



Beweissicherung Wasserwerk Nordheide

Berichtsjahr 2019

Fachbeitrag Hydrologie

Auftraggeber: Hamburger Wasserwerke GmbH
 Herr Dr. Hermann Kukowski
 Billhorner Deich 2

 20539 Hamburg

Bearbeiter: M. Sc.-Geow. Björn Stiller
 Dipl. Geol. Ulf Lankenau
 Dipl. Geol. Hilger Schmedding

Projektnummer: 53949

53949-Fachbeitrag_Hydrologie-2019_20221216_final.docx

Hildesheim, im Juni 2021

Zuletzt überarbeitet im Dezember 2022 durch HAMBURG WASSER nach inhaltlicher Rückmeldung vom Gewässerkundlichen Landesdienst und Landkreis Harburg.

Inhaltsverzeichnis

1	VORGANG.....	3
2	STAND DER UMBAUMAßNAHMEN AN ABFLUSSMESSSTELLEN.....	3
3	DATENERHEBUNG	4
4	WETTERDATEN.....	6
5	AUSWERTUNG UND BEWERTUNG DER PEGELDATEN	12
5.1	Begriffe und Definitionen	12
5.2	Darstellung und Plausibilitätsprüfung der Wasserstands- und Abflussganglinien	13
5.3	Gewässerkundliche Hauptwerte und Ermittlung des Basisabflusses	16
5.4	Trendanalyse der Niedrigwasserabflüsse NM7Q	20
5.4.1	Allgemeines.....	20
5.4.2	Methodik der Berechnungsverfahren.....	20
5.4.3	Datenumfang und Auswertungszeiträume.....	22
5.4.4	Erläuterung der Auswertung exemplarisch am Beispiel der Messstelle Jehrden.....	22
5.4.5	Ergebnisse	24
5.4.6	Zusammenfassung.....	27
6	EMPFEHLUNGEN ZUR WEITEREN VORGEHENSWEISE.....	30
7	ZUSAMMENFASSUNG.....	31
	ABBILDUNGEN UND TABELLEN	32
	ANLAGENVERZEICHNIS.....	33
	LITERATURVERZEICHNIS	34

1 Vorgang

In der gehobenen Erlaubnis für das Wasserwerk Nordheide zur Grundwasserförderung aus Brunnen der Fassungen Nordheide West, Nordheide Ost und Schierhorn zum Zwecke der Trink- und Brauchwassergewinnung vom 03.04.2019 [U 8] wurden die Hamburger Wasserwerke GmbH (HWW) in *Teil A.V* zur Durchführung einer Beweissicherung verpflichtet. Die CONSULAQUA Hamburg Beratungsgesellschaft mbH (CAH) wurde von HWW beauftragt, die von HWW erhobenen Daten im hiermit vorliegenden Fachbeitrag Hydrologie für das Berichtsjahr 2019 darzustellen und aus hydrologischer und hydrogeologischer Sicht zu bewerten.

2 Stand der Umbaumaßnahmen an Abflussmessstellen

In *Teil A.V 1. b.(1)* der gehobenen Erlaubnis für das Wasserwerk Nordheide [U 8] wurden die HWW verpflichtet, sieben Abflussmessstellen an kleinen Gewässern im Einzugsgebiet der WG Nordheide messtechnisch anzupassen. Dort ist zukünftig, neben der kontinuierlichen Messung und Erfassung des Wasserstands, auch eine kontinuierliche Messung und Erfassung der Fließgeschwindigkeit nach dem Stand der Technik durchzuführen. Die HWW haben beschlossen, diesen Anlass zu nutzen, sämtliche von HWW betriebenen Abflussmessstellen im Einzugsgebiet der WG Nordheide auf eine neue Messtechnik mit kontinuierlicher Messung der Parameter Wasserstand, Fließgeschwindigkeit und Temperatur umzurüsten sowie die Messstellen baulich zu ertüchtigen.

Der Landkreis Harburg wurde von Beginn an in den Planungsprozess für die messtechnische Ausrüstung sowie die Ertüchtigung mit einbezogen. Seitens des Landkreises wurde gefordert, die bestehende und die neue Messtechnik mindestens ein Jahr sowie mindestens eine Niedrigwasserphase parallel zu betreiben, bevor der Abbau der alten Messtechnik und die bauliche Ertüchtigung erfolgen kann.

Die Planungsunterlagen für das von den HWW favorisierte messtechnische System unter Betrachtung der hydraulischen Besonderheiten an den vorhandenen Messquerschnitten wurden dem Landkreis Harburg zur Abstimmung im Januar 2020 vorgelegt. Der Landkreis Harburg hat die Eignung des Messsystems am 05.06.2020 festgestellt, woraufhin die Vorbereitung der Vergabe für die neue Messtechnik begann. Im März 2021 erfolgte die Vergabe der Leistungen für die Ausrüstung der Abflussmessstellen mit neuer Messtechnik.

Die Installation und Inbetriebnahme der neuen Messtechnik ist für den Sommer 2021 vorgesehen. In diesem Zusammenhang wird auch die seit 2005 nicht mehr betriebene Messstelle Inzmühlen/W mit neuer Messtechnik ausgestattet und der Messbetrieb anschließend aufgenommen.

3 Datenerhebung

Das Beweissicherungsgebiet befindet sich vollständig im Flussgebiet der Elbe. Die Hauptvorfluter sind die Gewässer Este, Seeve, Schmale Aue und Luhe, wobei die Schmale Aue selbst ein Nebengewässer der Seeve ist. Die Beobachtung der Wasserstände und Abflussmengen im Untersuchungsgebiet geschieht an insgesamt 15 Abflussmessstellen innerhalb der Flussgebiete der vier genannten Hauptvorfluter. Eine Übersicht über die Flussgebiete und die ausgewerteten Abflussmessstellen geben Abbildung 1.

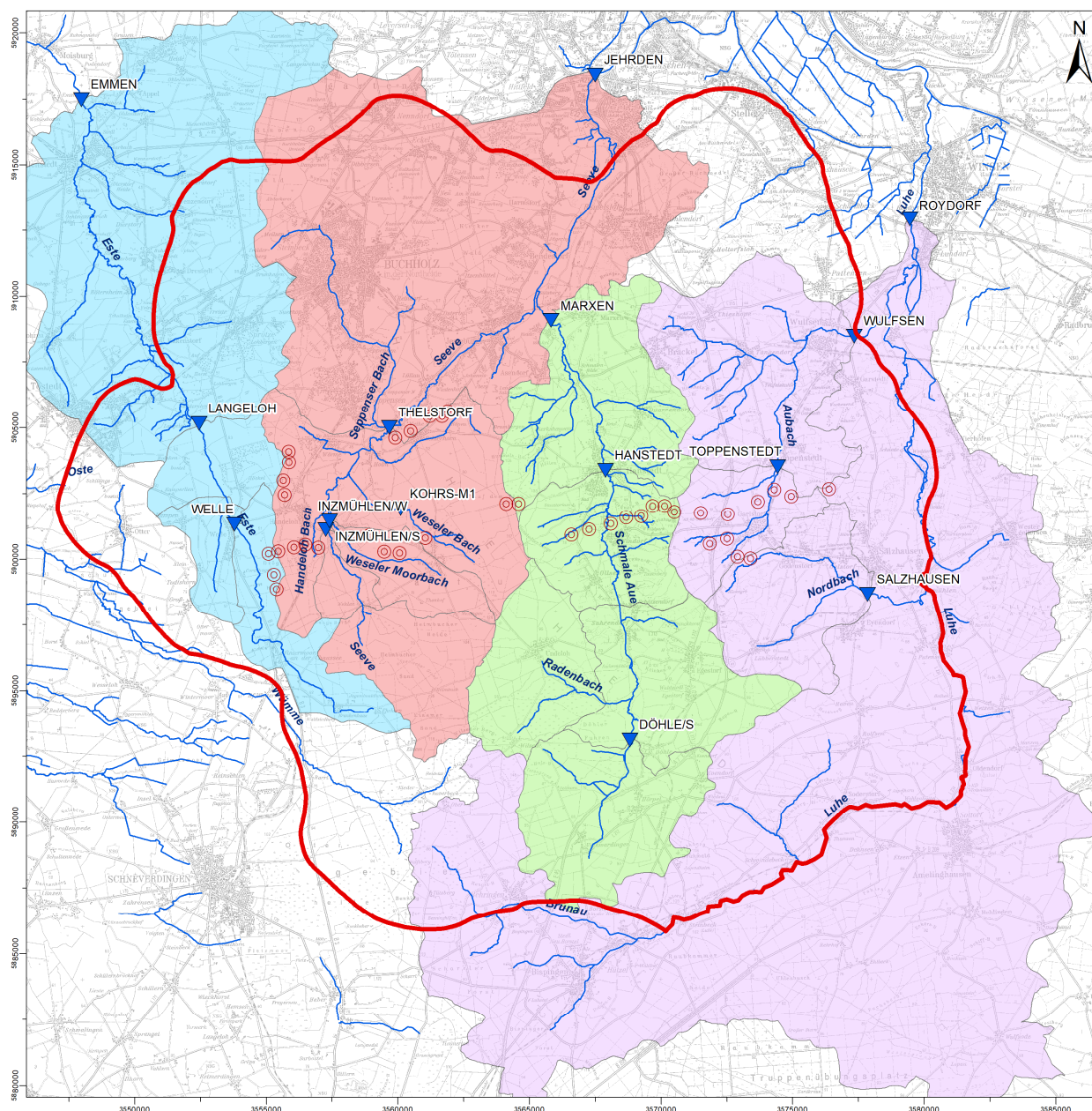


Abbildung 1: Lage der Abflussmessstellen und Flussgebiete

Von den 15 Abflussmessstellen werden 10 durch die HWW betrieben und unterhalten, diese sind auf Grundlage der Auflagen der wasserrechtlichen Bewilligung aus dem Jahre 1974 durch die HWW errichtet worden und verfügen über Zeitreihen ab den 1970er und 1980er Jahren. Eine Ausnahme bildet die Abflussmessstelle Welle, welche zunächst vom Wasserwirtschaftsamt Lüneburg errichtet und später durch die HWW übernommen wurde.

Weitere fünf Abflussmessstellen gehören dem Landesmessnetz des NLWKN an und werden seit den 1950er und 1960er Jahren betrieben. Eine Ausnahme bildet die Abflussmessstelle Döhle/S, welche durch die HWW in den 1970er Jahren errichtet wurde, entsprechend der Auflagen zur wasserrechtlichen Erlaubnis von 2004 aber aus der Beweissicherung fiel und daraufhin vom NLWKN übernommen und weiter betrieben wurde.

Eine Übersicht über die Abflussmessstellen und den verfügbaren Zeitreihen sowie deren Größe der oberirdischen Einzugsgebiete bietet Tabelle 1.

Tabelle 1: Messstellennetz für die hydrologische Beweissicherungsmessstellen

Gewässer	Pegel	RW	HW	Mst.-Nr..	Betreiber	EZG [km²]	Zeitraum	
							von	bis
ESTE	WELLE	553708	5899379	5958101	HWW	21	1973	2019
	LANGELOH	552358	5903208	5958103	NLWKN	46	1957	2019
	EMMEN	547890	5915533	5958112	NLWKN	184	1957	2019
SEEVE	INZMÜHLEN/S	557176	5899179	5952102	HWW	27	1983	2019
	THELSTORF	559580	5903063	5952104	HWW	86	1983	2019
	JEHRDEN	567402	5916462	5952127	NLWKN	408	1962	2019
WESELER MOORBACH	INZMÜHLEN/W	557306	5899499	5952103	HWW	11	1983	2003
WESELER BACH	KOHRM-M1	559997	5899981	5952106	HWW	17,1	1990	2019
SCHMALE AUE	DÖHLE/S	568722	5891182	5952115	NLWKN	33	1979	2019
	HANSTEDT	567802	5901428	5952122	HWW	115	1973	2019
	MARXEN	565733	5907116	5952124	HWW	157	1972	2019
AUBACH	TOPPENSTEDT	574329	5901578	5948128	HWW	17,5	1982	2019
	WULFSEN	577248	5906526	5948130	HWW	68	1972	2019
NORDBACH	SALZHAUSEN	577778	5896543	5948122	HWW	27	1977	2019
LUHE	ROYDORF	579368	5910984	5948131	NLWKN	367	1962	2019

An allen Abflussmessstellen wird seit Beginn der Messungen kontinuierlich, viertelstündlich der Wasserstand mit Hilfe von Datenloggern (Pegelschreiber, Winkelkodierer) gemessen und monatlich der Abfluss im Messgerinne bestimmt. Auf dieser Basis werden jährlich W-Q-

Schlüsselkurven erstellt und die Abflusswerte aus den korrespondierenden Wasserstandsdaten hergeleitet. Zudem wurden die Messgerinne monatlich gereinigt und von Störeinflüssen befreit.

Im Falle von aufgetretenen Verkrautungen, Störungen durch Treibgut oder anderweitig verfälschten Abflüssen werden die Schlüsselkurven mittels ETA-Verfahren korrigiert. Dies ist notwendig, da sich z.B. durch Krautwuchs jeden Sommer ein langsam, gleichmäßig zunehmender Rückstau ausbilden kann. Dadurch nehmen die Fließgeschwindigkeit und der Abfluss langsam ab, während der Wasserstand teilweise sogar angehoben wird. Nach Absterben des Krautes zum Winter hin, verschwindet der Rückstau, sodass wieder ein ungehemmter Abfluss stattfindet. Das ETA-Verfahren korrigiert diese Effekte.

