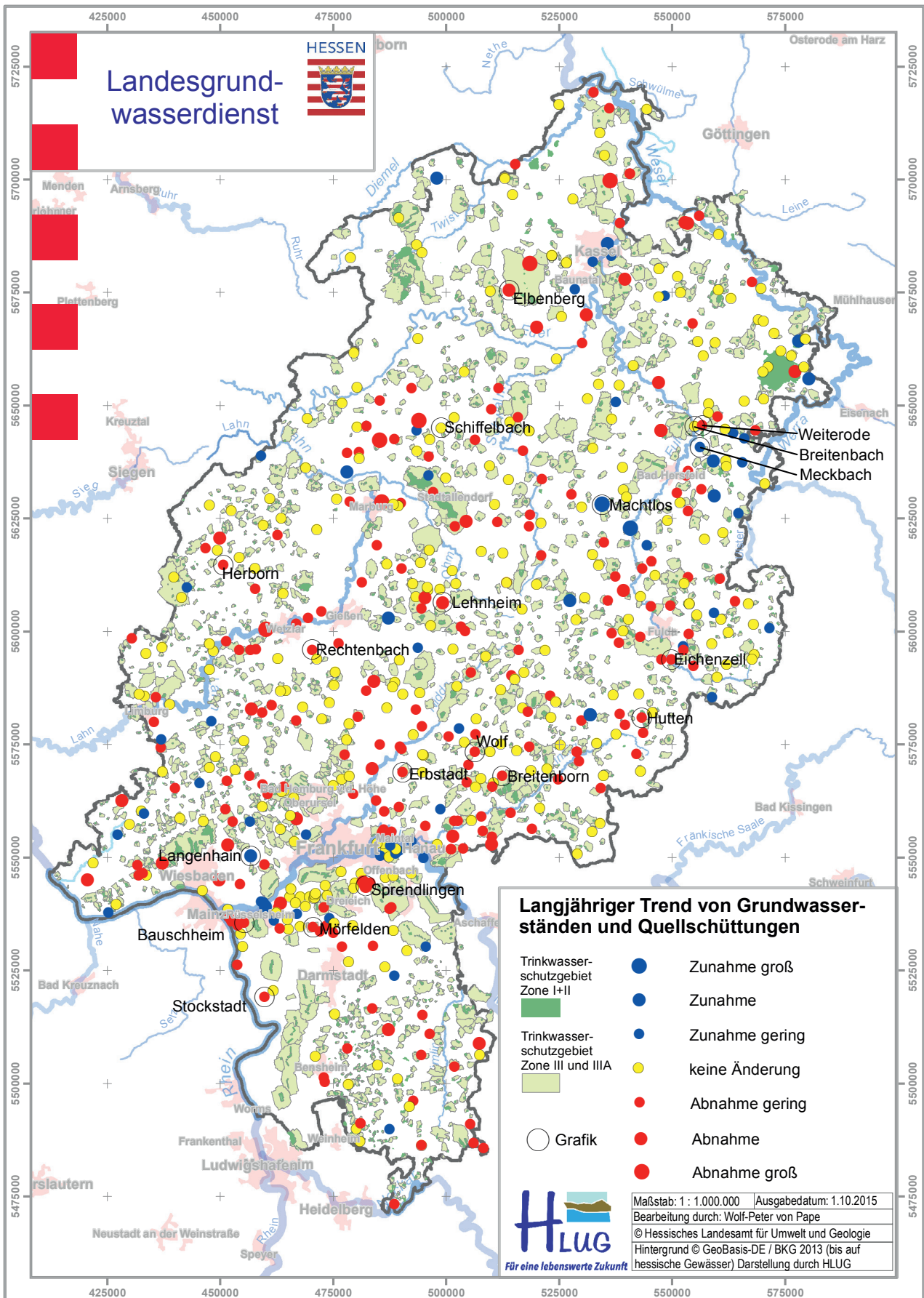


Abb. 4: Karte Grundwassermessstellen und Trinkwasserschutzgebiete.



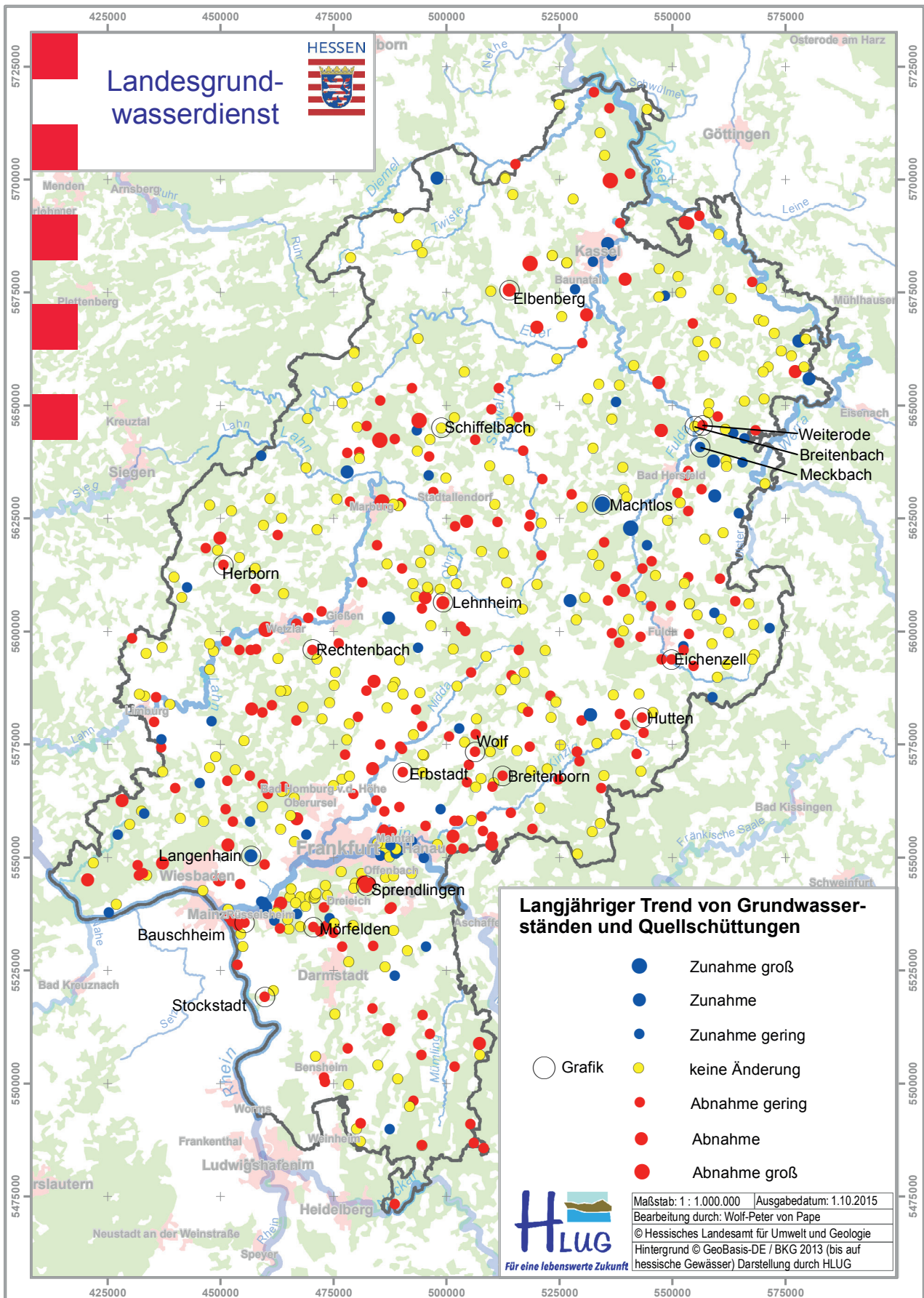


Abb. 5: Karte Grundwassermessstellen und Waldgebiete.

fläche. Die Schutzzonen III und IIIA sind häufig nicht von Absenkungen betroffen. Die Messstellen liegen meist außerhalb von Schutzzonen, selten am Rand der Zonen III und IIIA. Die Karte zeigt, dass die rot markierten Messstellen mit sinkenden Grundwasserständen nicht gehäuft in der Nähe von Schutzzonen auftreten. Schachtbrunnen in der Nähe von Tiefbrunnen sind oft von diesen unbeeinflusst und als Landesmessstellen geeignet.

