



M&O | BÜRO FÜR GEOWISSENSCHAFTEN

Dipl.-Geograph Ingo-Holger Meyer
&
Dr. rer. nat. Mark Overesch

Beratende Geowissenschaftler BDG und Sachverständige

Bericht

Land- und Forstwirtschaftliche Beweissicherung Bodenabbaugebiet Wilsum, Hoogstede, Gölenkamp

Projekt: 0892-2012

Bodenkartierung, Kartierung vorhandener Grundwasserabsenkungen und Ableitung möglicher Einflüsse auf die Bodennutzung

Auftraggeber:	IHB Quarzwerke GmbH & Co.KG Browerskamp 38e 49477 Ibbenbüren	Liesen... alles für den Bau GmbH Willy-Brandt-Ring 18 49808 Lingen	Smals IKW B.v. Harpel 17 26892 Wipplingen	Jan Kwade & Sohn KG Hoch- und Tiefbau Emlichheimer Str. 41 49824 Ringe
----------------------	---	---	---	--

Verfasser: Büro für Geowissenschaften M&O GbR
Zum Galgenberg 7
49751 Sögel

Bearbeiter: Dr. rer. nat. Mark Overesch

Datum: 29. Dezember 2017

Büro für Geowissenschaften M&O GbR

Büro Spelle:
Bernard-Krone-Str. 19, 48480 Spelle
Tel: 0 59 77 / 93 96 30
Fax: 0 59 77 / 93 96 36

e-mail: info@mo-bfg.de
Internet: www.mo-bfg.de

Büro Sögel:
Zum Galgenberg 7, 49751 Sögel
Tel: 0 59 52 / 90 33 88
Fax: 0 59 52 / 90 33 91

Die Vervielfältigung des vorliegenden Gutachtens in vollem oder gekürztem Wortlaut sowie die Verwendung zur Werbung ist nur mit unserer schriftlichen Genehmigung zulässig.

INHALTSVERZEICHNIS:

1	Veranlassung / Aufgabenstellung	1
2	Verwendete Unterlagen	2
3	Lage und Festlegung der Kartiergebiete	2
4	Zusammenfassung Ergebnisse der Bodenkartierung	3
4.1	Bodentypen und Bodenarten	3
4.2	Grundwasserflurabstände	5
4.3	Grundwasserabsenkungen	5
5	Mögliche Auswirkungen von Grundwasserstandsänderungen auf den Bodenwasserhaushalt und die Flächennutzung	7
6	Mögliche Auswirkungen von Grundwasserstandsänderungen auf Oberflächengewässer	13
7	Zusammenfassung und Empfehlungen.....	13
8	Schlusswort.....	15

1 Veranlassung / Aufgabenstellung

Die Firmen IHB Quarzwerke GmbH & Co. KG, Smals IKW B.v., Liesen... alles für den Bau GmbH und Jan Kwade & Sohn KG betreiben den Abbau von Sanden und Kiesen in den Gemeinden Wilsum, Hoogstede und Gölenkamp im Landkreis Grafschaft Bentheim. Die Bodenabbauten werden im Nassabbauverfahren bis unterhalb der Grundwasseroberfläche betrieben und bringen daher abbaubedingte Änderungen des Grundwasserströmungsfeldes und des Grundwasserhaushaltes mit sich. Aufgrund der Nähe zueinander sind dabei gegenseitige Beeinflussungen der Abbaugewässer zu erwarten. Diese werden in einem Hydrogeologischen Gesamtgutachten (Büro für Geowissenschaften, s. Tab. 1) beschrieben.

In dem Hydrogeologischen Gesamtgutachten wurden abbaubedingte Grundwasserstandsänderungen bis auf angrenzende land- und forstwirtschaftliche Flächen prognostiziert. Daher soll im Rahmen einer land- und forstwirtschaftlichen Beweissicherung geprüft werden, ob ein Einfluss auf den Ertrag auf diesen Flächen möglich ist. Mit der Prüfung sollen die Flächen erfasst werden, bei denen laut einer durchgeführten Grundwasserströmungsmodellierung entsprechend des aktuellen Planungsstandes aller genannten Bodenabbauten relevante Grundwasserstandsänderungen möglich sind und bei denen aufgrund der Grundwasserspiegelhöhe und der Geländehöhe ein Einfluss des Grundwassers auf die Wasserversorgung der Vegetation nicht von vornherein ausgeschlossen werden kann. Die entsprechenden Flächen und angrenzende, von den Bodenabbauten unbeeinflusste Vergleichsflächen wurden zu Kartiergebieten zusammengefasst, in welchen eine Kartierung zur Bodenkundlichen Beweissicherung durchgeführt werden sollte.

In den Kartiergebieten wurden durch Dipl.-Geogr. Stephan Melms die Bodeneigenschaften mittels Bohrstockkartierung und einzelnen Spatenschürfen aufgenommen (s. Berichte, Anlage 3). Im vorliegenden Bericht werden die Ergebnisse der Bodenkartierung in den Kartiergebieten zusammengefasst und die möglichen Auswirkungen kartierter Grundwasserabsenkungen auf die vorliegenden Bodennutzungen abgeleitet. Die Ergebnisse sollen Grundlage für eine gezielte Festlegung der Ertragsverluste auf betroffenen Parzellen sein. Die Daten aus der Bodenkartierung können weiterhin im Rahmen der Beweissicherung für zukünftige abbaubedingte Grundwasserabsenkungen herangezogen werden.

2 Verwendete Unterlagen

Tabelle 1 gibt die zur Erstellung des vorliegenden Berichtes verwendeten Unterlagen wieder.

Tabelle 1: Verwendete Unterlagen

Nr.	Unterlage	Datum	Verfasser, Quelle
1	Hydrogeologisches Gesamtgutachten Erweiterungen Bodenabbauten der Firmen Liesen, Smals und IHB	2008	Büro für Geowissenschaften
2	Ergänzende Stellungnahme zum Hydrogeologischen Gesamtgutachten	20.12.2008	
3	Ergänzende Stellungnahme zum Hydrogeologischen Gesamtgutachten – Bodenabbauvorhaben IHB	01.09.2010	
4	Fortgeschriebenes Hydrogeologisches Gesamtgutachten, 2. Erweiterung Abbau Smals	16.10.2014	
5	Fortgeschriebenes Hydrogeologisches Gesamtgutachten, 1. Erweiterung Abbau IHB	27.02.2015	
6	Land- und Forstwirtschaftliche Beweissicherung Bodenabbaugebiet Wilsum, Hoogstede, Gölenkamp Ableitung der Kartiergebiete auf Grundlage von prognostizierten, abbaubedingten Grundwasserstandsänderungen und Grundwasserflurabstandsplänen	06.07.2015	Dipl.-Geogr. Stephan Melms
7	Bodenkartierung und Begutachtung des Bodenwasserhaushaltes im Verfahren zur Land- und Forstwirtschaftlichen Beweissicherung im Bodenabbaugebiet Wilsum, Hoogstede, Gölenkamp 6 Berichte (Kartiergebiete I bis VI)	15.12.2017	

3 Lage und Festlegung der Kartiergebiete

Die Kartiergebiete befinden sich im Landkreis Grafschaft Bentheim in den Gemeinden Wilsum, Hoogstede und Gölenkamp (Anlage 1). Sie liegen nordöstlich der Gemeinde Wilsum, südwestlich des Ortsteils Kalle der Gemeinde Hoogstede und westlich der Vechte.

Die Festlegung der Kartiergebiete erfolgte zum einen anhand der Ergebnisse der Grundwasserströmungsmodellierung für das Gebiet. Angesetzt wurde der Stand des Strömungsmodells vom 27.02.2015 (Fortgeschriebenes Hydrogeologisches Gesamtgutachten, 1te Erweiterung Abbau IHB, Büro für Geowissenschaften, 27.02.2015, s. Unterlage 5, Tab. 1, Abschn. 2). Einbezogen in die Kartierung wurden die Flächen, für welche durch das Modell eine Grundwasserstandsänderung von $\geq 0,20$ m prognostiziert worden ist.

Im Hinblick auf die hohen Reliefunterschiede in dem betrachteten Gebiet war zu vermuten, dass stellenweise aufgrund hoher Grundwasserflurabstände ein Einfluss des Grundwassers auf die Nutzung der Flächen von vornherein ausgeschlossen werden konnte. Daher wurden vorab Grundwasserflurabstandspläne auf Grundlage eines Grundwassergleichenplanes und eines digitalen Geländemodells erstellt (Bericht Büro für Geowissenschaften, 06.07.2015, s. Unterlage 6, Tab. 1, Abschn. 2). Die Flächen, bei denen ein relevanter Einfluss des Grundwassers auf die Flächennutzung sicher ausgeschlossen werden konnte, blieben bei der Kartierung trotz durch das Modell prognostizierter Grundwasserspiegeländerung von $\geq 0,20$ m unberücksichtigt. Betroffen hiervon sind Flächen im Bereich der Stauchendmoräne westlich und südlich der Abbauten der Firmen Liesen und IHB.

Die wie oben erläutert für die Kartierung ausgewählten Gebiete wurden um angrenzende, von den Bodenabbauten voraussichtlich unbeeinflusste Vergleichsflächen erweitert, um Vergleichsdaten für die Ableitung von Grundwasserabsenkungen aus den Kartierungsergebnissen gewinnen zu können (s.u.).

Die Nummerierung der Kartiergebiete basiert auf einer internen Abstimmung der beteiligten Abbaufirmen und ist nichtfachlich begründet.

4 Zusammenfassung Ergebnisse der Bodenkartierung

Anlage 3 zeigt die Berichte zur Bodenkartierung in den ausgewiesenen Kartiergebieten, welche von Dipl.-Geogr. Stephan Melms vom Herbst 2015 bis zum Frühjahr 2016 durchgeführt worden ist. Die an den insgesamt 410 durchgeführten Bohrstocksondierungen sowie an zusätzlichen Spatenschürfen erhobenen Daten sind in Anlage 2 dargestellt. Die Ableitung der Bodenkennwerte aus den Kartierungsergebnissen erfolgte gem. MÜLLER & WALDECK (2011). Die wesentlichen Ergebnisse werden in den Plänen in Anlage 1 sowie in Anlage 4 zusammengefasst. Die einzelnen Ergebnisse sowie ihre weitere Auswertung werden im Folgenden erläutert. Informationen zu den im kartierten Gebiet vorliegenden (hydro)geologischen Verhältnissen sind den in Tabelle 1 aufgeführten Gutachten zu entnehmen.

4.1 Bodentypen und Bodenarten

Die im Lageplan in Anlage 1.1 und in den Anlagen 2 bis 4 aufgeführten, in der Kartierung vorgefundenen Bodentypen werden in Tabelle 2 zusammengefasst. Die zugrunde liegenden Bohrpunktdaten sind Anlage 2 zu entnehmen, Erläuterungen zu den Merkmalen der

Bodeneinheiten den Berichten in Anlage 3. In den Niederungsbereichen im Zentrum, im Norden und im Osten des gesamten Kartiergebietes wurden als Bodentyp oder Subtyp vor allem Gleye und z.T. Niedermoores vorgefunden. In den höher gelegenen Bereichen, die vor allem im Süden und im Westen des betrachteten Gebietes sowie vereinzelt auch in den anderen Bereichen auftreten, wurden nicht vergleyte Braunerden, Podsole und Plaggenesche vorgefunden. Die Podsole und Gleye sowie vermutlich auch Niedermoores wurden stellenweise einmalig tiefgepflügt (Trepasol). Südwestlich des Bodenabbaus der Firma IHB wurden Böden als Rigasol angesprochen. Hierbei kann es sich jedoch auch um umgelagertes Bodenmaterial aus den ehemaligen Bodenabbauten in diesem Bereich handeln.

Die Böden sind in den Kartiergebieten überwiegend aus Feinsanden entstanden, die schluffig oder mittelsandig ausgeprägt sind (s. Anlage 2 bis 4). Stellenweise, z.B. südlich des Bodenabbaus der Firma IHB, treten oberflächennah zudem Mittel- und Grobsande auf, die z.T. Kies führen.

Tabelle 2: In den Kartiergebieten vorgefundene Bodentypen

Kürzel	Bodentyp
B	Braunerde
B-P	Braunerde-Podsol
G	Gley
G-P	Gley-Podsol
G-Hn	Gley-Niedermoor
G-YU	Trepasol aus Gley (Gley-Trepasol)
P	Podsol
P-B	Podsol-Braunerde
P-E	Podsol-Plaggenesch
P-G	Podsol-Gley
P-YU	Trepasol aus Podsol (Podsol-Trepasol)
YU	Trepasol
YU-G	Trepasol-Gley
YY	Rigasol

4.2 Grundwasserflurabstände

Im Rahmen der Kartierung wurde die aktuelle Lage des Grundwasserspiegels im Bohrloch und im Bohrgut der Bohrstocksondierungen angesprochen (s. Anlage 2). Weiterhin wurde der mittlere Grundwassertiefststand (MNGW) als Übergang zwischen dem Go-Horizont (mittlerer Grundwasserschwankungsbereich) und Gr-Horizont (im mittel wassergesättigter Bereich) sowie der mittlere Grundwasserhöchststand als Oberkante des Go-Horizontes ermittelt.