Sowohl die Messungen selbst, als auch die Ableitung der resultierenden Abflussmengen wurden bis zum Jahre 2004 im Auftrag von HWW durch den NLWKN bzw. deren Vorgängerorganisationen durchgeführt und geprüft. Die geprüften Daten wurden den HWW übermittelt.

Seit 2004 werden die Messungen an den Abflussmessstellen durch das Fachbüro "Nordheide Geotechnik GmbH" durchgeführt. Vor der Übergabe des Messstellenbetriebs fand eine umfangreiche Einweisung durch den NLWKN statt. Es wurden weiterhin jährliche W-Q-Schlüsselkurven erstellt und die Abflussmengen zu den korrespondierenden Wasserstandsdaten ermittelt. Die Daten wurden anschließend an HWW und den NLWKN übersandt. Bisher sind keine Auffälligkeiten hinsichtlich der Datenerfassung, -prüfung und -archivierung bekannt.

Entsprechend der Auflagen zur wasserrechtlichen Erlaubnis von 2004 fiel die Messstelle Inzmühlen/W aus der Beweissicherung und der Messstellenbetrieb wurde im Jahr 2005 eingestellt. Gemäß den Auflagen für die hydrologische Beweissicherung der gehobenen Erlaubnis von 2019 ist die Messstelle Inzmühlen/W messtechnisch anzupassen und wieder in Betrieb zu nehmen. Die Wiederaufnahme des Messbetriebs erfolgt im Zusammenhang mit der Installation der neuen Messtechnik (vgl. Kapitel 2).

Zukünftig ist für die Pegel Welle, Inzmühlen/S, Inzmühlen/W, Hanstedt, Toppenstedt, Kohrs-M1 und Salzhausen eine verlässliche, kontinuierliche Messung von Fließgeschwindigkeit und Wasserstand durchzuführen. Der Stand der hierfür erforderlichen Planungs- und Umbaumaßnahmen ist in Kapitel 2 erläutert.

4 Wetterdaten

Die Entwicklung des Niederschlags im Bereich des WW Nordheide wird exemplarisch anhand von Messdaten der Wetterstation Soltau [U 6] des Deutschen Wetterdienstes (DWD) beschrieben. Die ca. 30 km südlich der Entnahmefurche gelegene Messstation "Soltau" ist die nächstgelegene DWD-Station, für die langjährigen Zeitreihen (> 30 Jahre) sowohl für den Niederschlag als auch für die potenzielle Verdunstung vorliegen.

Der Jahresniederschlag des Kalenderjahres 2019 betrug an der DWD-Station Soltau 714 mm. Im Vergleich zum langjährigen Mittel (Zeitraum 1990 – 2019) von 784 mm (Abbildung 3 und Tabelle

1) wies das Jahr 2019 somit ein Niederschlagsdefizit von 9 % auf. Der Jahresniederschlag war dennoch um 183 mm höher als im Vorjahr 2018, in welchem es 531 mm Niederschlag regnete. (68 % des langjährigen Mittels 1990 – 2019). Das Jahr 2019 stellt somit nach dem niederschlagsreichen Jahr 2017 das zweite Jahr mit signifikant unterdurchschnittlichen Niederschlägen in Folge dar.

An der Station Soltau wurde für das 1. Halbjahr 2019 ein Niederschlag von 298 mm gemessen, damit wurde das langjährige Mittel von 359 mm deutlich um 17% unterschritten (Tabelle 2). Jedoch im Vergleich zum Vorjahr 2018 fielen im 1. Halbjahr 2019 ca. 10 % mehr Niederschlag.

Im 2. Halbjahr 2019 betrug der Niederschlag ca. 415 mm. Im Vergleich zum langjährigen Mittel von 425 mm lag somit ein geringes Niederschlagsdefizit von 2 % vor. Im Vergleich zum 2. Halbjahr 2018 fiel hingegen 60% mehr Niederschlag (261 mm; Tabelle 2).

Tabelle 2 Monatsniederschläge der DWD-Station Soltau 2010 bis 2019

Niederschläge [mm]											
Kalenderjahr	Ø 1990 - 2019	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Januar	77,0	26,9	58,8	145,4	77,1	36,4	93,2	68,9	68,8	99,3	83,5
Februar	56,7	42,2	51,0	26,3	40,7	29,2	25,8	90,5	49,3	4,7	23,8
März	58,2	74,2	8,1	11,4	17,7	16,7	66,4	38,4	67,4	45,8	78,7
April	43,8	31,1	20,2	33,4	27,0	53,0	27,5	57,3	35,9	76,0	20,2
Mai	58,0	60,3	50,5	26,9	134,4	92,7	34,4	55,9	73,9	15,0	38,8
Juni	65,2	22,4	108,9	56,6	72,8	48,4	22,4	96,2	144,8	30,0	53,1
Juli	81,8	19,1	118,7	84,7	13,2	101,4	117,0	77,4	129,7	41,7	51,5
August	72,2	147,0	119,5	89,6	22,9	55,9	130,3	40,7	72,3	27,8	50,3
September	65,9	107,8	58,3	39,3	74,5	14,4	76,1	26,2	86,7	33,3	80,2
Oktober	63,9	37,1	88,2	74,2	57,9	47,4	48,2	27,3	88,7	40,1	112,2
November	64,4	75,0	1,8	40,9	71,0	18,5	121,3	51,1	75,5	13,1	70,8
Dezember	77,2	64,0	125,7	79,0	45,5	112,9	52,2	43,4	74,3	104,6	50,8
Jahressumme	784,3	707,1	809,7	707,7	654,7	626,9	814,8	673,3	967,3	531,4	713,9
% vom langjährigen Mittel (1990-2019)		90%	103%	90%	83%	80%	104%	86%	123%	68%	91%
Su. 1. Halbjahr	359,0	257,1	297,5	300,0	369,7	276,4	269,7	407,2	440,1	270,8	298,1
% vom langjährigen Mittel (1990-2019)		72%	83%	84%	103%	77%	75%	113%	123%	75%	83%
Su. 2. Halbjahr	425,4	450,0	512,2	407,7	285,0	350,5	545,1	266,1	527,2	260,6	415,8
% vom langjährigen Mittel (1990-2019)		106%	120%	96%	67%	82%	128%	63%	124%	61%	98%

Der Oktober 2019 war der niederschlagsreichste Monat des Jahres mit 112 mm Niederschlag. Die Niederschlagsmenge lag damit um 76 % über dem langjährigen Monatsmittel. Den niederschlagsärmsten Monat des Jahres stellt der Februar 2019 dar. Mit 24 mm Niederschlag lag die Niederschlagsmenge um 58% niedriger als im langjährigen Mittel.

In Abbildung 2 werden die monatlichen Niederschlagssummen 2019 mit den Niederschlagssummen 2018 und mit den 30-jährigen Mittel der Niederschlagssummen 1990 bis 2019 verglichen. Das Jahr 2019 startete, bezogen auf den Niederschlag mit einem durchschnittlichen Januar. Es folgte, wie bereits oben erläutert, ein sehr trockener Februar. Der anschließende März 2019 war wiederum niederschlagsreich. Das Sommerhalbjahr wurde durch eine von April bis August 2019 anhaltende Trockenperiode geprägt.

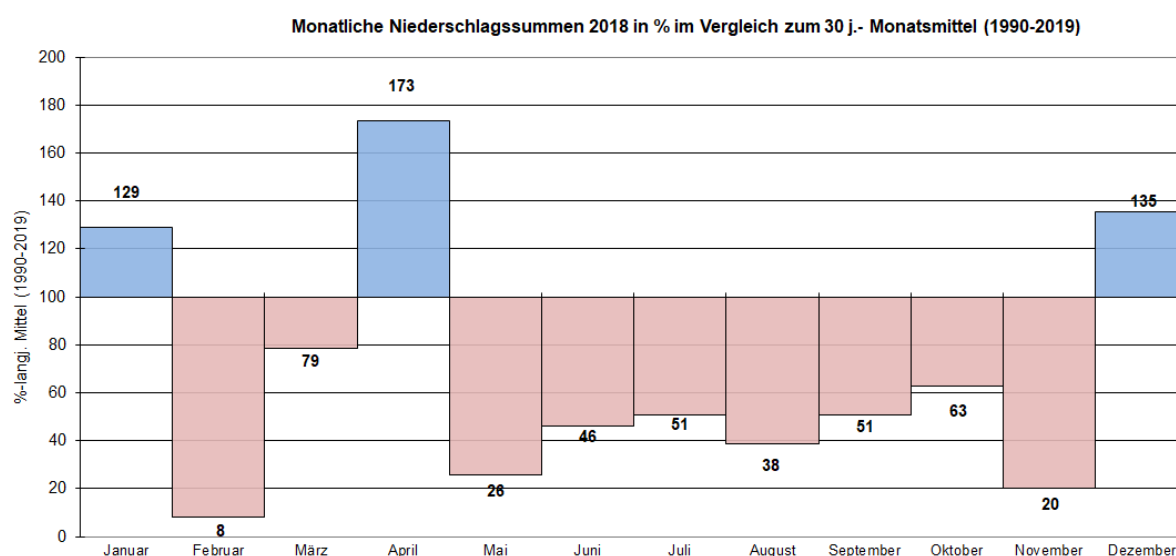
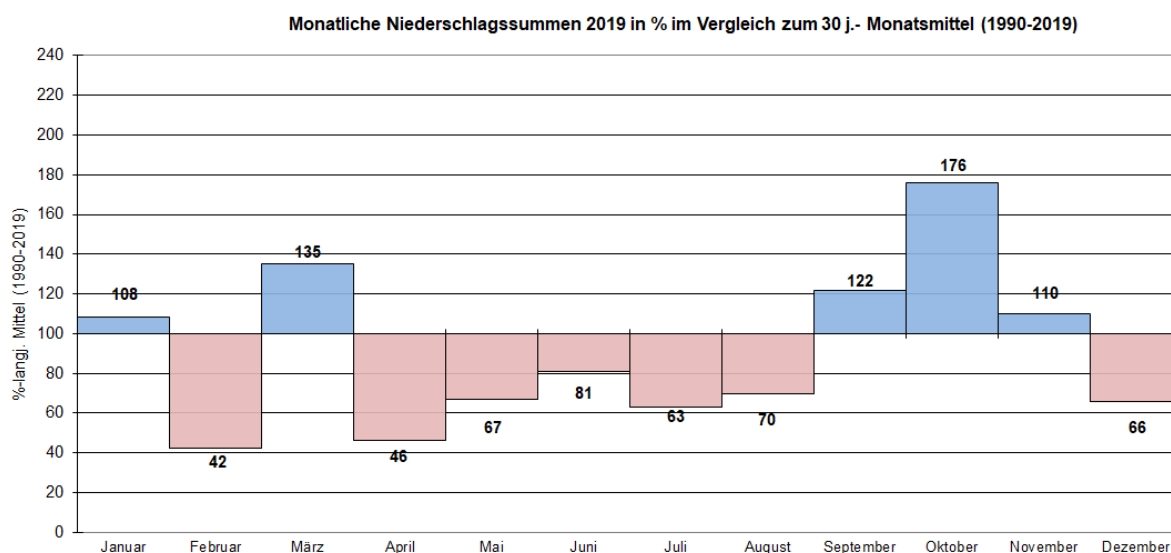
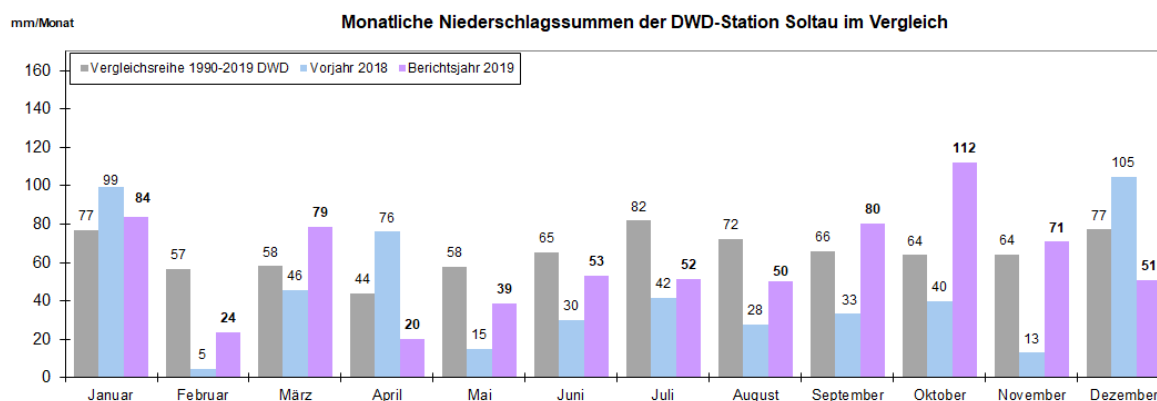


Abbildung 2 Vergleich der monatlichen Niederschläge der Jahre 2018 und 2019 zum langjährigen Mittel (DWD-Station Soltau)