In der Karte (Abb. 5) sind die Messstellen zusammen mit den Waldflächen dargestellt. Etwa die Hälfte aller Messstellen befindet sich im Wald. Die Verteilung sinkender, steigender und gleichbleibender Grundwasserstände ist unabhängig von Standorten im Wald und außerhalb.

## Auswertung

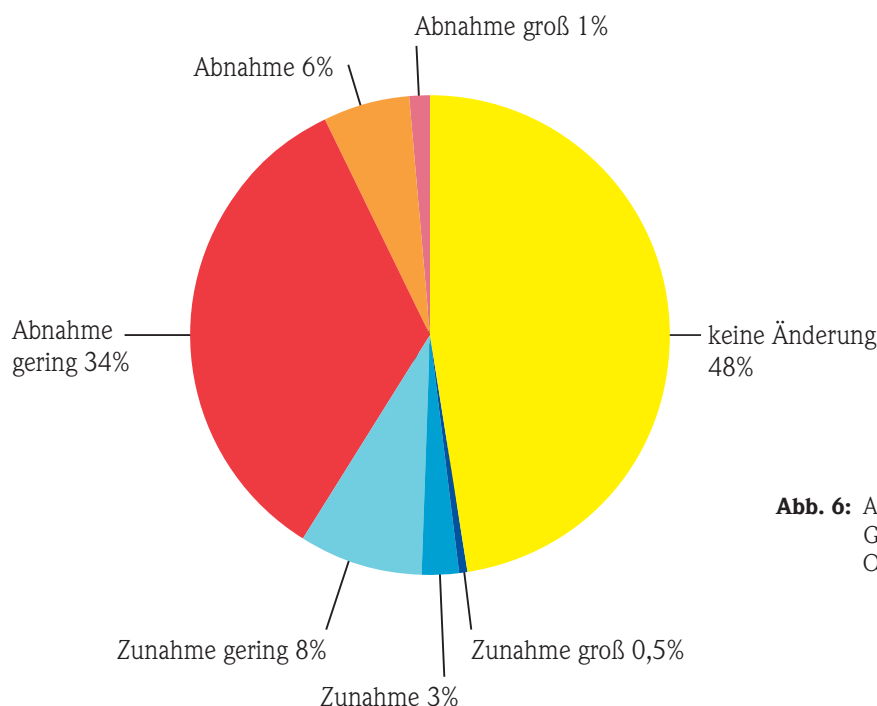
Es standen 869 Grundwassermessstellen und 62 Quellschüttungsmessstellen zur Verfügung. 393 Messstellen wurden nicht berücksichtigt, da sie z. B. durch Entnahmen oder Infiltrationen beeinflusst werden oder weil der Beobachtungszeitraum nicht ausreichend lang ist. Es blieben 538 Gangliniengrafiken, die individuell mit Hilfe von Trendlinien bewertet wurden. Das Tortendiagramm (Abb. 6) zeigt die gewählten Klassen und den Anteil der Messstellen in Prozent. In den Karten (Abb. 4 und 5) sind die Messstellen mit der gleichen Klasseneinteilung dargestellt.

Es ist nicht ganz auszuschließen, dass Messstellen mit anthropogen überprägten bzw. gestörten Trends in diese Auswertung einfließen. Geringfügige Änderungen der Quellschüttungen kann es so z. B. geben, wenn sich Aufgrund von Erschütterungen oder extremer Wetterereignisse etwas an den Fließwegen im Untergrund ändert. Schachtbrunnen in Siedlungen können auf Versiegelung reagieren oder durch Verlegung von Leitungen und Drainagen beeinflusst werden. Maßnahmen an Gewässern können durch veränderte Vorfluthöhen auf die Grundwasserstände in der Nähe reagieren. Bei besonders auffälligen Veränderungen wurden mögliche Ursachen wie z. B. Inbetriebnahme oder Aufgabe von Gemeindebrunnen geprüft.

Die Messstellen sind mit farblich markierten Klassen in den Karten (Abb. 4 und 5) dargestellt, die wie folgt erläutert werden:

Etwa die Hälfte aller **Messstellen zeigt keine Tendenz** zu langjährigen Veränderungen. Die Nass- und Trockenperioden sind mehr oder weniger stark ausgeprägt.

Es gibt deutlich weniger **Messstellen mit steigender Tendenz**. Eine leichte Häufung ansteigender Grund-



**Abb. 6:** Anteile veränderter Grundwasserstände und Quellschüttungen.

wasserstände ist im Gebiet Bad Hersfeld und im Taunus zu beobachten. Hier liegen Messstellen mit zunehmenden, gleichbleibenden und abnehmenden Wasserständen sogar nicht weit entfernt von einander.

Die meisten **Messstellen mit sinkender Tendenz** hatten hohe Grundwasserstände in den 1950er und 1960er Jahren mit größeren jahreszeitlichen Schwankungen als heute. Die Trockenperiode von 1970 bis 1976 ist meist mit deutlich sinkenden Wasserständen ausgeprägt. Der Wiederanstieg in den 1980er Jahren erreichte oft nicht mehr die hohen Wasserstände früherer Jahre. Nach einer erneuten Trockenperiode von 1989 bis 1994 stieg das Grundwasser bis zu einem Höhepunkt im Frühjahr 2001. Nach dem Trockenjahr 2003 mit stark gesunkenen Grund-

wasserständen blieben sie bis heute auf etwas niedrigerem Niveau.

Die jahreszeitlichen Höhen der Wasserspiegelschwankungen oder Amplituden waren in den 1950er und 1960er Jahren in vielen Messstellen größer als heute. Nach der Trockenperiode Anfang 1970 und nochmals nach 2003 sind sie zurückgegangen. Die im Folgenden dargestellten Niederschlagshöhen und Lufttemperaturen zeigen keine Änderung jahreszeitlicher Schwankungen in dem Zeitraum ab 1950, die eindeutige Erklärungsansätze bieten würden. Lediglich in manchen flachen Schachtbrunnen oder Messstellen können gedämpfte Schwankungshöhen auf einen zunehmenden Flurabstand zurück zu führen sein.

## Ergebnisse

- Bei 41 % aller geogen unbeeinflussten Grundwasser- und Quellschüttungsmessstellen sind die Wasserstände und Schüttungen in der letzten Jahrzehnten zurückgegangen,
- bei 11 % der Messstellen haben sie zugenommen,
- Fast die Hälfte aller Messstellen zeigt keinen Trend,
- die Messstellen mit Veränderungen sind überall verteilt und nicht regional verdichtet,
- die Veränderungen sind unabhängig von Waldstandorten.

Die Veränderungen betragen meist nur wenige Dezimeter, selten über einen Meter. Aus wasserwirtschaftlicher Sicht sind sie zunächst geringfügig. Aus hydrogeologischer Sicht sind die Veränderung hin zu sinkenden Grundwasserständen und zurückgehenden Quellschüttungen aber bemerkenswert. Die Beobachtungen zeigen, dass die Grundwasserneubildung bei 41 % aller Messstellen zurückgegangen ist und zwar seit 1970 und in einer erneuten Phase seit dem trockenen und heißen Sommer 2003.