Der mittlere Grundwassertiefststand liegt ohne Einfluss der Sandabbauten (s. Abschn. 4.3) in den Niederungsgebieten im Zentrum, im Norden und im Osten des betrachteten Gebietes überwiegend bei <2,0 m unter GOK und nur selten bei >3,0 m unter GOK (s. Anlage 2 bis 4). Südlich des Abbaus der Firma IHB steigt er auf Werte >4,0 m unter GOK an. Bei allen Böden vom Typ oder Subtyp Gley liegt der mittlere Grundwasserhöchststand bei >0,80 m unter GOK und der mittlere Grundwassertiefststand meist bei deutlich über 2,0 m unter GOK. Hier ist daher von einem Grundwasseranschluss der Vegetation sicher auszugehen.

In den Abstrombereichen aller betrachteten Abbaugewässer liegen stellenweise drainierte Flächen mit geringen Grundwasserflurabständen bei Grundwasserhöchstständen von oft deutlich unter 0,5 m vor (Bodentyp Gley). Relevante Grundwasseraufhöhungen auf den an die Abbauten angrenzenden Flächen sollten hier generell durch geeignete Maßnahmen (z.B. Sicherheitsabstand, Seeüberlauf, Ergänzung der Vorflut) weitestgehend vermieden werden, um eine Vernässung der Böden zu verhindern. Entsprechend werden im Folgenden allein die Folgen von Grundwasserabsenkungen betrachtet.

4.3 Grundwasserabsenkungen

Im Bohrgut der im Rahmen der Kartierung durchgeführten Sondierungen wurden bereits aufgetretene, über das übliche Maß an Absenkungen durch die örtliche Vorflut und Drainierungsmaßnahmen hinaus gehende Grundwasserabsenkungen angesprochen. Der Absenkungsbetrag wurde anhand der Mächtigkeit der Go-Horizonte abgeleitet. Diese zeigen im ungestörten Zustand den mittleren Grundwasserschwankungsbereich durch eine Anreicherung von Eisen(hydr)oxiden an, welche den Boden meist rötlich färben. Bei einer Absenkung des Grundwasserspiegels verschiebt sich die Eisen(hydr)oxid-Anreicherung in tiefere Bereiche. In den höher liegenden Bereichen, welche dann nicht mehr im mittleren Grundwasserschwankungsbereich liegen, bleibt sie erhalten. Diese Bereiche werden als reliktscher Go-Horizont (rGo) bezeichnet. Insgesamt entstehen so in den Absenkungsgebieten mächtigere Go-Horizonte (rGo+Go) als in den angrenzenden, ungestörten Bereichen (Go). Aus den Differenzen zwischen den Mächtigkeiten der Go-

Horizonte in den durch die betrachteten Bodenabbauten unbeeinflussten Randbereichen der Kartiergebiete und in den beeinflussten Bereichen wurde gem. RAISSI & MÜLLER (2009) der Betrag der Grundwasserabsenkung abgeleitet.

Die Teilgebiete, in denen relevante Grundwasserabsenkungen $>0,20$ m kartiert worden sind, werden in Anlage 1.2 dargestellt und in Anlage 4 zusammengefasst. Entsprechende Absenkungsbereiche wurden wie erwartet westlich des Abbaus der Firma Smals, südwestlich des Abbaus der Firma Liesen und südlich des Abbaus der Firma IHB kartiert. Die Flächen liegen in den Kartiergebieten I, II und III. Die maximalen Grundwasserabsenkungen liegen bei 1,6 m (Kartiergebiet I und III) bzw. 1,2 m (Kartiergebiet II).

Anlage 6 zeigt zum Vergleich mit den kartierten Grundwasserabsenkungen die Grundwasserabsenkungen, welche bis zum Zeitpunkt der Kartierung in den Grundwassermessstellen der beteiligten Firmen im betrachteten Bereich festgestellt worden sind. Die Änderungen wurden mit Hilfe der NLWKN-Messstelle Wilsum I um einen natürlichen, witterungsbedingten Einfluss bereinigt. Entsprechend wird in Anlage 6 die Entwicklung der Grundwasserspiegelhöhen der Messstellen als Differenz zur Entwicklung der Werte der NLWKN-Messstelle dargestellt.

Die maximale kartierte Grundwasserabsenkung westlich des Abbaugewässers der Firma Smals im Kartiergebiet I von 1,6 m (Bodeneinheit 12, Kartiergebiet I) liegt über der bisher maximal in den Grundwassermessstellen Br 1 und 2 festgestellten Absenkung von etwa 1,1 m (s. Anlage 6). Ursache kann hier die Lage der Messstellen sein, welche anders als die Bodeneinheit 12 offensichtlich nicht im maximalen Absenkungsbereich liegt. Im Bereich südlich des Abbaus der Firma IHB liegt die maximale kartierte Grundwasserabsenkung von 1,6 m (Bodeneinheit 8, Kartiergebiet III) im Bereich der an der Grundwassermessstelle Br 12 (Fa. Liesen) bis 2015 ermittelten Absenkung von 1,5 m.

Die kartierten, über das übliche Maß an Absenkungen durch die örtliche Vorflut und Drainierungsmaßnahmen hinaus gehenden Grundwasserabsenkungen können aufgrund der vorliegenden hydrogeologischen Gutachten (s. Tab. 1) mit rel. hoher Wahrscheinlichkeit den vorliegenden Sandabbauten zugeordnet werden. Sie liegen deutlich unter den im Rahmen der Hydrogeologischen Gutachten prognostizierten maximalen Grundwasserabsenkungen direkt an den Abbaugewässern der Firmen Smals und IHB von über 2 bzw. über 3 m. Weiterhin sind die Bereiche mit den kartierten Grundwasserabsenkungen deutlich kleiner, als die mit dem Grundwassermodell berechneten Reichweiten erwarten lassen hätten, welches im Rahmen des fortgeschriebenen Hydrogeologischen Gesamtgutachtens erstellt worden ist. Im Falle des Bodenabbaus der Firmen IHB und Liesen kann dies zumindest teilweise daran liegen, dass beide Abbaustätten noch nicht vollständig gemäß der Planung

ausgebeutet worden sind. Westlich des Abbaugewässers der Firma Smals sollte dagegen die vollständige Grundwasserabsenkung, welche vor allem durch einen installierten Seeüberlauf hervorgerufen worden ist, bereits stattgefunden haben. Zumindest hier spricht die kartierte Grundwasserabsenkung dafür, dass die abbaubedingten Grundwasserabsenkungen mit dem Modell überschätzt worden sind. Eine Ursache können die oberflächennah anstehenden Feinsande sein, in welchen sich bei der vorliegenden, rel. hohen Grundwasserneubildung eine Absenkung der Potenzialhöhen in tiefer liegenden, größeren Sanden nicht immer 1:1 widerspiegelt.

5 Mögliche Auswirkungen von Grundwasserstandsänderungen auf den Bodenwasserhaushalt und die Flächennutzung

Im Folgenden werden die möglichen Einflüsse der kartierten Grundwasserabsenkungen $\geq 0,20$ m auf die Nutzung der Flächen erläutert. Anlage 4 zeigt die Zusammenfassung wesentlicher mittels der Bodenkartierung aufgenommener Bodenkennwerte und die Ableitung der Bodenwasserhaushaltskennwerte für die von einer Grundwasserabsenkung betroffenen Bodeneinheiten. Die Zuordnung der für die Ableitung der Bodenkennwerte verwendeten Bohrpunkte ist in Anlage 5 dargestellt. Die Ableitung der Bodenwasserhaushaltskennwerte erfolgte auf Grundlage der angesprochenen Bodenarten, Lagerungsdichten und weiterer Bodeneigenschaften gem. Vorgaben aus MÜLLER & WALDECK (2011). Die effektive Durchwurzelungstiefe wurde für die überwiegend vorliegende Nutzung aus der Bodenart, der Lagerungsdichte und der Bodenhorizontierung abgeleitet. Die angegebenen Werte für eine ackerbauliche Nutzung wurden bei einer Grünlandnutzung um 10 % vermindert und bei einer forstlichen Nutzung um 20 % erhöht.

Ertragsverluste durch abbaubedingte Grundwasserabsenkungen sind möglich, wenn die Kulturen in der Vegetationszeit einen Grundwasseranschluss aufweisen und wenn ein Bedarf an kapillar aufsteigendem Grundwasser besteht. Letzteres ist der Fall, wenn die nutzbare Feldkapazität im effektiven Wurzelraum (n_{FKWe}), also der Bodenwasservorrat, geringer ausfällt, als das klimatische Wasserbilanzdefizit in der Vegetationsperiode.

Der kartierte Grundwasserflurabstand bei mittlerem Grundwassertiefstand (MNGW) lag auf den von einer Grundwasserabsenkung betroffenen Flächen in den Kartiergebieten I und II sowie vor allem im Kartiergebiet III z.T. schon vor den abbaubedingten Grundwasserabsenkungen unter dem Grenzflurabstand für eine zumindest minimale Versorgung mit kapillar aufsteigendem Grundwasser (0,3 mm/Tag, s. Anlage 4). Hier haben

die kartierten Grundwasserabsenkungen daher keinen Einfluss auf die Flächennutzung. Auf allen anderen betroffenen Flächen lag der Grundwasserflurabstand bei mittlerem Grundwassertiefststand vor den abbaubedingten Absenkungen jedoch über dem Grenzflurabstand. Hier bestand daher während der Vegetationsperiode ein Grundwasseranschluss der Vegetation.

Das klimatische Wasserbilanzdefizit in der Vegetationsperiode wurde zum einen als Differenz aus dem Niederschlag und der potenziellen Verdunstung für den Zeitraum 1990 bis 2016 berechnet. Hierbei wurden tägliche Niederschlagshöhen der DWD-Station Ringe und tägliche Werte der potenziellen Verdunstung nach Penman-Monteith (Grasreferenzverdunstung ET_0) der DWD-Station Lingen angesetzt. Tabelle 3a zeigt die hieraus berechneten klimatischen Wasserbilanzdefizite in der Vegetationsperiode. Die Berechnung erfolgte für die Kulturen Mais, Getreide (Triticale) und Kartoffeln sowie für Grünland und Forst (Mischwald) mit den in Tabelle 3a angegebenen Vegetationsperioden. Die so berechneten klimatischen Wasserbilanzdefizite in der Vegetationsperiode betragen je nach Nutzung im Zeitraum 1990 bis 2016 in Normaljahren (Mittelwert, Häufigkeit: 50 %) zwischen -42 und -62 mm sowie in Trockenjahren (Häufigkeit: 20 %) zwischen -106 und -204 mm.

Tabelle 3b zeigt das klimatische Wasserbilanzdefizit in der Vegetationsperiode, welches mit der vegetationsabhängigen Verdunstung ET_c berechnet worden ist. Diese wurde aus der Grasreferenzverdunstung ET_0 gem. ATV-DVWK (2002) mit monatlichen Landnutzungsparametern (f_{LN}) aus ATV-DVWK (2002) bzw. k_c -Faktoren aus MÜLLER & WALDECK (2011) berechnet. Die so berechneten Wasserbilanzdefizite tragen den Unterschieden in der Verdunstung verschiedener Vegetationsbestände über die Länge der Vegetationsperiode hinaus Rechnung. Je nach witterungsabhängiger Vegetationsentwicklung können sich jedoch rel. deutliche Unterschiede in den verwendeten Faktoren ergeben. Die mit der vegetationsabhängigen Verdunstung ET_c berechneten klimatischen Wasserbilanzdefizite in der Vegetationsperiode betragen je nach Nutzung im Zeitraum 1990 bis 2016 in Normaljahren (Mittelwert, Häufigkeit: 50 %) zwischen -41 und -165 mm sowie in Trockenjahren (Häufigkeit: 20 %) zwischen -86 und -253 mm.

In den Gebieten mit einer kartierten Grundwasserabsenkung und einem Grundwasseranschluss der Vegetation vor der Grundwasserabsenkung ist in dem Fall, dass die in Tabelle 3a bzw. 3b angegebenen Werte über dem Bodenwasservorrat liegen, mit Ertragsverlusten zu rechnen.