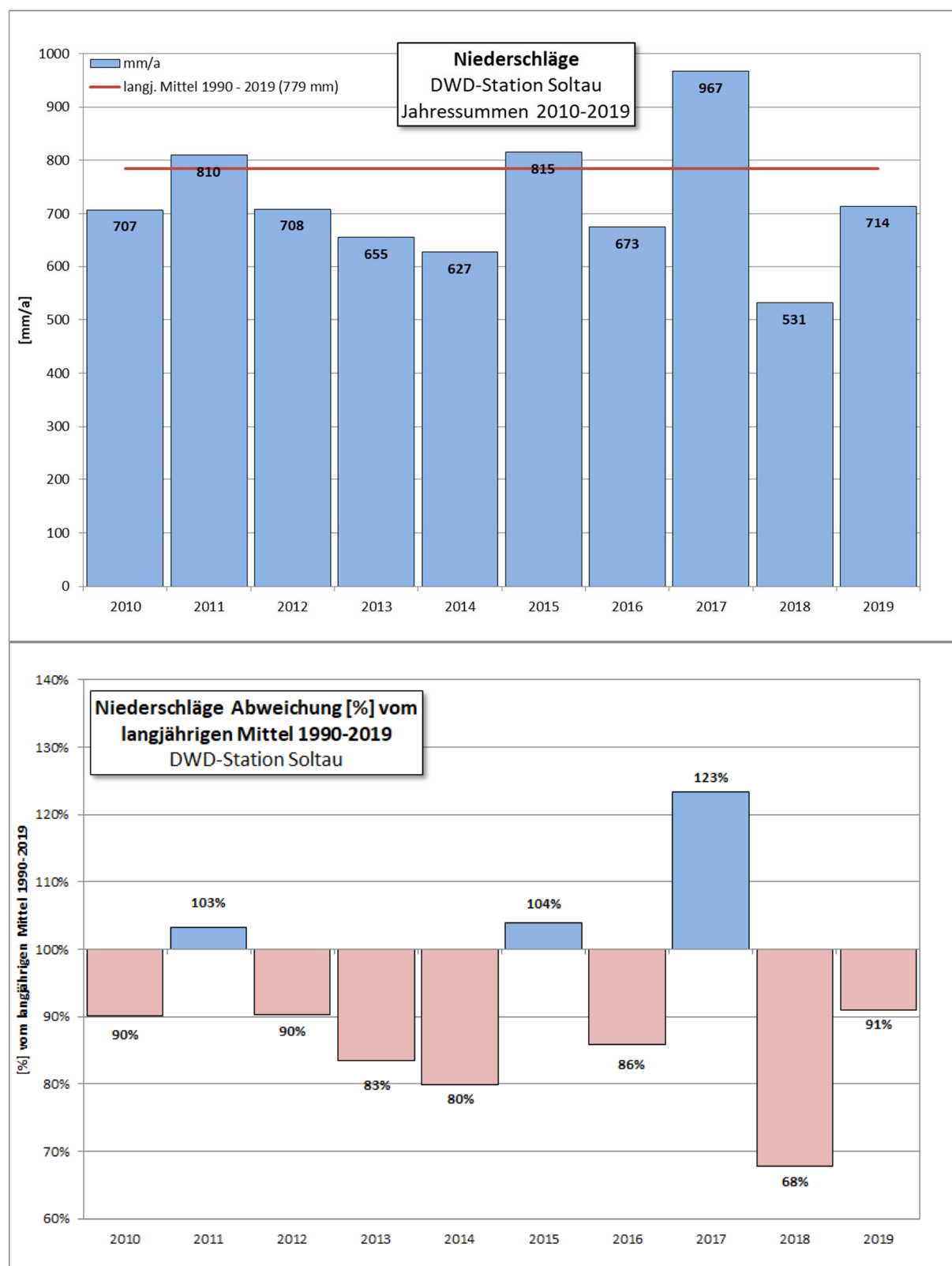


Abbildung 3: Jährliche Niederschlagssummen 2010 bis 2019 im Vergleich zum 30-jährigen Jahresmittel (DWD-Station Soltau)

Zwar wurden die langjährigen Monatsniederschlagsmittel in den Monaten März, September und Oktober 2019 übertroffen, jedoch war dabei festzustellen, dass im März 2019 weniger als 20 % des Niederschlages in der 2. Monatshälfte fiel und dass 3/4 des Septemberniederschlags 2019 in den letzten 7 Tagen aufgezeichnet wurden. Außerdem ist zu beachten, dass das langjährige Monatsniederschlagsmittel im September nur auf Grund eines Starkregenereignisses am 29.09.2019 (30,1 mm) übertroffen wurde. Diese sich Ende September einstellende Witterungsänderung mit z.T. ergiebigen Niederschlägen hielt über den Oktober 2019 an. Darauf folgten ein ausgewogener November und ein trockener Dezember.

Wie in Abbildung 2 im Vergleich dargestellt, war das vorhergehende Jahr 2018 noch trockener als das Jahr 2019. Im Zeitraum Februar bis November lagen die Niederschläge nur im April über dem 30-jährigen Mittel. Im Zeitraum April bis September fielen im Jahr 2018 224 mm Niederschlag im Vergleich zum 30-jährigen Mittel (387 mm) waren dies 42 % weniger Niederschlag.

In der Abbildung 3 sind die Jahresniederschläge der letzten 10 Jahre (2010 bis 2019) der DWD-Station Soltau im Vergleich zum langjährigen Mittel 2010 bis 2019 dargestellt. Der Zeitraum zwischen 2010 und 2019 ist durch die niederschlagsarmen Jahre 2010, 2012, 2013, 2014 und 2016 (80 % bis 90 % des langjährigen Mittels) und durch die ausgeglichenen Jahren 2011 und 2015 (103 % bis 104 % des langjährigen Mittels) geprägt. Nur im Jahre 2017 regnete es mehr als im langjährigen Mittel. Nach 2017 folgten wiederum zwei Jahre mit sehr niedrigen Niederschlägen. Im Jahr 2018 betrug der Niederschlag nur 531 mm (68 % des langjährigen Mittels) und im Jahr 2019 714 mm (91 % des langjährigen Mittels).

In Tabelle 3 sind die im Winter 2018 gefallenden Niederschläge den langjährigen Monatsmitteln gegenübergestellt. Die im Winterhalbjahr fallenden Niederschläge sind für die Grundwasserneubildung ausschlaggebend, da auf Grund der geringeren Evapotranspiration in diesen Monaten der Anteil des versickernden Niederschlages im Vergleich zum Gesamtjahr am höchsten ist. Im Winterhalbjahr 2018/2019 fielen 345 mm Niederschlag und somit deutlich weniger als im langjährigen Mittel.

Tabelle 3: Übersicht Niederschläge in den Winterhalbjahren 2018 und 2019

Monat	Niederschlag	
	2018/2019	Mittel 1990 bis 2019
Oktober	40,1	63,9
November	13,1	64,4
Dezember	104,6	77,2
Januar	83,5	77,0
Februar	23,8	56,7
März	78,7	58,2
Summe Winterhalbjahr	343,8	397,3

Seit dem Jahre 2010 lagen die jährlichen Niederschlagshöhen – mit der Ausnahme der Jahre 2011, 2015 und 2017 unterhalb des langjährigen Mittels. Im Jahre 2018 wurden seit 2010 die niedrigsten Niederschläge gemessen. An das trockene Sommerhalbjahr 2018 schloss sich ein

ebenfalls sehr trockenes Winterhalbjahr 2018/2019 an, sodass trotz eines niederschlagreicheren Sommers 2019 die insgesamt neugebildete Grundwassermenge unterhalb des langjährigen Mittels lag. In den folgenden Kapiteln wird gezeigt, dass dieser Umstand zu einer Verringerung des Niedrigwasserabflusses über das im Jahre 2018 festgestellte Niveau hinausgeführt hat.

5 Auswertung und Bewertung der Pegeldata

5.1 Begriffe und Definitionen

Der Abfluss an einem Pegel kann als integrierte Antwort des oberirdischen und unterirdischen Einzugsgebietes auf den Niederschlag verstanden werden. Die Abflussbildung ist in Abbildung 4 schematisch dargestellt. Allgemein hat alles Wasser, welches sich als Abfluss im Fließgewässer wiederfindet, seinen Ursprung im Niederschlag. Trifft der Niederschlag auf den Boden auf, so fließt ein Teil oberflächlich dem Vorfluter zu (Landoberflächenabfluss), ein Teil versickert und fließt in der ungesättigten Zone in Richtung des Vorfluters (Zwischenabfluss) und ein Teil versickert, bis es in der gesättigten Zone angelangt ist und als neugebildetes Grundwasser (Grundwasserabfluss) dem Vorfluter zuströmt (Abbildung 4). Aufgrund der Fließzeitlänge kommt es zu einer verzögerten Ankunft des Niederschlags über den Zwischenabfluss und den Grundwasserabfluss. Bei verzögertem Eintreffen des Wassers im Vorfluter spricht man vom Basisabfluss, bei unmittelbarem oder sehr zeitnahe Eintreffen von Direktabfluss.

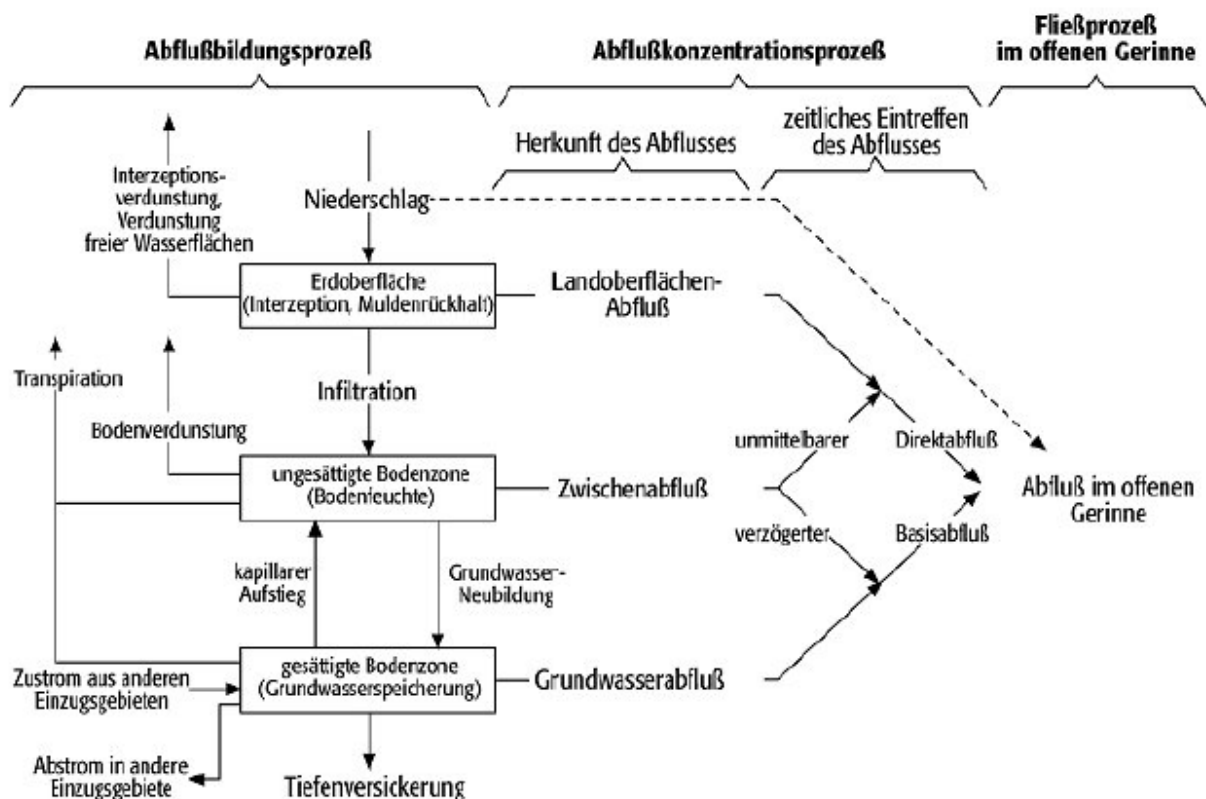


Abbildung 4: Schematische Darstellung der Abflussbildung (BAUMGARTNER & LIEBSCHNER) [U 8]

Der Niederschlag ist damit mittelbar und unmittelbar der Faktor, der das Abflussgeschehen am stärksten beeinflusst. Aufgrund des enormen Einflusses kann eine Betrachtung des Abflussregimes nicht erfolgen ohne auch die Niederschlagsentwicklung im gleichen Zeitraum zu berücksichtigen (vgl. Kap.4).

Während sich der Niederschlag auf alle Abflussbestandteile auswirkt, hat eine Entnahme von Grundwasser durch Förderung ausschließliche Auswirkung auf den grundwasserbürtigen Anteil des Abflusses, also auf den Basisabfluss.

Die zwei Komponenten des Abflusses (Direktabfluss und Basisabfluss) sind aus gemessenen Abflusswerten schwer voneinander zu separieren. Für eine Aufspaltung der beiden Abflusskomponenten gibt es kein allgemein gültiges physikalisches Modell. Die publizierten Verfahren sind empirisch entwickelt worden. Aus diesen Gründen können die Ergebnisse aus verschiedenen Verfahren für die Berechnung des Basisabflusses in einzelnen Fällen um einige Prozent voneinander abweichen.

Im Allgemeinen können grafische und statistische Verfahren zur Trennung des Direktabflusses und des Basisabflusses unterschieden werden. Dabei nutzen grafische Verfahren die geometrischen Eigenschaften der Abflussganglinien, z.B. unterschiedliche Steigungen beim Ansteigen und Abfallen von Hochwasserscheitelwellen. Als ein bekanntes Verfahren wäre hier das Au-Verfahren nach NATERMANN [U 5] zu nennen.

