



MATHEJA CONSULT

**Königsberger Str. 5
30938 Burgwedel / OT Wettmar**

**Tel.: +49 5139 / 402799 - 0
mobil: +49 / 1607262809
Fax: +49 5139 / 402799 - 8
email: kontakt@matheja-consult.de**

Operatives Monitoring und Integrative Mengenbewirtschaftung für den Grundwasserkörper Fuhse-Wietze

-

Teilprojekt Wulbeck – Phase 3

Kapitel 2

- Oberflächengewässer -

Auftraggeber:

Wasserverband Peine

Horst 6, 31226 Peine

Bericht Nr. 2009/2

Wettmar, August 2009

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Technische Realisierung des Feldversuchs nach Plangenehmigung gemäß § 128 Nieders. Wassergesetz – Ableitung von Wasser aus der Wulbeck und Versickerung im ehemaligen Wulbeckgraben vom 17.12.2008.....	5
2 Zeitlicher Ablauf des Feldversuchs	6
3 Meßtechnische Begleitung	8
4 Ergebnisse des Feldversuchs.....	9
4.1 Wasserstände und Abflüsse in der Wulbeck unterhalb des Dammkörpers am Pegel „Fuhrberg“.....	9
4.2 Entwicklung der Gewässersohle in der Wulbeck oberhalb des Dammkörpers	12
4.3 Ausbildung der Stauwurzel oberhalb des Dammkörpers.....	12
4.4 Wasserstände im Zuleiter und im Wulbeckgraben	12
4.5 Abflüsse im Zuleiter und Wulbeckgraben.....	14
4.7 Langfristige Entwicklung der Durchlässigkeit der Gewässersohle	19
4.8 Resultierende Entnahmemengen.....	20
5 Instationäre Simulation der Wasserspiegellagen in Wulbeck, Zuleiter und Wulbeckgraben.....	22
6 Instationäre Simulation der Wasserspiegellagen bei einer Rücknahme der Unterhaltung in der Wulbeck.....	23
7 Übertragbarkeit der Ergebnisse	25
8 Verwendete Unterlagen.....	26

Abbildungen und Tabellen

	Seite
Abbildung 3-1: Lage der temporären Pegel im Zuleiter und Wulbeckgraben	8
Abbildung 4-1: Wasserstände am Pegel „Fuhrberg“	10
Abbildung 4-2: Abflüsse am Pegel „Fuhrberg“	11
Abbildung 4-3: Wasserstände an den temporären Pegeln und Niederschlagsverteilung	13
Abbildung 4-4: Abflüsse an den temporären Pegeln und Niederschlagsverteilung	14
Abbildung 4-5: Abflüsse an den temporären Pegeln, Versickerungsmengen zwischen den Pegeln und Niederschlagsverteilung	15
Abbildung 4-6: Aufstau des Wulbeckgrabens am 27.03.2009	16
Abbildung 4-7: Schlitzung der Uferrehnen entlang des Wulbeckgrabens	17
Abbildung 4-8: Flächenhafte Versickerung auf einer nahe gelegenen Waldwiese (Blickrichtung nach Westen)	17
Abbildung 4-9: Flächenhafte Versickerung auf einer nahe gelegenen Waldwiese (Blickrichtung nach Osten)	18
Abbildung 4-10: Ablagerung von feinstem Bodenmaterial an den Böschungen des Zuleiters (ca. 150 m nach der Entnahmestelle) unmittelbar nach Beendigung des Feldversuchs	19
Abbildung 4-11: Referenzpunkte für den Vergleich von Wasserständen bei Rücknahme der Unterhaltung zwischen dem Pegel Fuhrberg und dem Pegel Wieckenberg	24
Tabelle 1: Resultierende Entnahmemenge und Versickerungsmengen für den Zeitraum 16.01.2009 – 31.03.2009	20
Tabelle 2: Mittlere Monatssummen des Niederschlages im Zeitraum 01.01.2000 – 31.03.2009	21
Tabelle 3: Abweichungen zwischen gemessenen und berechneten Wasserständen im Zuleiter und im Wulbeckgraben im Zeitraum 16.01.2009 – 31.03.2009	22
Tabelle 4: Differenzen der Wasserstände bei verschiedenen Abflüssen zwischen dem Pegel Fuhrberg und dem Pegel Wieckenberg bei Rücknahme der Unterhaltung	23

Anlagen

- Anlage 1: Antrag auf Plangenehmigung nach § 128 NWG für eine temporäre Reaktivierung des Wulbeckgrabens (auszugsweise)
- Anlage 2: Plangenehmigung gem. § 128 NWG; Ableitung von Wasser aus der Wulbeck und Versickerung im ehemaligen Wulbeckgraben
- Anlage 3: Stammdaten der temporären Pegel im Zuleiter und im Wulbeckgraben
- Anlage 4: Q-h-Beziehungen an den temporären Pegeln im Zuleiter und im Wulbeckgraben
- Anlage 5: Wasserstände und Abflüsse an den temporären Pegeln im Zuleiter und im Wulbeckgraben
- Anlage 6: Entwicklung der Sohle in der Wulbeck an Referenzquerschnitten oberhalb des Dammkörpers
- Anlage 7: Wasserstände und Abflüsse am Pegel Fuhrberg
- Anlage 8: Niederschläge an der Wetterstation des Deutschen Wetterdienstes Flughafen Langenhagen

1 Technische Realisierung des Feldversuchs nach Plangenehmigung gemäß § 128 Nieders. Wassergesetz – Ableitung von Wasser aus der Wulbeck und Versickerung im ehemaligen Wulbeckgraben vom 17.12.2008

Für die Durchführung des Feldversuchs wurde durch die STADTWERKE HANNOVER AG am 07.10.2008 ein „Antrag auf Plangenehmigung nach § 128 NWG für eine temporäre Reaktivierung des Wulbeckgrabens“ gestellt (Anlage 1).

Die Plangenehmigung wurde durch die Region Hannover am 17.12.2008 ausgesprochen (Anlage 2).

Der Dammkörper zum Aufstau der Wulbeck und der Zuleiter zum Wulbeckgraben wurden entsprechend den Antragsunterlagen realisiert. Ebenso die im Antrag beschriebenen temporären Pegel zur Aufzeichnung der Wasserstände im Zuleiter und Wulbeckgraben und zur Messung des Abflusses.

2 Zeitlicher Ablauf des Feldversuchs

Nach der Erteilung der Plangenehmigung am 17.12.2008 wurde der Dammkörper, der Zuleiter zum Wulbeckgraben und die notwendigen Überfahrten bis zum 23.12.2008 realisiert.

Während des Weihnachtsfestes fielen die Temperaturen unter den Gefrierpunkt. Der Zuleiter fror ein. Erst am 16.01.2009 setzte Tauwetter ein und ein Wehrfeld konnte geöffnet werden, womit der eigentliche Feldversuch begann.