Das Wasserbilanzdefizit liegt in Normaljahren bei den landwirtschaftlichen Nutzungen zumeist unterhalb und z.T. im Bereich des im Rahmen der Kartierung ermittelten Bodenwasservorrates (nFKWe, s. Anlage 4). In den angesetzten Trockenjahren liegt das

Defizit bei den Nutzungen Getreide, Kartoffel und Grünland zumeist im Bereich oder oberhalb des Bodenwasservorrates. Das Wasserbilanzdefizit für Mais liegt dagegen bis auf wenige Ausnahmen auch in diesen Trockenjahren unterhalb des Bodenwasservorrates.

Tabelle 3a: Klimatische Wasserbilanzdefizite in der Vegetationsperiode für den Zeitraum 1990-2016 (Datengrundlage: Niederschlag DWD-Station Ringe, Grasreferenzverdunstung ET_0 DWD-Station Lingen)

Kultur / Nutzung	Vegetationsperiode	Klimatisches Wasserbilanzdefizit in der Vegetationsperiode [mm]	
		Häufigkeit 50 % (Normaljahre)	Häufigkeit 20 % (Trockenjahre)
Mais	15.06. bis 14.09.	-42	-106
Getreide (hier: Triticale)	15.05. bis 14.07.	-62	-120
Kartoffel (Reifegruppe IV)	15.06. bis 14.09.	-42	-106
Grünland	15.05. bis 14.09.	-56	-141
Forst (Mischwald)	01.05. bis 30.09.	-49	-204

Tabelle 3b: Klimatische Wasserbilanzdefizite in der Vegetationsperiode für den Zeitraum 1990-2016 (Datengrundlage: Niederschlag DWD-Station Ringe, vegetationsabhängige Verdunstung (ET_c) = Grasreferenzverdunstung ET_0 DWD-Station Lingen multipliziert mit Landnutzungsfaktor)

Kultur / Nutzung	Vegetationsperiode	Klimatisches Wasserbilanzdefizit in der Vegetationsperiode [mm]	
		Häufigkeit 50 % (Normaljahre)	Häufigkeit 20 % (Trockenjahre)
Mais	15.06. bis 14.09.	-41	-86
Getreide (hier: Triticale)	15.05. bis 14.07.	-103	-151
Kartoffel (Reifegruppe IV)	15.06. bis 14.09.	-99	-157
Grünland	15.05. bis 14.09.	-68	-144
Forst (Mischwald)	01.05. bis 30.09.	-165	-253

Im Falle einer forstlichen Nutzung liegen die Wasserbilanzdefizite in Normaljahren zumeist im Bereich oder oberhalb des berechneten Bodenwasservorrates. In den betrachteten Trockenjahren überschreitet das Defizit den berechneten Bodenwasservorrat i.d.R. deutlich. Hierbei bleibt jedoch zu berücksichtigen, dass die nutzbare Feldkapazität gem. MÜLLER & WALDECK (2011) für eine rel. geringe effektive Durchwurzelungstiefe berechnet worden ist, welche nur 20 % über derjenigen für Ackerstandorte liegt. Gerade bei älteren Beständen können nach MÜLLER & WALDECK (2011) jedoch auch deutlich höhere effektive Durchwurzelungstiefen und damit auch höhere Bodenwasservorräte für Forststandorte

angesetzt werden. Im mitteldicht gelagerten Feinsand kann die nFKWe so bei mittelalten, tiefwurzelnden Beständen (>15 Jahre) mit einer effektiven Durchwurzelungstiefe von 1,10 m bis zu 182 mm betragen. Bei alten Beständen (>45 Jahre) mit einer effektiven Durchwurzelungstiefe von 1,50 m kann sie bis zu 248 mm betragen. Entsprechend ist bei mittelalten Forstbeständen ebenfalls nur in Trockenjahren mit relevanten Ertragseinbußen zu rechnen. Bei alten Beständen haben Grundwasserabsenkungen ggf. auch in Trockenjahren keinen relevanten Einfluss auf die Wasserversorgung. Dies ist bei der parzellenscharfen Festlegung möglicher Ertragsverluste (s.u.) näher zu prüfen.

Da die berechneten klimatischen Wasserbilanzdefizite zumindest in Trockenjahren auf den Flächen Ertragsverluste möglich erscheinen lassen, die vor der Grundwasserabsenkung einen Grundwasseranschluss der Vegetation aufwiesen, wurde zur Abschätzung der möglichen Ertragsverluste der Auswirkungsgrad nach MÜLLER & WALDECK (2011) berechnet (s. Anlage 4). Dieser wird aus der Abnahme des pflanzenverfügbaren Bodenwassers durch den reduzierten kapillaren Aufstieg nach der Grundwasserabsenkung abgeleitet. Hierzu wurde der mittlere kapillare Aufstieg aus dem Grundwasser in die effektive Wurzelzone vor und nach der Grundwasserabsenkung aus der kapillaren Aufstiegsrate und der kulturartspezifischen Dauer des kapillaren Aufstiegs berechnet.

Die kapillaren Aufstiegsraten für geringe Abstände zwischen Grundwasseroberfläche und effektivem Wurzelraum wurden mit 5 mm/Tag angesetzt. Hier sind entsprechend der Angaben in MÜLLER & WALDECK (2011) (>5,0') jedoch auch höhere Werte möglich. Allerdings führen schon Aufstiegsraten von 5 mm/Tag bzw. z.T. von <5 mm/Tag rechnerisch zu einem unrealistisch hohen kapillaren Aufstieg über dem Betrag des klimatischen Wasserbilanzdefizites in der Vegetationsperiode. In solchen Fällen wurde gem. MÜLLER & WALDECK (2011) das klimatische Wasserbilanzdefizit in der Vegetationsperiode in Trockenjahren (Häufigkeit: 20 %, s.o.) als mittlerer kapillarer Aufstieg angesetzt und nicht der berechnete Wert.

Der Auswirkungsgrad wurde jeweils für die möglichen vorliegenden Nutzungen berechnet (s. Anlage 4). Bei den abgeleiteten Auswirkungsgraden für Mais ist zu berücksichtigen, dass das klimatische Wasserbilanzdefizit in der Vegetationsperiode selbst in Trockenjahren mit einer Häufigkeit von 20 % nicht über dem Bodenwasservorrat liegt (s.o.). Entsprechend können die tatsächlichen Auswirkungen auf den Ertrag z.T. geringer ausfallen, als der Auswirkungsgrad suggeriert.

Tabelle 4 zeigt die Einstufung der berechneten Auswirkungsgrade nach MÜLLER & WALDECK (2011) sowie eine Quantifizierung möglicher Ertragsverluste in Abhängigkeit des Auswirkungsgrades und der Nutzung. Tabelle 5 fasst die in Anlage 4 dargestellten Auswirkungsgrade ≥ 1 zusammen. Im Hinblick auf kleinflächig abweichende Nutzungen und

mögliche zukünftige Nutzungen sind hier neben dem Auswirkungsgrad für die hauptsächlich vorliegende Nutzung auch Auswirkungsgrade für weitere Kulturen dargestellt. Eine relevante Auswirkung kann die kartierte Grundwasserabsenkung entsprechend der berechneten Auswirkungsgrade in Trockenjahren in allen drei Kartiergebieten haben. Vor allem bei den Nutzungen Grünland und Forst sind lokal sehr hohe Auswirkungsgrade von 5 möglich. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass die tatsächlich möglichen Ertragsverluste vom klimatischen Wasserbilanzdefizit in der Vegetationsperiode abhängen.

Tabelle 4: Einstufung und Quantifizierung des Auswirkungsgrades von Grundwasserabsenkungen auf Pflanzenwachstum und Ertrag
(Quelle: MÜLLER & WALDECK, 2011)

Auswirkungsgrad	Stufe	Mittlere Ertragsdifferenz [%]		
		Getreide	Hackfrüchte	Grünland
1	sehr gering	4	3	5
2	gering	8	6	11
3	mittel	15	11	18
4	hoch	22	17	28
5	sehr hoch	27	20	35

In den in Tabelle 5 aufgeführten Kartiereinheiten, für die ein relevanter Auswirkungsgrad der festgestellten Grundwasserabsenkungen abgeleitet worden ist, sollten im Hinblick auf mögliche Ausgleichszahlungen die Ertragsverluste im Rahmen einer detaillierten Betrachtung für jede betroffene Parzelle genauer abgeschätzt werden. Hierbei sind die aktuelle und zukünftige Nutzung und die zu erwartenden klimatischen Wasserbilanzdefizite in der Vegetationsperiode zu berücksichtigen. Bei noch vorliegenden Unklarheiten zur räumlichen Variabilität der Bodeneigenschaften sind ergänzende Sondierungen durchzuführen. Die Ergebnisse sind in Berichten zusammenzufassen.

Tabelle 5: Auswirkungsgrade der kartierten Grundwasserabsenkungen
(nur Flächen mit Auswirkungsgrad ≥ 1)

Laufende Nummer der Bodeneinheit der Karte der Absenkungsbereiche	Fläche [m²]	Überwiegende Nutzung	Auswirkungsgrad			
			Getreide	Mais	Intensiv- weide	Forst
Kartiergebiet I						
2	54541	Acker	3,0	2,0	3,0	3,0
3	15153	Grünland	1,0	-	-	-
4	40918	Acker	4,0	3,0	4,0	4,0
5	13619	Acker	4,0	4,0	5,0	5,0
6	6287	Laubwald	4,0	4,0	4,0	4,0
7	2292	Laubwald	4,0	4,0	5,0	5,0
8	1367	Laubwald	3,0	4,0	4,0	4,0
9	1189	Acker	1,5	1,5	1,5	1,5
10	2628	Acker	4,0	4,0	5,0	5,0
11	9983	Acker	3,0	4,0	5,0	5,0
12	1599	Acker	4,0	4,0	5,0	5,0
13	3680	Acker	1,5	1,5	1,5	1,5
14	13865	Acker	2,0	3,0	3,5	3,5
15	8400	Acker	3,5	4,0	4,0	4,0
16	2276	Acker	1,0	1,0	2,0	2,0
17	5753	Acker	1,5	1,5	2,5	2,5
20	646	Acker	4,0	4,0	5,0	5,0
Kartiergebiet II						
1	2347	Acker	4,0	4,0	5,0	5,0
2	1900	Acker	4,0	4,0	5,0	5,0
3	7385	Acker	1,5	1,5	1,5	1,5
4	10007	Acker	4,0	4,0	4,0	4,0
8	1476	Acker	1,5	1,0	2,0	2,0
9	1353	Acker	3,5	4,0	4,0	4,0
12	817	Acker	1,5	1,5	1,5	1,5
13	633	Acker	1,5	1,5	1,5	1,5
14	1314	Acker	4,0	4,0	5,0	5,0
Kartiergebiet III						
2	1247	Grünland	1,5	1,5	2,5	2,5
3	3557	Grünland	3,5	4,0	4,0	5,0
5	17305	Grünland	1,5	1,5	1,5	1,5
6	12389	Grünland	4,0	4,0	4,0	4,0
8	4262	Laubwald	4,0	4,0	5,0	5,0
9	36295	Laubwald	4,0	4,0	5,0	5,0
11	46328	Acker	3,5	5,0	4,0	4,0

6 Mögliche Auswirkungen von Grundwasserstandsänderungen auf Oberflächengewässer

Die in den in Anlage 1.2 dargestellten kartierten Grundwasserspiegeländerungen im Kartiergebiet III südlich des Abbaugewässers der Firma IHB werden in vergleichbarem Aufmaß auch die Oberflächengewässer (Teiche) in diesem Gebiet betreffen. Hier ist mit den Eigentümern zu prüfen, ob die Absenkungen zu strukturellen Problemen in den Gewässern führen, welche ggf. Maßnahmen wie einen Aushub von Boden oder eine Anpassung von Flachwasserzonen behoben werden müssen. Gleiches gilt für das Abbaugewässer westlich des Abbaus der Firma Smals.

7 Zusammenfassung und Empfehlungen

In den Kartiergebieten, die anhand einer digitalen Grundwasserflurabstandskarte und den mittels Grundwassermodell prognostizierten Reichweiten der abbaubedingten Grundwasserstandsänderungen festgelegt worden sind, wurde vom Herbst 2015 bis zum Frühjahr 2016 eine Bodenkartierung durchgeführt. Bei den Sondierungen wurden im Anstrombereich der Abbaugewässer Smals, Liesen und IHB Bereiche vorgefundenen, in denen anhand bodenkundlicher Merkmale eine Grundwasserabsenkung $\geq 0,20$ m stattgefunden hat. Diese werden mit hoher Wahrscheinlichkeit von den Abbaugewässern hervorgerufen.

In den Gebieten mit kartierten Grundwasserabsenkungen wurde überwiegend ein Grundwasseranschluss der Vegetation ohne Beeinflussung durch die Sandabbauten festgestellt. Gleiches gilt überwiegend generell für die Niederungsbereiche im Zentrum, Norden und Osten des betrachteten Gebietes, welche noch nicht von einer abbaubedingten Grundwasserspiegeländerung betroffen sind. Eine Ausnahme sind z.B. die Bereiche in den Kartiergebieten I und II westlich des Abbaus der Firma Smals und im Kartiergebiet III südlich des Abbaus IHB, in denen z.T. die Grundwasserflurabstände schon im ungestörten Zustand unter dem Grenzflurabstand liegen.