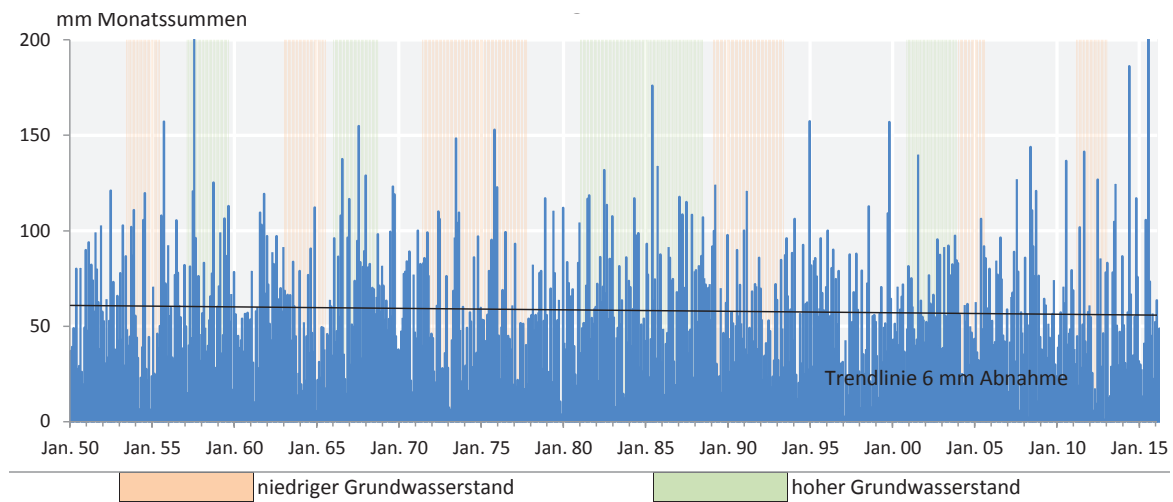
## Niederschlag und Lufttemperatur

Da Niederschlag und Lufttemperatur maßgeblich für die Grundwasserstände und Quellschüttungen sind, wurden die Messwerte von 16 Wetterstationen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) grafisch ausgewertet. Der Zeitraum von 1950 bis heute ist derselbe wie der der Grundwasserbeobachtung. Im Hintergrund der monatlichen Niederschlagssummen sind die Phasen hoher und niedriger Grundwasserstände typischer Messstellen aus den Gebieten farblich markiert (Abb. 7, 9 und 11). Die Grundwasserstände und Quellschüttungen korrelieren mit den Nieder-

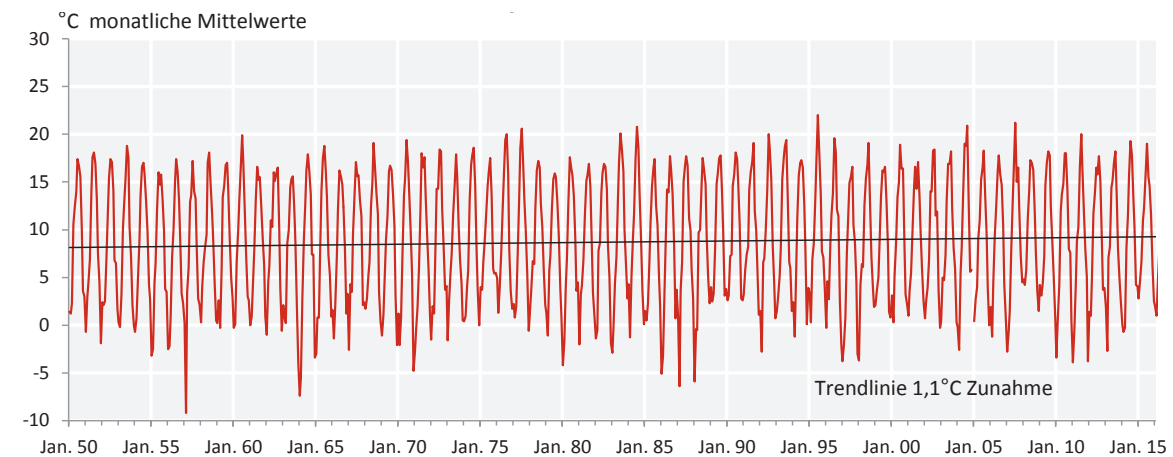
schlagshöhen in Nass- und Trockenperioden. Die Trendlinien der Niederschläge zeigen, dass die Niederschlagshöhe seit 1950 um wenige Millimeter zurückgegangen ist. Die Trendlinien der Temperaturen nehmen in demselben Zeitraum um durchschnittlich 1,6 °C zu (Abb. 8, 10 und 12). Die Messstationen sind über ganz Hessen verteilt, so dass das Ergebnis (Tabelle 1) auch flächendeckend für Einflüsse auf Grundwasserstände und Quellschüttungen übertragbar ist.

**Tab. 1:** DWD-Stationen - Trend von Monatssummen Niederschlag und Monatsmittelwerte Temperatur (aus im Internet veröffentlichten Messwerten generiert).

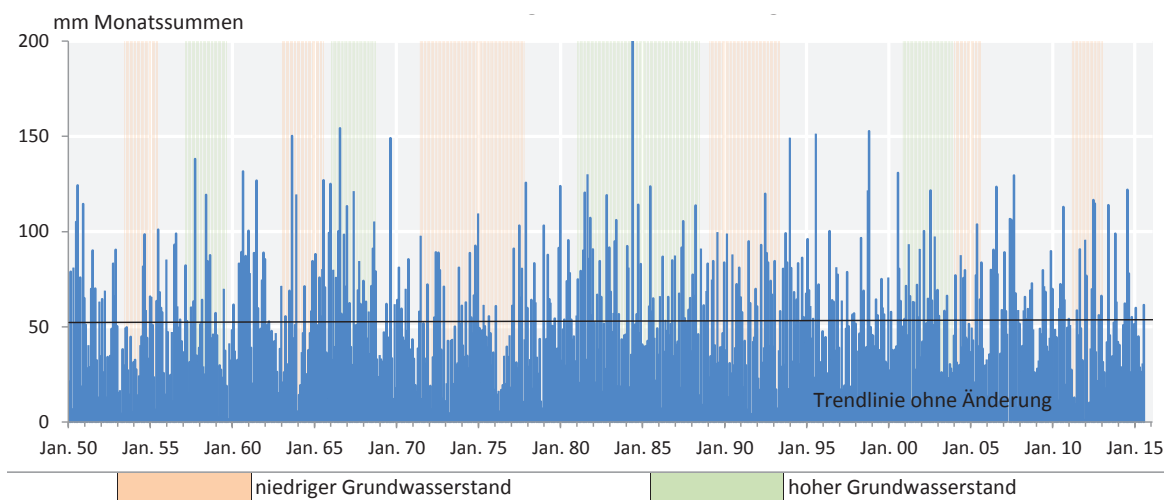
Stationsname	Beobachtet seit	Niederschlag Trend [mm]	Temperatur Trend [°C]
Beerfelden	1937	-6	1,8
Burgwald-Bottendorf	1952	-10	2
Dillenburg	1947	-4	0,9
Eschwege	1974	0	1,8
Frankfurt/Main	1949	-7	2,2
Geisenheim	1935	-1	1,7
Gießen-Wettenberg	1939	0	1,1
Gilsberg-Moisscheid	1949	-6	1,7
Bad Hersfeld	1949	-6	1,1
Marburg-Cölbe	1946	0	1,5
Bad Nauheim	1947	0	1,8
Neukirchen	1947	-3	2,1
Schotten	1949	-4	1,1
Wahlsburg-Lippoldsberg	1951	-5	1,1
Waldems-Reinborn	1951	-4	1,8
Wasserkuppe	1936	-2	1,8
	Mittelwert	-3,6	1,6