Der Ablauf stellte sich wie folgt dar:

23.12.2008	Fertigstellung Dammkörper, Wehr geschlossen, leichte Undichtigkeit (ca. 5 - 10 l/s), Wasser läuft in den Graben
26.12.2008	Zuleiter friert ein, Wehre abgedichtet, kein Zulauf mehr, Kontrolle alle 2 Tage
03.01.2009	Schneefall ca. 10 mm
13.01.2009	Ganz leichter Schneefall
16.01.2009	Pegel gesetzt, Dammkörper optimiert, kein Abfluss, ein Wehrfeld etwas geöffnet, leichtes Tauwetter
23.01.2009	Niederschlag, Wehrfeld 2 geöffnet
25.01.2009	Wehrfeld 3 geöffnet, Ablauf ca. 75-100 l/s
30.01.2009	Wehrfeld 1 geschlossen
01.02.2009	Wehrfeld 2 geschlossen, Wehrfeld 3 halb geschlossen (8 ⁴⁵)
04.02.2009	Wehrfeld 3 geschlossen (17 ⁴⁵)
05.02.2009	Lattenpegel 20069 0,415 m (14 ⁵⁰), Wasserstand im Zuleiter um ca. 0,10 m gesunken, leichter Niederschlag
07.02.2009	Wehrfeld 1 halb geöffnet (16 ¹⁵), Wehrfeld 2 ganz geöffnet, leichter Niederschlag
09.02.2009	Alle Wehrfelder voll geöffnet (9 ⁰⁰)
10.-17.02.2009	Grabenfeld 1 angelegt, Grabenfeld 4 angelegt
12.02.2009	Baggerarbeiten (9 ⁰⁰), Anschluß der Seitengräben unterhalb Zul. 2 und auf Höhe von Zul. 3 (Grabenfeld 1), Grabenfeld 2 angelegt
13.02.2009	Baggerarbeiten s. 12.02.2009, LP Zul. 1 0,45 m LP Zul. 2 0,45 m LP Zul. 3 0,35 m (ab diesem Wasserstand fließt es in den Nebengraben)

LP Zul. 4 trocken

Wasser bis unterhalb Zul. 3 Furth Bienenstöcke, Wasserstand in der Wulbeck in den letzten 2h um ca. 0,10 m gefallen, im Zuleiter um ca. 0,08 m, augenblicklich konstanter Wasserstand in der Wulbeck, Grabenfeld 3 angelegt

- 18.02.2009 Anschluß zweier kleinerer Gräben oberhalb Zul. 3
- 19.02.2009 Anschluß vom 18.02.2009 fortgesetzt
- 05.03.2009 Lattenpegel 20069 0,56 m (7¹⁵), kleineres Hochwasserereignis abgelaufen
- 06.03.2009 Wasser erreicht Pegel 4, jedoch nicht die Wulbeck, auch starke Versickerung in der frisch gepflügten Fläche
- 25.03.2009 Aufstau an der Überfahrt zum Brunnen 3 bei Pegel 3, Dokumentation der Überschwemmungsflächen
- 26.03.2009 Aufstau aufgelöst, gleichzeitig vor Pegel 4 Durchlass dicht gemacht
- 27.03.2009 Aufstau kurz oberhalb der Bienenstöcke
- 28.03.2009 Dokumentation der Überschwemmungsflächen
- 31.03.2009 Dokumentation der Überschwemmungsflächen, Abbau Dammkörper (8³⁷)

Für die Versickerung über dem Absenktrichter des WW Fuhrberg wurde dem Wulbeckgraben somit im Zeitraum 16.01. – 31.03.2009 Wasser aus der Wulbeck zugeleitet.

3 Meßtechnische Begleitung

Für die meßtechnische Begleitung des Feldversuchs standen die Grundwassermeßstellen der STADTWERKE HANNOVER AG (vergl. Anlage 2.2 des Antrages auf Plangenehmigung) zur Verfügung.

Außerdem wurden im Zuleiter und im Wulbeckgraben vier Pegel angeordnet (Abbildung 3-1) an denen Wasserstände (15min-Werte) mittels Druckmessdosen aufgezeichnet wurden. Die Pegel „WBGZ1“ und „WBGZ2“ liegen im Zuleiter. Die Pegel „WBGZ3“ und „WBGZ4“ liegen im Wulbeckgraben. Die Stammdaten der Pegel sind in Anlage 3 dargestellt.



Abbildung 3-1: Lage der temporären Pegel im Zuleiter und Wulbeckgraben

Für die Ableitung einer Beziehung zwischen Wasserstand und Abfluss (Q-h-Beziehung) wurden an diesen Pegeln Abflussmessungen durchgeführt. Die resultierenden Q-h-Beziehungen sind in Anlage 4 dargestellt.

Ergänzend wurde oberhalb des Dammkörpers an Referenzquerschnitten der Wulbeck die Gewässersohle vor und nach dem Feldversuch aufgenommen (Anlage 6).

4 Ergebnisse des Feldversuchs

4.1 Wasserstände und Abflüsse in der Wulbeck unterhalb des Dammkörpers am Pegel „Fuhrberg“

Unterhalb des Dammkörpers wurde der Pegel „Fuhrberg“ der Stadtwerke Hannover AG als Referenzpegel für die Steuerung des Wehres im Zuleiter genutzt. Dies erfolgte durch eine Kontrolle des (Anlage 7, Abbildung 4-1 und Abbildung 4-2).

Die Wulbeck ist im Bereich der Maßnahme Fisch- und Laichbezirk in dem ein Mindestwasserstand von 30 cm einzuhalten ist. Die Entnahme von Wasser aus der Wulbeck war daher nur bis zum mittleren Abfluss $MQ = 0,42 \text{ m}^3/\text{s}$ vorgesehen. Die Wassertiefe am Pegel „Fuhrberg“ beträgt dann 39 cm. Abbildung 4.1 zeigt, dass dieser Wasserstand nicht unterschritten wurde.

Abbildung 4-2 zeigt, dass der Abfluss in der Wulbeck in jedem Fall über dem o.g. Grenzwert für Mittelwasserabfluss lag. Es ist außerdem erkennbar, dass die Dynamik des Abflußverhaltens erhalten blieb und es demzufolge auch unterstrom des Dammkörpers variierende Wasserstände gab.

