

Auftraggeber : Wasserverband Peine (WV Peine)
 Horst 6, 31226 Peine

Bearbeitung : Martin Meinken

Tabellen: 4

Abbildungen: 1

Anlagen : 5

Datum : 31. Aug. 2009



gez. Dipl.-Ing. Martin Meinken

Inhaltsverzeichnis

Anlagenverzeichnis.....	II
1 Untersuchungsumfang	1
2 Feldversuch.....	3
3 Aktualisierung der Auswirkungsprognose für ein Infiltrationsvolumen von 4 Mio. m³	11
Verwendete Unterlagen und Literatur (Projektphasen 1 bis 3).....	15

Anlagenverzeichnis

- Anlage 1:** Topografische Übersichtskarte (M: 1 : 160.000)
- Anlage 2:** Übersichtsplan (M: 1 : 160.000)
- Anlage 3:** Lageplan Feldversuch (M: 1 : 30.000)
- Anlage 4:** Prognostizierte Grundwasserspiegel-Aufhöhung für den Feldversuch und Grundwasserflurabstand (M: 1 : 30.000)
- Anlage 5:** Kumulativer Basisabfluss in der Wulbeck zu verschiedenen Zeitpunkten (April, Juli und Oktober) - Vergleichszustand und Varianten der Maßnahme "Wiedervernässung Talaue"

1 Untersuchungsumfang

Schwerpunkt der Projektphase 3 war die Durchführung eines großmaßstäblichen Feldversuches im Bereich des Absenkungstrichters der Förderbrunnen des *Wasserwerkes Fuhrberg* (s. Anlagen 1 bis 3). Dieser hatte zum Ziel, die für die bisherige Modellsimulation der Maßnahmevariante "Wiedervernässung Talaue" (Projektphase 2, s. MATHEJA / MEINKEN 2007) zugrunde gelegten Annahmen hinsichtlich der Versickerungsbereiche und der Systemeigenschaften (z.B. Infiltrationsvermögen, Speicherkoeffizienten) zu überprüfen. Geplant war ein Infiltrationsvolumen in Höhe von 2,0 Mio. m³, das im Wesentlichen über den *Wulbecksgaben* und einem Zuleitungsgraben (Grabenstrecke 'kurz', s. Anlage 3) sowie angrenzender, kleinerer Gräben innerhalb eines Zeitraumes von 5 Monaten versickert werden sollte. Die Versuchsdurchführung wurde mit Bescheid vom 17.12.2008 von der *Region Hannover, Fachbereich Umwelt* gemäß § 128 NWG begrenzt bis zum 31.03.2009 genehmigt.

Witterungsbedingt konnte der Feldversuch erst am 16.01.2009 beginnen. Durch den gegenüber der Planung deutlich verkürzten Versuchszeitraum kamen lediglich rd. 0,57 Mio. m³ zur Versickerung.

Das während des Feldversuches durchgeführte Monitoring zur Feststellung der tatsächlichen Versickerungsbereiche und Grundwasserspiegel-Aufhöhungen (inkl. Einschätzung witterungs- und entnahmebedingter Grundwasserstands-Änderungen) umfasste folgende Messgrößen bzw. Beobachtungen:

- Fördermengen (täglich) aus den Brunnen 1 bis 5 des *Wasserwerkes Fuhrberg*
- Wasserstands- und Abflussmessungen im Zuleitungsgraben und *Wulbecksgaben* (Messstellen 1 bis 4, s. Anlage 3)
- Ausbreitung der Wasserstände im oberirdischen Gewässersystem (Dokumentation, Fotos)
- Grundwasserstände (quartalsweise) im Rahmen der Standard-Beweissicherung für die Grundwasserentnahme der *Stadtwerke Hannover AG* an den in Anlage 3 dargestellten Messstellen
- Grundwasserstände (stündlich) an den in Anlage 3 gesondert gekennzeichneten Messstellen (Ausrüstung mit Datenloggern).

Ergänzend wurden für die Auswertungen zur Einschätzung der Witterungssituation tägliche Niederschlagssummen für die Station *Hannover-Langenhagen* beschafft.

Die aus den Messdaten abgeleiteten Grundwasserspiegel-Veränderungen während des Feldversuches wurden mit dem instationär betriebenen Grundwassermodell nachgebildet. Zur ausreichenden Anpassung mussten dazu örtlich Systemparameter (Durchlässigkeits- und Speicherkoeffizienten) modifiziert werden. Die Prognosefähigkeit des Grundwassermodells ist dadurch verbessert worden.

Auf Grundlage des aktualisierten Modellstandes wurden die Auswirkungen einer Wiedervernässung mit 4 Mio. m³ unter Beibehaltung der bisherigen Annahmen in Projektphase 2 bezüglich der Versickerungsstrecke und der Infiltrationsverteilung neu berechnet (Wiederholung der Simulation).

Zur Prüfung der Sensitivität der ermittelten Auswirkungen gegenüber der Ausdehnung des Versickerungsbereiches erfolgte in Anlehnung an die Erkenntnisse aus dem Feldversuch eine Vergleichsrechnung mit verkürzter Versickerungsstrecke und angepasster Infiltrationsverteilung.

Im Rahmen der Projektphase 1 konnte u.a. aufgezeigt werden, dass eine Sohlabdichtung in Bereichen mit großen Flurabständen zu einer deutlichen Verminderung der Infiltration in das Grundwassersystem und damit zum weitgehenden Erhalt des grundwasserbürtigen Abflusses in der *Wulbeck* beitragen kann (MATHEJA / MEYER 2006). Zudem wurde in den Berichten zu den Projektphasen 1 und 2 (MATHEJA / MEYER 2006 und MATHEJA / MEINKEN 2007) bei der Bewertung der Ergebnisse darauf hingewiesen, dass eine Kombination mehrerer Einzelmaßnahmen die größten Erfolgsaussichten zur signifikanten Verbesserung der Niedrigwasserführung in der *Wulbeck* bietet. Zur Verdeutlichung dieser Synergieeffekte wurde hier abschließend eine Simulation durchgeführt, die sowohl die "Wiedervernässung Talaue" als auch eine Sohlabdichtung unterhalb des Zuleitungsgrabens bis zur Einmündung des *Wulbeckgrabens* in die *Wulbeck* beinhaltet.