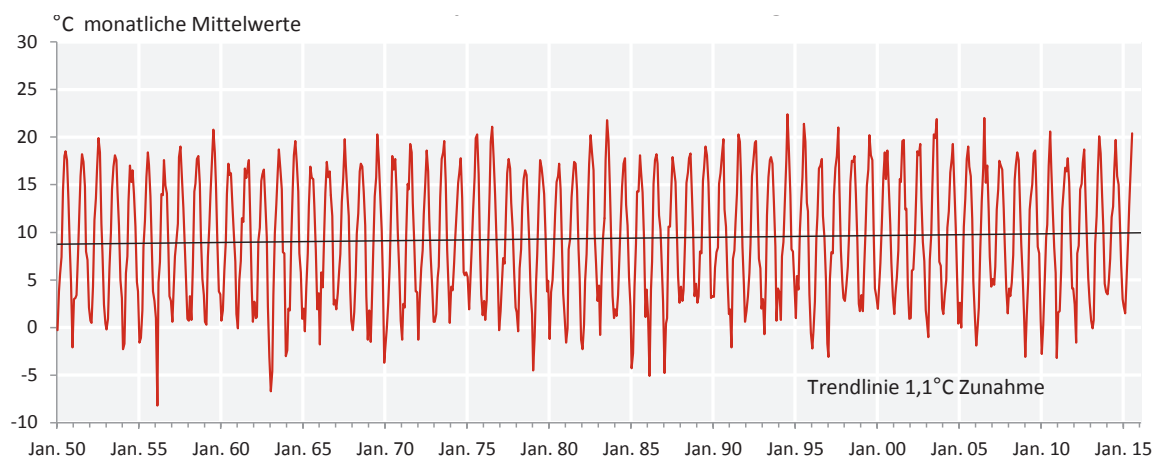
**Abb. 7:** Monatssumme Niederschlag Bad Hersfeld.



**Abb. 8:** Monatsmittelwert Lufttemperatur Bad Hersfeld.



**Abb. 9:** Monatssumme Niederschlag Gießen-Wettenberg.



**Abb. 10:** Monatsmittelwert Lufttemperatur Gießen-Wettenberg.

Die klimatische Temperaturzunahme und damit eine höhere Verdunstung wirken großräumig, und auch der verringerte Niederschlag ist flächendeckend in fast allen Stationen zu beobachten. Beides führt zu einer abnehmenden Grundwasserneubildung, die sich auf die Grundwasserstände auswirken kann. Die zunehmenden Grundwasserstände können z. B. auf lokal unterschiedliche Witterungseinflüsse oder veränderte Vegetation zurückzuführen sein.

Die Grundwasserstände und Quellschüttungen sind das Ergebnis von komplexen Zusammenhängen von Niederschlag, Verdunstung, Abfluss, Vegetation und vieles mehr. Die Beobachtungen in den letzten Jahrzehnten und diese ergebnisorientierte Auswertung zeigen eine Reaktion des Grundwassers auf den sich andeutenden Klimawandel.



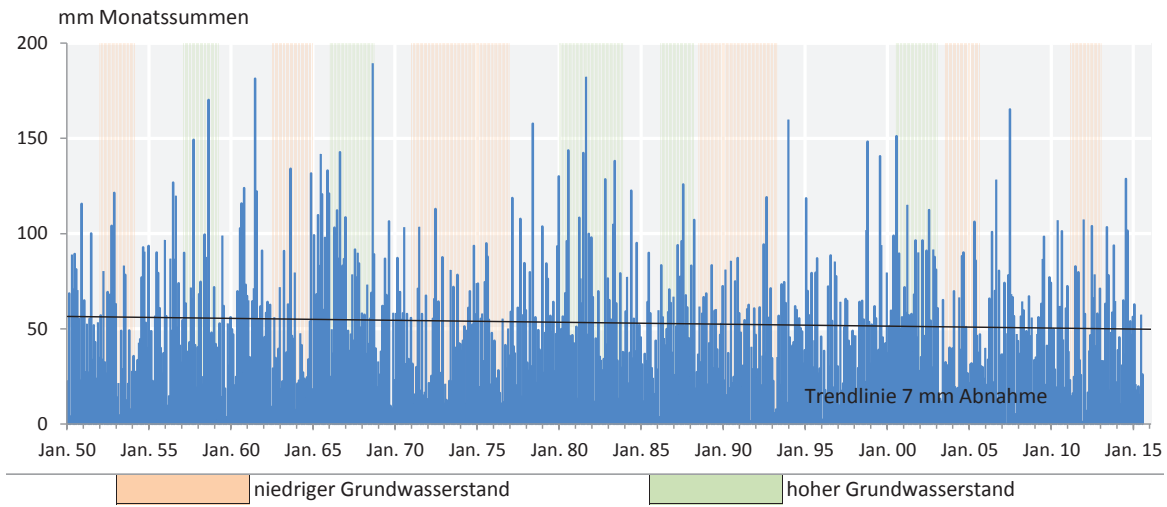


Abb. 11: Monatssumme Niederschlag Frankfurt-Flughafen.

