Abhandlungen aus dem Westfälischen Museum für Naturkunde, **72** (3/4): 27 - 36, Münster, 2010

Abflussuntersuchungen in den Baumbergen (Kreis Coesfeld, Nordrhein-Westfalen)

Michael Engel, Aachen, und Johannes Meßer, Essen

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der räumlichen und zeitlichen Erfassung der Abflusskomponente in einem als Natur-Lysimeter beschreibbaren Grundwasserleiter. Ziel der Untersuchungen ist es, aufbauend auf den Untersuchungen einer Diplomarbeit zu dieser Thematik, den Abfluss im Untersuchungsgebiet der Baumberge (Münsterland, NRW) mithilfe eines Messnetzes für das Hydrologische Jahr 2008 – den Bilanzierungszeitraum der Wasserhaushaltsberechnung – zu ermitteln.

Der aus dem gemessenen Abfluss berechnete grundwasserbürtige Abfluss dient als Vergleichsgröße für die Grundwasserneubildungsrate. Aus dem Zusammenhang von grundwasserbürtigem Abfluss der Einzugsgebiete im Kernuntersuchungsgebiet für das Hydrologische Jahr 2008 und der Flächengröße des jeweiligen Einzugsgebiets wird ein Verfahren aufgezeigt, wie unterirdische Einzugsgebiete näherungsweise bestimmt werden können. Für die Einzugsgebiete „Lasbeck" und „Stevern" kann das unterirdische Einzugsgebiet im Vergleich zum oberirdischen Einzugsgebiet als tendenziell größer angenommen werden.

1 Einleitung

Der Abfluss integriert alle hydrologischen Prozesse und Speicherungen im Einzugsgebiet zum Zeitpunkt der Messung (DYCK & PESCHKE 1995). Der Erfassung des Abflusses kommt daher eine entscheidende Bedeutung zu. Für die Baumberge gibt es eine Besonderheit, da es sich hier um eine hydrologisch isolierte Einheit – ein sog. „Naturlysimeter" – handelt (DÜSPOHL et al. 2009). Da eine flächendifferenzierte Wasserhaushaltsberechnung nach MEßER (2007) für den Zeitraum des Hydrologischen Sommerhalbjahres 2007 und Winterhalbjahres 2008 durchgeführt wurde, war es Ziel der Abflussuntersuchungen, ein Messnetz in Anlehnung an die DIN 4049-3 (1994) zu entwerfen und eine flächendeckende Erfassung der Abflusskomponente zu ermöglichen (ENGEL 2008). Die angewendete Abflussmessmethode war dem jeweiligen Messstandort angepasst und führte aufgrund der Einzelmessungen zu einem diskontinuierlichen Datensatz. In dieser Arbeit wird eine Methode aufgezeigt, die in Anlehnung an MCMAHON (1978) Tagesabflüsse für jedes Einzugsgebiet durch eine Referenzstation mit kontinuierlicher Messung ermittelt. Basierend auf der regionalen Übertragung oder Regionalisierung nach KLEEBERG (1992) lagen diesem Ansatz die von REES et al. (2006) und LEIBUNDGUT & UHLENBROOK (2007) beschriebenen Kriterien zugrunde.

Um den gemessenen Abfluss als Vergleichsgröße für die Grundwasserneubildungsrate zu verwenden, dient der aus der Durchflussganglinie des Referenzpegels (RP) „Lasbeck" nach NATERMANN (1951) bzw. aus den Einzelmessungen an den übrigen Standorten nach WUNDT (1953) bestimmte grundwasserbürtige Abfluss (DÜSPOHL & MEISSER 2010).

2 Methodik

Im Rahmen von Geländebegehungen in den Monaten Oktober bis Dezember 2007 sowie der in DÜSPOHL et al. (2009) beschriebenen hydrogeologischen Kartierung wurden in den fünf Einzugsgebieten von Berkel, Münsterscher Aa, Steinfurter Aa, Stever und Vechte Abflussmesseinrichtungen erfasst sowie ihr Standort und ihr Zustand dokumentiert. Für diese Standorte wurde zunächst die Lage des oberirdischen Einzugsgebiets A_{Eo} eines Abflussmessstandortes anhand der topographischen Verhältnisse mittels GIS abgegrenzt.