Alle das oberirdische Gewässersystem betreffenden Untersuchungen / Arbeiten (Beschreibung des Versuchsaufbaus, Datenerhebung, Aus- und Bewertungen) wurden in einer Teiluntersuchung '*Oberflächengewässer*' des Teilprojektes '*Wulbeck*' gesondert durchgeführt (s. Kap. 2).

2 Feldversuch

Generell soll die geplante Maßnahme "Wiedervernässung Talaue" zu einer Entlastung des Wasserhaushaltes in den Sommermonaten und damit auch zu einer Verbesserung der Niedrigwasserführung in der *Wulbeck* führen. Die Zweckmäßigkeit der Versickerung von "überschüssigem" Wasser aus der *Wulbeck* während der Wintermonate mit ausreichendem Wasserdargebot im Bereich des Absenktrichters der Förderbrunnen des *Wasserwerkes Fuhrberg* wurde bereits anhand einer numerischen Modellsimulation nachgewiesen (MATHEJA / MEINKEN, 2007). Angesetzt wurde dabei ein Wasservolumen, das sich oberhalb des langjährig mittleren Abflusses (MQ) im Wasserwirtschaftsjahr 2005 in der *Wulbeck* ergeben hat. Überschreitungen des MQ gab es im Zeitraum November 2004 bis Anfang Juni 2005 mit einem Gesamt-Wasservolumen von rd. 4 Mio. m³. Im Grundwassermodell wurde dieser Fall als Linienquelle (aus Sicht des Grundwassersystems) im Bereich des *Wulbecksgrabens* und eines erforderlichen Zuleitungsgrabens (Grabenstrecke 'lang', s. Anlage 3) umgesetzt. Dabei wurde das anfallende Wasser unter Vorgabe der tatsächlichen Monatsmengen dem Grundwassermodell unabhängig von den oberirdischen Wasserwegsamkeiten und geologisch/bodenkundlichen Gegebenheiten (Durchlässigkeit des oberflächennahen Untergrundes) mit gleichmäßiger örtlicher Verteilung zugeführt.

Mit dem von der *Region Hannover, Fachbereich Umwelt* genehmigten Feldversuch (mit zeitlicher Begrenzung bis zum 31.03.2009) sollte aufgezeigt werden, inwieweit die für die Modellsimulation zugrunde gelegten Annahmen hinsichtlich der Versickerungsgebiete und Systemeigenschaften (z.B. Infiltrationsvermögen, Speicherkoeffizienten) zutreffen. Der dazu erforderliche Versuchsaufbau (z.B. Bau des Zuleitungsgrabens zum *Wulbecksgaben* und des Dammkörpers in der *Wulbeck*, Einrichtung von Abflussmessstellen) wurde am 23.12.2008 fertig gestellt (Lage siehe Anlage 3). Aufgrund der ungünstigen Witterungssituation (wenig Niederschlag in Verbindung mit Frost und Eisbildung in den Gräben) konnte der Versuch erst am 16.01.2009 beginnen.

In den Versuchs-Monaten Februar und März waren die Niederschläge mit Monatssummen von 58 bzw. 59 mm gegenüber den langfristig mittleren Werten in Höhe von 39 bzw. 47 mm überdurchschnittlich hoch (Tageswerte s. Abb. 1), so dass in der *Wulbeck* ausreichend Wasser für die Versuchsdurchführung zur Verfügung stand. Das über dem mittleren Abfluss am Dammkörper in den Zuleitungsgraben abgeführte Wasser versickerte über das bestehende bzw. aktivierte Grabensystem (Zuleitungsgraben, *Wulbecksgaben*, kleinere Nebengräben) und ausgewählten, angrenzenden Flächen

(s. Kap. 2) in das Grundwassersystem. Nur an einem Tag gelangte ein vernachlässigbares Wasservolumen über den *Wulbecksgaben* wieder zurück in die *Wulbeck*.