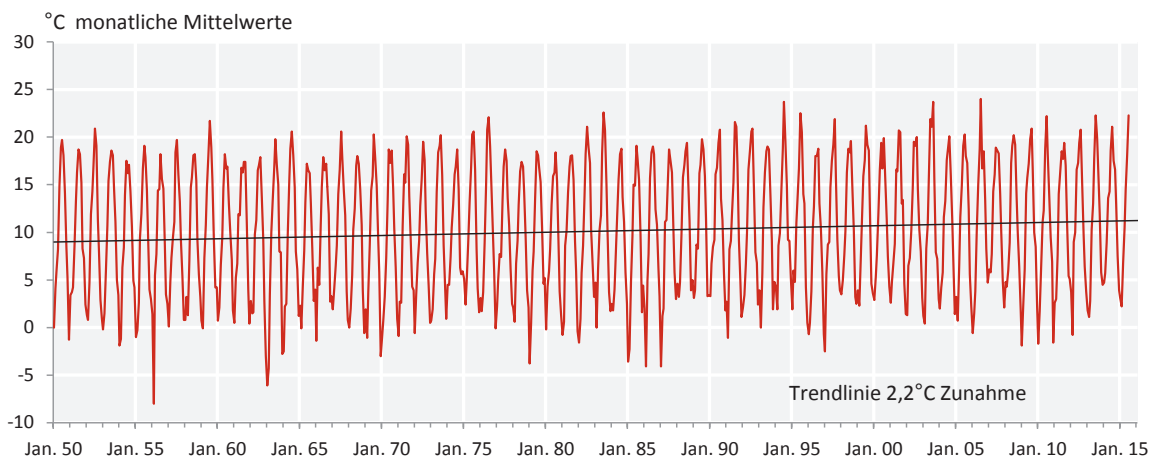


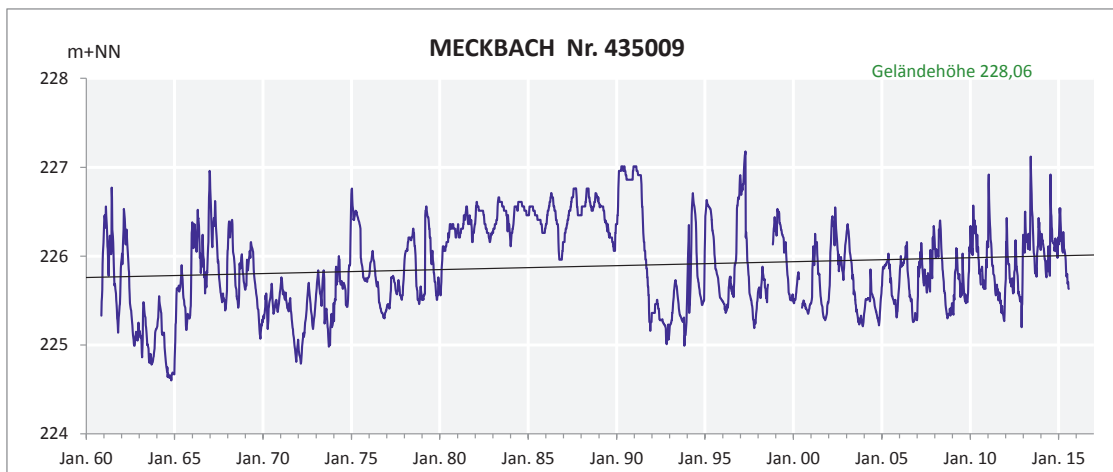
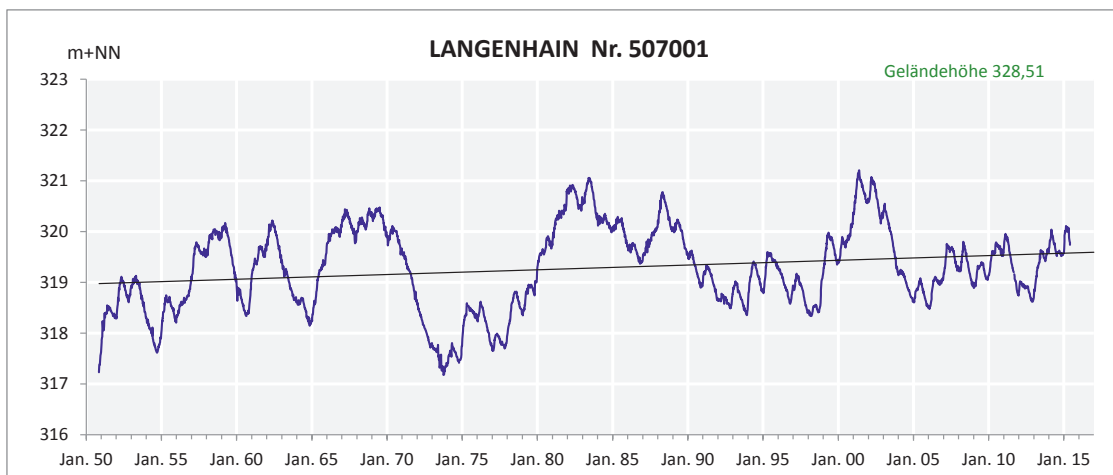
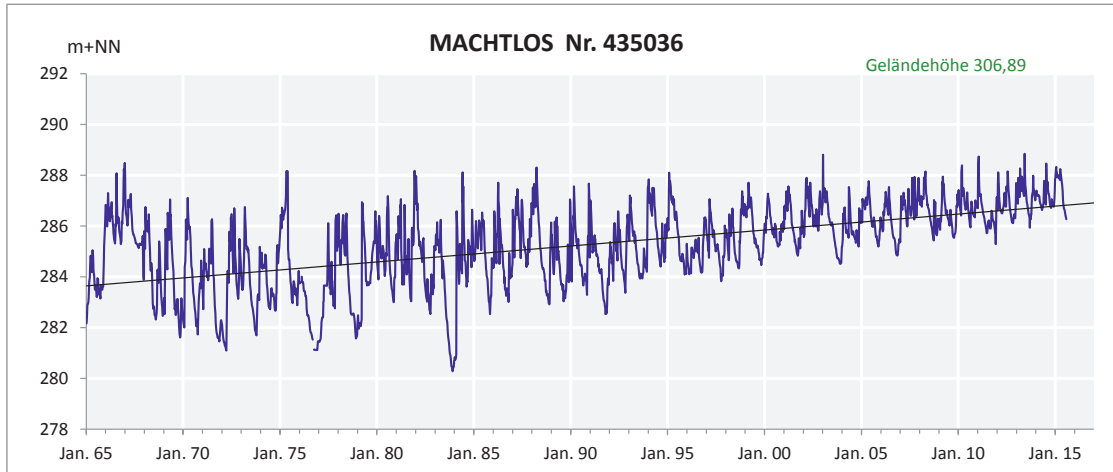
Abb. 12: Monatsmittelwert Lufttemperatur Frankfurt-Flughafen.

Die im Anhang folgenden Grafiken sind repräsentativ für fast alle Ganglinien von Grundwasserständen. Die Messstellen sind in den Karten eingetragen. Vor allem sind abnehmende Wasserstände aus verschiedenen Regionen dargestellt. Gangliniengrafiken von

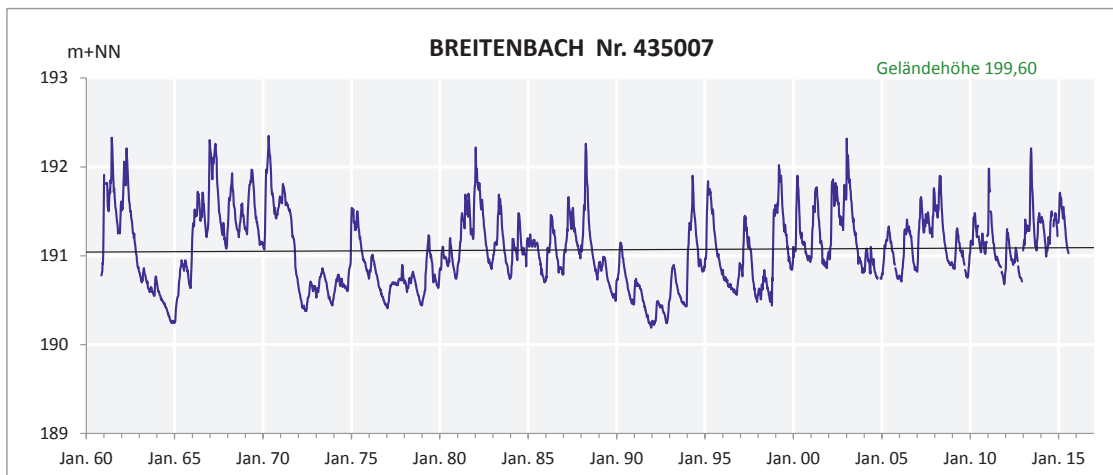
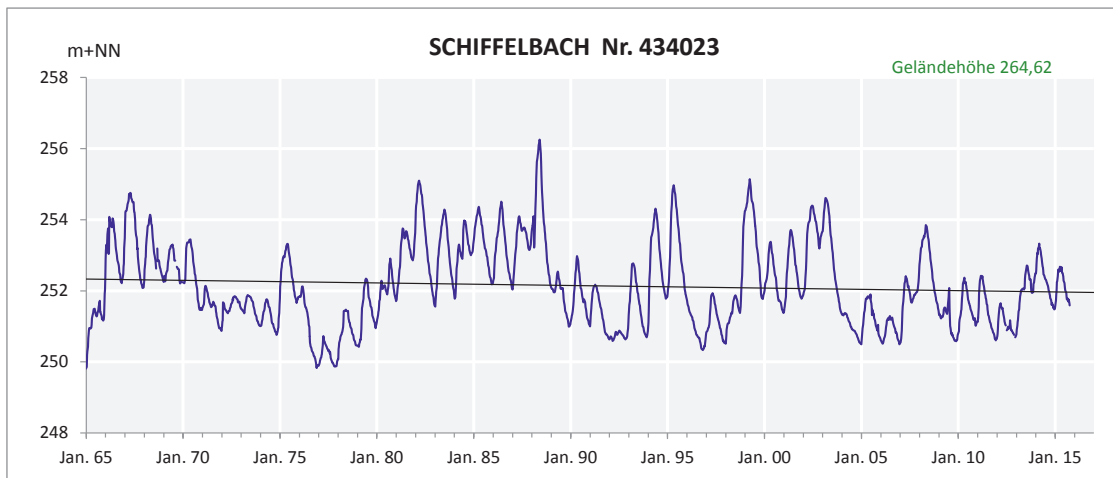
150 Messstellen werden im Internet unter <http://www.hlug.de/start/wasser/grundwasser/grundwasserstaende-und-quellschuettungen.html> veröffentlicht und fortgeschrieben.