Da sich, wie PROBST (2002) annimmt, die Grundwasserströmung an der Oberflächenmorphologie orientiert, wurde das unterirdische Einzugsgebiet A_{Eu} dem oberirdischen zunächst gleichgesetzt. Die Voraussetzung, dass die Ausstrichsgrenze der unteren Baumberge-Schicht (krca4-Schicht) durch die aufgespannten oberirdischen Einzugsgebiete erfasst und der Abfluss somit flächendeckend ermittelt wird, erforderten Korrekturen in der Standortwahl. Da der Abfluss im nördlichen Teil des Messnetzes aufgrund der flacheren Morphologie schwerer zu erfassen war, beschränkten sich im weiteren Verlauf der Untersuchungen die Abflussmessungen auf den südöstlichen Bereich der Baumberge (Kernuntersuchungsgebiet). Dieses umfasst die Einzugsgebiete von Münsterscher Aa sowie Stever.

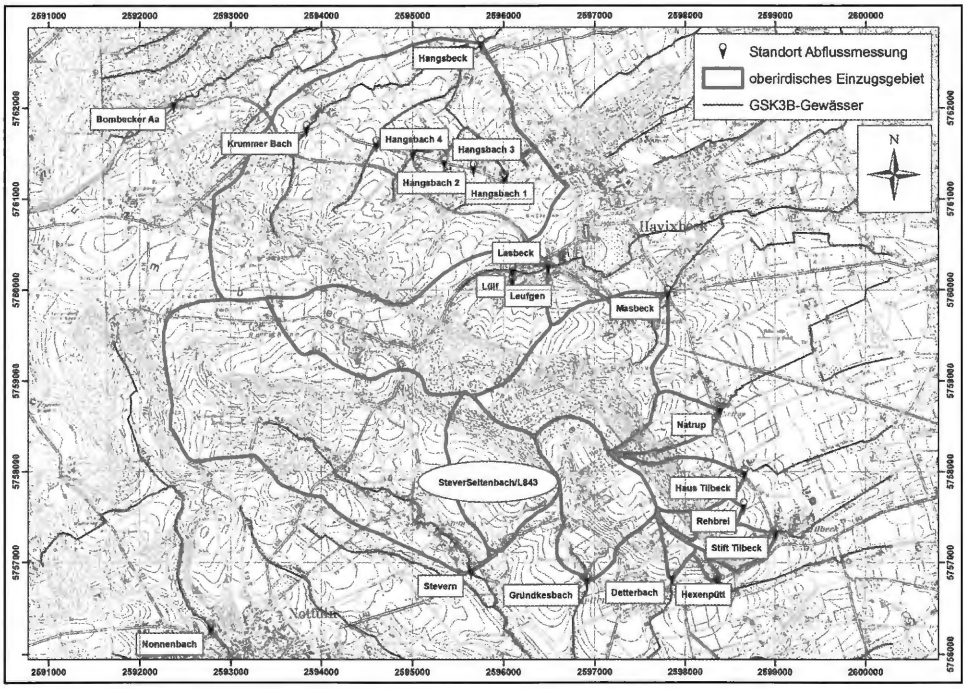

Abb. 1: Kernuntersuchungsgebiet mit Abflussmesstandorten an Gewässern (Gewässerstationierungskarte Stand 3B) und ihren Einzugsgebieten im südöstlichen Bereich der Baumberge, Kreis Coesfeld (Grundlage: Topographische Karte 1:25.000).

Unter diesen Vorgaben wurde ein an das Untersuchungsgebiet angepasstes Messnetz aufgestellt, aus dem die endgültigen Teileinzugsgebiete (TEG) hervorgingen. Das Mess-

programm beinhaltete den für jeden dieser Standorte gewählten Abflussmesstyp (Tab. 1).

Als Abflussmesstyp kam bei Gewässern mit geringen Abflüssen die kalibrierte Gefäßmessung / Methode des „Ausliterns" zur Anwendung (SHAW 2004). Mehrheitlich erfolgte die Abflusserfassung durch Flügelmessung mittels WOLTMAN-Messflügel nach GORDON et al. (2004) sowie MANIAK (2005). Einen weiteren Messtyp stellte die Pegelstandsmessung dar, die am Standort „Lasbeck" durch den LANUV-Pegelschreiber genutzt wurde. Detailliertere Ausführungen zu den gewählten methodischen Ansätzen sind ENGEL (2008) zu entnehmen.