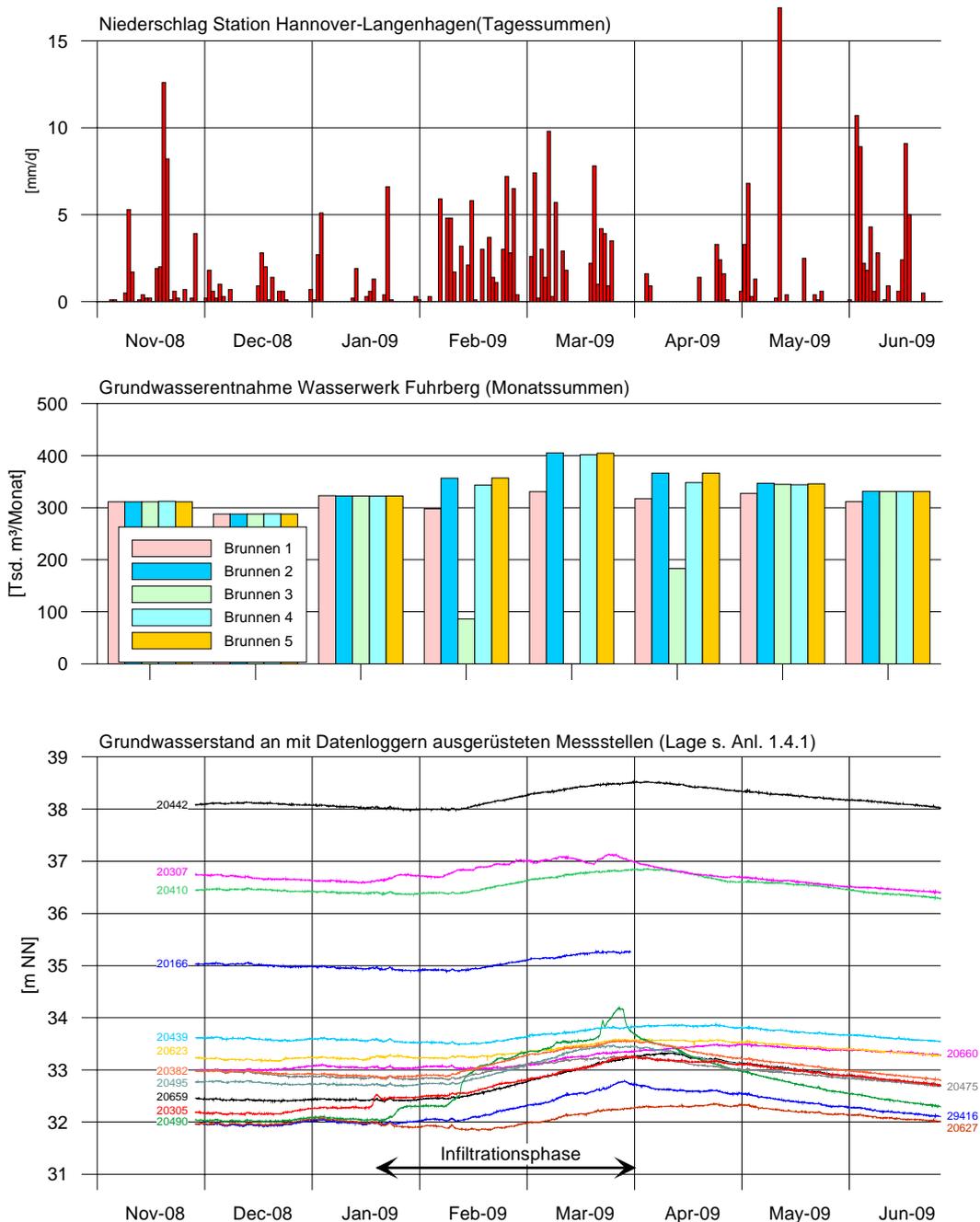


Abb. 1: Niederschlag, Entnahme und Grundwasserstand vor, während und nach der Infiltrationsphase

Wie Abb. 1 zu entnehmen ist, sind die Grundwasserspiegel im Untersuchungsgebiet in den Monaten Februar und März flächendeckend angestiegen (dargestellt sind die Ganglinien an allen mit Datenloggern ausgerüsteten Grundwassermessstellen im Un-

tersuchungsgebiet). Der flächenhafte Anstieg ist im Wesentlichen auf die natürliche Grundwasserneubildung zurückzuführen. Im näheren Umfeld des Versuchsgebietes führte die künstliche Anreicherung zu einem mehr oder weniger verstärktem Grundwasserspiegel-Anstieg. Dieser Effekt ist insbesondere an den Messstellen 20490 und 20305 erkennbar. Die angestrebte gleichmäßige Förderung aus den Brunnen des *Wasserwerkes Fuhrberg* konnte betriebsbedingt nicht eingehalten werden (insbesondere Brunnen 3, s. Abb. 1), so dass die dargestellten Ganglinien auch diesen Einfluss beinhalten.

In Tabelle 1 sind die aus den Messungen an den 4 für den Feldversuch eingerichteten Abflussmessstellen (Lage siehe Anlage 3) und den Beobachtungen an der Einmündung des *Wulbecksggrabens* in die *Wulbeck* ermittelten Infiltrationsvolumina zusammengestellt (s.a. Kap. 2). Demnach versickerte der Hauptteil des zugeführten Wassers zwischen den Messstellen 2 und 4 (inkl. der dort vorhandenen Nebengräben).

Tab. 1: Infiltrationsvolumen zwischen den Abflussmessstellen (Lage s. Anl. 3)

Monat	Infiltrationsvolumen zwischen den Abflussmessstellen [Tsd. m ³] ...			
	1 und 2	2 und 3	3 und 4	4 und Einmündung des <i>Wulbecksggrabens</i> in die <i>Wulbeck</i>
Januar	11	28	11	0
Februar	18	76	131	0
März	41	82	139	30
Summen	70	186	281	30

Der Versuch führte somit zu der wesentlichen Erkenntnis, dass die bisher getroffene Annahme einer gleichmäßigen Versickerung über die Hauptgräben nicht zutreffend war. Das meiste Wasser versickert zentral im Versuchsgebiet, auch über die dort angeschlossenen Nebengräben.

Unter Zugrundelegung des tatsächlichen Infiltrationsvolumens - einschließlich der örtlichen und zeitlichen Verteilung - wurde der Feldversuch mit dem instationär betriebenen Grundwassermodell simuliert. Zur ausreichenden Nachbildung der aus Messdaten ermittelten Grundwasserspiegelveränderungen mussten örtlich Systemparameter (Durchlässigkeits- und Speicherkoeffizienten) modifiziert werden. Es ergaben sich letztlich folgende Wertebandbreiten im zentralen Untersuchungsgebiet:

- Durchlässigkeitsbeiwert: $8 \cdot 10^{-4}$ bis $2,5 \cdot 10^{-3}$ m/s
- Speicherkoeffizient: 14 bis 19 %

Diese Werte sind für die dort im Grundwasserleiter vorwiegend anstehenden Gesteinsarten Grobsand und Feinkies plausibel.

Infiltrationsbedingte Aufhöhungen des Grundwasserspiegels ergeben sich nicht direkt aus Messdaten durch einfachen Vergleich (Differenz) von Grundwasserstandsdaten vor Beginn und während bzw. kurz nach Beendigung der Maßnahme, da insbesondere die Witterung, aber auch Veränderungen bei den Grundwasserentnahmen während des Feldversuches den Gang des Grundwasserspiegels beeinflusst haben. Die Auswirkung der Witterung auf die Grundwasserspiegel konnte anhand von Vergleichsmessstellen abgeschätzt werden, die sicher außerhalb des Wirkungsbereiches der Versickerungsmaßnahme liegen. So ergaben sich zwischen April (kurz nach Beendigung der Maßnahme) und Dezember (vor Beginn der Maßnahme) ein Wertebereich für die Grundwasserspiegeldifferenz von 0,1 bis 0,5 m (Monatsmittel), d.h. die Grundwasserspiegel sind in diesem Zeitraum witterungsbedingt flächendeckend mehr oder weniger angestiegen.