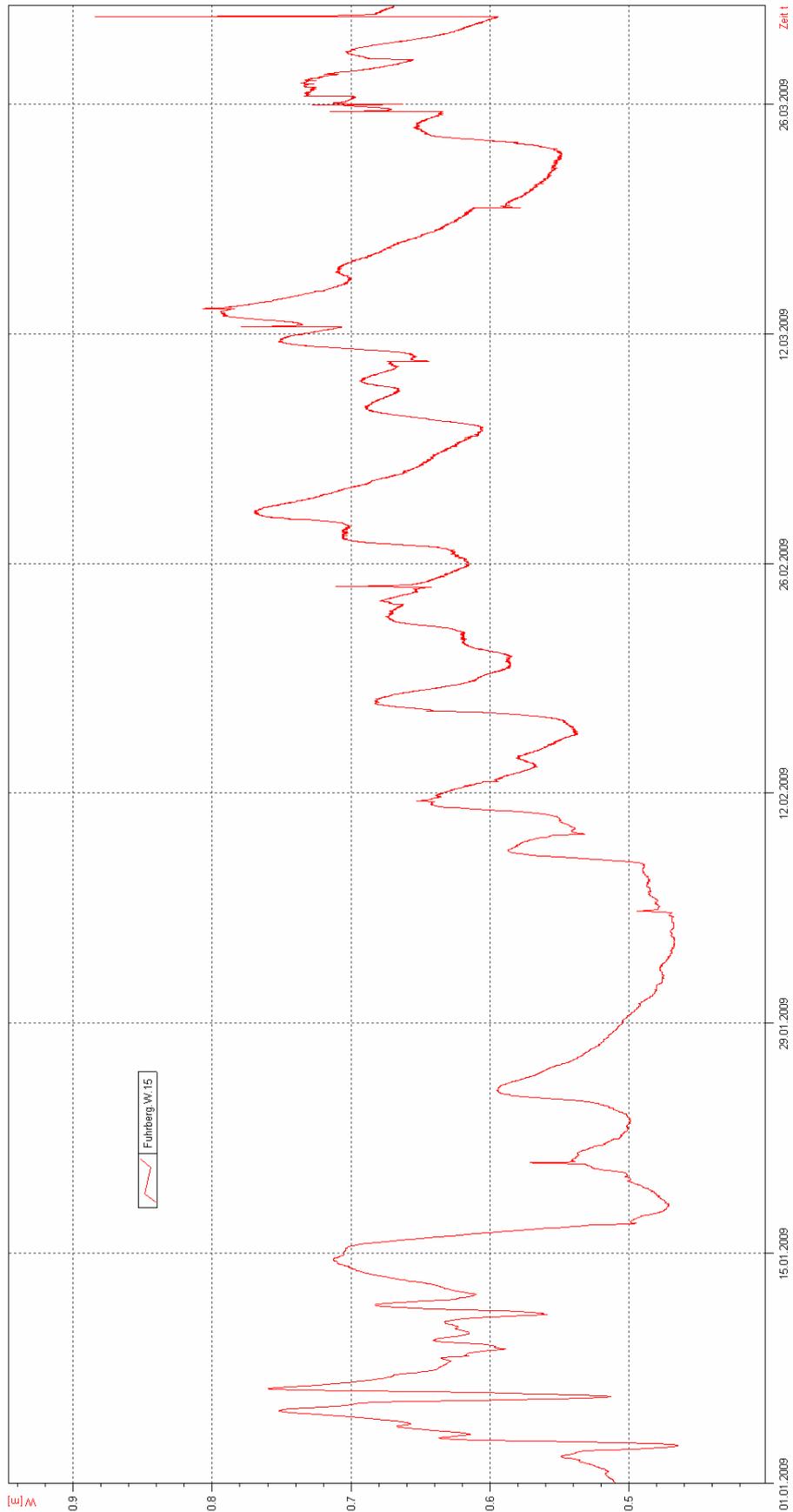


Abbildung 4-1: Wasserstände am Pegel „Fuhrberg“

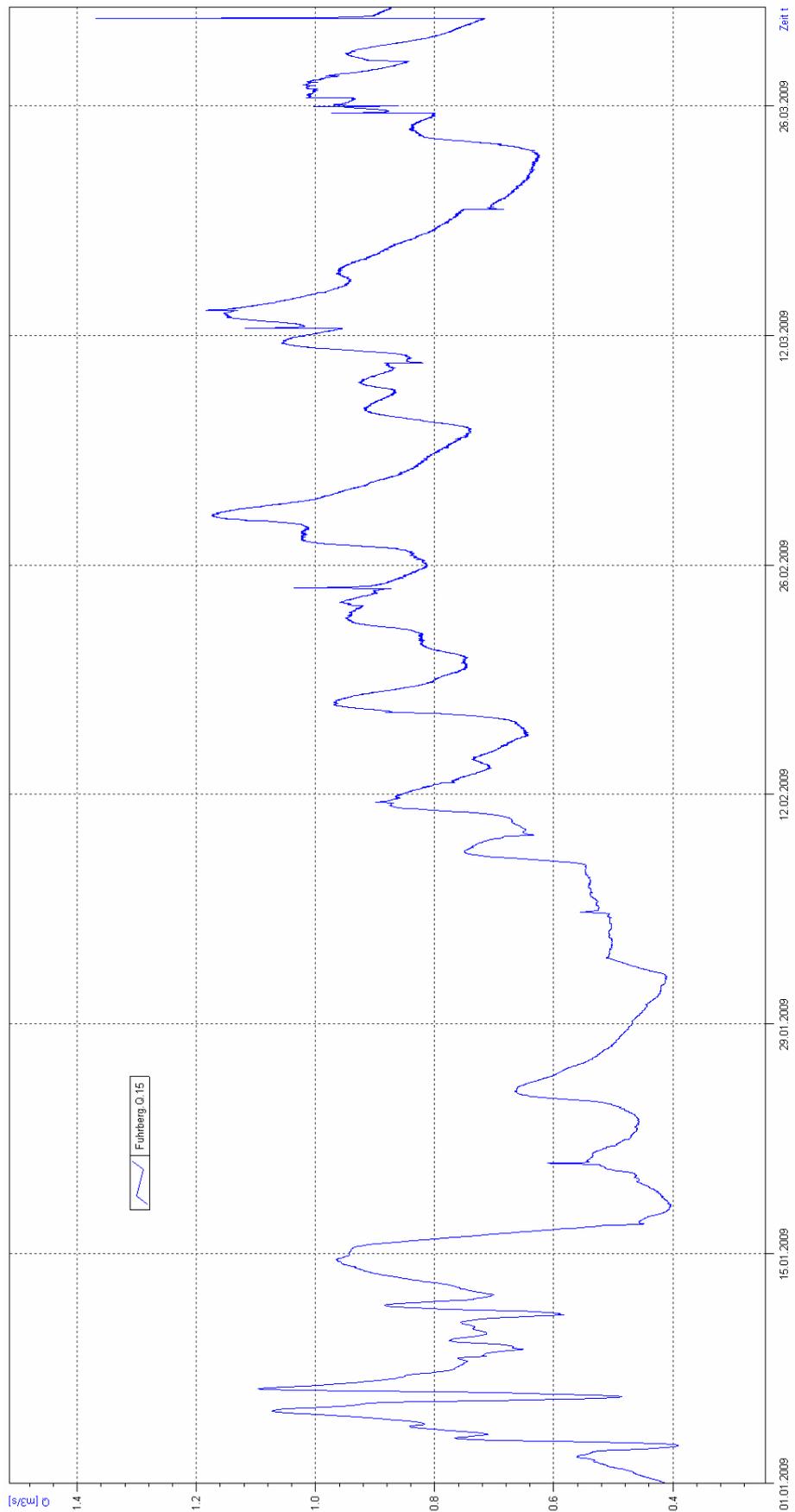


Abbildung 4-2: Abflüsse am Pegel „Fuhrberg“

4.2 Entwicklung der Gewässersohle in der Wulbeck oberhalb des Dammkörpers

Um die Entwicklung der Gewässersohle der Wulbeck oberhalb des Dammkörpers beurteilen zu können, wurden Referenzquerschnitte vor und nach dem Feldversuch aufgenommen (Anlage 6).

Der Vergleich zeigt, dass die innerhalb des Staubereichs zuvor erwartenden Sedimentationen über die gesamte Breite der Gewässersohle nicht eingetreten sind.

Sedimentationen beschränken sich auf die Randbereiche der Querschnitte. Lediglich direkt oberhalb des Dammkörpers (Querschnitt 1 und 2) betragen die Sedimentationen auf jeweils einer Seite des Querschnittes ca. 12 cm.

4.3 Ausbildung der Stauwurzel oberhalb des Dammkörpers

Der Dammkörper in der Wulbeck hat den Wasserstand oberstrom um ca. 80 cm angehoben. Mehrere Kontrollen der Stauwurzel während des Feldversuchs haben gezeigt, dass der Rückstau infolge des gegenläufigen Gefälles ca. 1300 m oberhalb abgeklungen ist.