## Anhang

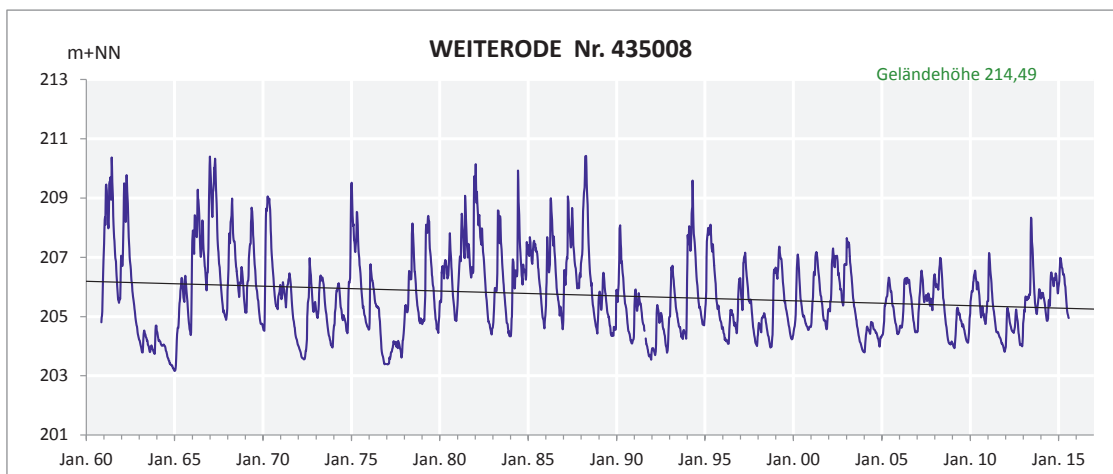
### Zunehmende Grundwasserstände



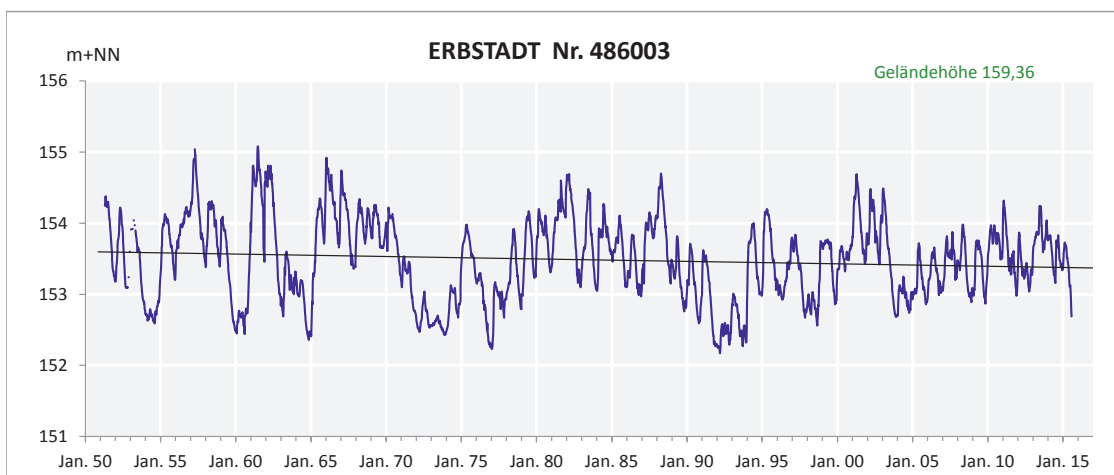
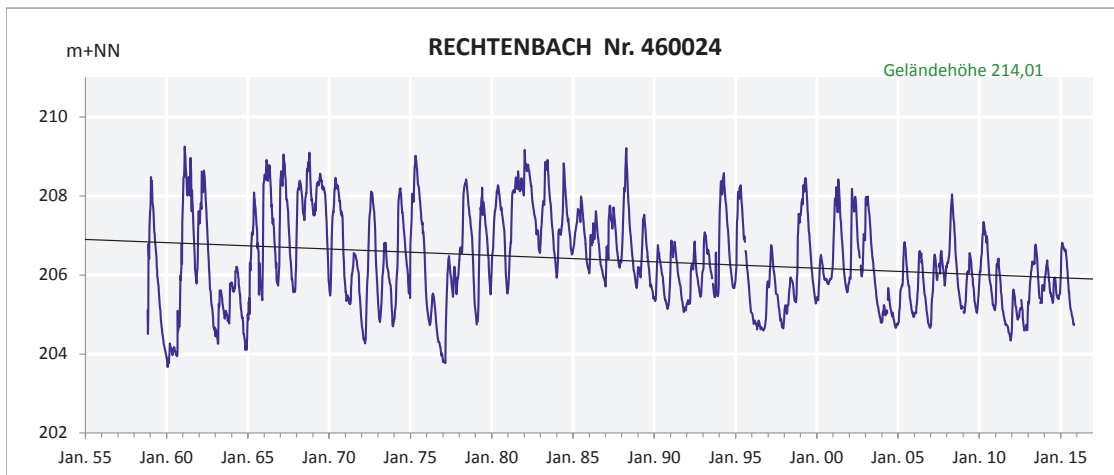
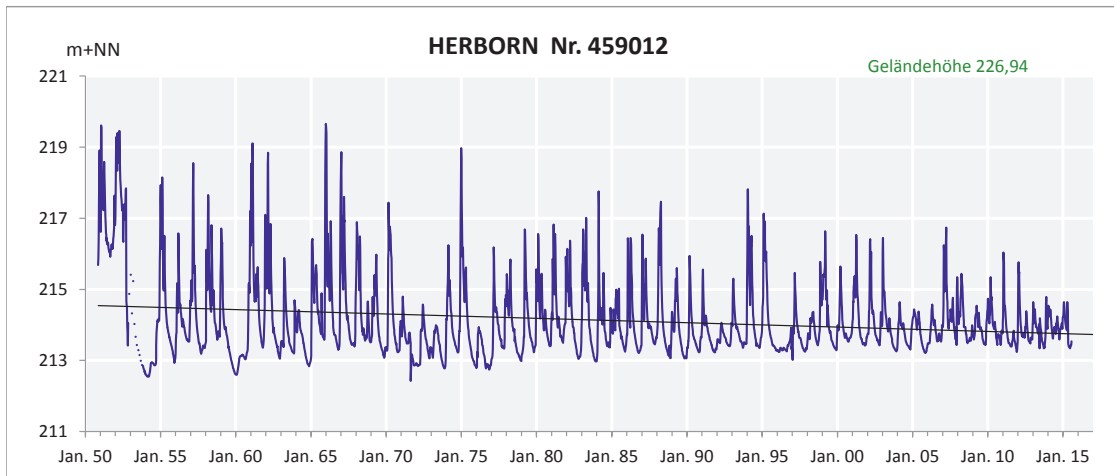
Gleichbleibende Grundwasserstände