Die Summe der Einflüsse aus der Versickerungsmaßnahme und den betriebsbedingt während des Feldversuches nicht konstant gehaltenen Grundwasserentnahmen wird im Folgenden als "anthropogen verursachte Grundwasserspiegel-Veränderung" bezeichnet. Zur Darstellung der Prognosegüte des Modells ist in Tabelle 2 ein Vergleich von aus Messdaten abgeleiteten und berechneten anthropogen verursachten Grundwasserspiegel-Veränderungen für Messstellen mit kontinuierlicher Aufzeichnung (Ausrüstung mit Datenloggern) zusammengestellt. Spalte 2 enthält die Brutto-Differenz der mittleren Grundwasserstände für die Monate April und Dezember aus den Messdaten. Unter Berücksichtigung der o.g. Bandbreite für den darin enthaltenen witterungsbedingten Anteil ergeben sich die in den Spalten 3 (Minimalwert nach Abzug der Obergrenze von 0,5 m) und 4 (Maximalwert nach Abzug der Untergrenze von 0,1 m) angegebenen, potentiell anthropogen verursachten Grundwasserspiegel-Veränderungen zwischen den Monaten April und Dezember. In Spalte 5 sind die entsprechenden Modellergebnisse gegenübergestellt. Die berechneten Werte sind als plausibel anzusehen, da sie ausnahmslos innerhalb der in den Spalten 3 und 4 aufgezeigten, potentiellen Bandbreite für die anthropogen verursachte Grundwasserspiegel-Veränderung liegen.

Es ist noch anzumerken, dass die Differenz der berechneten Grundwasserstände für die Monate April und Dezember aus dem Simulationslauf "Feldversuch" nicht als Vergleich herangezogen werden kann, da das Modell nicht abschließend geeicht ist. Er-

satzweise wurden 2 Simulationen mit und ohne der anthropogenen Einflüsse durchgeführt und daraus die in Spalte 5 aufgeführten Differenzen für den Monat April bestimmt.

Tab. 2: Vergleich von aus Messdaten abgeschätzten mit berechneten anthropogen verursachten Gw-spiegelveränderungen und berechnete Aufhöhungen infolge der Infiltration (jeweils zwischen den Monaten April und Dezember)

1	2	3	4	5	6
Messstelle	Gw-spiegel-Differenz aus Messdaten [m]	Anthropogen verursachte Gw-spiegel-Veränderung min-Wert [m]	Anthropogen verursachte Gw-spiegel-Veränderung max-Wert [m]	Anthropogen verursachte Gw-spiegel-Veränderung berechnet [m]	Gw-spiegel-Aufhöhung infolge Infiltration berechnet [m]
20166	0,15	-0,35	0,05	-0,05	0,01
20305	1,02	0,52	0,92	0,53	0,54
20382	0,51	0,01	0,41	0,25	0,08
20307	0,19	-0,31	0,09	-0,04	0,01
20410	0,36	-0,14	0,26	0,01	0,03
20439	0,25	-0,25	0,15	0,00	0,12
20442	0,39	-0,11	0,29	0,00	0,00
20475	0,25	-0,25	0,15	0,03	0,06
20490	1,44	0,94	1,34	1,02	0,63
20495	0,61	0,11	0,51	0,49	0,27
20623	0,36	-0,14	0,26	0,17	0,28
20627	0,32	-0,18	0,22	0,06	0,23
20659	0,86	0,36	0,76	0,41	0,25
20660	0,38	-0,12	0,28	-0,10	0,09
29416	0,69	0,19	0,59	0,39	0,45

Es konnte somit gezeigt werden, dass die berechneten Grundwasserspiegel-Veränderungen mit Berücksichtigung eines Witterungsanteils plausibel sind. Gründe für Abweichungen zwischen aus Messdaten abgeleiteten und berechneten Differenzen können sein:

- Der Speicherkoeffizient variiert mit dem Grundwasserstand, da der Grundwasserleiter meist aus mehreren, mehr oder weniger gut wasserdurchlässigen Gesteinsschichten aufgebaut ist (insbesondere oberflächenah stehen häufig weichselzeitliche Feinsande an). Dies kann mit dem bestehenden einschichtigen Modell nicht berücksichtigt werden.

- Die Modellauflösung (Rasterweite 100 m) glättet lokal auftretende Spitzen im Nahbereich der Versickerungsgräben.
- Die aus den Abfluss- bzw. Wasserstandsmessungen ermittelten Infiltrationsvolumina sind mit Unsicherheiten behaftet, da die zugrunde liegenden Abflusskurven für die Messstellen noch nicht alle Strömungssituationen - insbesondere bei Hochwasser - abdecken.

Mit dem Modell konnte nun der ausschließlich infiltrationsbedingte Anteil der gesamten Grundwasserspiegel-Veränderung separiert werden. Der maximale Anstieg der Grundwasserspiegelfläche infolge einer Gesamtversickerung von rd. 0,57 Mio. m³ ergab sich demnach etwa Ende März im Nahbereich des Wulbecksgrabens mit Werten von bis zu rd. einem Meter. Die entsprechenden Aufhöhungen an den mit Datenloggern ausgerüsteten Messstellen sind für den Monat April in Tabelle 2 aufgelistet (Spalte 5). Die Signifikanzgrenze (25 cm Aufhöhungslinie, siehe abschließender Hinweis in Abschnitt 3) verläuft zu dieser Zeit etwa bei den Messstellen 20659, 20623, 20627 und 20495.

Die mit dem Feldversuch verbundenen Hauptziele:

- Abschätzung der möglichen Gesamtinfiltration,
- Ermittlung der örtlichen und zeitlichen Verteilung der Versickerung,
- Nachweis der prognostizierten Grundwasserspiegel-Aufhöhungen (Ausmaß und Reichweite),
- Überprüfung der Systemparameter im instationären Grundwasserströmungsmodell auf Grundlage der erhobenen Messdaten,

konnten somit generell erreicht werden. Allerdings muss zur abschließenden Beurteilung der Feldversuch fortgeführt werden, da das Zielvolumen wegen der zu geringen Versuchszeit in deutlicher Weise nicht erreicht werden konnte und somit die großräumige Reaktion des Grundwassersystems anhand von Messdaten noch nicht nachweisbar ist. Die bisher eingetretenen infiltrationsbedingten Aufhöhungen heben sich noch nicht in ausreichender Weise von den witterungsbedingten Schwankungen ab, so dass eine flächenhafte Separierung dieses Anteils aus den Messdaten noch nicht gesichert möglich ist. Eine mehrjährige Verlängerung (z.B. 3 Jahre) ist zweckmäßig, um langfristige Auswirkungen aufzuzeigen und zusätzlich praktische Erfahrungen zur Optimierung der Infiltration unter verschiedenen Witterungssituationen zu erhalten (z.B. Anschluss weiterer Nebengräben oder geeigneter Versickerungsflächen).