Tab. 1: Verwendeter Typ der Abflussmessung an ausgewählten Standorten des Kernuntersuchungsgebiets in den Baumbergen.

Kernuntersuchungsgebiet					
TEG	**Standort der Abflussmessung**	**Gewässername**	**Typ der Abfluss-messung**	**Anzahl der Messungen**	
				Winter	**Sommer**
1	Hangsbeck	Münstersche Aa	Flügelmessung	9	13
2	Stevern	Stever	Flügelmessung	10	16
3	Gründkesbach	Gründkesbach	Flügelmessung, "Auslitern"	8	21
4	SteverSeitenbachL843*	n.b.	n.m.		
5	Stift Tilbeck	Tilbecker Bach	Flügelmessung	7	21
6	Hs. Tilbeck	Helmerbach	"Auslitern"	7	22
7	Natrup	n.b.	Flügelmessung	7	23
8	Detterbach	Detterbach	Flügelmessung	6	21
9	Masbeck	Zitterbach	Flügelmessung	8	23
10	Hexenpütt	Kuckenbecker Bach	Flügelmessung	7	20
11	Rehbrei	n.b.	"Auslitern"	3	22
12	Lasbeck	Schlautbach	Flügelmessung, Pegelschreiber (LANUV)	14	15

Bemerkungen: * nicht möglich; ständiges „Trockenfallen" des Gewässers

Da sich aufgrund der Häufigkeit der ausgeführten Einzelmessungen ein Datensatz mit diskontinuierlichen Abflussdaten ergab, erfolgt die Berechnung von Tagesabflüssen mittels Übertragung kontinuierlicher Abflussdaten des RP „Lasbeck" des LANUV NRW auf die übrigen Abflussmessstandorte bzw. ihre TEG. Die Übertragung von Abflussdaten setzt die von REES et al. (2006) aufgeführten Kriterien voraus, die sich auf einheitliche Gebietseigenschaften – und damit Regimefaktoren – stützen. Die in der Literatur erwähnten Gebietsmerkmale wie Landnutzung, Relief und Bodentypen werden für das Referenzeinzugsgebiet „Lasbeck" als repräsentativ gegenüber den weiteren TEG angesehen. LEIBUNDGUT & UHLENBROOK (2007) weisen ebenfalls darauf hin, dass die hydrologische Reaktion der TEG bei nur geringen Unterschieden hinsichtlich der naturräumlichen Gegebenheiten und dem Vorhandensein aller wichtigen Abflussbildungsprozesse als vergleichbar anzusehen ist. Weiterhin repräsentiert der zum Messzeitpunkt ermittelte Abfluss den Tagesmittelwert dieses Messstandortes. Es wird angenommen, dass es sich

bei den Abflusscharakteristika des RP „Lasbeck“ um ein für die Quellbäche der Baumberge repräsentatives Gewässer handelt.

Die in ENGEL (2008) beschriebene zeitweise Überschätzung des Abflusses durch den LANUV-Datensatz des RP „Lasbeck“ wurde berücksichtigt, indem eine segmentweise Korrektur dieser Daten ab dem Zeitraum März 2008 durchgeführt wurde. Durch die korrigierte Abflussganglinie des RP „Lasbeck“ stehen mittlere tägliche Abflüsse für das Wasserwirtschaftsjahr 2008 zur Verfügung. Als Zeitraum für die Übertragung der Abflussdaten werden das Winter- und das Sommerhalbjahr zunächst getrennt betrachtet. Die mittleren täglichen Abflüsse werden auf die aus dem Messprogramm stammenden Abflussdaten der übrigen Abflussmessstandorte bezogen, die für denselben Tag gelten. Die erhobenen Abflussdaten fungieren als Stützstellen für die zu berechnende Abflussganglinie. Im Sommerhalbjahr wurden häufiger Abflussmessungen durchgeführt als im Winterhalbjahr (Tab. 1). Bei der Ausführung der Abflussmessung war die klimatische Situation nicht immer homogen, so dass sowohl bei trockeneren als auch bei feuchteren Wetterlagen gemessen wurde. Der Mittelwert aller Quotienten aus gemessenem Einzelwert des Abflusswerts an der gesuchten Messstation und Referenzabfluss wird als Anteilsfaktor bezeichnet (Gl. 1).