4.4 Wasserstände im Zuleiter und im Wulbeckgraben

Die Wasserstände an den Pegeln „WBGZ1“ und „WBGZ2“ zeigen, dass nach Beginn des Feldversuches am 16.01.2009 die Entnahme zunächst vollständig im Wulbeckgraben versickert. Erst am 21.01.2009 erreicht Wasser den ca. 750 m entfernt liegenden Pegel „WBGZ2“. Es dauert dann wiederum bis zum 25.01.2009 bis das Wasser den Pegel „WBGZ3“ erreicht. Dies wird unterstützt durch den am 23.01.2009 einsetzenden Niederschlag. Der Pegel „WBGZ4“ wird erst am 01.03.2009 erreicht. Beobachtungen vor Ort haben ergeben, dass es eine weitere Woche dauert bis das Wasser im Wulbeckgraben kurz vor der Mündung in die Wulbeck angekommen ist (Abbildung 4-3).

Somit sind folgende Zeiträume als Anhaltswerte festzuhalten:

- Zeitraum bis zum Erreichen des Pegels „WBGZ2“: ca. 5 Tage
- Zeitraum bis zum Erreichen des Pegels „WBGZ3“: ca. 10 Tage
- Zeitraum bis zum Erreichen des Pegels „WBGZ4“: ca. 6 Wochen

Schon diese einfache Betrachtung zeigt, dass ein Großteil des entnommenen Wassers zwischen Pegel „WBGZ3“ und „WBGZ4“, also über dem Bereich mit den größten Flurabständen, versickern muss.

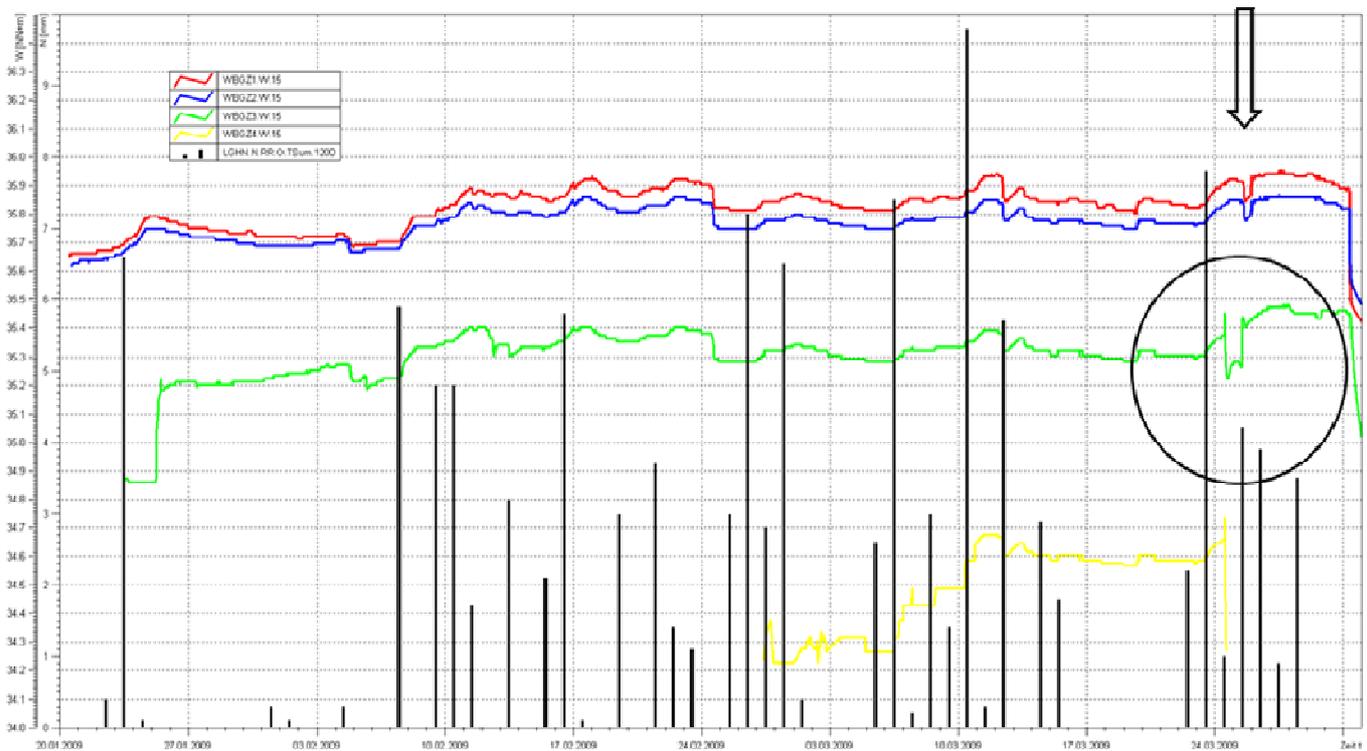


Abbildung 4-3: Wasserstände an den temporären Pegeln und Niederschlagsverteilung

Die Aufzeichnungen zeigen auch, dass die Wulbeck auf Niederschlagsereignisse (z.B. am 23.01.2009 bzw. am 10.03.2009) relativ schnell durch einen Anstieg des Wasserstandes reagiert.

In Trockenphasen (z.B. ab dem 17.03.2009) nehmen die Wasserstände dann langsam ab.

Betrachtet man das Anstiegsverhalten der Wasserstände an den einzelnen Pegeln, so wird deutlich, dass am Pegel „WBGZ1“ und „WBGZ2“ infolge der kleineren Flurabstände und der somit begrenzten Aufnahmekapazität des Untergrundes der erste Anstieg des Wasserstandes nach Aufsättigung des unterliegenden Bodens schon nach 3-4 Tagen einsetzt.

Am Pegel „WBGZ3“ wird für den gleichen Anstieg von ca. 10 cm etwa eine Woche benötigt. Hier macht sich schon die Tatsache bemerkbar, dass Wasser über Seitengräben in Randbereiche abgeführt wird.

Ist dieser Anstieg vollzogen, so schwanken die Wasserstände an den ersten drei Pegeln nur noch in einer Bandbreite von ca. 20 cm. Hier zeigt sich, dass in keiner Phase des Feldversuches der Abfluss in der Wulbeck deutlich über dem Mittelwasserabfluss lag.

In der Endphase des Versuches wurde ein Probestau (durch Kreis markierter Zeitraum in Abbildung 4-3) in an der Zufahrt zum Brunnen III eingerichtet, was natürlich am kurz unterhalb gelegenen Pegel „WBGZ3“ zu einem abrupten Absinken des Wasserstandes führte. Erstaunlich ist die Geschwindigkeit des Absinkes: Die unterhalb gelegene Sohle des Wulbeckgrabens war nach ca. einer Stunde quasi trocken. Es ist außerdem zu bemerken,

dass es unmittelbar nach Einrichtung des Probestaus an den Pegeln „WBGZ1“ und „WBGZ2“ zu einem Rückstau kam. Die bei Auflösung des Probestaus einsetzende Sunkwelle war an den beiden o.g. Pegeln noch deutlich erkennbar (durch Pfeil markierter Bereich in Abbildung 4-3).

Der am 27.03.2009 ca. 300 m unterhalb eingerichtete Probestau war an den oberhalb gelegenen Pegeln nicht mehr als Rückstau nachweisbar. Die dort sichtbaren Anstiege des Wasserstandes waren auf die ergiebigen Niederschläge zurückzuführen. In diesem Fall wurde die Entnahme auf zwei Teilfläche aufgebracht. Schon hier ist erkennbar, dass die dort verfügbaren Kapazitäten größer sind.

Der Pegel „WBGZ4“ wurde am 26.03.2009 während des Trockenfalles im Zuge des Probestaus zerstört.

4.5 Abflüsse im Zuleiter und Wulbeckgraben

Prinzipiell spiegeln die Abflüsse an den einzelnen Pegeln die in Kapitel 4.4 beschriebenen Abläufe wieder. Diese sind in Abbildung 4-4 noch einmal hervorgehoben.