Auf Basis des angepassten Grundwasserströmungsmodells wurde die Prognosesimulation für die geplante Gesamtinfiltration in Höhe von 2 Mio. m³ mit Berücksichtigung der Erkenntnisse bezüglich der örtlichen Infiltrationsverteilung wiederholt.

Das angestrebte Infiltrationsvolumen stellt einen Kompromiss dar zwischen ausreichender Anregung des Grundwassersystems einerseits (Aufhöhungsbereiche müssen aus Messdaten deutlich abzuleiten sein -> Versuchsziel) und möglichst geringer Auswirkung auf die Landwirtschaft andererseits (insbesondere zu Beginn der Vegetationszeit im März / April). Die monatlichen Abschlagsmengen während des Feldversuches sollen auf die in Tabelle 3 angegebenen Werte begrenzt werden. Bei den angesetzten Mengen kann man davon ausgehen, dass das abgeführte Wasser aus der *Wulbeck* im Zuleitungsgraben, im *Wulbecksgaben* und in angrenzenden kleineren Gräben bzw. über ausgewählte, angrenzende Flächen versickert und es nicht zu unkontrollierten oberirdischen Überflutungen kommt.

Tab. 3: Angesetzte monatliche Infiltration für die Modellsimulation

Monat	Infiltrationsvolumen [Tsd. m ³]
November	400
Dezember	500
Januar	500
Februar	400
März	200
April bis Oktober	0
Wasserwirtschaftsjahr gesamt	2.000

Für die Modellsimulation wurde die in Anlage 3 dargestellte Infiltrationsstrecke angesetzt (geplanter Zuleitungsgraben und Teilabschnitt des *Wulbecksgabens*, Grabenstrecke 'kurz'). Wie sich im bereits durchgeführten Feldversuch gezeigt hat, nehmen auch noch angrenzende, kleinere Gräben oder ausgewählte Versickerungsflächen einen Teil des zugeführten Wassers auf. Die explizite Berücksichtigung dieser zusätzlichen Versickerungsbereiche ist im Grundwassermodell nicht erforderlich, da dies nur örtlich eng begrenzt Auswirkungen auf die prognostizierte Grundwasserspiegel-Aufhöhung hat. Die Reichweite der Aufhöhung ist davon sogar nahezu unabhängig. Tatsächlich werden sich die Aufhöhungen im Nahbereich der Hauptgräben etwas geringer und im Nahbereich der angrenzenden Gräben bzw. Versickerungsflächen etwas stärker als simuliert ausbilden.

Ergebnis der aktualisierten Modellsimulation für den Feldversuch

Mit Beginn der Versickerungsmaßnahme im November setzt eine flächenhafte Anhebung des Grundwasserspiegels ein, die sich in der Folgezeit weiter ausbreitet (in größerer Entfernung zu den Versickerungsgräben näherungsweise konzentrisch). Etwa Ende Februar ergeben sich die maximalen Aufhöhungswerte im Nahbereich des *Wulbecksgrabens* (rd. 2 m) sowie die maximale Reichweite des Aufhöhungsbereiches im Nordwesten (s. Anlage 4). Durch die Reduzierung der Zuleitungsmenge im März auf 200 Tsd. m³ und Einstellung der Zuleitung ab April sind die Aufhöhungswerte im April gegenüber denen im Februar im Zentrum bereits verringert (s. Anlage 4). Generell ergeben sich für den April aber die größten Reichweiten (mit Ausnahme des nordwestlichen Bereiches). Der maximale Durchmesser des Aufhöhungsbereiches beträgt rd. 4,5 km. In der nun folgenden Vegetationsphase setzt eine flächendeckende, kontinuierliche Verringerung der Aufhöhungen ein.

Es ist ersichtlich, dass der zur Verfügung stehende Speicherraum bei einem Infiltrationsvolumen von 2 Mio. m³/a örtlich bereits an seine Grenzen stößt. Die für das Zentrum der Versickerungsmaßnahme prognostizierten Aufhöhungen von rd. 2 m können dort zeitweise zu Grundwasser-Flurabständen von weniger als 1 m führen (s. Anlage 4).

Die geplante Verlängerung des Feldversuches wurde bereits bei *der Region Hannover, Fachbereich Umwelt* beantragt.

3 Aktualisierung der Auswirkungsprognose für ein Infiltrationsvolumen von 4 Mio. m³

Auf Grundlage des aktualisierten Modellstandes (s. Abschnitt 2) wurden zunächst die Auswirkungen einer Wiedervernässung mit 4 Mio. m³/a unter Beibehaltung der bisherigen Annahmen in Projektphase 2 bezüglich der Versickerungsstrecke (Grabenstrecke 'lang', siehe Anlage 3) und der Infiltrationsverteilung (gleichmäßig) neu berechnet (Simulationsvariante Wiedervernässung mit Grabenstrecke 'lang').

Zur Prüfung der Sensitivität der ermittelten Auswirkungen gegenüber der Ausdehnung des Versickerungsbereiches erfolgte in Anlehnung an die Erkenntnisse aus dem Feldversuch eine Vergleichsrechnung mit verkürzter Versickerungsstrecke und angepasster örtlicher Infiltrationsverteilung (Simulationsvariante Wiedervernässung mit Grabenstrecke 'kurz', s. Anlage 3).

Im Rahmen der Projektphase 1 konnte u.a. aufgezeigt werden, dass eine Sohlabdichtung in Bereichen mit großen Flurabständen zu einer deutlichen Verminderung der Infiltration in das Grundwassersystem und damit zum weitgehenden Erhalt des grundwasserbürtigen Abflusses in der *Wulbeck* beitragen kann (MATHEJA / MEYER 2006). Zudem wurde in den Berichten zu den Projektphasen 1 und 2 (MATHEJA / MEYER 2006 und MATHEJA / MEINKEN 2007) bei der Bewertung der Ergebnisse darauf hingewiesen, dass eine Kombination mehrerer Einzelmaßnahmen die größten Erfolgsaussichten für eine signifikante Verbesserung der Niedrigwasserführung in der *Wulbeck* bietet. Zur Verdeutlichung dieser Synergieeffekte wurde hier abschließend eine Simulation durchgeführt, die sowohl die "Wiedervernässung Talau" als auch eine Sohlabdichtung unterhalb des Zuleitungsgrabens bis zur Einmündung des *Wulbeckgrabens* in die *Wulbeck* beinhaltet (Simulationsvariante Wiedervernässung mit Grabenstrecke 'lang' und Sohlabdichtung). Eine Kombination dieser Maßnahmen macht auch deshalb Sinn, weil die Abführung von Wasser aus der *Wulbeck* während Hochwasserzeiten eine unterstrom gelegene Einschränkung der Unterhaltung erlaubt, die mit einer Reduzierung der Sohldurchlässigkeit einhergeht. Somit sind u.U. keine weiteren künstlichen Maßnahmen, wie das Einbringen von z.B. Geotextilien, erforderlich. Für die Simulation wurde die bisher im Modell angesetzte Sohldurchlässigkeit (moderat) halbiert.