$$\bar{a}_{EZG} = \frac{\sum_i \frac{\dot{V}_{EZG}}{\dot{V}_{Lasbeck}}}{i}$$

Gl. 1: Berechnung des Anteilsfaktors

Es gilt:

$\bar{a}_{EZG}$	= Anteilsfaktor
$\dot{V}_{EZG}$	= Bezugsabfluss; Abfluss eines Abflussmessstandortes in seinem Einzugsgebiet (EZG) an einem Messtag *i* (l/s)
$\dot{V}_{Lasbeck}$	= Referenzabfluss am RP „Lasbeck“ des selben Tages *i* (l/s)

In Anlehnung an MCMAHON (1978) können somit die täglichen Abflüsse anhand der simulierten Abflussganglinie für die ausgewählten Abflussmessstandorte und deren TEG berechnet werden.

Die segmentweise korrigierte Abflussganglinie des RP „Lasbeck“ dient als Datengrundlage zur Ermittlung des grundwasserbürtigen Abflusses durch das graphische Verfahren nach NATERMANN (1951) (Abb.2).

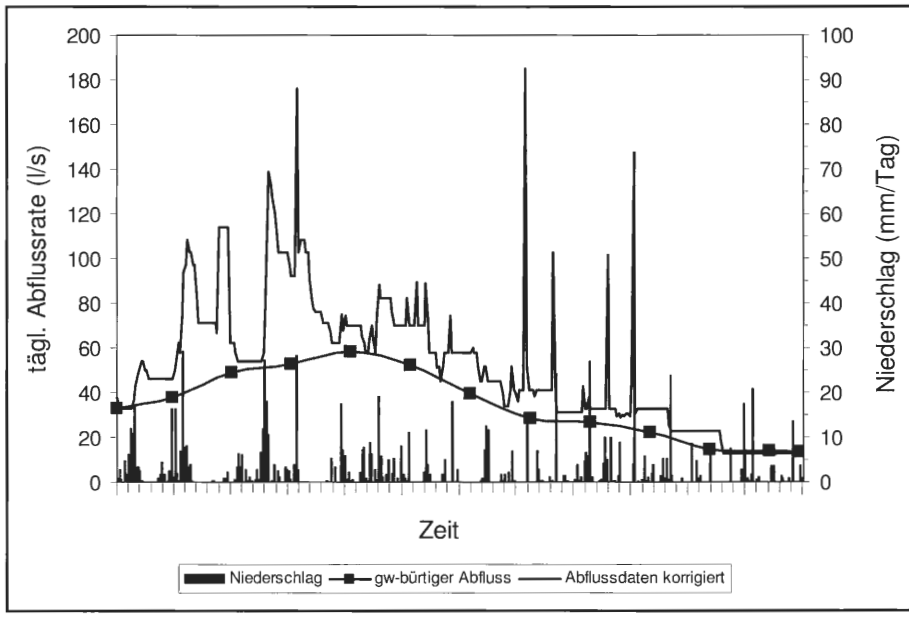

Abb. 2: Korrigierte Abflussganglinie des Pegels „Lasbeck" sowie der daraus resultierende grundwasserbürtige Abfluss nach NATERMANN (1951) für das Hydrologische Jahr 2008 und die Niederschlagsrate der Baumberg II-Station auf dem Plateau der Baumberge.