Statistische Verfahren beruhen dagegen nicht auf der Auswertung einzelner Ereignisse, sondern auf der Analyse und Mittelung von Zeitreihen. So können die Niedrigwasserabflüsse mit dem unterirdischen Basisabfluss in Beziehung gesetzt werden. Zur Berechnung des Basisabflusses wurde die mittleren monatlichen Niedrigwassermengen (MoMNQ) nach den Verfahren nach WUNDT [U 10] ausgewertet. Da die monatlichen Niedrigwassermengen den tatsächlichen Basisabfluss überschätzen, ist ein Beobachtungszeitraum von mehr als 10 Jahren, vorzugsweise sogar mehr als 20 Jahren, empfehlenswert. Durch das Mitteln der Werte wird die Auswirkung von Ausreißern in der Zeitreihe reduziert. Durch den statistischen Ansatz können allerdings keine Aussagen zu Einzeljahren oder wenigen aufeinanderfolgenden Jahren getroffen werden.

Die Einflüsse auf den Basisabfluss sind vielfältig. Dies sind die Witterung, die Vegetation/Landnutzung, die Bodenart, der Grundwasserflurabstand, die Durchlässigkeit der Schichten in der ungesättigten Zone, die Art des Grundwasserleiters sowie Grundwasserentnahmen. In der gesättigten Zone ist unter anderem die Art des Grundwasserleiters für die zeitliche Entwicklung und die Höhe des Basisabflusses relevant. So haben lokal begrenzte Grundwasserleiter (z.B. schwebende Grundwasserleiter) im Gegensatz zu regional ausgebildeten Grundwasserleitern (Hauptaquifer) ein deutlich kleineres Reservoir. Schwebende Grundwasserleiter können im Sommer trockenfallen, womit der Basisabfluss starken jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen ist. Des Weiteren haben Grundwasserentnahmen (Trinkwasser, Brauchwasser, Beregnung etc.), Melioration und Gewässerumbau durch die Veränderung der Ausprägung der natürlichen Grundwasseroberfläche ihren Einfluss auf den Basisabfluss.

5.2 Darstellung und Plausibilitätsprüfung der Wasserstands- und Abflussganglinien

Die Wasserstands- und Abflussganglinien aller Pegelmessstellen wurden durch das Fachbüro Messbetrieb (derzeit Nordheide Geotechnik) für den Berichtszeitraum bereits auf Plausibilität

geprüft. Auch in der Bearbeitung dieses Fachbeitrags konnten im Rahmen der Datenkontrolle keine Auffälligkeiten festgestellt werden. Eine graphische Darstellung aller Ganglinien ist der Anlage 1 zu entnehmen. Abgebildet ist jeweils der Zeitraum vom Beginn des hydrologischen Jahres 2019, beginnend am 01.11.2018, bis zum Ende des Kalenderjahres 2019.

An allen Messstellen ist für diesen Zeitraum ein ähnlicher Ganglinienverlauf im Hinblick auf die Abflüsse zu verzeichnen. Dies gilt auch für den zeitlichen Verlauf der Wasserstände, allerdings können hier lokale Faktoren an der jeweiligen Abflussmessstelle wie z.B. der Rückstau durch Verkrautung stärker ins Gewicht fallen.

Nachfolgend wird der typische Verlauf der Abflussganglinien des Jahres 2019 beispielhaft anhand des Pegels Hanstedt (Abbildung 5) beschrieben. Hierbei wurde zur besseren Veranschaulichung der Abflusskomponenten neben dem Gesamtabfluss auch der angenommene Verlauf des Basisabflusses nach NATERMANN (grüne Linie) skizziert. Der Abflussanteil oberhalb der Trennlinie kann als Direktabfluss angenommen werden, welcher nur auf Niederschlagsereignisse reagiert und zu kurzzeitigen Abflussspitzen führt. Der Abflussanteil unterhalb der Trennlinie ist der Basisabfluss, welcher sich u.a. aus dem Grundwasser speist. Zusätzlich ist als Vergleichsgröße der 30-jährige Durchschnitt des Basisabflusses nach WUNDT (rote Linie) abgebildet.

Der Basisabfluss hängt, konstante Grundwasserentnahmen vorausgesetzt, in seinem Verlauf im Wesentlichen von der Grundwasserneubildung ab, und damit von der Entwicklung des Niederschlags und seiner Möglichkeit zu versickern. Übersteigt die Grundwasserneubildung die als Basisabfluss abfließende Wassermenge, so steigt der Basisabfluss an. Dies ist bei hohen Niederschlägen und insbesondere außerhalb der Vegetationsperiode (geringe Verdunstung) der Fall. Dagegen nimmt der Basisabfluss mit geringen Niederschlägen und in der Vegetationsperiode (hohe Verdunstung) ab, da nur wenig bis keine Grundwasserneubildung stattfindet. Der Ganglinienverlauf spiegelt somit das Gleichgewicht zwischen der Grundwasserneubildung und dem Basisabfluss wider.

Die stattfindenden Grundwasserentnahmen führen prinzipiell zu einer Reduzierung des Basisabflusses, hierbei hängt es von der hydrogeologischen Situation ab, auf welche Gewässer bzw. Gewässerabschnitte sich die Basisabflussreduzierung verteilt.

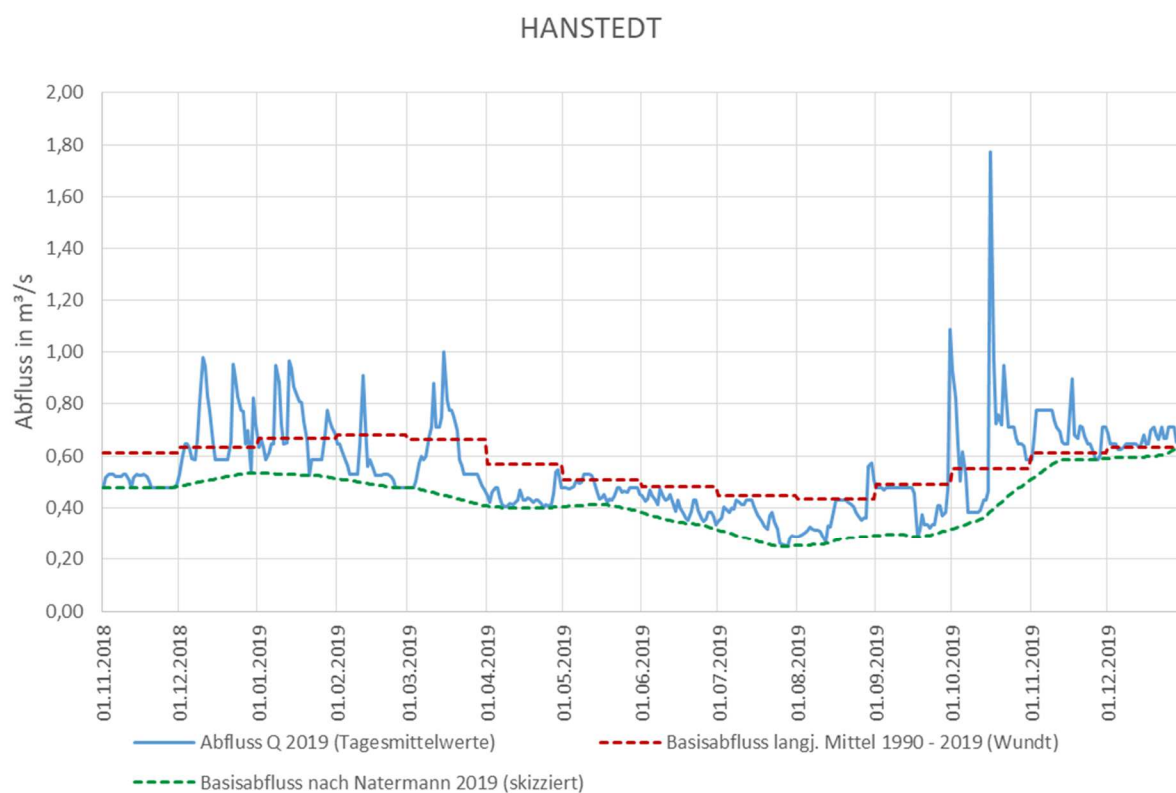


Abbildung 5: Abflussganglinie des Pegels Hanstedt für das Jahr 2019

Das Abflussjahr 2019 begann im November 2018 auf niedrigem Niveau als Folge der sehr niederschlagsarmen Sommermonate 2018. Im ebenfalls niederschlagsarmen November 2018 fand zudem kaum Direktabfluss und nur wenig Grundwasserneubildung statt. Im Dezember 2018 fielen leicht überdurchschnittliche Niederschläge, die die Grundwasserneubildung und damit auch den Basisabfluss leicht erhöhten. Ab Januar 2019 bis einschließlich März 2019 fielen mit Ausnahme des Februars durchschnittliche Niederschläge. Der Basisabfluss bewegte sich auf einem zunächst konstanten, dann leicht abnehmenden Niveau. Während der Monate April bis August fand aufgrund der unterdurchschnittlichen Niederschläge annähernd keine Grundwasserneubildung statt, da die Vegetation das Bodenwasser nahezu vollständig aufnahm. Mit dem Aussetzen der Grundwasserneubildung in diesen Monaten verringerte sich Basisabfluss immer weiter.

Mit dem Ende der Vegetationsperiode sowie überdurchschnittlichen Niederschlägen ab September 2019 setzt die Grundwasserneubildung ein und der Basisabfluss steigt bis zum Jahresende wieder an. Zum Stichtag des hydrologischen Jahreswechsels am 01.11.2019 ist der Basisabfluss zwar höher als ein Jahr zuvor, dennoch ist die Höhe des Basisabflusses weiterhin als unterdurchschnittlich zu bewerten.

Die Prüfung aller Ganglinien ergab, dass über einen rein visuellen Abgleich der Kurven an keiner Abflussmessstelle eine Beeinflussung der Abflüsse durch die Förderung der HWW festgestellt werden konnte. Dies ist darin begründet, dass, wie bereits im Hydrologischen Gutachten zum

Wasserrechtsantrag [U 3] festgestellt, die meteorologischen Faktoren mit ihrem Einfluss auf den direkten Abfluss und Basisabfluss (Grundwasserneubildung) die Auswirkungen der Grundwasserförderung auf den Basisabfluss um ein Vielfaches übersteigen.

5.3 Gewässerkundliche Hauptwerte und Ermittlung des Basisabflusses

Für alle Abflussmessstellen wurden die in Tabelle 4 aufgeführten gewässerkundlichen Hauptwerte ermittelt. Diese Hauptwerte sind die gebräuchlichsten statistischen Werte bei der hydrologischen Auswertung. Ihre Bedeutung ist in der DIN 4049-1 und in der DIN 4049-3 definiert.

Tabelle 4: Für die Auswertung ermittelte Gewässerkundlichen Hauptwerte und ihre Bedeutung

Hauptwert	Bedeutung
NQ	Niedrigwasserabfluss [m^3/s]
MNQ	Mittlerer Niedrigwasserabfluss [m^3/s]
MQ	Mittlerer Abfluss [m^3/s]
NM7Q	Das niedrigste arithmetische Mittel von 7 aufeinanderfolgenden Tageswerten in einem Niedrigwasserzeitabschnitt [m^3/s]
NW	Niedrigwasserstand [cm]
MNW	Mittlerer Niedrigwasserstand [cm]
MW	Mittelwasserstand [cm]

Auf eine Auswertung der Hochwasserabflüsse wurde verzichtet, da der Fokus der Beweissicherung auf mittleren und Niedrigwasserabflüssen liegt.

Beide ausgewerteten Parameter (Abfluss Q und Wasserstand W) weisen im Wesentlichen dieselben Muster auf. An dieser Stelle wird daher auf eine weitere Beschreibung der Wasserstandshauptwerte verzichtet.

Die Auswertung bezieht sich jeweils auf die letzten 30 hydrologischen Jahre (1990-2019). In dieser Zeitperiode liegen für fast alle Abflussmessstellen Daten vor. Damit ist ein einheitlicher Aufbau der Datenaufbereitung gewährleistet.

Für alle Abflussmessstellen wurden die gewässerkundlichen Hauptwerte MW und NW (Anlage 2) bzw. MQ und NQ (Anlage 3) in Datenblättern zusammengefasst. Abbildung 6 zeigt beispielhaft das Datenblatt für die Auswertung der mittleren Abflüsse (MQ) an der Abflussmessstelle Hanstedt, die an der Schmalen Aue liegt. Jede Seite der Auswertung ist in drei Blöcke untergliedert. Oben im Seitenkopf sind Informationen zu den Stammdaten der Abflussmessstellen aufgeführt. In der mittleren Tabelle sind die mittleren bzw. die niedrigsten Abflüsse / Wasserstände je Monat und hydrologischem Jahr aufgeführt. Am Ende einer jeden Zeile werden die hydrologischen Jahre aggregiert betrachtet. Im unteren Block befindet sich eine Tabelle, in der die gewässerkundlichen Hauptwerte für die langjährige Zeitreihe zusammengefasst sind. Die Darstellung orientiert sich an den Vorgaben aus dem LAWA-Pegelhandbuch [U 2].