Maximal liegen die kartierten abbaubedingten Grundwasserabsenkungen in den unmittelbar an die Abbaustätten angrenzenden Bereichen bei 1,2 bzw. 1,6 m. Die Absenkungen entsprechen hier näherungsweise den mittels Grundwassermessstellen an den Abbaugewässern festgestellten Absenkungen oder überschreiten diese. Die räumliche Ausdehnung der kartierten Grundwasserabsenkungen liegt jedoch deutlich unter den mittels Grundwassermodell prognostizierten Werten. Dies ist auch am Abbaugewässer der Firma Smals der Fall, an dem die maximal zu erwartenden Grundwasserabsenkungen durch den

Seeüberlauf schon vor einigen Jahren eingetreten sind. Daher ist generell zu vermuten, dass die Grundwasserabsenkungen im betrachteten Abbaugbiet zwar näherungsweise in der Nähe der Abbaustätten, jedoch nicht in den dahinter liegenden Gebieten das volle, im Grundwassermodell prognostizierte Ausmaß erreichen. Vor allem im Falle des Abbaus der Firma IHB ist jedoch zu beachten, dass das vollständige Ausmaß der Grundwasserabsenkung und der Ausdehnung der Absenkung erst im Zuge der Fortführung des Abbaus in Grundwasserfließrichtung auftreten werden. Hier ist daher eine Wiederholung der Kartierung der Grundwasserabsenkungen nach Beendigung des Abbaus zu empfehlen.

Das berechnete klimatische Wasserbilanzdefizit in der Vegetationsperiode liegt zumindest in Trockenjahren (Häufigkeit: 20 %) über dem als nutzbare Feldkapazität im effektiven Wurzelraum abgeleiteten Bodenwasservorrat. Vor allem im Falle des Maisanbaus liegt dieses Wasserbilanzdefizit jedoch auf vielen Flächen im Bereich oder unter dem Bodenwasservorrat. Dennoch können aufgrund des Klimas gewisse Ertragsverluste bei allen vorliegenden Nutzungen in Trockenjahren in den kartierten Absenkungsgebieten mit einem Grundwasseranschluss der Vegetation vor der Absenkung nicht generell ausgeschlossen werden.

Daher wurde auf Grundlage der Kartiierungsergebnisse der Auswirkungsgrad der kartierten Grundwasserabsenkungen gem. MÜLLER & WALDECK (2011) für alle pot. Bodennutzungen ermittelt. Bei allen Nutzungen sind in den Kartiergebieten I, II und III auf den betroffenen Flächen stellenweise hohe bis sehr hohe Auswirkungen möglich. Die tatsächlich auftretenden Ertragsverluste hängen jedoch wesentlich von den klimatischen Wasserbilanzdefiziten in der Vegetationsperiode ab.

Für die betroffenen Parzellen sind in einem weiteren Schritt die möglichen Ertragsverluste für die vorliegenden und zukünftigen Nutzungen und die zu erwartenden Wasserbilanzdefizite genauer festzulegen und in Berichten darzulegen. Mögliche Entschädigungen können auf Grundlage dieser Berichte mit den Eigentümern bzw. ihren Pächtern abgestimmt werden. Weiterhin sind ggf. zu ergreifende strukturverbessernde Maßnahmen an Teichen in den Grundwasserabsenkungsbereichen mit den Eigentümern abzustimmen.

Sollten z.B. im Zuge der Erweiterung der betrachteten Bodenabbauten oder des Beginns des Abbaus der Firma Kwade durch die installierten Grundwassermessstellen weitere als die vorliegenden Änderungen des Grundwasserspiegels angezeigt werden, sind die Bodenkartierungen in den pot. betroffenen Bereichen zu wiederholen, um die Ausdehnung der Änderungen in der Fläche festzulegen. Die vorliegenden Kartiierungsergebnisse sind hierbei im Sinne der Beweissicherung als Vergleichsdaten heranzuziehen.

In den Gebieten im Grundwasserabstrom aller Abbaugewässer liegen zumindest stellenweise drainierte Böden mit Grundwasserflurabständen von temporär deutlich $<0,5$ m vor (Bodentyp Gley). Hier besteht bei einer abbaubedingten Aufhöhung des Grundwasserspiegels die Gefahr einer Vernässung. Es ist daher durch geeignete Maßnahmen sicher zu stellen, dass auf den an die Bodenabbauten angrenzenden Flächen keine relevanten Grundwasseraufhöhungen stattfinden.

8 Schlusswort

Sollten sich hinsichtlich der vorliegenden Bearbeitungsunterlagen und der zur Betrachtung zugrunde gelegten Angaben Änderungen ergeben, ist der Verfasser zu informieren.

Falls sich Fragen ergeben, die im vorliegenden Gutachten nicht oder nur abweichend erörtert wurden, ist ebenfalls der Verfasser zu einer ergänzenden Stellungnahme aufzufordern.

Sögel, 29. Dezember 2017



Dr. rer. nat. Mark Overesch

Literatur

- ATV-DVWK (2002): Verdunstung in Bezug zu Landnutzung, Bewuchs und Boden. Merkblatt ATV-DVWK-M 504. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall, Hennef.
- MÜLLER, U. & WALDECK, A. (2011): Auswertungsmethoden im Bodenschutz – Dokumentation zur Methodenbank des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS®). GeoBerichte 19. Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Hannover.
- RAISSI, F., MÜLLER, U. (2009): Bodenkundliche Ermittlungen von Grundwasserabsenkungen im Gelände – Erfassung und Abschätzung der anteiligen Grundwasserabsenkungsbeträge durch Grundwasserentnahme und Entwässerungsmaßnahmen. Geofakten 5, 3. Aufl., Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Hannover.
- RAISSI, F., MÜLLER, U. & MEESENBURG, H. (2009): Ermittlung der effektiven Durchwurzelungstiefe von Forststandorten. Geofakten 9. Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Hannover.

Anlagen

Anlage 1: Lagepläne Kartierung

Anlage 1.1: Lageplan Bodentypen

Anlage 1.2: Lageplan Teilbereiche mit kartierten Grundwasserabsenkungen

Anlage 2: Standortdaten und Bodenhorizontdaten Bodenkartierung (CD-ROM)

Anlage 3: Berichte Kartierung in den Kartiergebieten 1 bis 6 (Dipl.-Geogr. Stephan Melms)

Anlage 4: Auswertung Kartiererergebnisse für Bereiche mit kartierten
Grundwasserabsenkungen

Anlage 5: Zuordnung Bohrpunkte - Bodeneinheiten der Absenkungsbereiche

Anlage 6: Auswertung Beweissicherung Grundwassermessstellen bis 2015

Anlage 1: Lagepläne Kartierung



LEGENDE

Abbaugewässer

Reichweiten Grundwasserabsenkung /-aufhöhung M&O

Reichweite Grundwasserabsenkung $\geq 0,20$ m

Reichweite Grundwasseraufhöhung $\geq 0,20$ m

Bodentypen

B	B
B-P	B-P
G	G
G-P	G-P
G-H	G-H
G-YU	G-YU
P	P
P-B	P-B
P-E	P-E
P-G	P-G
P-YU	P-YU
YU	YU
YU-G	YU-G
YY	YY

Reichweite Grundwasseraufhöhung $\geq 0,20$ m durch dargestellte Bodenabbauten gem. Grundwasserströmungsmodell (Planungsstand: 2014)

Reichweite Grundwasseraufhöhung $\geq 0,20$ m durch dargestellte Bodenabbauten gem. Grundwasserströmungsmodell (Planungsstand: 2014)

Reichweite Grundwasserabsenkung $\geq 0,20$ m durch dargestellte Bodenabbauten gem. Grundwasserströmungsmodell (Planungsstand: 2014)



M&O | BÜRO FÜR GEOWISSENSCHAFTEN

Büro Spelle:
Bernard-Krone-Straße 19
48480 Spelle
Tel.: 05977-939630
email: info@mo-bfg.de

Büro Sögel:
Zum Galtenberg 7
49751 Sögel
Tel.: 05952-903388
email: info@mo-bfg.de

**Projekt: 0892-2012-HYG-
Beweissicherung-Grundwasser-Wilsun**

**Anlage 1.1:
Lageplan mit Darstellung der Bodentypen**

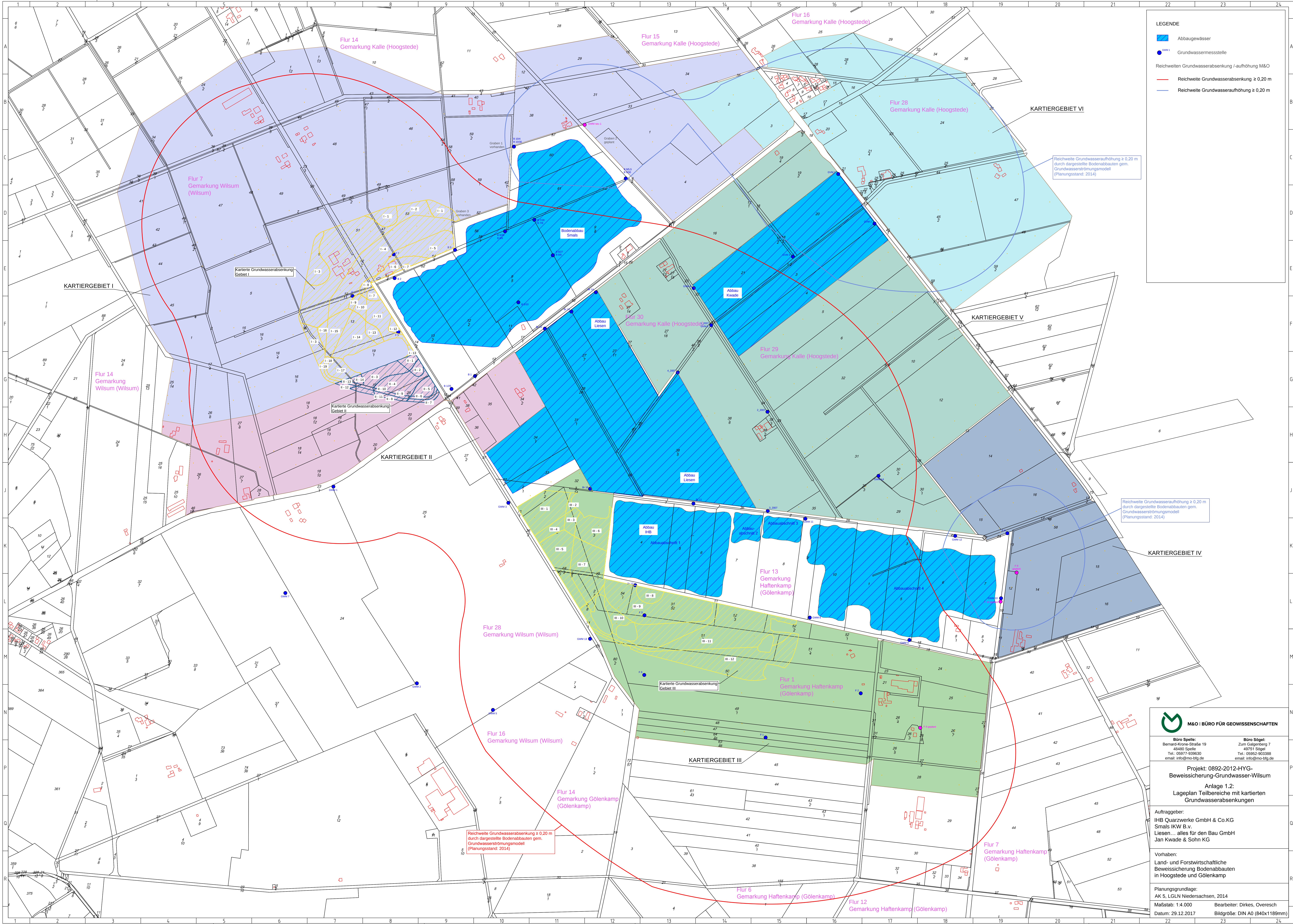
Auftraggeber:
IHB Quarzwerke GmbH & Co.KG
Smals IKW B.v.
Liesen... alles für den Bau GmbH
Jan Kwade & Sohn KG

Vorhaben:
Land- und Forstwirtschaftliche
Beweissicherung Bodenabbauten
in Hoogstede und Golenkamp

Planungsgrundlage:
AK 5, LGLN Niedersachsen, 2014

Maßstab: 1:4.000 **Bearbeiter:** Dirkes

Datum: 19.05.2017 **Bildgröße:** DIN A0 (84x1189mm)