In die weitergehende Berechnung des grundwasserbürtigen Abflusses eines TEG gehen die nach WUNDT (1953) ermittelten niedrigsten Abflüsse eines Monats (MoMNQ) ein. Der Berechnung liegt der Ansatz zu Grunde, dass die Niedrigwasserabflussspende eines TEG für den Zeitraum des Hydrologischen Jahres 2008 aus den gemittelten Einzelmessungen des hydrologischen Sommerhalbjahres sowie dem Winterabfluss berechnet wird. Aufgrund der geringeren Anzahl von Messungen während des Winterhalbjahres wird der mittlere Winterabfluss mittels Korrekturfaktor des RP „Lasbeck" projiziert. Der Korrekturfaktor berechnet sich wie folgt (Gl. 2):

$$a_{\text{Lasbeck}} = \frac{\dot{V}_{\text{MoMNQ_Lasbeck2008}}}{\dot{V}_{\text{MoMNQ_Lasbeck_HS}}} = \frac{36{,}7}{28{,}7} = 1{,}28$$

Gl. 2: Korrekturfaktor RP „Lasbeck"

Es gilt:

a_{Lasbeck} = Korrekturfaktor

$\dot{V}_{\text{MoMNQ_Lasbeck2008}}$ = Mittelwert der MoMNQ des Messstandorts „Lasbeck" für das Hydrol. Jahr 2008 (l/s)

$\dot{V}_{\text{MoMNQ_Lasbeck_HS}}$ = Mittelwert der MoMNQ des Messstandorts „Lasbeck" für das Hydrol. Sommerhalbjahr 2008 (l/s)

Daraus berechnet sich die korrigierte MoMNQ für jedes TEG (Gl. 3):

$$\dot{V}_{\text{MoMNQ}} = \bar{a}_{\text{Lasbeck}} \cdot \dot{V}_{\text{MoMNQ_Lasbeck_HS}}$$

Gl. 3: korrigierte MoMNQ eines Einzugsgebiets

Es gilt:

$\dot{V}_{MoMNQ}$ = korrigierte MoMNQ eines Einzugsgebiets (l/s)

$a_{Lasbeck}$ = 1,28

$\dot{V}_{MoMNQ_Lasbeck_HS}$ = Mittelwert der MoMNQ des Messstandorts „Lasbeck" für das Hydrol.Sommerhalbjahr 2008 (l/s)

3 Ergebnisse

Die durch das konzipierte Abflussmessnetz abgedeckte Einzugsgebietsfläche des Kernuntersuchungsgebietes liegt bei 22,87 km². Die Flächengröße der TEG reicht von sehr kleinen TEG (0,04 km² bis 0,33 km²) wie „Hexenpütt", „Detterbach" und „Stift Tilbeck" hin zu TEG mit einer Fläche von 5,55 km² („Stevern") und 7,82 km² („Hangsbeck") (Tab. 2). Von den fünf Einzugsgebieten in den Baumbergen wird in den vorliegenden Untersuchungen nur der Abfluss in den TEG von Münsterscher Aa und Stever erfasst.

Tab. 2: Jahresabflussraten der Einzugsgebiete des Kernuntersuchungsgebiets im Hydrologischen Jahr 2008 sowie der Flächengröße des oberirdischen Einzugsgebiets mit tendenzieller Schätzung der Flächengröße des unterirdischen Einzugsgebiets.

Kernuntersuchungsgebiet					
TEG	**Bezeichnung des Einzugsgebietes**	**mittlere Abflussrate**	**monatl. Mittl. Niedrigwasser-abflussrate (MoMNQ) n. WUNDT (1953)**	**Flächengröße**	
				A_{Eo}	A_{Eu}-Tendenz
		l/s	l/s	km²	
1	Hangsbeck	83,74	17,05	7,82	kleiner
2	Stevern	126,20	54,62	5,55	größer
3	Gründkesbach	2,79	0,48	1,36	kleiner
5	Stift Tilbeck	12,12	1,80	0,33	kleiner
6	Hs. Tilbeck	0,44	0,13	0,54	kleiner
7	Natrup	7,55	1,22	0,42	größer
8	Detterbach	1,20	0,00	0,12	kleiner
9	Masbeck	10,60	2,06	2,20	kleiner
10	Hexenpütt	5,02	2,00	0,04	größer
11	Rehbrei	0,64	0,13	0,20	größer
12	Lasbeck	51,88	36,72	2,99	größer
	Summe	302,18		22,87	