AEO [km²] 115
PNP [mNN] 31
Lage [Fluss-km] 18,35
EZG-Nr 13


m³/s

Pegel HANSTEDT
Gewässer SCHMALE AUE
Messstellennr 5952122
Betreiber HWW

Mittlere Abflüsse

Abflussjahr	Nov	Dez	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Jahreswert
1990	0,672	0,920	0,794	0,897	0,939	0,653	0,614	0,652	0,541	0,566	0,847	0,621	0,726
1991	0,860	0,814	0,802	0,693	0,614	0,594	0,536	0,712	0,533	0,494	0,454	0,484	0,632
1992	0,650	0,724	0,688	0,729	0,875	0,793	0,668	0,460	0,470	0,482	0,502	0,580	0,635
1993	0,779	0,741	1,039	0,808	0,648	0,628	0,528	0,550	0,621	0,577	0,712	0,701	0,694
1994	0,585	1,190	1,456	0,838	1,394	1,157	0,738	0,819	0,612	0,621	0,670	0,669	0,896
1995	0,854	0,975	1,314	1,397	1,119	0,996	0,758	0,754	0,634	0,561	0,683	0,632	0,890
1996	0,877	0,671	0,552	1,054	0,669	0,630	0,561	0,482	0,543	0,415	0,462	0,580	0,625
1997	0,690	0,751	0,566	0,831	0,648	0,561	0,682	0,473	0,465	0,445	0,499	0,529	0,595
1998	0,545	0,551	0,900	0,611	0,881	0,899	0,567	0,620	0,679	0,667	0,863	1,098	0,740
1999	1,250	1,286	1,181	1,344	1,051	0,810	0,655	0,579	0,532	0,556	0,544	0,640	0,869
2000	0,585	0,997	0,849	1,011	1,409	0,695	0,610	0,610	0,619	0,486	0,565	0,570	0,750
2001	0,587	0,663	0,717	0,897	0,788	0,825	0,593	0,709	0,547	0,505	1,258	0,754	0,737
2002	0,955	1,257	1,168	1,610	1,348	1,022	1,044	0,829	1,324	1,110	0,788	1,082	1,128
2003	1,243	1,006	1,305	0,969	0,950	0,810	0,854	0,640	0,586	0,618	0,686	0,730	0,866
2004	0,656	0,806	1,012	1,226	0,803	0,616	0,661	0,654	0,707	0,557	0,665	0,815	0,765
2005	1,091	0,959	1,029	0,930	0,813	0,595	0,746	0,683	0,906	0,803	0,564	0,659	0,815
2006	0,678	0,868	0,822	0,945	0,882	0,906	0,692	0,576	0,501	0,732	0,527	0,585	0,726
2007	0,768	0,667	1,118	0,931	0,989	0,612	0,877	0,784	0,782	0,673	0,867	0,771	0,820
2008	1,216	1,237	1,538	1,087	1,556	1,101	0,792	0,611	0,890	0,740	0,651	0,906	1,027
2009	0,911	0,860	0,811	0,894	1,080	0,645	0,567	0,613	0,674	0,531	0,486	0,746	0,735
2010	1,036	0,988	0,736	0,849	1,232	0,808	0,876	0,671	0,570	0,734	0,791	0,703	0,833
2011	1,004	0,812	0,942	1,078	0,791	0,583	0,531	0,557	0,599	0,730	0,751	0,761	0,762
2012	0,697	1,171	1,456	0,955	0,813	0,781	0,576	0,573	0,527	0,482	0,536	0,691	0,772
2013	0,596	0,746	0,901	0,985	0,645	0,591	0,819	0,612	0,551	0,571	0,579	0,666	0,688
2014	0,715	0,850	0,744	0,678	0,562	0,545	0,616	0,468	0,547	0,482	0,491	0,549	0,604
2015	0,527	0,866	1,013	0,704	0,733	0,640	0,519	0,469	0,468	0,622	0,660	0,573	0,650
2016	0,830	0,857	0,854	1,245	0,768	0,647	0,533	0,591	0,643	0,537	0,496	0,542	0,712
2017	0,660	0,607	0,695	0,739	0,782	0,659	0,670	0,514	0,722	0,599	0,529	0,846	0,668
2018	0,948	1,029	1,313	0,838	0,840	0,795	0,569	0,525	0,430	0,396	0,474	0,499	0,721
2019	0,505	0,700	0,708	0,563	0,624	0,440	0,476	0,407	0,358	0,372	0,447	0,655	0,521

Langjährige Zeitreihe (1990 - 2019)

Jahr	1992	1998	1996	1996	2019	2019	2017	2019	2019	2019	2019	2019	2019
NQ m ³ /s	0,458	0,458	0,458	0,458	0,464	0,400	0,364	0,336	0,250	0,266	0,287	0,382	0,250
MNQ m ³ /s	0,610	0,633	0,666	0,683	0,662	0,570	0,510	0,483	0,446	0,436	0,491	0,552	0,562
MQ m ³ /s	0,799	0,886	0,967	0,945	0,908	0,735	0,664	0,607	0,619	0,589	0,635	0,688	0,753

Abbildung 6: Ermittlung der gewässerkundlichen Hauptwerte am Beispiel MQ Marxen

Tabelle 5 weist für jede Abflussmessstelle, mit Ausnahme der Abflussmessstelle Inzmühlen/W, den MQ für den langjährigen Zeitraum von 1990 bis 2019 (MQ langj. Zeitr.) und den MQ 2019 aus.

Tabelle 5: Zusammenfassung der gewässerkundlichen Hauptwerte 2019 sowie Basisabfluss nach WUNDT

	Pegel	Langjährige Zeitreihe			Beobachtungsperiode: 2019				Basisabfluss	
		Von	Bis	MQ langj. Zeitr. m³/s	MQ 2019 m³/s	MQ 2019 % der langj. Zeitr.	NQ 2019 m³/s	MN7Q 2019 m³/s	Basisabfluss (Wundt) langj. Zeitreihe m³/s	Anteil Basisabfluss
Este	WELLE	1990	2019	0,074	0,051	69%	0,021	0,021	0,057	78%
	LANGELOH	1990	2019	0,293	0,188	64%	0,060	0,069	0,213	73%
	EMMEN	1990	2019	1,718	1,227	71%	0,660	0,713	1,363	79%
Seeve	INZMÜHLEN/S	1990	2019	0,361	0,342	95%	0,294	0,303	0,338	93%
	THELSTORF	1990	2019	0,959	0,799	83%	0,506	0,528	0,837	87%
	JEHRDEN	1990	2019	4,153	2,990	72%	1,790	1,837	3,417	82%
Weseler Bach	KOHR-S-M1	1990	2019	0,070	0,043	62%	0,016	0,020	0,057	81%
Weseler Moorbach	INZMÜHLEN/W	1990	2005	0,083					0,067	81%
Schmale Aue	DÖHLE/S	1990	2019	0,120	0,062	52%	0,020	0,026	0,085	71%
	HANSTEDT	1990	2019	0,753	0,521	69%	0,250	0,269	0,562	75%
	MARXEN	1990	2019	1,091	0,738	68%	0,257	0,293	0,811	74%
Aubach	TOPPENSTEDT	1990	2019	0,071	0,038	54%	0,006	0,008	0,034	49%
	WULFSEN	1990	2019	0,437	0,253	58%	0,076	0,100	0,295	67%
Nordbach	SALZHAUSEN	1990	2019	0,166	0,113	68%	0,060	0,062	0,114	69%
Luhe	ROYDORF	1990	2019	4,423	3,055	69%	1,890	1,916	3,682	83%

Anteil der Fließstrecke im Bereich schwebender Grundwasserstockwerke: < 50 %; > 50 %; > 75 %

Des Weiteren wird das Verhältnis vom MQ des Berichtsjahres (MQ 2019) zum MQ der langjährigen Zeitreihe (MQ langj. Zeitr.) dargestellt. Der in den Abflussmessstellen gemessene MQ war im Jahre 2019 5 % bis 48 % geringer als der MQ langjährigen Zeitreihe. Dies kann, wie am Beispiel Hanstedt beschrieben, auf die meteorologischen Bedingungen des Berichtsjahres sowie der Vorjahre zurückgeführt werden. Die höchste Abnahme des MQ 2019 gegenüber der langjährigen Zeitreihe wurde in den Abflussmessstellen Döhle/S und Toppenstedt gemessen, die geringste Abnahme liegt in der Abflussmessstelle Inzmühlen/S vor.

Da Grundwasserentnahmen nur Einfluss auf den Basisabfluss haben können, ist der Anteil des Basisabflusses am Gesamtabfluss eines Fließgewässers eine wichtige Größe, um die Beeinflussbarkeit eines Gewässerabschnittes abschätzen zu können.

In Tabelle 5 ist für jede Abflussmessstelle der ermittelte Basisabfluss nach WUNDT (Basisabfluss langj. Zeitr.) dargelegt. Die Basisabflüsse betragen im Schnitt etwa 70 % - 90 % des Gesamtabflusses der betrachteten Oberflächengewässer. Am Aubach ist der Anteil des Basisabflusses geringer (50 % - 70 %). Somit besteht der Großteil des Gesamtabflusses der Oberflächengewässer aus Grundwasser, welches diesen aus Grundwasserleitern zuströmt. Hierbei wird auch der Basisabfluss, der aus schwebenden Grundwasserleitern dem Gewässer zuströmt erfasst. Auf Grund des nicht vorhandenen hydraulischen Kontaktes zum Förderhorizont kann der aus schwebenden Grundwasserleitern stammende Basisabfluss nicht durch Grundwasserentnahmen beeinflusst werden. Wie viel Fließstrecke der Gewässer im Einzugsgebiet der jeweiligen Abflussmessstellen aus dem schwebenden Grundwasserstockwerk gespeist werden, ist ebenfalls Tabelle 5 zu entnehmen. Je höher dieser Anteil, desto geringer ist ein möglicher Einfluss von Grundwasserentnahmen auf den Abfluss an diesen Abflussmessstellen.

Die Grundwasserleiter in schwebenden Stockwerken sind lokal begrenzt und reagieren aufgrund ihres geringen Speichervolumens hinsichtlich ihrer Wasserführung unmittelbar auf Schwankungen der Grundwasserneubildung mit einem den Oberflächengewässern zuströmenden veränderten Basisabfluss. Da der Basisabfluss der an der Abflussmessstelle Döhle/S gemessenen Schmale Aue zu großen Anteilen aus schwebenden Grundwasserstockwerken gespeist wird, über 75 % der Fließstrecke befinden sich im Bereich schwebender Stockwerke, sind die geringen Abflussmengen im Jahre 2019 mit hoher Wahrscheinlichkeit auf diese beschriebenen Besonderheiten zurückzuführen.

Der Anteil des Basisabflusses des Aubachs im Bereich der Abflussmessstelle Toppenstedt beträgt im Vergleich zu den anderen betrachteten Oberflächengewässern nur 49 %. Auf Grund des vergleichsweise hohen Anteils des Direktabflusses am Gesamtabfluss ist der im Aubach 2019 gemessene geringe MQ unmittelbar auf die geringen Niederschlagsmengen des Jahres 2019 zurückzuführen. Des Weiteren war der Anteil der Fließstrecke des Aubachs im Bereich von schwebenden Grundwasserstockwerken mit über 50 % (vgl. [U 3]) vergleichsweise hoch.

Die geringste Abnahme des MQ 2019 im Vergleich zur langjährigen Zeitreihe wurde mit 5 % in der Abflussmessstelle Inzmühlen/S festgestellt. Zurückzuführen ist diese im Vergleich geringe Abnahme des Gesamtabflusses darauf, dass der erfasste Gewässerabschnitt der Seeve mit 93 % den höchsten Anteil des Basisabflusses am Gesamtabfluss aufweist und der Anteil der Fließstrecke im Bereich schwebender Grundwasserstockwerke unter 50 % liegt.

Auf die Entwicklung der ebenfalls in Tabelle 5 dargestellten Niedrigwasserabflüsse (MN7Q) wird im Rahmen der Trendanalyse in Kapitel 5.4 eingegangen.

5.4 Trendanalyse der Niedrigwasserabflüsse NM7Q

In den nachfolgenden Kapiteln werden die in den Abflussmessstellen ermittelten Daten statistisch ausgewertet und auf Trends der Niedrigwasserabflüsse (NM7Q) untersucht.

5.4.1 *Allgemeines*

Die Analyse von Abflusszeitreihen ist eine weit verbreitete Methode, um Aussagen über Trends zu tätigen und damit ein Instrument, um zukünftigen Entwicklungen eines Abflussregimes abzuschätzen. Standen früher Analysen zu Hochwasserabflüssen im Mittelpunkt, so wurde seit dem sehr trockenen Jahr 2003 auch vermehrt Untersuchungen des Niedrigwasserabflusses durchgeführt. Niedrigwasser sind natürliche Ereignisse, die vor allem durch ungünstige Witterungskonstellationen verursacht werden. Ihre Ursache ist häufig Niederschlagsmangel in Verbindung mit einer hohen Verdunstung.

Für die hydrologische Analyse des Niedrigwasserabflusses wurde vom Deutschen Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau (DVWK) 1983 ein Regelwerk [U 3] veröffentlicht, welches Analyseverfahren für Ganglinien beschreibt. Diese Ganglinienanalysen berücksichtigen keine gewässerökologischen Aspekte, sondern sind ein rein deskriptiv-statistisches Verfahren. Als Parameter für die Beschreibung von Niedrigwasserabflüssen wurde vom DVWK das kleinste arithmetische Mittel von sieben aufeinanderfolgenden Tagen (NM7Q) innerhalb einer Bezugsperiode gewählt.

Zur Überprüfung des Niedrigwasserzeitabflusses NM7Q auf zeitliche Trends an den Abflussmessstellen der Beweissicherung Nordheide wurden nachfolgend lineare Regressionsanalysen gemäß DVWK-Regelwerk 120/1983 durchgeführt.