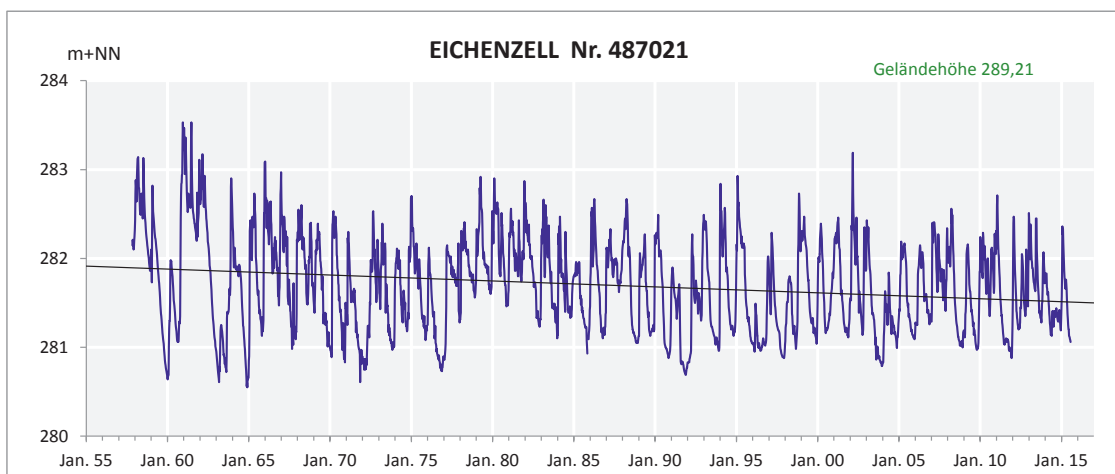
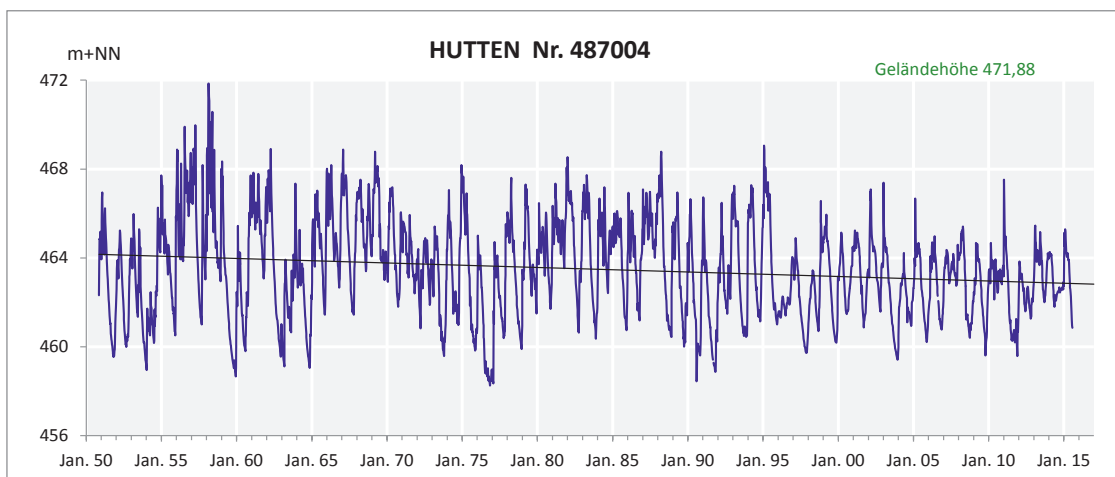
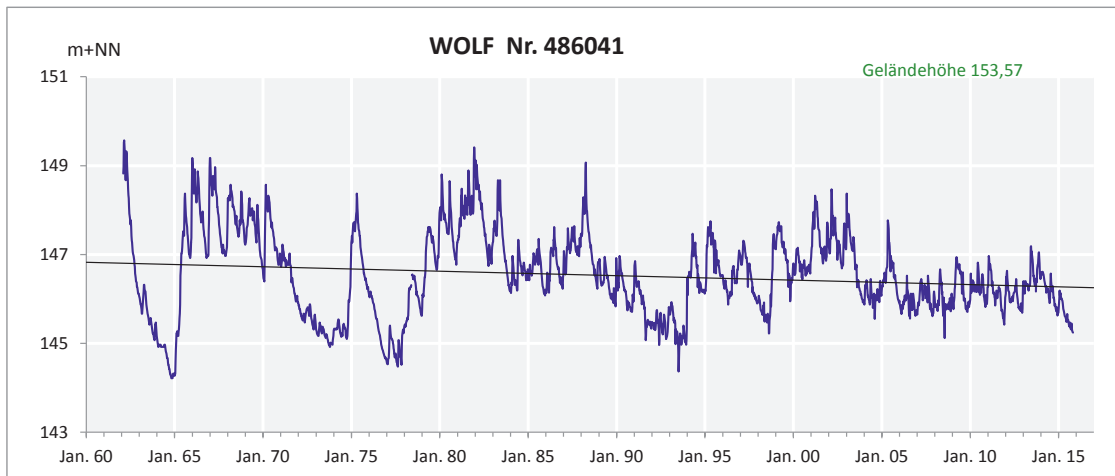
Sinkende Grundwasserstände

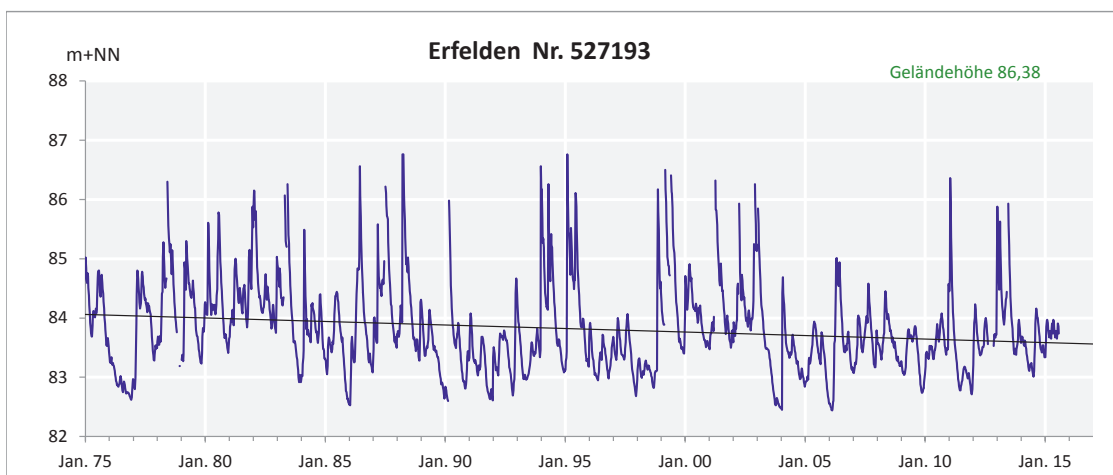
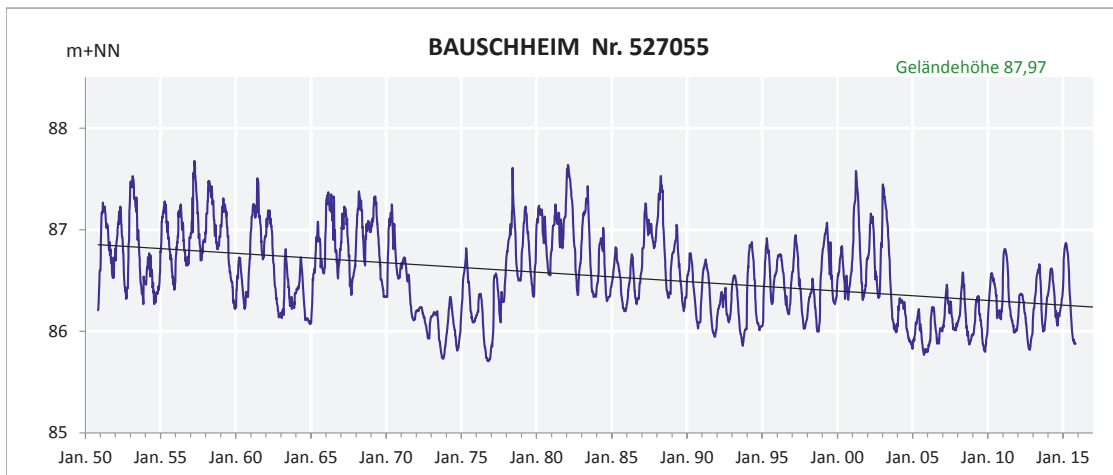
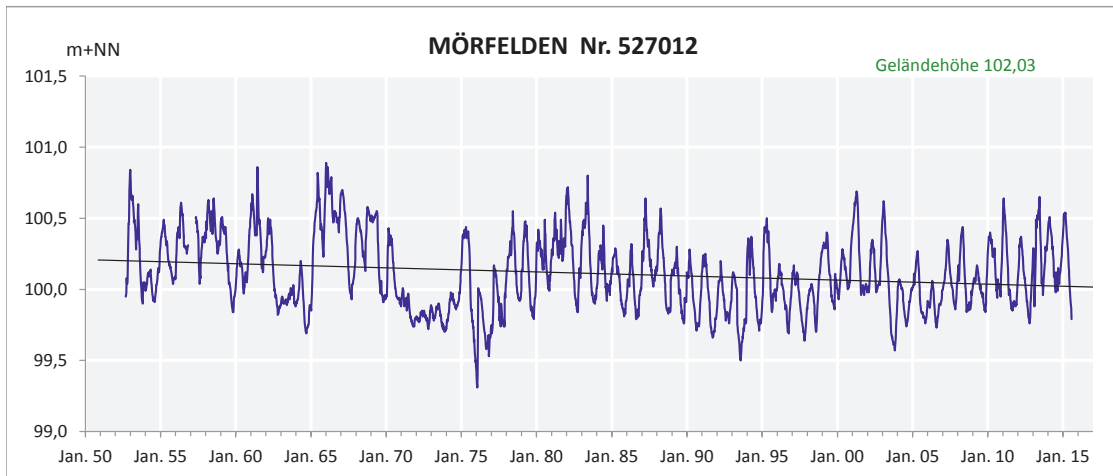