LEGENDE

- Abbaugewässer
- Grundwasseremissionsstelle

Reichweiten Grundwasserabsenkung / -aufhöhung M&O

- Reichweite Grundwasserabsenkung $\geq 0,20$ m
- Reichweite Grundwasseraufhöhung $\geq 0,20$ m

M&O | BÜRO FÜR GEOWISSENSCHAFTEN

Büro Spelle:
Bernard-Krone-Straße 19
48480 Spelle
Tel.: 05977-939630
email: info@mo-btg.de

Büro Sögel:
Zum Galgenberg 7
49751 Sögel
Tel.: 05962-903388
email: info@mo-btg.de

Projekt: 0892-2012-HYG-
Beweissicherung-Grundwasser-Wilsum

Anlage 1.2:
Lageplan Teilbereiche mit kartierten
Grundwasserabsenkungen

Auftraggeber:
IHB Quarzwerke GmbH & Co.KG
Smals IKW B.v.
Liesen... alles für den Bau GmbH
Jan Kwade & Sohn KG

Vorhaben:
Land- und Forstwirtschaftliche
Beweissicherung Bodenabbauten
in Hoogstede und Gölenkamp

Planungsgrundlage:
AK 5, LGLN Niedersachsen, 2014

Maßstab: 1:4.000

Datum: 29.12.2017

Bearbeiter: Dirkes, Overesch

Bildgröße: DIN A0 (840x1189mm)

Anlage 2: Standortdaten und Bodenhorizontdaten Bodenkartierung (CD-ROM)

Anlage 3: Berichte Kartierung in den Kartiergebieten 1 bis 6
(Dipl.-Geogr. Stephan Melms)

Anlage 4: Auswertung Kartiierungsergebnisse für Bereiche mit kartierten Grundwasserabsenkungen

Anlage 4.1: Auswertung Kartierergebnisse für Bereiche mit kartierten Grundwasserabsenkungen, Kartiergebiete I und II

lfd. Nr. der Bodeneinheit der Karte der Absenkungsbereiche	Fläche [m²]	Überwiegende Nutzung	Bodentyp	Feinbodenarten	durchschnittliche Grundwasserabsenkung durch Bodenabbauten über das Ausmaß der Grabendrainage [cm]	MNGW vor abbaubedingter Grundwasserabsenkung [cm]	MNGW aktuell, nach abbaubedingter Grundwasserabsenkung [cm]	effektiver Wurzelraum vor abbaubedingter Grundwasserabsenkung [dm]	effektiver Wurzelraum nach abbaubedingter Grundwasserabsenkung [dm]	nutzbare Feldkapazität des effektiven Wurzelraumes vor abbaubedingter Grundwasserabsenkung [mm]	nutzbare Feldkapazität des effektiven Wurzelraumes nach abbaubedingter Grundwasserabsenkung [mm]	kapillare Aufstiegshöhe bei einer kapillaren Aufstiegsrate von 0,3 mm/d [dm]	Grenzflurabstand für eine kapillare Aufstiegsrate von 0,3 mm/d vor abbaubedingter Grundwasserabsenkung [dm]	kapillare Aufstiegsrate vor abbaubedingter Grundwasserabsenkung [mm/d]	kapillare Aufstiegsrate nach abbaubedingter Grundwasserabsenkung [mm/d]	MNGW < Grenzflurabstand vor abbaubedingter Grundwasserabsenkung?	Getreide										Auswirkungsgrad
																	mögliche Dauer des kapillaren Aufstiegs vor abbaubedingter Grundwasserabsenkung [d]	mögliche Dauer des kapillaren Aufstiegs nach abbaubedingter Grundwasserabsenkung [d]	mittlerer kapillarer Aufstieg vor abbaubedingter Grundwasserabsenkung [mm]	mittlerer kapillarer Aufstieg nach abbaubedingter Grundwasserabsenkung [mm]	pflanzenverfügbares Bodenwasser vor abbaubedingter Grundwasserabsenkung [mm]	pflanzenverfügbares Bodenwasser nach abbaubedingter Grundwasserabsenkung [mm]	Absenkungsbedingte Abnahme des pflanzenverfügbaren Bodenwassers [mm]				
Kartiergebiet I																											
1	9670	Acker	YU-G5	Su3/Su2	20	120	140	7,0	7,0	166	166	22	29	5,0	3,5	ja	60	54	120	120	286	286	0	-			
2	54541	Acker	G-YU3	fSu2	20	121	141	6,4	6,4	123	123	18	24	4,5	1,5	ja	53	35	120	53	243	176	67	3,0			
3	15153	Grünland	YU-G3	Slu/fSu2	20	110	130	6,2	6,2	120	120	18	24	5,0	2,5	ja	60	43	120	108	240	228	12	1,0			
4	40918	Acker	G-YU3	fSu2	40	120	160	6,5	6,5	120	120	18	24	4,8	0,6	ja	57	31	120	19	240	139	101	4,0			
5	13619	Acker	G-YU3	fSu2	80	122	202	7,5	7,5	129	129	18	26	5,0	0,0	ja	60	32	120	0	249	129	120	4,0			
6	6287	Laubwald	G-P3	fSu2	80	130	210	9,6	9,6	157	157	18	28	5,0	0,1	ja	60	36	120	4	277	160	116	4,0			
7	2292	Laubwald	G-P3	fSu2/fSms	120	103	223	8,3	8,3	139	139	18	26	5,0	0,0	ja	60	34	120	0	259	139	120	4,0			
8	1367	Laubwald	G-P3	fSu2	40	170	210	9,6	9,6	157	157	18	28	2,1	0,1	ja	44	36	93	4	250	160	90	3,0			
9	1189	Acker	B-P3	fSu2	40	175	215	7,0	7,0	120	120	18	25	0,3	0,0	ja	31	31	9	0	129	120	9	1,5			
10	2628	Acker	B-P3	fSu2	80	135	215	7,0	7,0	120	120	18	25	3,5	0,0	ja	50	31	120	0	240	120	120	4,0			
11	9983	Acker	B-P3	fSu2	120	143	263	7,0	7,0	121	121	18	25	2,2	0,0	ja	41	31	90	0	211	121	90	3,0			
12	1599	Acker	B-P3	fSu2	160	130	290	7,0	7,0	122	122	18	25	4,5	0,0	ja	53	31	120	0	242	122	120	4,0			
13	3680	Acker	P3	fSu2	120	165	285	6,0	6,0	110	110	18	24	0,3	0,0	ja	30	30	9	0	119	110	9	1,5			
14	13865	Acker	P3	fSl2/fSu2/fSl2	80	153	233	6,7	6,7	124	124	18	25	1,0	0,0	ja	32	32	32	0	156	124	32	2,0			
15	8400	Acker	S4	fSu2/fSl2	40	147	187	7,0	7,0	127	127	18	25	1,8	0,1	ja	38	32	69	3	196	130	66	3,5			
16	2276	Acker	S4	fSu2/fSl2	20	167	187	7,0	7,0	127	127	18	25	0,5	0,1	ja	32	32	16	3	143	130	13	1,0			
17	5753	Acker	YU3	fSms/mSgs/fSu2	80	121	201	5,0	5,0	110	110	9	14	0,5	0,0	ja	30	30	15	0	125	110	15	1,5			
18	1460	Acker	YU3	fSms/mSgs/fSu2	40	161	201	5,0	5,0	110	110	9	14	0,0	0,0	nein											
19	1302	Acker	YU3	fSms/mSgs/fSu2	20	181	201	5,0	5,0	110	110	9	14	0,0	0,0	nein											
20	646	Acker	P3	fSu2	120	135	255	7,0	7,0	120	120	18	25	3,5	0,0	ja	50	31	120	0	240	120	120	4,0			
Kartiergebiet II																											
1	2347	Acker	P3	fSu2	120	135	255	7,0	7,0	120	120	18	25	3,5	0,0	ja	50	31	120	0	240	120	120	4,0			
2	1900	Acker	G-YU4	fSu2	120	81	201	7,0	7,0	120	120	18	25	5,0	0,0	ja	60	31	120	0	240	120	120	4,0			
3	7385	Acker	G5	fSu2	80	175	255	7,0	7,0	119	119	18	25	0,3	0,0	ja	31	31	9	0	128	119	9	1,5			
4	10007	Acker	G-YU3	fSu2/Sl3/fSu2	80	105	185	7,0	7,0	120	120	18	25	5,0	0,1	ja	60	31	120	3	240	123	117	4,0			
5	4099	Laubwald	P-G3	fSms/fSu2/fSms	80	270	350	8,4	8,4	147	147	18	26	0,0	0,0	nein											
6	1201	Laubwald	P-G3	fSms/fSu2/fSms	40	310	350	8,4	8,4	147	147	18	26	0,0	0,0	nein											
7	1307	Laubwald	P-G3	fSms/fSu2/fSms	20	330	350	8,4	8,4	147	147	18	26	0,0	0,0	nein											
8	1476	Acker	G-YU3	fSu2/Sl3/fSu2	20	165	185	7,0	7,0	120	120	18	25	0,6	0,2	ja	31	31	19	6	138	126	12	1,5			
9	1353	Acker	G-YU3	fSu2/Sl3/fSu2	40	145	185	7,0	7,0	120	120	18	25	2,0	0,2	ja	30	31	60	6	179	126	53	3,5			
10	517	Grünland	YU-G3	Slu/fSu2	40	90	130	6,2	6,2	120	120	18	24	5,0	2,9	ja	60	46	120	120	240	240	0	-			
11	1309	Grünland	YU-G3	Slu/fSu2	20	110	130	6,2	6,2	120	120	18	24	5,0	2,9	ja	60	46	120	120	240	240	0	-			
12	817	Acker	YU3	fSms/fSl2/fSu2	20	181	201	6,0	6,0	103	103	17	23	0,1	0,0	ja	29	29	3	0	106	103	3	1,5			
13	633	Acker	YU3	fSms/fSl2/fSu2	40	161	201	6,0	6,0	103	103	17	23	0,4	0,0	ja	29	29	11	0	115	103	11	1,5			
14	1314	Acker	YU3	fSms/fSl2/fSu2	80	121	201	6,0	6,0	103	103	17	23	4,3	0,0	ja	50	29	120	0	223	103	120	4,0			
grau hinterlegte Werte: mittlerer kapillarer Aufstieg = klimatisches Wasserbilanzdefizit in der Vegetationsperiode (Trockenjahre, Häufigkeit: 20 %)																											

Fortsetzung Anlage 4.1: Auswertung Kartielergebnisse für Bereiche mit kartierten Grundwasserabsenkungen, Kartiergebiete I und II