Die MoMNQ-Abflussrate der Einzugsgebiete im Kernuntersuchungsgebiet für das Hydrologische Jahr 2008 können der Flächengröße des jeweiligen Einzugsgebiets gegenübergestellt werden (Abb. 3). Für diesen definierten Zeitraum können die Abflussrate mit der Flächengröße des zugehörigen Einzugsgebiets linear miteinander korreliert wer-

den. Bei der Bezugsfläche handelt es sich um die den oberirdischen Einzugsgebieten gleichgesetzten unterirdischen Einzugsgebieten. Da die MoMNQ den Abfluss aus einem unterirdischen Einzugsgebiet umfasst, kann bei Annahme einer in diesem Zeitraum konstanten MoMNQ-Abflussrate die Fläche des unterirdischen Einzugsgebiets angeglichen werden. Die Korrektur („Pfeildarstellung") stellt das tendenzielle Anpassen der Flächengröße des unterirdischen Einzugsgebiets an die durch die lineare Korrelation idealisierte Flächengröße dar (Abb. 3).

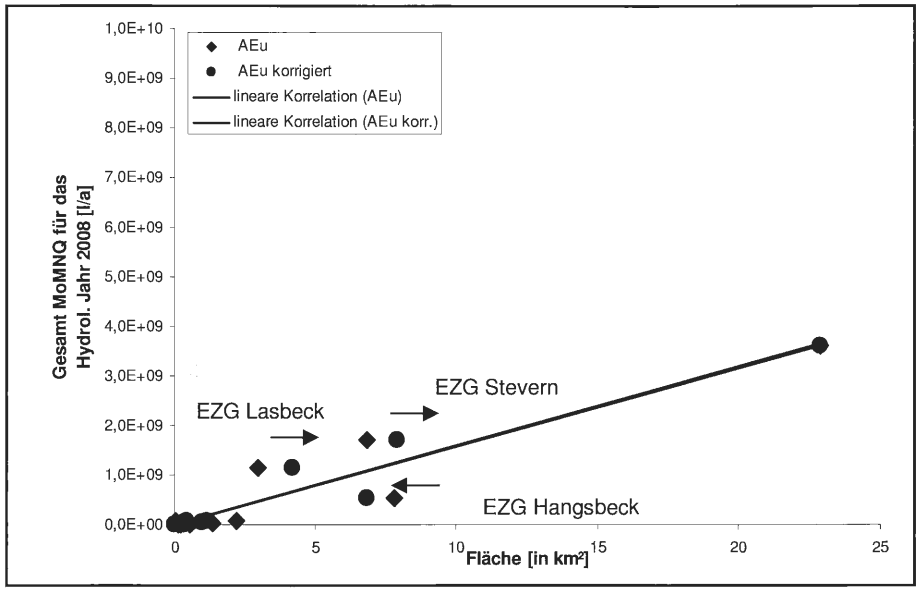

Abb. 3: MoMNQ-Abflussrate für das Hydrol. Jahr 2008 linear korreliert mit der Flächengröße des unterirdischen Einzugsgebiets (mit $A_{Eo} = A_{Eu}$) und des korrigierten unterirdischen Einzugsgebiets ($A_{Eu\ korr}$) in Anlehnung an ENGEL (2008) für das südöstliche Gebiet der Baumberge.

Die lineare Korrelation der unkorrigierten unterirdischen Einzugsgebiete besitzt ein Bestimmtheitsmaß von R^2= 0,88, wohingegen durch die Verwendung der korrigierten Flächengrößen eine Korrelation mit R^2 = 0,94 erreicht wird.

Werden die angenommenen Flächengrößen des unterirdischen Einzugsgebiets A_{Eu} mit den Flächengrößen des oberirdischen Einzugsgebiets A_{Eo} verglichen, so zeigt sich für die Einzugsgebiete „Lasbeck", „Stevern", „Hexenpütt", „Natrup" sowie „Rehbrei", dass die unterirdischen Einzugsgebiete in ihrer Flächengröße nicht den oberirdischen Einzugsgebieten entsprechen sondern als tendenziell größer anzunehmen sind. Für die restlichen und bestenfalls benachbarten Einzugsgebiete ergibt sich somit eine tendenzielle Verkleinerung ihrer unterirdischen Einzugsgebiete.