Die Vorgaben der genannten DVWK-Regeln sehen eine Auswertung des Wasserbilanzjahres (jeweils vom 01.04. bis zum 31.03. des Folgejahres) anstelle des hydrologischen Jahres vor. Dadurch wird die Unabhängigkeit einzelner Bezugsperioden gewährleistet, da Niedrigwasserereignisse in der Regel im Sommer, oder frostbedingt im Winter auftreten. Durch die Wahl des Wasserbilanzjahres als Bezugszeitraum wird ausgeschlossen, dass das gleiche Niedrigwasserereignis in zwei aufeinanderfolgenden Jahren gewertet wird.

5.4.2 *Methodik der Berechnungsverfahren*

Gemäß der DVWK-Regel 120/1983 wurde durch alle jährlichen Werte des NM7Qs an einem Pegel eine lineare Trendgerade gelegt und die Steigung der Geraden bestimmt. Durch bestmögliche Anpassung der Trendgeraden an die Messwerte mittels linearer Regression wird der Betrag der Abweichungen zwischen den Werten auf der Geraden und den Messwerten minimiert. Die Trendgerade stellt somit die bestmögliche lineare Abbildung der Ganglinie dar.

Mithilfe des t-Tests (STUDENT-Test) wird untersucht, ob die Steigung signifikant von 0 abweicht und damit einen Trend aufweist. Bei der Prüfung wurde ein 2-seitiger Test mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha=0,05$ (5 %), einem in der Statistik üblicher Wert, verwendet. Der Wert bedeutet, dass ein als signifikant ausgewiesener Trend mit 95 prozentiger Wahrscheinlichkeit zutrifft. Voraussetzung für die statistisch korrekte Anwendung des t-Tests ist,

dass die Grundgesamtheit der Daten normalverteilt ist. Da dies bei Abflussdaten im Allgemeinen und bei den ausgewerteten Daten im Speziellen nicht immer der Fall ist, sind die Testergebnisse nur Näherungswerte.

Bei der Interpretation der Ergebnisse sind zwei Werte von Bedeutung: zum einen die Steigung b der Trendgeraden und zum anderen der Signifikanzwert p . Die Steigung gibt die Richtung des Trends an und zeigt dessen Stärke. Die Steigung ist die langfristige, über den analysierten Zeitraum durchschnittliche Abflussänderung pro Jahr in $\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{a})$. Zur besseren Vergleichbarkeit von Steigungswerten bei Gewässern mit grundlegend verschiedenen Abflussmengen wurde die Steigung zusätzlich als prozentualer Wert angegeben. Dieser Wert beschreibt die durchschnittliche prozentuale NM7Q-Abflussänderung pro Jahr, bezogen auf den NM7Q-Mittelwert des Auswertungszeitraums und ist dimensionslos.

Der p -Wert ist der Signifikanzwert, der angibt, ob die berechnete Steigung nur zufällig von Null abweicht, oder ob der Trend statistisch signifikant ist. Letzteres ist gegeben, wenn der p -Wert kleiner ist, als die angesetzte Irrtumswahrscheinlichkeit des t -Tests. Bei der standardmäßig verwendeten Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha=0,05$ bedeutet dies, dass alle Steigungen mit einem p -Wert von kleiner als 0,05 als signifikant oder „nicht zufällig“ eingestuft werden können. Je kleiner der p -Wert, desto wahrscheinlicher ist es zudem, dass der Trend signifikant ist. Nur die Kombination beider Werte (Steigung und p -Wert) lässt eine sinnvolle Interpretation der Ergebnisse zu. Zeigt z.B. eine Trendgerade einen abfallenden Trend, der p -Wert ist aber dabei größer oder gleich 0,05, dann bedeutet dies, dass der ermittelte Trend nur als zufällig gewertet werden kann. Je näher der p -Wert an 1 liegt, desto weniger kann von einem statistisch belastbaren Trend die Rede sein.

Von besonderer Bedeutung für die Trendanalyse ist die Wahl der Auswertungszeiträume. Allgemein gilt, je länger die zu analysierende Zeitreihe ist, desto besser lassen sich gesicherte Aussagen über die zeitliche Entwicklung des Parameters treffen. Die Beobachtungsspanne sollte dabei nach Möglichkeit nicht kleiner als 30 Jahre sein. Vertrauenswürdige Ergebnisse sind also nur dann möglich, wenn ausreichend lange Zeitreihen vorliegen. Eine Übersicht über die statistische Aussagesicherheit gibt die folgende Tabelle 6:

Tabelle 6: Aussagekraft von Messzeiträumen in der Hydrologie (nach DVWK, 1999 [U 5])

Beobachtungszeitspanne	statistische Aussage
< 10 Jahre	unbrauchbar
10 – 20 Jahre	abschätzend
20 – 30 Jahre	bedingt geeignet
> 30 Jahre	geeignet

Da die zeitliche Variabilität des Abflusses in hohem Maße von klimatischen Parametern abhängt, wirken sich Anfangs- und Endpunkt der Auswertung, insbesondere bei kurzen Beobachtungszeiträumen, wesentlich auf die Ergebnisse aus.

5.4.3 Datenumfang und Auswertungszeiträume

Für alle 15 Abflussmessstellen liegen Daten seit Beginn der Förderung Anfang der 1980er Jahre vor (vgl. Tabelle 1). Für elf Abflussmessstellen gibt es darüber hinaus aufgezeichnete Wasserstands- und Abflusswerte, die auch die Periode vor Förderbeginn durch die HWW über unterschiedlich lange Zeiträume abdecken. Die längsten verfügbaren Zeitreihen beginnen an vier Abflussmessstellen Ende der 1950er bzw. Anfang der 1960er Jahre und weisen damit Beobachtungszeiträume von mehr als 50 Jahren aus. Insgesamt ist die Zeitreihenlänge für 14 Abflussmessstellen länger als 30 Jahre. Damit sind diese Abflussmessstellen gemäß DVWK als geeignet einzustufen. Die Station Inzmühlen/W wurde im Zeitraum von 1980 bis 2005 betrieben, ab dem Jahre 2021 wird der Messbetrieb dann wieder aufgenommen. Gemäß der oben benannten Definition sind die aus dieser Abflussmessstelle vorliegenden Daten nur "bedingt geeignet" für statistische Auswertungen.

Die Auswertungen der Trendanalyse fokussieren sich vorwiegend auf den Zeitraum seit Förderbeginn durch HWW (1983-2019). Damit wird der Frage nachgegangen, ob sich die Förderung des Wasserwerks Nordheide nachhaltig auf die Niedrigwasserabflüsse ausgewirkt haben. Die ersten Brunnen des Wasserwerks wurden im Herbst 1982 in Betrieb genommen, jedoch wurden erst im Kalenderjahr 1983 aus allen Brunnen Grundwasser gefördert.

Die Trendanalyse der Niedrigwasserabflüsse wurde zusätzlich für den jeweils gesamten Messzeitraum einer Abflussmessstelle durchgeführt, somit wurden alle verfügbaren Daten der Abflussmessstellen im Untersuchungsgebiet berücksichtigt.

Für einige Abflussmessstellen wurden so Zeitreihen von mehr als 50 Jahren ausgewertet, was die Verlässlichkeit der Aussagen erhöht. Jedoch sind die Aussagen zu den Trends nur bedingt vergleichbar, da der Aufzeichnungsbeginn bei fast allen Abflussmessstellen unterschiedlich ist.

Eine weitere Unterteilung der Betrachtungszeiträume, etwa in die Zeiträume vor Förderbeginn oder ab den wasserrechtlichen Genehmigungen von 2004 und 2019, war aufgrund der hierdurch entstehenden, für verlässliche Aussagen zu kurzen Beobachtungszeiträume nicht sinnvoll.

5.4.4 Erläuterung der Auswertung exemplarisch am Beispiel der Messstelle Jehrden

Eine graphische Darstellung aller NM7Q-Ganglinien samt Regressionsgeraden ist der Anlage 4 zu entnehmen. Nachfolgend wird die Entwicklung des NM7Q beispielhaft anhand der Abflussmessstelle Jehrden beschrieben (Abbildung 7). Dargestellt sind die NM7Q-Zeitreihen seit Messbeginn (blau, teilweise überlagert von rot) und seit Förderbeginn (rot) sowie die ermittelten Regressionsgeraden samt der Werte b (Steigung) und p (Signifikanzwert). Für die Erläuterung am Beispiel Jehrden wurde zusätzlich der Jahresniederschlag als Abweichung vom 30-jährigen Mittel (1990 - 2019) dargestellt.

Wie zuvor erläutert wird der in den Oberflächengewässern gemessene Abfluss maßgeblich durch den Niederschlag beeinflusst. Der Niederschlag strömt den Oberflächengewässern als Direktabfluss oder indirekter Abfluss (Basisabfluss) über das Grundwasser zu. Weist ein Jahr ein Niederschlagsdefizit auf, so nimmt der NM7Q im Vergleich zum Vorjahr üblicherweise ab. Liegt hingegen ein Niederschlagsüberschuss vor, steigt der NM7Q im Allgemeinen.

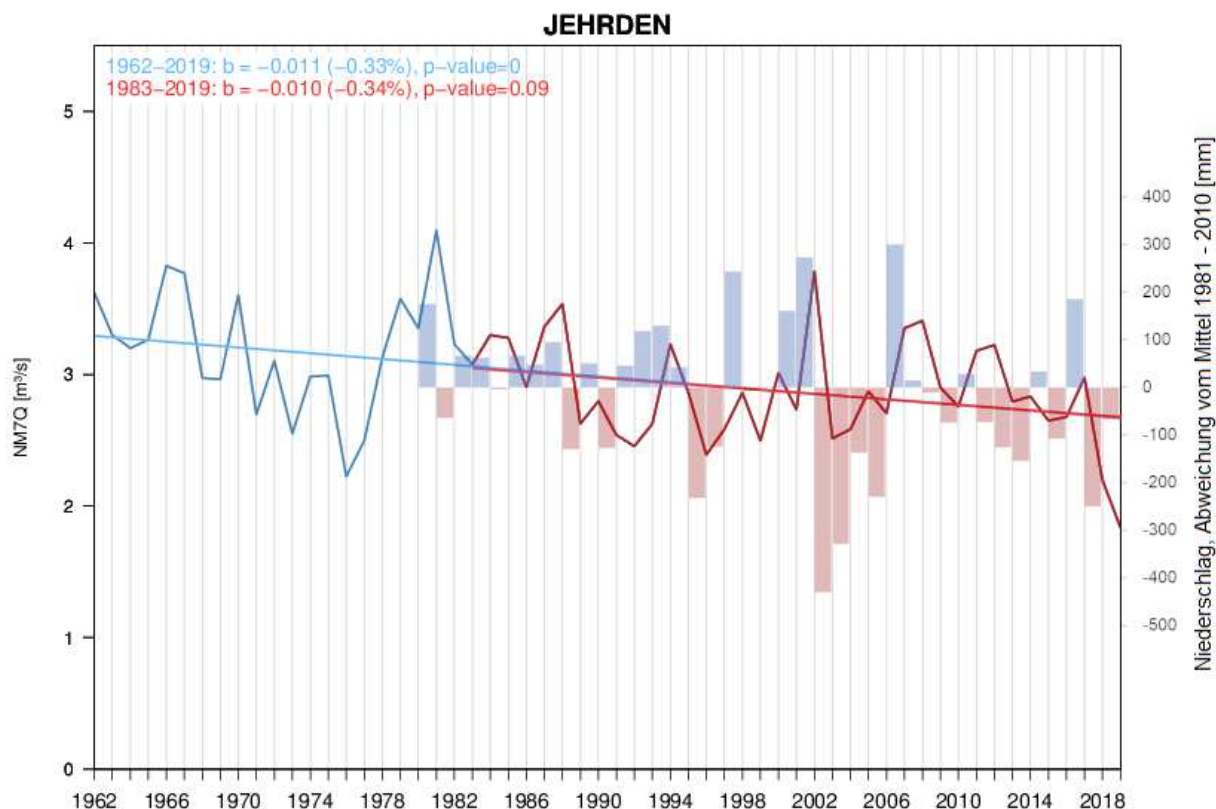


Abbildung 7: Entwicklung des Niedrigwasserzeitabflusses NM7Q an der Abflussmessstelle Jehrden sowie die Jahresniederschläge als Abweichung vom Mittel (1990 – 2019) an der Station Soltau

Diese Abflussänderungen hängen im Wesentlichen von dem jeweiligen Anteil des Direktabflusses am Gesamtabfluss sowie dem Speichervolumen des speisenden Grundwasserleiters ab. Ist der Anteil des Basisabflusses am Gesamtanteil höher, wirken sich Grundwasserneubildungsüberschüsse und -defizite mitunter erst in den Folgejahren aus. So begann das Jahr 2019 bereits mit unterdurchschnittlichen Abflüssen infolge des niederschlagsarmen Jahres 2018, dazu addiert sich das Niederschlagsdefizit des Jahres 2019, sodass für das Wasserbilanzjahr 2019 der geringste NM7Q seit Beginn der Aufzeichnungen gemessen wurde.

Für das Beispiel Jehrden wird für den gesamten Messzeitraum (1962 – 2019) ein negativer Trend mit einer Steigung von -0,33 % nachgewiesen, der statistisch signifikant ist ($p=0$). Die negative Steigung der Regressionsgeraden seit Beginn der Grundwasserförderung (1983 – 2019) beträgt -0,34 % und ist hingegen nicht signifikant ($p \geq 0,05$). Somit ist die Abnahme der Niedrigwasserabflüsse über den gesamten Messzeitraum betrachtet statistisch gesichert. Ein Einfluss der ab 1983 einsetzenden Grundwasserentnahme auf die Entwicklung der Niedrigwasserabflüsse wird jedoch statistisch nicht belegt.