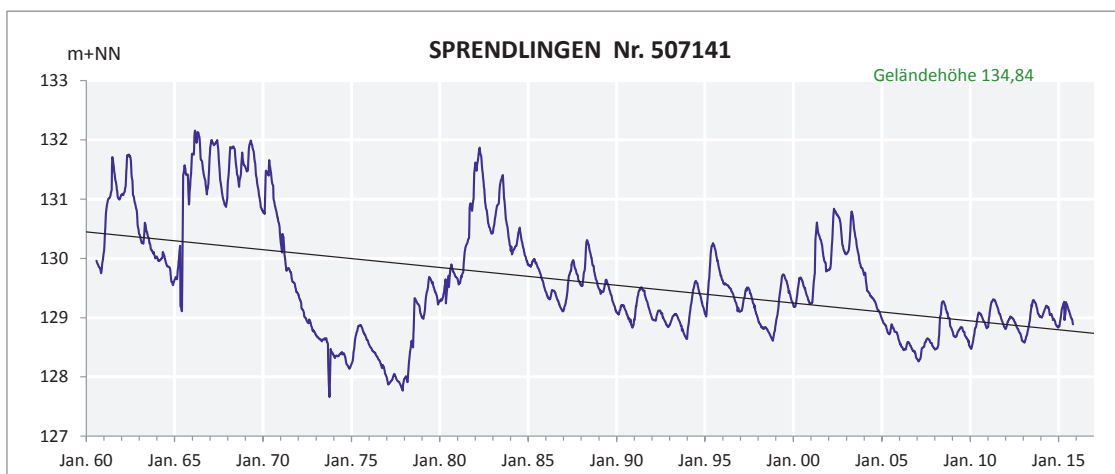
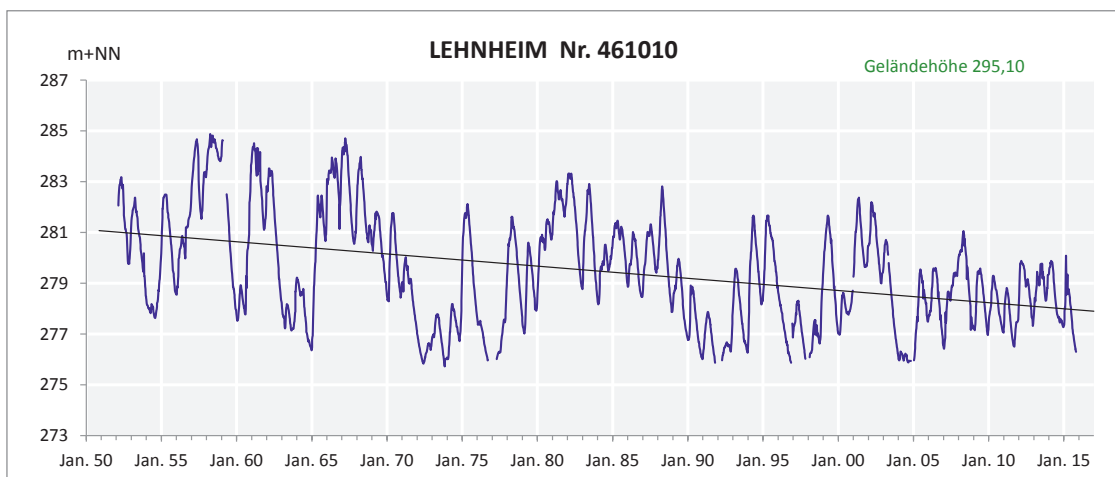
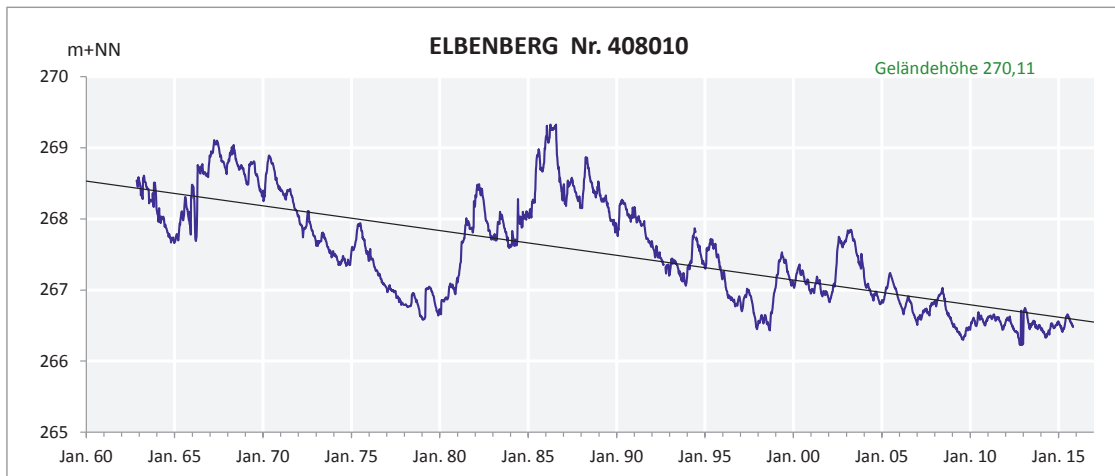
WOLF-PETER VON PAPE  
Langjährige Entwicklung von Grundwasserständen und Quellschüttungen







WOLF-PETER VON PAPE  
Langjährige Entwicklung von Grundwasserständen und Quellschüttungen



## Abnehmende Quellschüttung