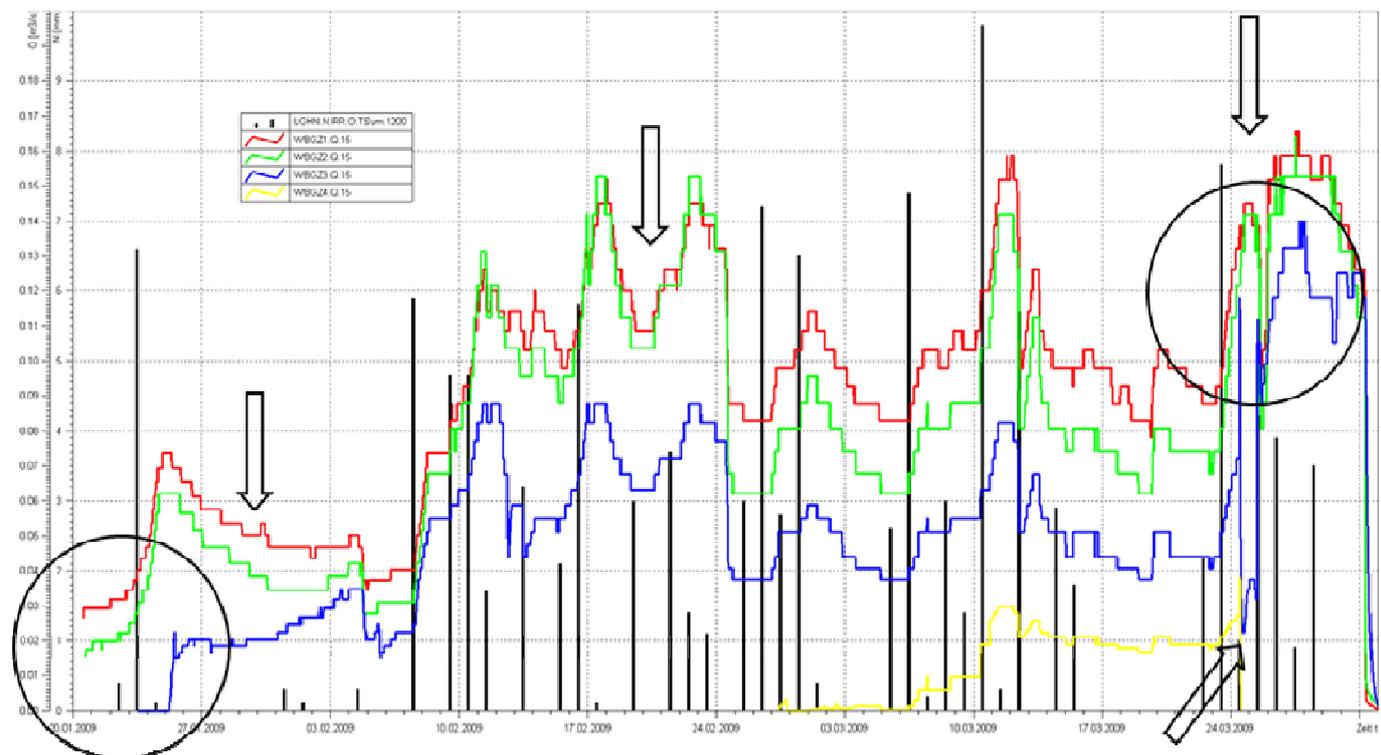


Abbildung 4-4: Abflüsse an den temporären Pegeln und Niederschlagsverteilung

Entscheidend ist zunächst, dass bei der beschriebenen Ausgestaltung des Zuleiters, der Durchfahrten und der realisierten Höhe des Dammkörpers nur bis zu 170 l/s aus der Wulbeck entnommen werden können.

Ein weiterer Anstieg des Wasserstandes in der Wulbeck vor dem Dammkörper ist nur noch begrenzt möglich, da dann eine Ausuferung um den Dammkörper herum einsetzen würde.

Um die Entnahmemenge zukünftig zu erhöhen, muss daher der Querschnitt des Zuleiters vergrößert werden. Eine Erhöhung des Wasserspiegelgradienten (z.B. durch eine stärkere Absenkung im Wulbeckgraben) würde sich an der Entnahmestelle nicht mehr bemerkbar machen.

Durch Differenzenbildung zwischen den Abflüssen an den einzelnen Pegeln konnten die Versickerungsmengen auf Teilabschnitten bestimmt werden. Diese wurden in ihrer Bandbreite verschiedenen Zeiträumen zugewiesen (Abbildung 4-5).

Es ist erkennbar, dass unmittelbar nach dem Einströmen des Wassers in den jeweiligen Abschnitt die Versickerungsmengen infolge des dann noch ungesättigten Bodens am größten sind.

Zwischen den Pegel „WBGZ2“ und „WBGZ3“ nimmt die Versickerung in der Folge sogar noch zu, da verschiedene Seitengräben anspringen und zur Versickerung in diesem Abschnitt beitragen. Ab dem 25.02.2009 nimmt jedoch auch hier die Aufnahmekapazität der unmittelbar angrenzenden Bodenschichten ab. Die Versickerung fällt in diesem Abschnitt danach auf Werte zwischen 20 und 30 l/s ab. Auch im dritten Abschnitt zwischen den Pegeln