Die für die genannten Simulationsvarianten zugrunde gelegten monatlichen Infiltrationsvolumina sind in Tabelle 4 zusammengestellt.

Tab. 4: Angesetzte monatliche Infiltration für die Modellsimulationen

Monat	Infiltrationsvolumen [Tsd. m ³]
November	358
Dezember	448
Januar	759
Februar	930
März	761
April	141
Mai	546
Juni bis Oktober	0
Wasserwirtschaftsjahr gesamt	rd. 3.943

Ergebnisse

Die Darstellung der Auswirkungen der Maßnahmen erfolgt im Wesentlichen anhand einer Gegenüberstellung der kumulativen Basisabflüsse in der *Wulbeck* (in Form eines Längsschnittes über die gesamte *Wulbeck*) für die untersuchten Simulationsvarianten und den schon in Projektphase 2 verwendeten Vergleichszustand¹ (Anlage 5). Nachfolgend sind die Ergebnisse kurz beschrieben:

Wiedervernässung Talaue mit Grabenstrecke 'lang'

Die Neuberechnung mit dem aktualisierten Modell (Anpassung der Systemparameter im Zentrum des Untersuchungsgebietes) bestätigt die schon in Projektphase 2 erzielten Ergebnisse: Die Zuführung eines Wasservolumens von rd. 4 Mio. m³/a (entspricht etwa 20 % der jährlichen Fördermenge aus den 5 Brunnen des *Wasserwerkes Fuhrberg*) führt zu einer deutlichen Anhebung des Grundwasserspiegels im Bereich der Fassungsanlage (bis zu rd. 2,5 m). Die dadurch erzeugte Vergrößerung des grundwasserbürtigen Abflusses in der *Wulbeck* (durch Vergrößerung der Exfiltration bzw. Verringerung der Infiltration) ist rechnerisch ab etwa km 14 erkennbar (s. Anlage 5). Interessant ist die Dauerhaftigkeit dieser Maßnahme: Obwohl das Wasser nur in den Monaten November bis Mai zugeführt wird, ist durch die verzögerte Wiederabgabe aus dem Grundwasserspeicher zurück in die *Wulbeck* auch noch im Oktober eine Erhö-

¹ Als Vergleichszustand diente ein relativ trockener Jahresgang (Wasserwirtschaftsjahr 2005) mit einer Niedrigwasserführung in der *Wulbeck*, wie sie am Ende eines wasserwirtschaftlichen Sommerhalbjahres auftreten kann (inkl. trocken gefallenem Abschnitt).

hung des grundwasserbürtigen Abflusses vorhanden. Allerdings verbleiben die Absolutwerte der Niedrigwasserabflüsse bei der angesetzten relativ trockenen Gesamtwitterungssituation im Bereich der Signifikanzschwelle, so dass ein Trockenfallen der *Wulbeck* trotz dieser Maßnahme weiterhin möglich ist.

Wiedervernässung Talaue mit Grabenstrecke 'kurz'

Die Empfindlichkeit der Wiedervernässungsmaßnahme gegenüber der Ausdehnung des Versickerungsbereiches und der örtlichen Infiltrationsverteilung ist hinsichtlich der Auswirkungen auf den grundwasserbürtigen Abfluss in der *Wulbeck* als gering zu bezeichnen. Die Unterschiede zur Variante mit 'langer' Grabenstrecke und gleichmäßiger Verteilung der Infiltration sind nicht signifikant. Allerdings ist zu beachten, dass die Aufhöhung der Grundwasserspiegel im Nahbereich der Versickerungsgräben mit maximal mehr als 3 m (insbesondere zu Beginn der Vegetationsperiode) dort zu oberirdischen Vernässungen (offene Wasserflächen) führen kann, da der zur Verfügung stehende Speicherraum ggf. - in Abhängigkeit von der Witterungssituation - zeitweise nicht mehr ausreicht. Die geplante Fortführung des Feldversuches (s. Abschnitt 2) wird diesbezüglich weitere wertvolle Erkenntnisse bringen.

Wiedervernässung Talaue mit Grabenstrecke 'lang' in Verbindung mit einer Sohlabdichtung

Wie die Darstellung in Anlage 5 zeigt, ist eine Kombination der Maßnahmen "Wiedervernässung Talaue" und "Sohlabdichtung" sehr effektiv. Die prognostizierte Verbesserung der Niedrigwasserführung in der *Wulbeck* ist erheblich. Mit der parallelen Durchführung der beiden Maßnahmen besteht die Möglichkeit, das Trockenfallen der *Wulbeck* deutlich zu reduzieren, so dass es nur noch während extrem trockener Witterungssituationen auftreten kann (wie z.B. 1959 als die *Wulbeck* auch ohne die Grundwasserentnahme aus den Förderbrunnen des *Wasserwerkes Fuhrberg* trocken gefallen ist).

Bewertung der Ergebnisse

Die Bewertung der Maßnahme-Varianten darf nicht nur die Effizienz bezogen auf die *Wulbeck* berücksichtigen, sondern es muss die Auswirkung auf das gesamte Ökosystem des Grundwasserkörpers betrachtet werden. Die hier im Wesentlichen dargestellte Maßnahme '**Wiedervernässung Talaue**' führt neben der dargestellten ganzjährigen Zunahme des grundwasserbürtigen Abflusses in der *Wulbeck* auch zu einer deutlichen

Verringerung der Grundwasserflurabstände im Bereich der Förderbrunnen des *Wasserwerkes Fuhrberg* (Verkleinerung von Reichweite und Ausmaß des Absenkungstrichters) und damit insgesamt zu einer Verbesserung der Bedingungen für den Wasser- und Naturhaushalt in der Talaue. Auch die Akteure in der Forst- und Landwirtschaft bewerten diese Maßnahme tendenziell als vorteilhaft, sofern ein bestimmtes Maß nicht überschritten wird.