Wie dargestellt, haben Änderungen der jährlichen Niederschlagsmengen den maßgeblichen Einfluss auf die Abflussmengen in Oberflächengewässern. Anthropogene Einflüsse auf die Abflussmengen können durch direkte Entnahmen oder Einleitungen, veränderte Landnutzung (Waldentwicklung, Intensivierung der Landwirtschaft und Flächenversiegelung) oder durch die Verringerung des Basisabflusses durch Grundwasserentnahmen erfolgen.

5.4.5 Ergebnisse

Die Ergebnisse aller Trendanalysen sind in Tabelle 7 zusammengefasst und werden nachfolgend erläutert.

Wie in Kapitel 5.4.3 erläutert, wurden in elf Abflussmessstellen bereits Abflussmessungen vor Förderbeginn durchgeführt. Für diese Abflussmessstellen wurden für den Gesamtmesszeitraum Trendanalysen durchgeführt. Nur für die Abflussmessstellen Inzmühlen/S, Inzmühlen/W, Thelstorf und Kohrs-M1 lagen für die Zeit vor Förderbeginn keine Daten vor.

Die Auswertung der Trendanalyse für den Förderzeitraum erfolgte in der Regel für 36 Jahre. Am Pegel Inzmühlen/W wurden die Messungen Ende 2004 eingestellt, sodass hier nur eine verkürzte Zeitreihe bis einschließlich des Wasserbilanzjahres 2003 ausgewertet werden konnte. An der Abflussmessstelle Kohrs-M1 lagen erst seit dem Wasserbilanzjahr 1990 Messungen vor, sodass hier eine 29 Jahre umfassende Zeitreihe ausgewertet wurde. Die Ergebnisse aus diesen Berechnungen sind gemäß Tabelle 6 nur als abschätzende bis bedingt geeignet zu bewerten. Somit konnten die Ergebnisse aus 13 Abflussmessstellen für Trendanalysen des Förderzeitraums uneingeschränkt sowie Kohrs-M1 und Inzmühlen/W eingeschränkt verwendet werden.

Tabelle 7: Ergebnisse der NM7Q-Trendanalyse

		Beobachtungsperiode: Gesamter Zeitraum (GG)						Beobachtungsperiode: 1983-2019 (SP 2)						
	Pegel	Zeitraum		Anzahl Jahre	Steigung $m^3/(s*a)$	Steigung %	p-Wert	Zeitraum		Anzahl Jahre	Steigung $m^3/(s*a)$	Steigung [%]	p-Wert	Veränderung GG vs. SP 2
		von	bis					von	bis					
Este	WELLE	1973	2019	46	0,0001	0,3	0,524	1983	2019	36	0,0003	0,8	0,162	
	LANGELOH	1957	2019	62	-0,0006	-0,4	0,046	1983	2019	36	-0,0005	-0,3	0,447	+
	EMMEN	1957	2019	62	-0,0011	-0,1	0,434	1983	2019	36	-0,0001	0,0	0,963	
Seeve	INZMÜHLEN/S	1983	2019	36				1983	2019	36	-0,0009	-0,3	0,054	
	THELSTORF	1983	2019	36				1983	2019	36	-0,0033	-0,4	0,018	
	JEHRDEN	1962	2019	57	-0,0110	-0,3	0,001	1983	2019	36	-0,0103	-0,3	0,088	+
Weseler Moorbach	INZMÜHLEN/W	1983	2003	20				1983	2003	20	0,0000	0,0	0,934	
Weseler Bach	KOHRM-M1	1990	2019	29				1990	2019	29	-0,0005	-1,0	0,065	
Schmale Aue	DÖHLE/S	1979	2019	40	-0,0011	-1,2	0,000	1983	2019	36	-0,0009	-1,1	0,001	
	HANSTEDT	1973	2019	46	-0,0032	-0,6	0,002	1983	2019	36	-0,0039	-0,7	0,004	
	MARXEN	1972	2019	47	-0,0037	-0,5	0,010	1983	2019	36	-0,0050	-0,7	0,010	
Aubach	TOPPENSTEDT	1982	2019	37	-0,0003	-1,3	0,026	1983	2019	36	-0,0003	-1,4	0,020	
	WULFSEN	1972	2019	47	-0,0032	-1,0	0,000	1983	2019	36	-0,0026	-0,9	0,006	
Nordbach	SALZHAUSEN	1977	2019	42	-0,0008	-0,8	0,003	1983	2019	36	-0,0004	-0,5	0,121	+
Luhe	ROYDORF	1962	2019	57	-0,0092	-0,3	0,017	1983	2019	36	-0,0124	-0,4	0,049	+

rot: Beobachtungsperiode > 50 Jahre $\alpha = 0.05$, 2 seitig

grau: Beobachtungsperiode < 30 Jahre **fett: signifikanter Trend**

Für den Gesamtzeitraum konnten die Daten aus elf Abflussmessstellen ausgewertet werden. Für neun Abflussmessstellen wurde ein signifikanter Trend festgestellt. Alle ermittelten Trends waren negativ. Die nicht signifikanten Trends waren positiv (Welle) oder negativ (Emmen).

Für den Zeitraum seit Förderbeginn konnten aus 13 Abflussmessstellen die Daten uneingeschränkt bewertet werden. An sechs Abflussmessstellen waren die Trends signifikant. Alle signifikanten Trends waren negativ. Für sieben Abflussmessstellen wurde ein nicht signifikanter Trend berechnet. Von den nicht signifikanten Trends waren sechs Trends negativ und ein Trend positiv.

Es zeigten sich räumliche Unterschiede in Bezug auf die Steigung und Signifikanz der ermittelten Trends.

Im Flussgebiet der Este konnte für den Gesamtzeitraum nur für die Abflussmessstellen Langeloh ein signifikanter Trend festgestellt werden. Der Trend war negativ. Für den Zeitraum seit Förderbeginn der WG Nordheide wurde in keiner Abflussmessstelle ein signifikanter Trend nachgewiesen. Die nicht signifikanten Trends waren in den Abflussmessstellen Langeloh und Emmen negativ und in der Abflussmessstelle Welle positiv.

Im Flussgebiet der Seeve wurde für den Zeitraum seit Förderbeginn nur an der Abflussmessstelle Thelstorf ein signifikanter Trend berechnet. Der Trend an der Abflussmessstelle Thelstorf war negativ. An den übrigen vier Abflussmessstellen an der Seeve und ihren Nebenflüssen (Inzmühlen/S, Jehrden, Inzmühlen/W, Kohrs-M1) konnten für diesen Zeitraum keine signifikanten Trends festgestellt werden. Mit Ausnahme der Abflussmessstelle Inzmühlen/W waren die nicht signifikanten Trends negativ. Der für die Abflussmessstelle Inzmühlen/W berechnete Trend war positiv.

Für den gesamten Zeitraum seit Messbeginn wurde ausschließlich für die Abflussmessstelle Jehrden ein signifikanter Trend berechnet. Der Trend der Abflussmessstelle Jehrden war negativ.

Im Flussgebiet der Schmalen Aue weisen alle ausgewerteten Abflussmessstellen für den Gesamtzeitraum und für den Zeitraum seit Förderbeginn einen signifikanten Trend auf. Die ermittelten Trends sind alle negativ.

Im Flussgebiet der Luhe und ihren Nebenflüssen wurde für den Zeitraum seit Förderbeginn an den Abflussmessstellen des Aubachs (Toppenstedt, Wulfsen) signifikante Trends berechnet. Diese Trends waren negativ. Für die Abflussmessstellen Roydorf und Salzhausen konnten hingegen nur Trends ohne Signifikanz ermittelt werden. Diese Trends waren ebenfalls negativ. In der Betrachtung des gesamten Zeitraums seit Förderbeginn weisen alle vier Abflussmessstellen an der Luhe und ihren Nebenflüssen einen signifikanten Trend mit abnehmender Tendenz auf. Da für die Abflussmessstelle Toppenstedt der Gesamtbeobachtungszeitraum mit 37 Jahren nur ein Jahr länger ist, als bei einer Betrachtung des Förderzeitraums, waren hier aus statistischer Sicht keine Abweichungen zu erwarten.

Alle signifikanten Trends, unabhängig vom jeweils betrachteten Zeitraum, sind, offenbar witterungsbedingt, im Berichtsjahr 2019 negativ. Der Vergleich der für den Gesamtzeitraum festgestellten Trends mit den Trends für den Förderzeitraum weist für keine der Abflussmessstellen eine deutliche Verstärkung der negativen Steigung mit Einsetzen der Grundwasserentnahme durch HWW auf. Die stärksten abnehmenden Trends der Niedrigwasserabflussmengen seit Förderbeginn wurden an den Abflussmessstellen Toppenstedt und Döhle/S beobachtet. Wie in Kapitel 5.3 erläutert, werden die Gewässer im Oberlauf dieser Abflussmessstellen überwiegend durch den Basisabfluss aus schwebenden Grundwasserleitern gespeist. Aufgrund des geringeren Speichervolumens der schwebenden Grundwasserleiter wird die Höhe des Basisabflusses hier stark durch klimatische Schwankungen beeinflusst.

5.4.6 Zusammenfassung

Nachfolgend sind in Tabelle 8 die Ergebnisse der Trendanalyse 2019 zusammengefasst. Um Veränderungen gegenüber den Vorjahren herauszuarbeiten, wurden diese Daten mit den Ergebnissen des im Rahmen des Wasserrechtsverfahrens erstellten Hydrologischen Gutachtens, CAH 2014, verglichen (Auswertungszeitraum bis 2012). Hierbei sind die Abflussmessstellen unterstrichen, bei denen die statistische Auswertung der Daten bis einschließlich des Berichtsjahres 2019 zu einer anderen Bewertung der Signifikanz als im oben genannten Hydrologischen Gutachten führte.

Für den Förderzeitraum weisen 2019 neben der Abflussmessstelle Wulfsen auch die Abflussmessstellen Thelstorf, Döhle/S, Hanstedt, Marxen und Toppenstedt einen signifikanten Trend mit negativer Tendenz auf. Der im hydrologischen Gutachten für den Auswertungszeitraum bis 2012 an der Abflussmessstelle Welle festgestellte signifikante Trend mit positiver Tendenz wurde 2019 nicht bestätigt.

Für den Zeitraum gesamter Beobachtungszeitraum wurden die im Hydrologischen Gutachten ermittelten signifikanten Trends mit abnehmender Tendenz für die Abflussmessstellen Jehrden, Döhle/S, Wulfsen und Salzhausen bestätigt. Im Zuge der Auswertung 2019 wurden auch für die Abflussmessstellen Langeloh, Thelstorf, Hanstedt, Marxen, Toppenstedt und Roydorf signifikante Trends mit negativer Tendenz festgestellt.

Im Vergleich zum Auswertungszeitraum 2012 (Hydrogeologisches Gutachten) wurden im Jahre 2019 für den gesamten Beobachtungszeitraum und für den Förderzeitraum erheblich mehr Abflussmessstellen ausgewiesen, deren Daten einen signifikanten Trend zeigen. Die ausgewiesenen Trends waren immer negativ. Diese Entwicklung ist auf die überwiegend niederschlagarmen Jahre seit 2010 zurückführen. Sieben der letzten zehn Jahre (2010 bis 2019) weisen Niederschlagsdefizite im Vergleich zum 30-jährigen Mittel von $\geq 13\%$ auf. Nur das Jahr 2017 war überdurchschnittlich feucht. Dies führte dazu, dass den vergleichsweise niederschlagsreichen Jahren zu Beginn der Messreihen gleich mehrere Trockenjahre gegen Ende der Messreihe gegenüberstehen.

Tabelle 8: Zusammenfassung der Ergebnisse der linearen Trendanalyse 2019

<p>Trendentwicklung 1983 – 2019 (Förderzeitraum)</p> <ul style="list-style-type: none"> 6 Abflussmessstellen mit signifikantem Trend, alle Abflussmessstellen haben eine abnehmende Tendenz (<u>Thelstorf</u>, <u>Döhle/S</u>, <u>Hanstedt</u>, <u>Marxen</u>, <u>Toppstedt</u>, <u>Wulfsen</u>) 9 Abflussmessstellen mit nicht signifikantem Trend (<u>Welle</u>, <u>Langeloh</u>, <u>Emmen</u>, <u>Inzmühlen/S</u>, <u>Jehrden</u>, <u>Inzmühlen/W</u>, <u>Kohrs-M1</u>, <u>Salzhausen</u>, <u>Roydorf</u>)
<p>Trendentwicklung seit 1950/60/70/80er Jahre (gesamter Beobachtungszeitraum)</p> <ul style="list-style-type: none"> 9 Abflussmessstellen mit signifikantem Trend, alle Abflussmessstellen haben eine abnehmende Tendenz (<u>Langeloh</u>, <u>Thelstorf</u>, <u>Jehrden</u>, <u>Döhle/S</u>, <u>Hanstedt</u>, <u>Marxen</u>, <u>Toppstedt</u>, <u>Wulfsen</u>, <u>Salzhausen</u>, <u>Roydorf</u>) 2 Abflussmessstellen mit nicht signifikantem Trend (<u>Welle</u>, <u>Emmen</u>)
<p>Veränderung der Trendentwicklung (gesamter Beobachtungszeitraum vs. Förderzeitraum)</p> <ul style="list-style-type: none"> 5 Abflussmessstellen mit signifikant Trend, in beiden Zeiträumen abnehmende Tendenz (<u>Thelstorf</u>, <u>Döhle/S</u>, <u>Hanstedt</u>, <u>Marxen</u>) 4 Abflussmessstellen mit signifikantem Trend im Gesamtzeitraum, (Tendenz jeweils abnehmend), ohne signifikanten Trend seit Förderbeginn (<u>Langeloh</u>, <u>Jehrden</u>, <u>Salzhausen</u>, <u>Roydorf</u>) 2 Abflussmessstellen mit nicht signifikantem Trend in beiden Zeiträumen (<u>Welle</u>, <u>Emmen</u>)

Unterstrichen: Änderung der Signifikanz gegenüber hydrologischem Gutachten

Die untersuchten Niedrigwasserabflussmengen (NM7Q) weisen für den gesamten Beobachtungszeitraum einen gering abnehmenden Trend auf, der in vielen Abflussmessstellen signifikant ist. Bei der Betrachtung des Zeitraums seit Förderbeginn ist die Anzahl der Abflussmessstellen mit einem signifikanten Trend geringer. Des Weiteren wird in der Regel für diesen Zeitraum eine geringere negative Steigung ausgewiesen. Ein Einfluss der Förderung im Wasserwerk Nordheide auf die Niedrigwasserabflüsse in den Fließgewässern im Untersuchungsgebiet ist über die Trendanalyse daher nicht festzustellen.