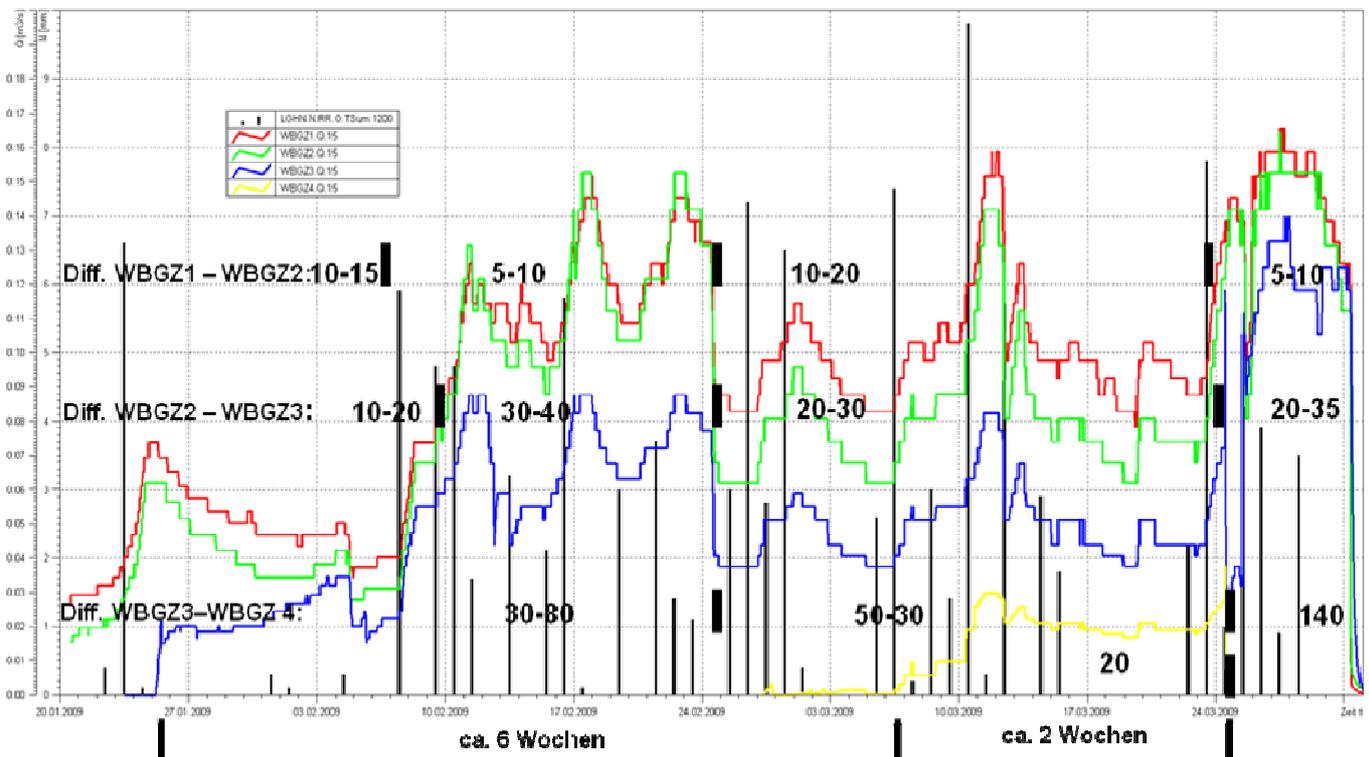


Abbildung 4-5: Abflüsse an den temporären Pegeln, Versickerungsmengen zwischen den Pegeln und Niederschlagsverteilung

„WBGZ3“ und „WBGZ4“ nimmt die Aufnahmekapazität jetzt von vorher 30-80 l/s auf Werte zwischen 30 und 50 l/s ab.

Höhere Werte werden in beiden Abschnitten jetzt nur noch bei höheren Abflüssen erzielt, wenn infolge der dann höheren Wasserstände die an den Wulbeckgraben unmittelbar angrenzenden Flächen in die Versickerung einbezogen werden.

Ab Anfang März wird dann auch der Abschnitt zwischen „WBGZ4“ und der Mündung in die Wulbeck einbezogen. Die Versickerungsmengen erreichen hier aufgrund des geringen Flurabstand nur Werte von maximal 20 l/s.

Durch den am 27.03.2009 durchgeführten Aufstau des Wulbeckgrabens (Abbildung 4-6) wurde eine flächenhafte Versickerung in angrenzenden Waldflächen und auf einer nahe gelegenen Wiese eingeleitet. Hierfür wurden die aus früherer Unterhaltung herrührenden Uferrehnen an zwei Stellen geschlitzt (Abbildung 4-7).

Durch diese flächenhafte Versickerung (Abbildung 4-8 und Abbildung 4-9) konnte die Versickerung im Abschnitt zwischen „WBGZ3“ und „WBGZ4“ auf 140 l/s gesteigert werden. Die ersten Abschnitte bis zum Pegel „WBGZ3“ (Zuleiter, Wulbeckgraben bis zu diesem Pegel und alles bis dort angeschlossenen Seitengräben und Flächen) trugen zu diesem Zeitpunkt nur noch mit ca. 25 l/s zur Gesamtversickerung bei.



Abbildung 4-6: Aufstau des Wulbeckgrabens am 27.03.2009



Abbildung 4-7: Schlitzung der Uferreihen entlang des Wulbeckgrabens



Abbildung 4-8: Flächenhafte Versickerung auf einer nahe gelegenen Waldwiese
(Blickrichtung nach Westen)



Abbildung 4-9: Flächenhafte Versickerung auf einer nahe gelegenen Waldwiese
(Blickrichtung nach Osten)

Insofern hat sich in dieser letzten Phase des Feldversuchs gezeigt, wie wichtig eine flächenhafte Versickerung in angrenzenden Flächen sein wird, wenn größere Mengen versickert werden sollen bzw. der Feldversuch nicht verspätet begonnen würde, sondern über den zuvor beantragten Zeitraum 01. November – 31. März andauern würde.

Durch die flächenhafte Versickerung konnte nachgewiesen werden, dass die dann zur Verfügung stehenden Volumina über dem tiefsten Bereich des Absenktrichters ausreichen würden auch größere Mengen über einen längeren Zeitraum zu versickern.

Es steht aus heutiger Sicht nicht zu befürchten, dass die erzielten Versickerungsraten auf den dann neu in Anspruch genommenen Flächen nach kurzer Zeit nachlassen werden. Gestaltet sich der Vorgang wie im Wulbeckgraben selbst, so werden die Versickerungsraten mindestens 6 Wochen auf einem relativ hohen Niveau bleiben. Erst danach werden sie abnehmen.

Damit könnten dann auch Hochwasserspitzen abgefangen werden, wenn es gelingt von der bei bordvoller Wulbeck abfließenden Wassermenge von ca. $2,8 \text{ m}^3/\text{s}$ einen Großteil (ca. $1,8 \text{ m}^3/\text{s}$) in die Fläche zu leiten.

Während des gesamten Feldversuches erreichte kein Wasser aus dem Wulbeckgraben die Wulbeck. Das aus der Wulbeck entnommene Wasser wurde in vollem Umfang durch den

Grundwasserleiter aufgenommen. Bis zum 24.03.2009 lag der benetzte Bereich noch ca. 50 m vor der Einmündung in die Wulbeck.

4.7 Langfristige Entwicklung der Durchlässigkeit der Gewässersohle

Zu Beginn des Feldversuchs wurde befürchtet, dass die Infiltrationsraten im Zuleiter und Wulbeckgraben im Laufe des Feldversuchs infolge Kolmation (Abnahme der k_f -Werte in den obersten Schichten der Gewässersohle infolge Eindringen von feinstem Bodenmaterial) abnehmen werden.



Abbildung 4-10: Ablagerung von feinstem Bodenmaterial an den Böschungen des Zuleiters (ca. 150 m nach der Entnahmestelle) unmittelbar nach Beendigung des Feldversuchs

Daher wurde die Einschnittstiefe des Zuleiters relativ klein gewählt, wodurch ein Geländesprung von ca. 50 -60 cm zwischen der Gewässersohle in der Wulbeck unmittelbar vor dem Dammkörper und der Sohle des Zuleiters verblieb.

Abbildung 4-10 zeigt, dass nur eine sehr dünne Schicht an Feinstmaterial eingetragen wurde. Da aus dem oberen Einzugsgebiet keine Tone oder Schluffe herangeführt werden können, muss es sich vornehmlich um eine humose Auflage handeln.

Wir gehen daher davon aus, dass diese Auflage in den Sommermonaten durch den Bewuchs der Böschungen aufgezehrt und durchwurzelt wird.

Aus heutiger Sicht kann daher eine Abnahme der Durchlässigkeiten in den obersten Schichten der Gewässersohle ausgeschlossen werden.

Bei einer flächenhaften Versickerung gehen wir schon heute davon aus, dass es nicht zu einer Abnahme der Durchlässigkeiten in diesen Bereichen kommen wird.

4.8 Resultierende Entnahmemengen

Durch eine Bilanzierung der Abflüsse an den Pegeln konnte eine resultierende Entnahmemenge und die auf Teilstrecken versickerten Wassermengen berechnet werden (Tabelle 1).

Auch hier zeigt sich, dass der flächenhaften Versickerung zwischen Pegel „WBGZ3“ und „WBGZ4“ eine besondere Bedeutung zukommt.