lfd. Nr. der Bodeneinheit der Karte der Absenkungsbereiche	Mais								Intensivweide								Forst							
	mögliche Dauer des kapillaren Auftriegs vor abbaubedingter Grundwasserabsenkung [d]	mögliche Dauer des kapillaren Auftriegs nach abbaubedingter Grundwasserabsenkung [d]	mittlerer kapillarer Aufstieg vor abbaubedingter Grundwasserabsenkung [mm]	mittlerer kapillarer Aufstieg nach abbaubedingter Grundwasserabsenkung [mm]	pflanzenverfügbares Bodenwasser vor abbaubedingter Grundwasserabsenkung [mm]	pflanzenverfügbares Bodenwasser nach abbaubedingter Grundwasserabsenkung [mm]	Absenkungsbedingte Abnahme des pflanzenverfügbaren Bodenwassers [mm]	Auswirkungsgrad	mögliche Dauer des kapillaren Auftriegs vor abbaubedingter Grundwasserabsenkung [d]	mögliche Dauer des kapillaren Auftriegs nach abbaubedingter Grundwasserabsenkung [d]	mittlerer kapillarer Aufstieg vor abbaubedingter Grundwasserabsenkung [mm]	mittlerer kapillarer Aufstieg nach abbaubedingter Grundwasserabsenkung [mm]	pflanzenverfügbares Bodenwasser vor abbaubedingter Grundwasserabsenkung [mm]	pflanzenverfügbares Bodenwasser nach abbaubedingter Grundwasserabsenkung [mm]	Absenkungsbedingte Abnahme des pflanzenverfügbaren Bodenwassers [mm]	Auswirkungsgrad	mögliche Dauer des kapillaren Auftriegs vor abbaubedingter Grundwasserabsenkung [d]	mögliche Dauer des kapillaren Auftriegs nach abbaubedingter Grundwasserabsenkung [d]	mittlerer kapillarer Aufstieg vor abbaubedingter Grundwasserabsenkung [mm]	mittlerer kapillarer Aufstieg nach abbaubedingter Grundwasserabsenkung [mm]	pflanzenverfügbares Bodenwasser vor abbaubedingter Grundwasserabsenkung [mm]	pflanzenverfügbares Bodenwasser nach abbaubedingter Grundwasserabsenkung [mm]	Absenkungsbedingte Abnahme des pflanzenverfügbaren Bodenwassers [mm]	Auswirkungsgrad
Kartiergebiet I																								
1	90	76	106	106	272	272	0	-	120	102	141	141	307	307	0	-	120	102	204	204	370	370	0	-
2	83	48	106	72	229	195	34	2,0	115	59	141	88	264	211	53	3,0	115	59	204	88	327	211	116	3,0
3	90	59	106	106	226	226	0	-	120	75	141	141	261	261	0	-	120	75	204	189	324	309	15	-
4	87	41	106	24	226	145	82	3,0	117	50	141	30	261	150	111	4,0	117	50	204	30	324	150	174	4,0
5	90	42	106	0	235	129	106	4,0	120	52	141	0	270	129	141	5,0	120	52	204	0	333	129	204	5,0
6	90	48	106	5	263	161	101	4,0	120	59	141	6	298	163	135	4,0	120	59	204	6	361	163	198	4,0
7	90	44	106	0	245	139	106	4,0	120	54	141	0	280	139	141	5,0	120	54	204	0	343	139	204	5,0
8	62	48	106	5	263	161	101	4,0	76	59	141	6	298	163	135	4,0	76	59	161	6	317	163	155	4,0
9	41	41	12	0	132	120	12	1,5	50	50	15	0	135	120	15	1,5	50	50	15	0	135	120	15	1,5
10	70	41	106	0	226	120	106	4,0	94	50	141	0	261	120	141	5,0	94	50	204	0	324	120	204	5,0
11	57	41	106	0	227	121	106	4,0	70	50	141	0	262	121	141	5,0	70	50	155	0	276	121	155	5,0
12	83	41	106	0	228	122	106	4,0	111	50	141	0	263	122	141	5,0	111	50	204	0	326	122	204	5,0
13	39	39	12	0	122	110	12	1,5	47	47	14	0	124	110	14	1,5	47	47	14	0	124	110	14	1,5
14	41	41	86	0	210	124	86	3,0	51	51	51	0	175	124	51	3,5	51	51	51	0	175	124	51	3,5
15	53	42	95	4	222	131	91	4,0	65	51	116	5	243	132	111	4,0	65	51	116	5	243	132	111	4,0
16	42	42	21	4	148	131	17	1,0	51	51	26	5	152	132	20	2,0	51	51	26	5	152	132	20	2,0
17	39	39	19	0	129	110	19	1,5	47	47	23	0	133	110	23	2,5	47	47	23	0	133	110	23	2,5
18																								
19																								
20	70	41	106	0	226	120	106	4,0	94	50	141	0	261	120	141	5,0	94	50	204	0	324	120	204	5,0

Anlage 4.2: Auswertung Kartielergebnisse für Bereiche mit kartierten Grundwasserabsenkungen, Kartiergebiet III

lfd. Nr. der Bodeneinheit der Karte der Absenkungsbereiche	Fläche [m²]	Überwiegende Nutzung	Bodentyp	Feinbodenarten	durchschnittliche Grundwasserabsenkung durch Bodenabbauteilen über das Ausmaß der Grabendrainage [cm]	MNGW vor abbaubedingter Grundwasserabsenkung [cm]	MNGW aktuell, nach abbaubedingter Grundwasserabsenkung [cm]	effektiver Wurzelraum vor abbaubedingter Grundwasserabsenkung [dm]	effektiver Wurzelraum nach abbaubedingter Grundwasserabsenkung [dm]	nutzbare Feldkapazität des effektiven Wurzelraumes vor abbaubedingter Grundwasserabsenkung [mm]	nutzbare Feldkapazität des effektiven Wurzelraumes nach abbaubedingter Grundwasserabsenkung [mm]	kapillare Aufstiegshöhe bei einer kapillaren Aufstiegsrate von 0,3 mm/d [dm]	Grenzflurabstand für eine kapillare Aufstiegsrate von 0,3 mm/d vor abbaubedingter Grundwasserabsenkung [dm]	kapillare Aufstiegsrate vor abbaubedingter Grundwasserabsenkung [mm/d]	kapillare Aufstiegsrate nach abbaubedingter Grundwasserabsenkung [mm/d]	MNGW < Grenzflurabstand vor abbaubedingter Grundwasserabsenkung?	Getreide										
																	mögliche Dauer des kapillaren Aufstiegs vor abbaubedingter Grundwasserabsenkung [d]	mögliche Dauer des kapillaren Aufstiegs nach abbaubedingter Grundwasserabsenkung [d]	mittlerer kapillarer Aufstieg vor abbaubedingter Grundwasserabsenkung [mm]	mittlerer kapillarer Aufstieg nach abbaubedingter Grundwasserabsenkung [mm]	pflanzenverfügbares Bodenwasser vor abbaubedingter Grundwasserabsenkung [mm]	pflanzenverfügbares Bodenwasser nach abbaubedingter Grundwasserabsenkung [mm]	Absenkungsbedingte Abnahme des pflanzenverfügbaren Bodenwassers [mm]	Auswirkungsgrad			
Kartiergebiet III																											
1	18469	Grünland	B-P2	mSfs/fSu2	20	181	201	4,5	4,5	60	60	9	14	0,0	0,0	nein											
2	1247	Grünland	G-YU3	fSI2/fSu2/fSI2	20	145	165	5,4	5,4	97	97	18	23	0,7	0,2	ja	28	28	19	6	116	102	14	1,5			
3	3557	Grünland	G-YU3	fSI2/fSu2/fSI2	40	125	165	5,4	5,4	97	97	18	23	2,4	0,2	ja	39	28	95	6	191	102	89	3,5			
4	4306	Grünland	B-P2	mSfs/fSu2	40	161	201	4,5	4,5	60	60	9	14	0,0	0,0	nein											
5	17305	Grünland	YU3	fSms/fSu2	40	161	201	5,0	5,0	89	89	17	22	0,1	0,0	ja	27	27	3	0	91	89	3	1,5			
6	12389	Grünland	G-YU3	fSI2/fSu2/fSI2	80	85	165	5,4	5,4	97	97	18	23	5,0	0,2	ja	60	28	120	6	217	102	114	4,0			
7	21453	Grünland	YU3	fSms	80	>320	>400	4,5	4,5	75	75	17	22	0,0	0,0	nein											
8	4262	Laubwald	YY3	fSu2/fSms	160	140	300	9,0	9,0	116	116	17	26	5,0	0,0	ja	60	30	120	0	236	116	120	4,0			
9	36295	Laubwald	Y-P3	fSms/fSu2	120	112	232	7,5	7,5	121	121	17	25	5,0	0,0	ja	60	31	120	0	241	121	120	4,0			
10	23855	Laubwald	G3	fSu2	80	80	160	7,0	9,6	100	135	18	25	5,0	3,7	ja	60	52	120	120	220	255	-35	-			
11	46328	Acker	YY3	mSgs/fSu2	40	128	168	7,2	7,2	85	85	9	16	2,0	0,0	ja	34	26	69	0	154	85	69	3,5			
12	40742	Acker	Y-P3	mSfs/fSu2	20	244	264	6,5	6,5	103	103	17	24	0,0	0,0	nein											
grau hinterlegte Werte: mittlerer kapillarer Aufstieg = klimatisches Wasserbilanzdefizit in der Vegetationsperiode (Trockenjahre, Häufigkeit: 20 %)																											

Fortsetzung Anlage 4.2: Auswertung Kartielergebnisse für Bereiche mit kartierten Grundwasserabsenkungen, Kartiergebiet III

lfd. Nr. der Bodeneinheit der Karte der Absenkungsbereiche	Mais								Intensivweide								Forst							
	mögliche Dauer des kapillaren Aufstiegs vor abbaubedingter Grundwasserabsenkung [d]	mögliche Dauer des kapillaren Aufstiegs nach abbaubedingter Grundwasserabsenkung [d]	mittlerer kapillarer Aufstieg vor abbaubedingter Grundwasserabsenkung [mm]	mittlerer kapillarer Aufstieg nach abbaubedingter Grundwasserabsenkung [mm]	pflanzenverfügbares Bodenwasser vor abbaubedingter Grundwasserabsenkung [mm]	pflanzenverfügbares Bodenwasser nach abbaubedingter Grundwasserabsenkung [mm]	Absenkungsbedingte Abnahme des pflanzenverfügbaren Bodenwassers [mm]	Auswirkungsgrad	mögliche Dauer des kapillaren Aufstiegs vor abbaubedingter Grundwasserabsenkung [d]	mögliche Dauer des kapillaren Aufstiegs nach abbaubedingter Grundwasserabsenkung [d]	mittlerer kapillarer Aufstieg vor abbaubedingter Grundwasserabsenkung [mm]	mittlerer kapillarer Aufstieg nach abbaubedingter Grundwasserabsenkung [mm]	pflanzenverfügbares Bodenwasser vor abbaubedingter Grundwasserabsenkung [mm]	pflanzenverfügbares Bodenwasser nach abbaubedingter Grundwasserabsenkung [mm]	Absenkungsbedingte Abnahme des pflanzenverfügbaren Bodenwassers [mm]	Auswirkungsgrad	mögliche Dauer des kapillaren Aufstiegs vor abbaubedingter Grundwasserabsenkung [d]	mögliche Dauer des kapillaren Aufstiegs nach abbaubedingter Grundwasserabsenkung [d]	mittlerer kapillarer Aufstieg vor abbaubedingter Grundwasserabsenkung [mm]	mittlerer kapillarer Aufstieg nach abbaubedingter Grundwasserabsenkung [mm]	pflanzenverfügbares Bodenwasser vor abbaubedingter Grundwasserabsenkung [mm]	pflanzenverfügbares Bodenwasser nach abbaubedingter Grundwasserabsenkung [mm]	Absenkungsbedingte Abnahme des pflanzenverfügbaren Bodenwassers [mm]	Auswirkungsgrad
Kartiergebiet III																								
1																								
2	36	36	25	7	122	104	18	1,5	44	44	31	9	127	105	22	2,5	44	44	31	9	127	105	22	2,5
3	54	36	106	7	203	104	99	4,0	68	44	141	9	238	105	132	4,0	68	44	164	9	261	105	155	5,0
4																								
5	34	34	3	0	92	89	3	1,5	42	42	4	0	93	89	4	1,5	42	42	4	0	93	89	4	1,5
6	90	36	106	7	203	104	99	4,0	120	44	141	9	238	105	132	4,0	120	44	204	9	301	105	195	4,0
7																								
8	90	40	106	0	222	116	106	4,0	120	48	141	0	257	116	141	5,0	120	48	204	0	320	116	204	5,0
9	90	41	106	0	227	121	106	4,0	120	50	141	0	262	121	141	5,0	120	50	204	0	325	121	204	5,0
10	90	74	106	106	206	241	-35	-	120	100	141	141	241	276	-35	-	120	100	204	204	304	339	-35	-
11	48	34	96	0	182	85	96	5,0	58	41	117	0	202	85	117	4,0	58	41	117	0	202	85	117	4,0
12																								
grau hinterlegte Werte: mittlerer kapillarer Aufstieg = klimatisches Wasserbilanzdefizit in der Vegetationsperiode (Trockenjahre, Häufigkeit: 20 %)																								

Anlage 5: Zuordnung Bohrpunkte - Bodeneinheiten der Absenkungsbereiche

Anlage 5: Zuordnung Bohrpunkte - Bodeneinheiten der Absenkungsbereiche

Laufende Nummer der Bodeneinheit der Karte der Absenkungsbereiche	Fläche (qm)	für die Ableitung der Bodenkennwerte angesetzte Bohrpunkte
Kartiergebiet I		
1	9670	285,286
2	54541	72, 221, 224, 267, 278, 279, 287
3	15153	192, 222, 231
4	40918	73, 74, 223, 268, 269, 273, 274, 276, 277
5	13619	79, 271, 272
6	6287	309
7	2291	308,454
8	1367	309
9	1189	208
10	2628	208
11	9983	567,568
12	1599	188
13	3034	189
14	13865	569,571
15	8400	190, 209
16	2276	190, 209
17	5753	193, 572
18	1460	193, 572
19	1302	193, 572
20	646	189
Kartiergebiet II		
1	2347	56
2	1900	52
3	7385	55
4	10007	575
5	4099	58
6	1201	58
7	1307	58
8	1476	575
9	1353	575
10	517	55
11	1309	55
12	817	54
13	633	54
14	1314	54
Kartiergebiet III		
1	18469	4
2	1247	6
3	3557	6
4	4306	4
5	17305	2
6	12389	6
7	21453	1
8	4262	377,378
9	36295	7, 14, 373, 374, 566
10	23855	375
11	46328	8, 379, 380
12	40742	9, 13, 386