Auch im Beweissicherungsgebiet führt die Entnahme von Grundwasser zu einer Verringerung des den Oberflächengewässern zuströmenden Basisabflusses. Diese durch die Grundwasserentnahmen (HWW und Dritte) hervorgerufenen Verringerung des Basisabflusses ist jedoch im Zusammenhang zu den nachfolgend aufgeführten, den Abfluss der Oberflächengewässer maßgeblich positiv wie negativ beeinflussenden Faktoren zu beurteilen:

- 1) natürliche Faktoren: natürlicher Witterungsgang (Niederschlagsmengen, Niederschlagsart und Niederschlagsverteilung im Jahresverlauf und über mehrere aufeinanderfolgende Jahre, Veränderung der Verdunstung).
- 2) anthropogene Ursachen: bei den anthropogenen Wirkungspfaden sind wiederum zwei Möglichkeiten zu unterscheiden.
 - a) direkte Eingriffe: Direkte Entnahmen von Wasser aus den Gewässern, Aufstau oder Rückhalt, Flussbegradigung oder andere bauliche Maßnahmen.
 - b) indirekte Eingriffe: Absenkung der freien Grundwasseroberfläche im obersten Grundwasserstockwerk durch Förderung (Trink- und Brauchwasserbrunnen sowie Entnahmen für die Landwirtschaft), Drainieren von grundwasserbeeinflussten Böden, Veränderung der Landnutzung und damit Veränderung der Grundwasserneubildung (z.B. Aufforstungen, Umwandlung von Ackerland in Grünland, Versiegelung von Flächen durch Bebauung etc.)

Die Entwicklung der Niedrigwasserabflüsse lässt sich demnach als ein Faktorengemisch aus natürlichen, witterungsbedingten Ursachen, gepaart mit einem gesteigerten Nutzungsdruck der Oberflächen- und Grundwasservorkommen und einer Veränderung der Landnutzung seit den 1950er Jahren erklären. Die Interpretation der Ergebnisse lässt daher den Schluss zu, dass der Einfluss der Grundwasserförderung im Gebiet der Nordheide im Vergleich zur Summe der anderen Einflussgrößen so gering ist, dass er nicht festgestellt werden kann.

6 Empfehlungen zur weiteren Vorgehensweise

Wie in Kapitel 2 beschrieben, werden derzeit Ertüchtigungsmaßnahmen an den Abflussmessstellen durchgeführt. Gemäß dem Abstimmungsgespräch mit dem LK Harburg und dem Gewässerkundlichen Landesdienst (GLD) vom 22.01.2019 sollen die bestehende und die neu an den Abflussmessstellen zu installierende Messtechnik mindestens ein Jahr und über mindestens eine Niedrigwasserphase parallel betrieben werden. Auf diesem Wege soll eine ausreichende Datengrundlage für eine Korrelation und Fortschreibung der alten und neuen Messdaten gewährleistet werden. Der Fokus liegt dabei insbesondere auf der Vergleichbarkeit im Bereich von Niedrigwasserabflüssen, sodass mit der neuen Messtechnik die bisherige Datenaufzeichnung fortgeschrieben werden kann. Eine Korrelation der Hochwasserabflüsse wird in diesem Zusammenhang vom GLD als sekundär bewertet.

Entsprechend den Empfehlungen zum Parallelbetrieb von Pegelanlagen (LAWA-Pegelhandbuch, Teil A.3.3 (4)) muss während des Vergleichszeitraums eine Unterschreitung des mittleren Niedrigwassers (MNW) vorkommen. Eine Überschreitung des mittleren Hochwassers (MHW) ist in diesem Fall nicht zwingend erforderlich.

Der Parallelbetrieb endet frühestens nach erfolgter Auswertung und Evaluation der Messergebnisse sowie nach Abstimmung mit dem LK Harburg und dem GLD. Anschließend kann mit dem Abbau der alten Messtechnik und den geplanten Ertüchtigungsarbeiten am Messstellenbauwerk begonnen werden.

Darüber hinaus soll das hydrologische Messnetz alle 5 Jahre bewertet und bei Bedarf an aktuelle Anforderungen angepasst werden. Die aus der Bewertung resultierenden Maßnahmen am Messstellennetz sind mit der Unteren Wasserbehörde des Landkreises Harburg abzustimmen. Bei einer voraussichtlichen Inbetriebnahme der neuen Messtechnik im Jahr 2021, dem mindestens einjährigen Parallelbetrieb und den darauffolgenden Ertüchtigungsarbeiten am Gerinne wird empfohlen, die erste Bewertung des hydrologischen Messnetzes 5 Jahre nach den Ertüchtigungsarbeiten, d.h. frühestens im Jahr 2027 durchzuführen.

7 Zusammenfassung

Im Rahmen der Beweissicherung für das WW Nordheide werden durch die HWW an den wichtigsten Vorflutern im Gewinnungsgebiet insgesamt 10 Abflussmessstellen betrieben und unterhalten. Ergänzt um weitere 5 Abflussmessstellen des NLWKN bilden die gemessenen Wasserstände und Abflüsse eine Datengrundlage, um mögliche Beeinflussungen durch den Förderbetrieb der HWW auf die Oberflächengewässer festzustellen. Nach Abschluss der laufenden Ertüchtigungsarbeiten werden neben dem Wasserstand zukünftig auch Fließgeschwindigkeit und Wassertemperatur gemessen.

Die Niederschlagsentwicklung ist für die Abflussmengen an den Messstellen die wesentliche Größe und überprägt die möglichen Beeinflussungen durch Grundwasserentnahmen maßgeblich, sodass rein visuell keine förderbedingten Beeinflussungen festzustellen sind. Während sich der Niederschlag auf alle Abflussbestandteile auswirkt, hat eine Entnahme von Grundwasser durch Förderung ausschließlich Auswirkung auf den grundwasserbürtigen Anteil des Abflusses, also auf den Basisabfluss.

Der Blick in die jüngere Vergangenheit zeigt, dass in den letzten 10 Jahren Trockenjahre dominierten. Nach dem sehr trockenen Jahr 2018 lagen die Basisabflussmengen zu Beginn des hydrologischen Jahres 2019 bereits auf unterdurchschnittlichem Niveau. Dieser Zustand hielt aufgrund der unterdurchschnittlichen Niederschläge im Berichtsjahr bis Oktober an. In den Monaten November und Dezember 2019 fand hingegen eine Zunahme der Basisabflussmengen zurück auf ein mittleres Niveau statt, sodass eine deutliche Erholung des Wasserhaushalts vermutet werden kann.

Mittels statistischer Trendanalyse wurde die langfristige Entwicklung der Niedrigwasserabflüsse NM7Q untersucht. Hierbei wurden jeweils der Zeitraum seit Förderbeginn durch die HWW (1983) sowie der Zeitraum der gesamten Messzeitreihe auf Trends untersucht. Es zeigen sich sowohl seit Förderbeginn, als auch über den gesamten Beobachtungszeitraum vorwiegend Trends mit abnehmender Tendenz. Dies gilt sowohl für die potentiell beeinflussten Messstellen im Bereich des WW Nordheide, als auch für die weiter entfernt gelegenen NLWKN-Messstellen des Landesmessnetzes Niedersachsen. Ein Zusammenhang der Trends mit dem Förderbetrieb der HWW kann daher nicht hergeleitet werden. Es zeigt sich sogar, dass die abnehmenden Trends sich seit Förderbeginn durch HWW noch abgeschwächt haben. Die Trends lassen sich vielmehr durch die Witterungsentwicklung erklären, da überdurchschnittlich feuchte Jahre zu Beginn der Messreihen den niederschlagsärmeren Jahren der letzten 10 Jahre gegenüberstehen.

Hildesheim, den 11. August 2021

Überarbeitet: Hamburg, den 16.12.2022

Abbildungen und Tabellen

Abbildungen

Abbildung 1:	Lage der Abflussmessstellen und Flussgebiete.....	4
Abbildung 2	Vergleich der monatlichen Niederschläge der Jahre 2018 und 2019 zum langjährigen Mittel (DWD-Station Soltau)	8
Abbildung 3:	Jährliche Niederschlagssummen 2010 bis 2019 im Vergleich zum 30-jährigen Jahresmittel (DWD-Station Soltau)	9
Abbildung 4:	Schematische Darstellung der Abflussbildung (BAUMGARTNER & LIEBSCHNER) [U 8].....	12
Abbildung 5:	Abflussganglinie des Pegels Hanstedt für das Jahr 2019.....	15
Abbildung 6:	Ermittlung der gewässerkundlichen Hauptwerte am Beispiel MQ Marxen	17
Abbildung 7:	Entwicklung des Niedrigwasserzeitabflusses NM7Q an der Abflussmessstelle Jehrden sowie die Jahresniederschläge als Abweichung vom Mittel (1990 – 2019) an der Station Soltau.....	23

Tabellen

Tabelle 1:	Messstellennetz für die hydrologische Beweissicherungsmessstellen.....	5
Tabelle 2	Monatsniederschläge der DWD-Station Soltau 2010 bis 2019.....	7
Tabelle 3:	Übersicht Niederschläge in den Winterhalbjahren 2018 und 2019.....	10
Tabelle 4:	Für die Auswertung ermittelte Gewässerkundlichen Hauptwerte und ihre Bedeutung	16
Tabelle 5:	Zusammenfassung der gewässerkundlichen Hauptwerte 2019 sowie Basisabfluss nach WUNDT	18
Tabelle 6:	Aussagekraft von Messzeitlängen in der Hydrologie (nach DVWK, 1999 [U 5])	21
Tabelle 7:	Ergebnisse der NM7Q-Trendanalyse.....	25
Tabelle 8:	Zusammenfassung der Ergebnisse der linearen Trendanalyse 2019	28

Anlagenverzeichnis

- Anlage 1 : Beweissicherung Nordheide, Ganglinien der Oberflächengewässer, (53949-0023)
- Anlage 2 : Tabellen zu den gewässerkundlichen Hauptwerten des Wasserstandes W nach Pegelhandbuch, (53949-0024)
- Anlage 3 : Tabellen zu den gewässerkundlichen Hauptwerten des Abflusses Q nach Pegelhandbuch, (53949-0025)
- Anlage 4 : Ganglinien und Trendanalyse des NM7Q, (53949-0026)

Literaturverzeichnis

- [U 1] BAUMGARTNER, A., & LIEBSCHER, H. J. (1990). Allgemeine Hydrologie: Quantitative Hydrologie. Borntraeger.
- [U 2] BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (LAWA) (2018): Leitfaden zur Hydrometrie des Bundes und der Länder – Pegelhandbuch
- [U 3] CONSULAQUA Hildesheim (2014): Hydrologisches Gutachten zur Erneuerung des Wasserrechtes für die Fassungen Nordheide Ost und West sowie die Fassungen Schierhorn der Hamburger Wasserwerke GmbH.
- [U 4] DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU EV (DVWK) (1983): DVWK-Regel 120/1983. Niedrigwasseranalyse. Teil I: Statistische Untersuchung des Niedrigwasser-Abflusses.
- [U 5] DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU EV (DVWK) (1999): DVWK-Merkblatt 251/1999. Statistische Analyse von Hochwasserabflüssen.
- [U 6] DWD CLIMATE DATA CENTER: Historische tägliche Niederschlagsbeobachtungen für Deutschland, Version v007, 2019.
- [U 7] DWD CLIMATE DATA CENTER: Berechnete tägliche Werte von charakteristischen Elementen aus dem Boden und dem Pflanzenbestand., Version v19.3, 2019
- [U 8] LANDKREIS HARBURG - UNTERE WASSERBEHÖRDE (2019): Gehobene Erlaubnis gemäß § 10 Abs. 1 WHG i.V.m. § 15 WHG; Wasserwerk Nordheide – Grundwasserförderung aus den Brunnen der Fassungen Nordheide West, Nordheide Ost und Schierhorn zum Zwecke der Trink- und Brauchwassergewinnung
- [U 9] NATERMANN, E (1951): Die Linie des Langfristigen Grundwassers (A_{uL}) und die Trockenwetter-Abflußlinie (TWL). – Wasserwirtschaft 1951
- [U 10] WUNDT, W. (1958): Die Kleinstwasserführung der Flüsse als Maß für die verfügbaren Grundwassermengen. In: R. Grahmann (Ed.): Die Grundwässer der Bundesrepublik Deutschland und ihre Nutzung. 47-54. Remagen.