In Abhängigkeit von den oberirdischen Wasserwegsamkeiten (vorhandene Gräben oder geeignete Versickerungsflächen) sollte der Schwerpunkt des Versickerungsbereiches tendenziell näher an die *Wulbeck* herangeführt werden, um den Grundwasserspeicher im Hinblick auf die Verbesserung der Niedrigwasserführung in der *Wulbeck* besser auszunutzen. Dabei ist darauf zu achten, dass eine Versickerung innerhalb der Schutzzonen II für die Förderbrunnen des *Wasserwerkes Fuhrberg* ausgeschlossen ist.

Die größten Erfolgsaussichten für eine zeitnahe und verträgliche Verbesserung der Niedrigwasserführung in der *Wulbeck* bietet eine Kombination aus mehreren Einzelmaßnahmen, wie hier exemplarisch aufgezeigt werden konnte. Eindeutig zielführend (auch bezogen auf das gesamte Ökosystem des Grundwasserkörpers) ist die in Projektphase 1 untersuchte Erhöhung der Grundwasserneubildung durch Waldumbau, die aber nur sehr langfristig Wirkung zeigen wird. Diese Maßnahme sollte nach Möglichkeit fortgeführt werden.

Hinweis:

Entnahmebedingte Absenkungen des Grundwasserspiegels kleiner rd. 30 cm liegen bei Berücksichtigung von Witterungseinflüssen, bodenkundlichen bzw. geologischen Gegebenheiten, unterschiedlichen Flurabständen bei Vergleichsmessstellen, Einfluss von Oberflächengewässern u.ä. im Bereich der Mess- und Rechengenauigkeit und sind daher nicht mehr auflösbar oder nur ungenau prognostizierbar bzw. darstellbar (s.a. ERFT VERBAND, 2002/2003). Sinngemäß gilt diese Aussage auch für Aufhöhungen durch eine Infiltration. Die in Anlage 4 dargestellte Linie gleicher Aufhöhung mit einem Betrag von 0,25 m liegt in der Größenordnung dieses Genauigkeitsbereiches und wird i.A. bei wasserrechtlichen Genehmigungen als Signifikanzschwelle angesehen.

Verwendete Unterlagen und Literatur (Projektphasen 1 bis 3)

- AGWA (2003a): Gewässerentwicklungsplan für die Wulbeck (Region Hannover / Landkreis Celle) – Bestandsaufnahme, Teil 1. Ingenieurgesellschaft agwa GmbH, Hannover, Jan. 2003. Im Auftrag der Stadtwerke Hannover AG, Hannover.
- AGWA (2003b): Gewässerentwicklungsplan für die Wulbeck (Region Hannover / Landkreis Celle) – Teil 2: Ziel- und Maßnahmenkonzept. Ingenieurgesellschaft agwa GmbH, Hannover, Aug. 2003. Im Auftrag der Stadtwerke Hannover AG, Hannover.
- AGWA (2005): Einzugsgebiet Wietze – Wasserwirtschaftliche Bestandsanalyse zum Niedrigwasserabfluss (1. Sachstandsbericht). Ingenieurgesellschaft agwa GmbH, Hannover, Dez. 2005. Im Auftrag der Stadtwerke Hannover AG, Hannover.
- BezReg BS (2005): Bestandsaufnahme zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie – Oberflächengewässer, Bearbeitungsgebiet Fuhse/Wietze (C-Bericht). Stand: 22.11.2004). Aufgestellt: Bezirksregierung Braunschweig, Mitarbeit NLWK Betriebsstelle Süd, Niedersächsisches Landesamt für Ökologie, Hildesheim.
- BRIECHLE, D. (1971): Beitrag zur mathematischen Berechnung der Grundwasser-Neubildung und zweidimensionaler Strömungen in sandigen und kiesigen Aquifern. - Mitteilungen aus dem Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und landwirtschaftlichen Wasserbau, Universität Hannover, Heft 22, Hannover.
- CORINE LAND COVER (2000): Daten zur Bodenbedeckung Deutschland. Umweltbundesamt, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., Deutsches Fernerkundungsdatenzentrum. Ausgabe 2004.
- DÖRHÖFER, G.; JOSOPAIT, V. (1980): Eine Methode zur flächendifferenzierten Ermittlung der Grundwasserneubildungsrate. – Geologisches Jahrbuch, Reihe C, Heft 27, Hannover.
- DVGW (DEUTSCHE VEREINIGUNG DES GAS- UND WASSERFACHES e.V.) (2004): Aufbau und Anwendung numerischer Grundwassermodelle in Wassergewinnungsgebieten. Technische Regel, Arbeitsblatt W 107. Bonn.
- DVWK (1982): Ermittlung des nutzbaren Grundwasserdargebots, DVWK Fachausschuß "Grundwassernutzung". – DVWK Schriften, H 58, 2 Teilbände, Berlin – Hamburg (Parey).
- DVWK (DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU) (1985): Voraussetzungen und Einschränkungen bei der Modellierung der Grundwasserströmung. - Merkblätter Nr. 206, Verlag Paul Parey, Hamburg.
- HARBAUGH & McDONALD (1996): Programmer's documentation for MODFLOW-96, an update to the U.S. Geological Survey modular finite-difference ground-water flow model, USGS Open-File Report 96-486.
- HÖLTING, B. ; COLDEWEY, W.-G. (2009): Hydrogeologie. - Elsevier - Spektrum Akademischer Verlag, München.