Anlage 6: Auswertung Beweissicherung Grundwassermessstellen bis 2015

Anlage 6.1: Auswertung Beweissicherung Grundwassermessstellen Smals bis 2015

Zeitraum	Messstellen													Differenz GWM - Messstelle NLWKN											
	B1	B2	B3	B4	B5/10	B6/6	B6/26	B7/6	B7/28	B8/6	B8/27	NLWKN, Wilsum I		B1	B2	B3	B4	B5/10	B6/6	B6/26	B7/6	B7/28	B8/6	B8/27	
	Jahresmittelwert [mNN]													Differenz [m]											
15.5.2004-15.4.2005	17,52	16,21	15,64	16,19								16,65		0,86	-0,44	-1,01	-0,46								
15.5.2006-15.4.2007	17,44	16,00	15,61	16,14								16,48		0,95	-0,48	-0,87	-0,35								
2011	16,60	15,22	15,32		15,41	15,05	15,08	14,86	14,87	15,28	15,30	16,53		0,07	-1,31	-1,21		-1,12	-1,48	-1,45	-1,67	-1,65	-1,25	-1,23	
2012	16,49	15,07	15,20		15,24	14,85	14,89	14,68	14,68	15,09	15,10	16,52		-0,04	-1,45	-1,32		-1,28	-1,67	-1,64	-1,84	-1,84	-1,44	-1,43	
2013	16,37	14,95	15,08		15,07	14,82	14,89	14,68	14,68	15,05	15,05	16,51		-0,14	-1,56	-1,43		-1,44	-1,69	-1,62	-1,83	-1,83	-1,46	-1,46	
2014	16,41	15,04	15,18		15,14	14,86	14,97	14,70	14,70	15,12	15,12	16,52		-0,12	-1,49	-1,35		-1,38	-1,66	-1,55	-1,82	-1,83	-1,41	-1,41	
2015	16,52	15,13	15,25		15,18	14,92	15,04	14,80	14,81	15,19	15,19	16,64		-0,12	-1,52	-1,39		-1,46	-1,72	-1,60	-1,84	-1,84	-1,46	-1,45	
	Differenz zwischen Jahresmittelwert und Mittelwert 15.5.2004-15.4.2005 [m]													Differenz [m]											
15.5.2004-15.4.2005 - 2011	-0,92	-1,00	-0,32									-0,13		-0,79	-0,87	-0,20									
15.5.2004-15.4.2005 - 2012	-1,03	-1,14	-0,44									-0,13		-0,90	-1,01	-0,31									
15.5.2004-15.4.2005 - 2013	-1,14	-1,26	-0,56									-0,14		-1,00	-1,12	-0,41									
15.5.2004-15.4.2005 - 2014	-1,11	-1,18	-0,47									-0,13		-0,98	-1,05	-0,34									
15.5.2004-15.4.2005 - 2015	-1,00	-1,09	-0,39									-0,01		-0,99	-1,08	-0,38									
	Differenz zwischen Jahresmittelwert und Mittelwert 15.4.2006-15.5.2007 [m]													Differenz [m]											
15.5.2006-15.4.2007 - 2011	-0,83	-0,79	-0,29									0,05		-0,88	-0,83	-0,33									
15.5.2006-15.4.2007 - 2012	-0,95	-0,93	-0,41									0,04		-0,99	-0,97	-0,45									
15.5.2006-15.4.2007 - 2013	-1,06	-1,05	-0,52									0,03		-1,09	-1,08	-0,55									
15.5.2006-15.4.2007 - 2014	-1,03	-0,97	-0,43									0,04		-1,07	-1,01	-0,47									
15.5.2006-15.4.2007 - 2015	-0,92	-0,88	-0,36									0,16		-1,08	-1,04	-0,52									
	Differenz zwischen Jahresmittelwert und Mittelwert 2011 [m]													Differenz [m]											
2011 - 2012	-0,12	-0,15	-0,12		-0,17	-0,20	-0,19	-0,18	-0,19	-0,20	-0,21	-0,01		-0,11	-0,14	-0,11		-0,16	-0,19	-0,19	-0,18	-0,19	-0,19	-0,20	
2011 - 2013	-0,23	-0,27	-0,24		-0,34	-0,22	-0,19	-0,18	-0,19	-0,23	-0,25	-0,02		-0,21	-0,25	-0,22		-0,33	-0,21	-0,17	-0,16	-0,18	-0,21	-0,23	
2011 - 2014	-0,20	-0,18	-0,14		-0,27	-0,18	-0,11	-0,16	-0,18	-0,17	-0,19	0,00		-0,19	-0,18	-0,14		-0,27	-0,18	-0,10	-0,15	-0,17	-0,16	-0,18	
2011 - 2015	-0,08	-0,09	-0,07		-0,23	-0,12	-0,04	-0,06	-0,07	-0,10	-0,11	0,11		-0,20	-0,21	-0,19		-0,35	-0,24	-0,16	-0,17	-0,18	-0,21	-0,23	

Anlage 6.2: Auswertung Beweissicherung Grundwassermessstellen IHB bis 2015

	Messstellen														Differenz GWM - Messstelle NLWKN													
	GWM 1	GWM 2	GWM 3	GWM 5	GWM 6	GWM 7	GWM 8	GWM 9	GWM 10	GWM 11	GWM 12	GWM 13	GWM 14	NLWKN, Wilsum I	GWM 1	GWM 2	GWM 3	GWM 5	GWM 6	GWM 7	GWM 8	GWM 9	GWM 10	GWM 11	GWM 12	GWM 13	GWM 14	
	Jahresmittelwert [mNN]														Differenz [m]													
1998	23,03	31,76	17,21	28,20	36,98										16,68	6,35	15,08	0,53	11,52	20,30								
1999	22,88	32,70	17,60	28,69	37,84										16,55	6,33	16,15	1,05	12,14	21,29								
2000	22,65	32,79	17,69	28,70	37,70	32,66									16,62	6,03	16,16	1,06	12,08	21,08	16,04							
2001	22,56	32,67	17,45	28,60	37,57	32,67									16,65	5,91	16,02	0,79	11,95	20,92	16,02							
2002	22,70	33,18	18,60	28,78		32,80									16,59	6,11	16,58	2,01	12,19		16,21							
2003	22,12	32,54	17,53	28,56		32,47									16,42	5,70	16,11	1,11	12,14		16,05							
2004	22,08	32,39	17,41	28,47		32,23									16,65	5,43	15,74	0,76	11,82		15,58							
2005	21,99	31,89	17,51	28,30		31,99									16,51	5,49	15,38	1,00	11,80		15,48							
2006	21,50	31,09	16,75	27,87		31,58									16,44	5,06	14,66	0,31	11,43		15,14							
2007	21,84	31,11	16,55	28,01		31,79									16,65	5,19	14,46	-0,10	11,36		15,14							
2008	21,92	31,24	17,02	28,00		31,93									16,55	5,37	14,69	0,47	11,44		15,38							
2009	21,43	30,76	16,67	27,63		31,63	19,05	18,21	16,15	17,81	16,32	24,01	16,28	16,48	4,95	14,28	0,19	11,15		15,15	2,57	1,73	-0,33	1,33	-0,15	7,53	-0,20	
2010	21,69	30,65	16,72	27,48		31,67	19,18	18,42	16,34	17,99	16,72	24,04	16,40	16,59	5,10	14,06	0,13	10,89		15,08	2,59	1,83	-0,25	1,40	0,13	7,45	-0,19	
2011	21,74	30,86	16,41	27,51		31,77	19,24	18,36	16,27	17,92	16,82	24,09	16,34	16,53	5,21	14,33	-0,12	10,98		15,24	2,71	1,83	-0,26	1,39	0,29	7,56	-0,18	
2012	21,62	30,99	16,92	27,38		31,75	19,14	18,31	16,20	17,90	16,83	24,01	16,32	16,52	5,10	14,46	0,40	10,85		15,23	2,62	1,79	-0,33	1,38	0,31	7,49	-0,20	
2013	21,30	30,55	17,78	27,09		31,56	18,99	18,23	16,20	17,80	16,88	23,75	16,32	16,51	4,79	14,04	1,27	10,58		15,04	2,48	1,72	-0,31	1,29	0,37	7,24	-0,19	
2014	21,50	30,64	18,50	27,17		31,71	19,05	18,29	16,23	17,82	16,85	23,75	16,31	16,52	4,97	14,12	1,97	10,65		15,18	2,52	1,76	-0,29	1,30	0,33	7,22	-0,21	
2015	21,51	30,63	18,46	27,18		31,71	19,04	18,26	16,20	17,80	16,82	23,74	16,28	16,64	4,86	13,99	1,82	10,53		15,07	2,39	1,62	-0,45	1,16	0,17	7,10	-0,36	
	Differenz zwischen Jahresmittelwert und Mittelwert 1998 [m]														Differenz [m]													
1998-1999	-0,15	0,94	0,38	0,49	0,86										-0,13	-0,01	1,07	0,52	0,62	0,99								
1998-2000	-0,38	1,03	0,47	0,50	0,72										-0,06	-0,32	1,08	0,53	0,56	0,77								
1998-2001	-0,47	0,91	0,23	0,40	0,59										-0,03	-0,44	0,94	0,26	0,43	0,62								
1998-2002	-0,33	1,42	1,39	0,58											-0,09	-0,24	1,50	1,48	0,67									
1998-2003	-0,91	0,78	0,32	0,36											-0,26	-0,65	1,03	0,58	0,62									
1998-2004	-0,95	0,63	0,20	0,27											-0,03	-0,92	0,66	0,23	0,30									
1998-2005	-1,03	0,13	0,30	0,10											-0,17	-0,86	0,30	0,47	0,28									
1998-2006	-1,53	-0,67	-0,47	-0,33											-0,24	-1,28	-0,42	-0,22	-0,09									
1998-2007	-1,19	-0,65	-0,66	-0,19											-0,03	-1,16	-0,62	-0,63	-0,16									
1998-2008	-1,10	-0,52	-0,19	-0,20											-0,13	-0,97	-0,39	-0,06	-0,07									
1998-2009	-1,60	-1,00	-0,55	-0,58											-0,20	-1,39	-0,80	-0,34	-0,37									
1998-2010	-1,33	-1,11	-0,49	-0,72											-0,09	-1,24	-1,02	-0,40	-0,63									
1998-2011	-1,28	-0,90	-0,80	-0,69											-0,15	-1,13	-0,75	-0,65	-0,54									
1998-2012	-1,41	-0,77	-0,29	-0,82											-0,16	-1,25	-0,62	-0,13	-0,67									
1998-2013	-1,72	-1,21	0,57	-1,11											-0,17	-1,55	-1,04	0,74	-0,94									
1998-2014	-1,53	-1,12	1,29	-1,03											-0,16	-1,37	-0,96	1,44	-0,87									
1998-2015	-1,52	-1,13	1,25	-1,02											-0,04	-1,48	-1,09	1,28	-0,98									
	Differenz zwischen Jahresmittelwert und Mittelwert 2001 [m]														Differenz [m]													
2001-2002	0,14	0,51	1,16	0,19		0,13									-0,06	0,20	0,56	1,21	0,24		0,19							
2001-2003	-0,44	-0,13	0,08	-0,03		-0,20									-0,23	-0,21	0,10	0,31	0,20		0,03							
2001-2004	-0,48	-0,28	-0,03	-0,13		-0,44									0,00	-0,48	-0,28	-0,03	-0,13		-0,44							
2001-2005	-0,57	-0,78	0,07	-0,29		-0,68									-0,14	-0,42	-0,64	0,21	-0,15		-0,54							
2001-2006	-1,06	-1,58	-0,70	-0,73		-1,09									-0,21	-0,84	-1,36	-0,49	-0,52		-0,88							
2001-2007	-0,72	-1,56	-0,90	-0,58		-0,88									0,00	-0,72	-1,56	-0,89	-0,58		-0,88							
2001-2008	-0,64	-1,43	-0,42	-0,60		-0,74									-0,10	-0,54	-1,33	-0,33	-0,50		-0,64							
2001-2009	-1,13	-1,91	-0,78	-0,97		-1,04									-0,17	-0,96	-1,73	-0,61	-0,80		-0,86							
2001-2010	-0,87	-2,02	-0,72	-1,12		-1,00									-0,06	-0,81	-1,96	-0,66	-1,06		-0,94							
2001-2011	-0,82	-1,81	-1,04	-1,09		-0,90									-0,12	-0,69	-1,69	-0,92	-0,97		-0,78							
2001-2012	-0,94	-1,68	-0,52	-1,22		-0,92									-0,13	-0,81	-1,55	-0,40	-1,09		-0,79							
2001-2013	-1,26	-2,12	0,34	-1,51		-1,11									-0,14	-1,12	-1,98	0,48	-1,37		-0,97							
2001-2014	-1,06	-2,03	1,05	-1,43		-0,96									-0,13	-0,94	-1,90	1,18	-1,30		-0,83							
2001-2015	-1,05	-2,04	1,01	-1,42		-0,95									-0,01	-1,05	-2,03	1,02	-1,41		-0,95							