Tabelle 1: Resultierende Entnahmemenge und Versickerungsmengen
für den Zeitraum 16.01.2009 – 31.03.2009

Standort	[m ³]
Q _{ges.} am Pegel „WBGZ1“	566.784
Q _{ges.} am Pegel „WBGZ2“	496.541
Q _{ges.} am Pegel „WBGZ3“	310.867
Q _{ges.} am Pegel „WBGZ4“	29.635
Versickerung zw. Pegel „WBGZ1“ und „WBGZ2“	70.243
Versickerung zw. Pegel „WBGZ2“ und „WBGZ3“	185.674
Versickerung zw. Pegel „WBGZ3“ und „WBGZ4“	281.232
Versickerung zw. Pegel „WBGZ4“ und Mündung	29.635
Q _{IST} Pegel „Fuhrberg“ (bei W = 40 cm)	5.224.176
Q _{SOLL} Pegel „Fuhrberg“ (bei W = 40 cm)	2.154.816
Q _{ungenutzt}	3.069.360

Die resultierende Entnahmemenge ist hinter den Erwartungen zurückgeblieben. Dies ist auf den fehlenden Wasserspiegelgradienten im Zuleiter und den zu kleinen Querschnitt bzw. die zu geringe Einschnittstiefe des Zuleiters zurückzuführen.

Außerdem macht sich an dieser Stelle die fehlende Steuerungsmöglichkeit für eine Anhebung des Wasserstandes oberhalb des Dammkörpers bemerkbar. Gerade bei Abflüssen kurz über Mittelwasserniveau (40 – 50 cm am Pegel „Fuhrberg“) ist der Wasserstand oberhalb des Dammkörpers dann zu niedrig, um eine höhere Entnahme durch den Zuleiter zu ermöglichen.

Tabelle 2: Mittlere Monatssummen des Niederschlages
im Zeitraum 01.01.2000 – 31.03.2009

Monat	Mittlere Monatssumme des Niederschlages [mm]	Monatssumme des Niederschlages im Projektzeitraum [mm]
Januar 2009	55,46	20,30
Februar 2009	49,94	57,50
März 2009	49,94	59,00
April 2008	36,92	
Mai 2008	66,12	
Juni 2008	43,88	
Juli 2008	73,90	92,80
August 2008	68,48	80,60
September 2008	59,02	47,00
Oktober 2008	47,92	69,90
November 2008	55,52	39,00
Dezember 2008	48,74	13,30

Festzuhalten bleibt, dass auch bei den während des Feldversuchs unterdurchschnittlichen Niederschlägen (Anlage 8, Tabelle 2) im Frühjahr 2009 noch ca. 3 Mio. m³ ungenutzt während des Versuchszeitraumes abgeflossen sind.

5 Instationäre Simulation der Wasserspiegellagen in Wulbeck, Zuleiter und Wulbeckgraben

Für die instationäre Simulation des Feldversuchs wurde das bestehende Flußgebietsmodell der Wulbeck um den Zuleiter und den Wulbeckgraben ergänzt.

Hierfür wurden zunächst die an den Pegeln eingemessenen Querprofile genutzt. Die in ihrer Höhenlage an den Überfahrten vorhandenen bzw. neu hinzugekommenen Durchlässe wurden als Kreisprofile ebenfalls in das Modell eingearbeitet.

In der Wulbeck wurde der Dammkörper mit seiner bekannten Höhe in das Modell aufgenommen.

Die bei der Berechnung im Mittel erzielten Genauigkeiten (Abweichung von an den Pegeln gemessenen Wasserständen) sind in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3: Abweichungen zwischen gemessenen und berechneten Wasserständen im Zuleiter und im Wulbeckgraben im Zeitraum 16.01.2009 – 31.03.2009

Pegel	Abweichung [cm]	Bemerkung
Pegel „WBGZ1“	- 2	
Pegel „WBGZ2“	+ 3	
Pegel „WBGZ3“	- 3	Pegel liegt direkt hinter Durchlass
Pegel „WBGZ4“	+ 1	

Da das entnommene Wasser in seiner Gesamtheit versickert ist (kein Abschlag unterhalb in die Wulbeck), musste es im Modell dem Gewässerverlauf in seinem Verlauf durch eine linienhafte Entnahme entzogen werden. Dies gestaltete sich aufgrund der fehlenden Informationen über die Abschlüsse in Seitengräben und direkt angrenzende Flächen als sehr schwierig.

Zukünftig macht ein derartiges Vorgehen nur dann Sinn, wenn eine direkte Kopplung mit einem Grundwassermodell realisiert werden soll.

Soll dies nicht geschehen, so können grundsätzlich auch die o.g. Versickerungsmengen in Form einer Grundwasserneubildung als obere Randbedingung des Grundwassermodells angesetzt werden.

6 Instationäre Simulation der Wasserspiegellagen bei einer Rücknahme der Unterhaltung in der Wulbeck

Vor dem Hintergrund einer Entnahme oberhalb des Dammkörpers war zu erwarten, dass bei Hochwasserereignissen der Wasserstand in der Wulbeck unterhalb der Entnahmestelle nicht mehr das ursprüngliche Niveau erreichen würde. In einer zusätzlichen hydrodynamischen Simulation sollte daher geprüft werden, ob in diesem Fall die Unterhaltung zwischen Entnahmestelle und Pegel Wieckenberg zurückgenommen werden könnte.

Hierfür wurde die Rauigkeit der Gewässersohle im gesamten Querschnitt auf $k_{st} = 10 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ gesetzt. Die Untersuchung wurde für die Abflüsse MQ, MHQ und MNQSo durchgeführt (Tabelle 4).

Tabelle 4: Differenzen der Wasserstände bei verschiedenen Abflüssen zwischen dem Pegel Fuhrberg und dem Pegel Wieckenberg bei Rücknahme der Unterhaltung

	WSP [mNN] bei MQ = 0,42 m ³ /s			WSP [mNN] bei MHQ = 1,61 m ³ /s			WSP [mNN] bei MNQSo = 0,105 m ³ /s		
	mit Unterhaltung	ohne Unterhaltung	Differenz [m]	mit Unterhaltung	ohne Unterhaltung	Differenz [m]	mit Unterhaltung	ohne Unterhaltung	Differenz [m]
18513	35,60	35,91	0,31	36,08	36,05	0,45	35,32	35,28	0,12
18966	35,35	35,33	0,30	35,82	35,95	0,42	35,04	35,00	0,11
19475	34,82	35,02	0,27	35,36	35,73	0,37	34,54	34,61	0,07
20007	34,54	34,72	0,25	35,11	35,43	0,35	34,19	34,27	0,06
20483	34,35	34,49	0,26	34,88	35,15	0,38	34,04	34,11	0,07
20939	34,02	34,13	0,29	34,55	34,77	0,41	33,72	33,77	0,10
21505	33,53	33,62	0,30	34,11	34,29	0,44	33,25	33,28	0,12
22032	33,17	33,24	0,30	33,85	33,96	0,43	32,84	32,87	0,11
22511	33,05	33,11	0,29	33,72	33,80	0,41	32,68	32,70	0,10
22991	32,80	32,84	0,29	33,50	33,56	0,44	32,44	32,46	0,12
23496	32,40	32,42	0,30	33,19	33,22	0,45	32,02	32,02	0,12
23993	32,05	32,07	0,32	32,86	32,88	0,47	31,66	31,67	0,13

Die Auswertung an den in Abbildung 4-11 dargestellten Referenzpunkten hat gezeigt, dass die Erhöhung der Wasserstände bei Rücknahme der Unterhaltung eine moderate Erhöhung der Wasserstände nach sich zieht. Bei mittlerem Abfluss (MQ) würde die Erhöhung ca. 25 bis 30 cm betragen. Bei mittlerem Hochwasserabfluss (MHQ) würde sich eine Erhöhung von ca. 35 – 45 cm einstellen. Hierbei ist jedoch nicht berücksichtigt, dass der Bewuchs bei höheren Abflüssen teilweise niedergedrückt würde. Die Rauigkeiten wären dann entsprechend abzumindern. Bei Niedrigwasser im Sommer liegt die Erhöhung dann nur noch bei maximal 13 cm, was bei den dann vorhandenen Wasserständen unerheblich ist.