- HOFFMANN, B.; MEYER, H.-H. et al. (1980): Untersuchung zur Bestimmung der Auswirkung geplanter Förder- und Anreicherungsmaßnahmen der Stadtwerke Hannover auf die Grundwasserspiegelverhältnisse im Raum Fuhrberger Feld. Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und landwirtschaftlichen Wasserbau – Universität Hannover. Juli 1980.
- HWW (2006): Grundwassermodell 'Ramlingen/Wettmar', Modellstand 2006. – Harzwasserwerke GmbH, Hildesheim.
- HWW (2009): Lagepläne, Grundwasser-, Niederschlags-, Entnahme-, Abflussdaten u.ä. – Harzwasserwerke GmbH, Hildesheim.
- KOSCHEL, H.; LILLICH, W. (1975): Berechnung und Kartendarstellung der Ergiebigkeit von Typbrunnen zur Kennzeichnung des Entnahmepotentials von Lockergesteinsaquifern. - Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen, Jg. 19, H. 6.
- LANGGUTH, H.-R.; VOIGT, R. (2004): Hydrogeologische Methoden. 2. Auflage. Springer-Verlag.
- LGN (Hannover): Digitales Geländehöhenmodell des Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystems. Landesvermessung + Geobasisinformation Niedersachsen, Hannover.
- MAROTZ, G. (1968): Technische Grundlagen einer Wasserspeicherung im natürlichen Untergrund. – Schriftenreihe des KWK, H. 18. Hamburg (Wasser und Boden).
- MATHEJA, A. / MEYER, H.-H. (2006): Operatives Monitoring und Integrative Mengenbewirtschaftung für den Grundwasserkörper Fuhse-Wietze - Teilprojekt Wulbeck. Im Auftrag des Wasserverbandes Peine. Wettmar / Hemmingen Juli 2006.
- MATHEJA, A. / MEINKEN, M. (2007): Operatives Monitoring und Integrative Mengenbewirtschaftung für den Grundwasserkörper Fuhse-Wietze - Teilprojekt Wulbeck, Phase 2. Im Auftrag des Wasserverbandes Peine. Wettmar / Hemmingen September 2007.
- MÜLLER, J. (1996): Beziehungen zwischen Vegetationsstrukturen und Wasserhaushalt in Kiefern- und Buchenökosystemen. – In: Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Nr. 185. Hamburg, Okt. 1996.
- MÜLLER-WESTERMEIER, G. (1996): Klimadaten von Deutschland, Zeitraum 1961-1990, 431 S., Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach/Main.
- NLÖ (1998): Hydrologische Landschaften im Raum Niedersachsen, Oberirdische Gewässer 6/98. - Niedersächsisches Landesamt für Ökologie, Hildesheim.
- NLÖ (2000): Waldbewirtschaftung im Zeichen des Trinkwasserschutzes – Empfehlungen zum Waldumbau. - Niedersächsisches Landesamt für Ökologie, Hildesheim und enercity (Stadtwerke Hannover AG).
- NEUSS, M.; DÖRHÖFER, G. (2007): Hinweise zur Anwendung numerischer Modelle bei der Beurteilung hydrogeologischer Sachverhalte und Prognosen in Niedersachsen. - GeoFakten 8, Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Hannover.
- NIEDERSÄCHSISCHER UMWELTMINISTER (1987): Wasserwirtschaftlicher Rahmenplan 'Untere Leine'. - Hannover 1983/1987 (Entwurf).

- NLFB, HANNOVER (1975): Geologische Karte von Niedersachsen (1 : 25.000), Blatt Großburgwedel Nr. 3525. Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Hannover (jetzt: Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Hannover).
- NLFB, HANNOVER (1984): Grundwasserneubildungskarte (1 : 200.000), Blatt CC3918 Hannover. Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Hannover (jetzt: Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Hannover).
- NLFB, HANNOVER (1995): Quartärgeologische Übersichtskarte von Niedersachsen und Bremen 1 : 500 000. Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Hannover (jetzt: Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Hannover).
- NLFB, HANNOVER (2005): Ergebnisse der Bestandsaufnahme zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie. Betrachtungsraum NI07 – Obere Aller. Bericht 2005 Grundwasser (Stand: 15.07.2004). Aufgestellt: Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Hannover (jetzt: Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Hannover) und Niedersächsisches Landesamt für Ökologie, Hildesheim.
- NLWKN (2003): Gewässergütebericht Fuhse-Wietze 2003. – Schriftenreihe Band 9. Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft und Küstenschutz, Betriebsstelle Süd.
- NLWKN (2009): Grundwasserstands- und Pegeldata. Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft und Küstenschutz, BSt. Hannover-Hildesheim und Verden.
- RASPER, M. et al. (1991): Naturschutz und Landschaftspflege in Niedersachsen (25/2). Das Niedersächsische Fließgewässerschutzsystem – Einzugsgebiete von Oker, Aller und Leine. Herausgeber: Niedersächsisches Landesverwaltungsamt – Fachbehörde für Naturschutz.
- REGION HANNOVER (2009): Entnahmedaten der Beregnungsverbände. – Region Hannover, Team 36.09 Gewässerschutz – zentrale Aufgaben.
- SPITZ, K, MORENO, J. (1996): A Practical Guide to Groundwater and Solute Transport Modeling. John Wiley & Sons. Inc., New York.
- STAWA Hildesheim (1997): Wasserbilanz Wulbeck – Eine EDV-unterstützte Vorgehensweise zur Ermittlung einer Wasserbilanz am Beispiel des Einzugsgebietes der Wulbeck. Aufgestellt: StAWA Hildesheim am 18.06.1997.
- STOLBERG, K. (1996): Prüfung von Ansätzen zur Bestimmung einer Bezugsbasis für Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen bei Grundwasserentnahmen. Diplomarbeit. Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und landwirtschaftlichen Wasserbau – Universität Hannover.
- SWH (2006): Grundwassermodell 'Fuhrberger Feld', Modellstand Januar 2006. – Stadtwerke Hannover AG, Hannover.
- SWH (2009): Lagepläne, Grundwasser-, Niederschlags-, Entnahme-, Abfluss-, Nutzungsdaten u.ä. – Stadtwerke Hannover AG, Hannover.
- WEIßMANN, I. (1995): Ein Konzept zur Renaturierung der Wulbeck unter besonderer Berücksichtigung der Umsetzungschancen – Diplomarbeit. Institut für Landschaftspflege und Naturschutz des Fachbereiches Landschaftsarchitektur und Umweltentwicklung der Universität Hannover.

- WUNDT, W. (1958): Die Kleinstwasserführung der Flüsse als Maß für die verfügbaren Grundwassermengen. – Forsch. Dt. Landeskd. Jg. 104, S. 47-54
- WVHN (2006b): Grundwassermodell 'Ramlingen/Wettmar', Modellstand 2006. – Wasserverband Nordhannover, Burgwedel.
- WVHN (2009): Lagepläne, Grundwasser- und Entnahmedaten. – Wasserverband Nordhannover, Burgwedel.
- WVP (2007): Grundwasser- und Entnahmedaten. – Wasserverband Peine, Peine.