Anlage 6.2: Auswertung Beweissicherung Grundwassermessstellen IHB bis 2015

	Differenz zwischen Jahresmittelwert und Mittelwert 2006 [m]													
2006-2007	0,34	0,02	-0,20	0,15	0,00	0,21								0,21
2006-2008	0,42	0,14	0,28	0,13	0,00	0,35								0,11
2006-2009	-0,07	-0,33	-0,08	-0,24	0,00	0,05								0,04
2006-2010	0,19	-0,45	-0,02	-0,39	0,00	0,09								0,15
2006-2011	0,24	-0,24	-0,34	-0,36	0,00	0,19								0,09
2006-2012	0,12	-0,11	0,18	-0,49	0,00	0,17								0,08
2006-2013	-0,20	-0,54	1,04	-0,78	0,00	-0,02								0,07
2006-2014	0,00	-0,45	1,75	-0,70	0,00	0,13								0,09
2006-2015	0,00	-0,46	1,71	-0,69	0,00	0,14								0,21
	Differenz zwischen Jahresmittelwert und Mittelwert 2009 [m]													
2009-2010	0,26	-0,11	0,05	-0,15	0,00	0,04	0,13	0,21	0,19	0,18	0,40	0,03	0,13	0,11
2009-2011	0,31	0,10	-0,26	-0,12	0,00	0,14	0,19	0,15	0,12	0,11	0,50	0,08	0,07	0,05
2009-2012	0,19	0,22	0,25	-0,25	0,00	0,12	0,10	0,10	0,05	0,09	0,51	0,00	0,05	0,04
2009-2013	-0,13	-0,21	1,12	-0,53	0,00	-0,07	-0,06	0,02	0,05	-0,01	0,56	-0,26	0,04	0,03
2009-2014	0,07	-0,12	1,83	-0,45	0,00	0,08	0,00	0,08	0,08	0,01	0,53	-0,26	0,03	0,05
2009-2015	0,08	-0,13	1,79	-0,45	0,00	0,08	-0,01	0,05	0,05	-0,01	0,49	-0,26	0,01	0,17

Differenz [m]													
0,12	-0,20	-0,41	-0,07	-0,21	0,00								
0,31	0,03	0,16	0,01	-0,11	0,24								
-0,11	-0,37	-0,12	-0,28	-0,04	0,01								
0,04	-0,60	-0,18	-0,54	-0,15	-0,06								
0,15	-0,33	-0,43	-0,45	-0,09	0,10								
0,03	-0,19	0,09	-0,58	-0,08	0,09								
-0,27	-0,62	0,96	-0,85	-0,07	-0,10								
-0,09	-0,54	1,67	-0,78	-0,09	0,05								
-0,20	-0,67	1,51	-0,90	-0,21	-0,07								
Differenz [m]													
0,15	-0,23	-0,06	-0,26	-0,11	-0,08	0,02	0,10	0,08	0,07	0,28	-0,08	0,01	
0,26	0,04	-0,31	-0,17	-0,05	0,09	0,14	0,10	0,07	0,06	0,45	0,03	0,02	
0,14	0,18	0,21	-0,29	-0,04	0,07	0,05	0,06	0,00	0,05	0,47	-0,04	0,00	
-0,16	-0,24	1,08	-0,57	-0,03	-0,11	-0,09	-0,01	0,02	-0,04	0,53	-0,29	0,01	
0,02	-0,16	1,79	-0,50	-0,05	0,03	-0,05	0,03	0,04	-0,03	0,48	-0,31	-0,01	
-0,09	-0,29	1,63	-0,61	-0,17	-0,08	-0,17	-0,11	-0,12	-0,18	0,33	-0,43	-0,16	

Anlage 6.3: Auswertung Beweissicherung Grundwassermessstellen Liesen bis 2015

	Messstellen												
	Br. 10	Br. 11	Br. 12	Br. 13	Br. 14	Br. 15	Br. 16	1_2007	2_2007	3_2007	4_2007	GWM3, IHB	NLWKN, Wilsum I
	Jahresmittelwert [mNN]												
1998	16,68	18,79	21,13									17,87	16,68
1999	16,57	18,73	21,27									18,26	16,55
2000	16,88	18,76	21,25									18,31	16,62
2001													16,65
2002													16,59
2003													16,42
2004													16,65
2005													16,51
2006	16,17	17,91	20,69	15,98	15,57	16,50	18,83					17,44	16,44
2007	16,36	18,06	20,92	16,18	15,84	16,77	19,04					17,22	16,65
2008	16,29	18,02	20,89	16,05	15,71	16,68	18,97	15,72	15,66	17,35	15,63	17,56	16,55
2009	16,13	17,85	20,57	15,92	15,61	16,61	18,72	15,98	15,62	17,08	15,54	17,22	16,48
2010	16,17	18,03	20,72	16,01	15,64	16,59	18,92	16,02	15,75	17,30	15,60	17,33	16,59
2011	15,67	17,97	20,69	15,86	15,53	16,17	19,07	16,07	15,75	17,29	15,57	17,03	16,53
2012	15,56	17,85	20,61	15,56	15,41	16,52	18,62	15,89	15,82	17,16	15,52	17,64	16,52
2013	15,44	17,36	19,98	15,51	15,36	16,50	18,64	15,80	15,70	17,12	15,50	17,61	16,51
2014	15,58	17,67	20,18	15,49	15,35	16,31	18,82	15,94	15,71	17,12	15,41	18,96	16,52
2015	15,67	17,50	19,44	15,53	15,40	16,27	18,81	16,04	15,74	17,23	15,48	19,65	16,64
	Differenz zwischen Jahresmittelwert und Mittelwert 1998 [m]												
1998-1999	-0,11	-0,06	0,14										-0,13
1998-2000	0,20	-0,03	0,11										-0,06
1998-2001													-0,03
1998-2002													-0,09
1998-2003													-0,26
1998-2004													-0,03
1998-2005													-0,17
1998-2006	-0,51	-0,88	-0,44										-0,24
1998-2007	-0,32	-0,74	-0,21										-0,03
1998-2008	-0,39	-0,78	-0,24										-0,13
1998-2009	-0,56	-0,95	-0,56										-0,20
1998-2010	-0,51	-0,77	-0,41										-0,09
1998-2011	-1,01	-0,82	-0,44										-0,15
1998-2012	-1,12	-0,94	-0,53										-0,16
1998-2013	-1,24	-1,43	-1,16										-0,17
1998-2014	-1,10	-1,12	-0,95										-0,16
1998-2015	-1,02	-1,30	-1,69										-0,04
	Differenz zwischen Jahresmittelwert und Mittelwert 2006 [m]												
2006-2007	0,19	0,15	0,23	0,20	0,27	0,27	0,21						0,21
2006-2008	0,11	0,11	0,20	0,07	0,14	0,18	0,14						0,11
2006-2009	-0,05	-0,07	-0,12	-0,06	0,04	0,11	-0,11						0,04
2006-2010	0,00	0,12	0,03	0,03	0,08	0,09	0,10						0,15
2006-2011	-0,51	0,06	0,00	-0,12	-0,04	-0,33	0,24						0,09
2006-2012	-0,62	-0,06	-0,08	-0,42	-0,16	0,02	-0,21						0,08
2006-2013	-0,73	-0,55	-0,71	-0,47	-0,21	0,00	-0,19						0,07
2006-2014	-0,60	-0,24	-0,51	-0,49	-0,22	-0,19	-0,01						0,09
2006-2015	-0,51	-0,41	-1,25	-0,45	-0,17	-0,23	-0,01						0,21
	Differenz zwischen Jahresmittelwert und Mittelwert 2008 [m]												
2008-2009	-0,16	-0,17	-0,32	-0,13	-0,11	-0,06	-0,25	0,26	-0,04	-0,27	-0,09	-0,35	-0,07
2008-2010	-0,12	0,01	-0,17	-0,05	-0,07	-0,09	-0,05	0,30	0,09	-0,05	-0,04	-0,24	0,04
2008-2011	-0,62	-0,05	-0,20	-0,20	-0,18	-0,51	0,10	0,35	0,09	-0,06	-0,06	-0,53	-0,02
2008-2012	-0,73	-0,17	-0,28	-0,49	-0,30	-0,15	-0,35	0,17	0,16	-0,19	-0,11	0,08	-0,03
2008-2013	-0,85	-0,66	-0,91	-0,54	-0,35	-0,17	-0,33	0,08	0,04	-0,22	-0,13	0,05	-0,04
2008-2014	-0,71	-0,34	-0,71	-0,57	-0,36	-0,36	-0,15	0,22	0,05	-0,23	-0,22	1,39	-0,03
2008-2015	-0,62	-0,52	-1,45	-0,52	-0,31	-0,41	-0,16	0,32	0,09	-0,12	-0,15	2,09	0,09

Differenz GWM - Messstelle NLWKN											
Br. 10	Br. 11	Br. 12	Br. 13	Br. 14	Br. 15	Br. 16	1_2007	2_2007	3_2007	4_2007	GWM3, IHB
Differenz [m]											
0,00	2,11	4,45									
0,03	2,19	4,72									
0,26	2,14	4,62									
-0,26	1,47	4,25	-0,46	-0,87	0,06	2,39	-16,44	-16,44	-16,44	-16,44	1,00
-0,29	1,41	4,27	-0,47	-0,81	0,12	2,39	-16,65	-16,65	-16,65	-16,65	0,57
-0,27	1,47	4,34	-0,50	-0,84	0,13	2,42	-0,83	-0,89	0,80	-0,92	1,01
-0,35	1,37	4,09	-0,56	-0,87	0,13	2,24	-0,50	-0,86	0,60	-0,94	0,74
-0,42	1,44	4,13	-0,58	-0,95	0,00	2,33	-0,58	-0,84	0,71	-1,00	0,73
-0,86	1,44	4,16	-0,67	-1,00	-0,36	2,54	-0,46	-0,78	0,76	-0,96	0,50
-0,96	1,33	4,08	-0,96	-1,11	0,00	2,10	-0,63	-0,71	0,63	-1,00	1,12
-1,07	0,85	3,46	-1,00	-1,15	-0,01	2,13	-0,71	-0,81	0,61	-1,01	1,10
-0,95	1,15	3,65	-1,04	-1,18	-0,21	2,30	-0,58	-0,82	0,59	-1,12	2,43
-0,98	0,85	2,80	-1,11	-1,24	-0,37	2,17	-0,61	-0,90	0,58	-1,16	3,01
Differenz [m]											
0,03	0,07	0,27									
0,26	0,02	0,17									
-0,26	-0,64	-0,20									
-0,29	-0,71	-0,18									
-0,27	-0,65	-0,11									
-0,35	-0,75	-0,36									
-0,42	-0,67	-0,32									
-0,86	-0,67	-0,29									
-0,96	-0,78	-0,37									
-1,07	-1,26	-0,99									
-0,95	-0,96	-0,80									
-0,98	-1,26	-1,65									
Differenz [m]											
-0,02	-0,07	0,02	-0,02	0,06	0,05	0,00					
0,00	-0,01	0,09	-0,04	0,03	0,06	0,03					
-0,09	-0,11	-0,16	-0,10	0,00	0,07	-0,15					
-0,16	-0,04	-0,12	-0,13	-0,08	-0,06	-0,06					
-0,60	-0,03	-0,09	-0,21	-0,13	-0,42	0,15					
-0,70	-0,14	-0,17	-0,50	-0,24	-0,06	-0,29					
-0,81	-0,62	-0,79	-0,54	-0,28	-0,07	-0,26					
-0,68	-0,32	-0,60	-0,58	-0,31	-0,27	-0,09					
-0,71	-0,62	-1,45	-0,66	-0,38	-0,44	-0,22					
Differenz [m]											
-0,09	-0,10	-0,24	-0,06	-0,03	0,01	-0,18	0,33	0,04	-0,20	-0,02	-0,27
-0,16	-0,03	-0,21	-0,09	-0,11	-0,13	-0,09	0,26	0,05	-0,09	-0,08	-0,28
-0,60	-0,02	-0,17	-0,17	-0,16	-0,48	0,12	0,37	0,11	-0,03	-0,04	-0,51
-0,70	-0,13	-0,25	-0,46	-0,27	-0,12	-0,32	0,20	0,19	-0,16	-0,08	0,11
-0,81	-0,62	-0,87	-0,50	-0,31	-0,13	-0,29	0,12	0,08	-0,18	-0,09	0,09
-0,68	-0,32	-0,68	-0,54	-0,34	-0,34	-0,12	0,25	0,07	-0,21	-0,19	1,42
-0,71	-0,61	-1,54	-0,61	-0,40	-0,50	-0,25	0,23	-0,01	-0,21	-0,24	2,00