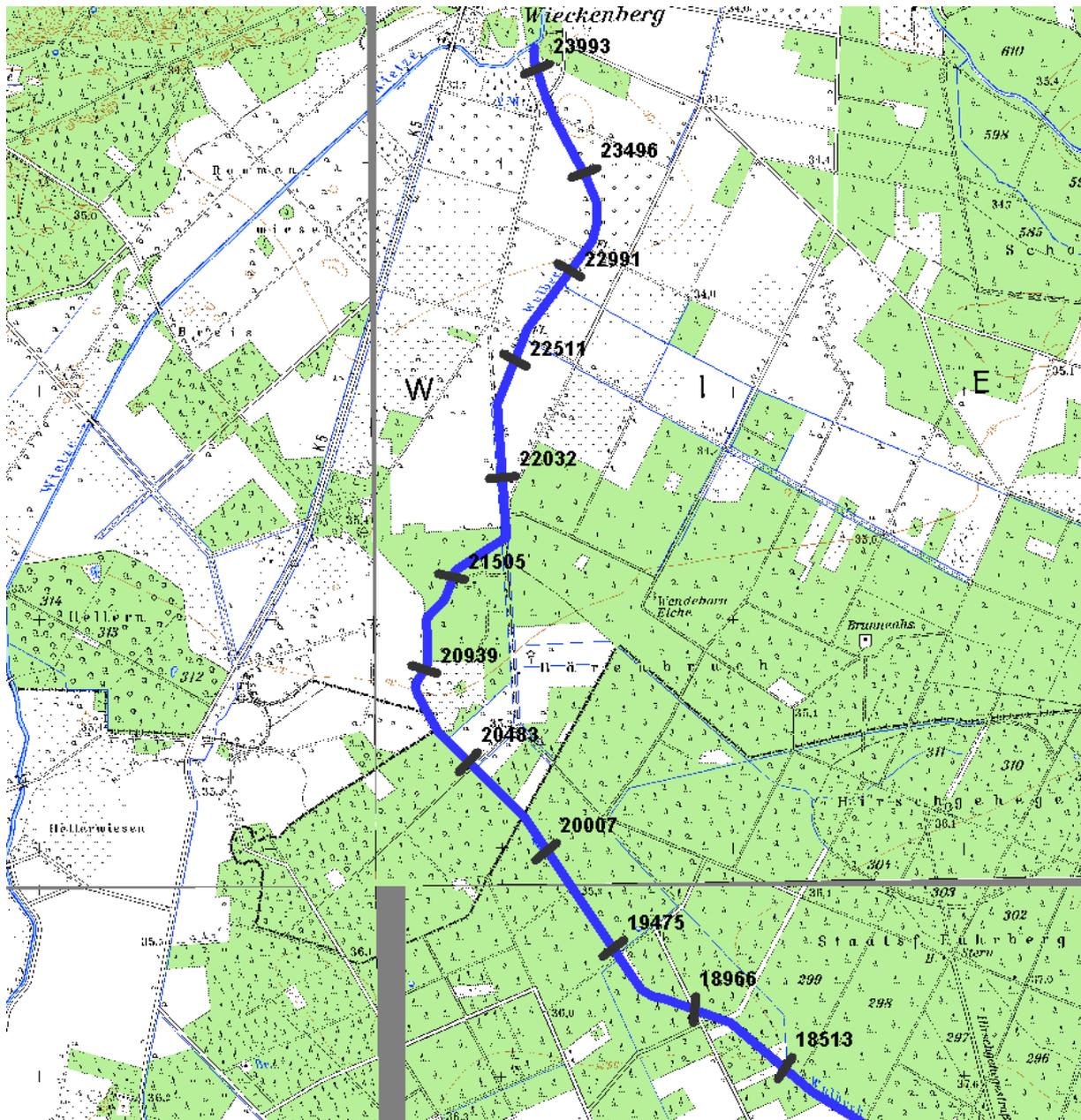


Abbildung 4-11: Referenzpunkte für den Vergleich von Wasserständen bei Rücknahme der Unterhaltung zwischen dem Pegel Fuhrberg und dem Pegel Wieckenberg

Da die o.g. Erhöhungen durch Einstellung der Unterhaltung nur in den Sommermonaten auftreten würden, kann die Unterhaltung auf diesem Teilabschnitt zurückgenommen werden.

Nicht untersucht wurden extremere Abflüsse oberhalb von MHQ. Dieser Fall ist modelltechnisch nicht darstellbar, da die Minderung der Rauheiten durch Niederdrücken des Bewuchses nicht verifizierbar ist.

7 Übertragbarkeit der Ergebnisse

Die gewonnenen Erkenntnisse über die Infiltrationseigenschaften und des Speichervermögens des Grundwasserkörpers Fuhse-Wietze können auf andere Einzugsgebiete mit ähnlichen Untergrundverhältnissen und ähnlichen Flurabständen übertragen werden.

Hieraus kann geschlossen werden, dass im Falle einer Integrativen Mengenbewirtschaftung bei begrenzten Wasserressourcen der Rückhalt im Gesamtsystem vornehmlich durch eine Inanspruchnahme von Grundwasserkörpern realisiert werden kann, wenn Flächen für eine gezielte flächenhafte Wiedervernässung in der Aue verfügbar sind.

Die verfügbaren Abflüsse über Mittelwasserniveau sollten ausreichen, um einen Großteil des notwendigen Rückhaltes zu realisieren. Dies heißt nicht, dass unterhalb einer derartigen Entnahme die Dynamik des Abflussvorganges in den Wintermonaten verloren gehen muss.

Wettmar, den 20.08.2009

(Dr.-Ing. Andreas Matheja)

8 Verwendete Unterlagen

DANISH HYDRAULIC INSTITUTE ,DHI (2009): MIKE11: A Modelling System for Rivers and Channels, User Guide.

DANISH HYDRAULIC INSTITUTE (2009): MIKE View: User Guide and Tutorial.

DANISH HYDRAULIC INSTITUTE, DHI (2009): MIKE11: A Modelling System for Rivers and Channels, Reference Manual.

MATHEJA-CONSULT & INGENIEURBÜRO H.H. MEYER (2006): Operatives Monitoring und Integrative Mengenbewirtschaftung für den Grundwasserkörper Fuhse-Wietze. Teilprojekt – Wulbeck – Phase 1. Bericht Nr. 2006/2, Wettmar/Hemmingen.

MATHEJA-CONSULT & INGENIEURBÜRO H.H. MEYER (2007): Operatives Monitoring und Integrative Mengenbewirtschaftung für den Grundwasserkörper Fuhse-Wietze. Teilprojekt – Wulbeck – Phase 2. Bericht Nr. 2007/3, Wettmar/Hemmingen.

WSA Verden (2009): Tageswerte der Wasserstände und Durchflüsse an den Pegeln Bannetze UW und Marklendorf OW (Zeitraum: 01.01.2009 – 31.03.2009). Korrespondenz mit Herrn Volkmer, WSA Verden.