Da das Gebiet der Baumberge durch Aufschiebungen sowie Verwerfungen innerhalb der Muldenstruktur geprägt ist (DÖLLING 2007), können stark wasserführende Störungs- und

Kluftzonen Lage und Ausdehnung unterirdischer Einzugsgebiete beeinflussen. Durch ein Grundwassereinzugsgebiet angeschnittene Klüfte beispielsweise erweitern dieses in einigen Bereichen und führen Wassermengen aus benachbarten Einzugsgebieten zu. Es ist zu vermuten, dass insbesondere die Nottuln-Havixbecker Aufschiebung die Ursache für die Flächenneuzuweisung der unterirdischen Einzugsgebiete „Lasbeck", „Hangsbeck" und „Stevern" darstellt.

4 Diskussion

Bei der Durchführung von Abflussmessungen treten in Abhängigkeit von der verwendeten Methode Messfehler auf, die sich für den überwiegend benutzten hydrometrischen Flügel als ein systematischer Fehler von 2 % bis 5 % belaufen (WMO 1994). Für Niedrigwassermessungen werden von MORGENSCHWEIS (1994) Fehler von 20% bis 30% angegeben.

Da insbesondere bei der Ermittlung der MoMNO-Abflussrate Trockenwetterphasen entscheidend für die Repräsentativität der Abflussdaten sind, kann die Qualität der Datensätze verbessert werden, indem das Messprogramm auf geeignete Wetterlagen abgestimmt wird.

Die für das hydrologische Jahr 2008 geltende Gegenüberstellung von MoMNQ-Abflussrate und zugehöriger Flächengröße des unterirdischen Einzugsgebiets bestätigt den in ENGEL (2008) dargelegten linearen Zusammenhang, der durch die relativ hohen Bestimmtheitsmaße belegt wird (Abb. 3). Die tendenziell richtige Methodik zur Festlegung von Flächen unterirdischer Einzugsgebiete bestätigt sich.

Im Vergleich zu den topographisch eindeutig abgrenzbaren oberirdischen Einzugsgebieten können für die unterirdischen Einzugsgebiete nur tendenzielle Aussagen gemacht werden. Weiterhin erfordert die Korrektur und Neuzuweisung der Flächen angrenzender unterirdischer Einzugsgebiete homogene Grundwasserneubildungsraten für das Kernuntersuchungsgebiet. Es zeigt sich jedoch, dass die Grundwasserneubildungsraten im Untersuchungsgebiet kleinräumig sehr variable sind (DÜSPOHL & MEßER 2010). Eine eindeutige Festlegung der Flächengröße unterirdischer Einzugsgebiete im südöstlichen Gebiet der Baumberge ist daher noch nicht möglich.

5 Ausblick

Für alle auf dieser Arbeit aufbauende Untersuchungen ist es von Bedeutung, dass das aufgestellte Messnetz in den Baumbergen ausgebaut und in Bezug auf eine kontinuierliche Erfassung des Abflusses verbessert wird. So lassen sich mithilfe einer umfangreichen Matrix nicht nur TEG in ihrer Landnutzung und ihrem Bodentyp vergleichen sondern auch Kenntnisse zu Abflussregimen der TEG in den Baumbergen gewinnen.

Die Ausführungen legen nahe, dass zur Festlegung der unterirdischen Einzugsgebiete in den Baumbergen weiterer Forschungsbedarf besteht. Bei zukünftigen Untersuchungen ist die gebietsweise sehr variable Grundwasserneubildungsrate bei der Zuweisung von Flächen unterirdischer Einzugsgebiete zu berücksichtigen. Im Hinblick auf die tektonische Beanspruchung des Untergrunds sind detaillierte Kenntnisse über die Grundwasser-

strömungsrichtung im Gebiet der Baumberge unerlässlich, um unterirdische Wasserscheiden besser bestimmen zu können. Ein erst kürzlich durchgeführter Tracer-Versuch sowie zukünftige Messungen dieser Art können dazu wichtige Hinweise geben.

Danksagung

Mein herzlicher Dank gilt Frau PD Dr. P. Göbel für die Initiierung des Quellenprojekts und ihre fachliche Begleitung bei der Entwicklung dieser Arbeit. Bei ihr und Herrn Dr. Bernd Tenbergen des Westfälischen Museums für Naturkunde bedanke ich mich für das starke Engagement bei der Erarbeitung dieser Publikation. Zu danken ist Herrn Dr. Andreas Malkus und Karin Meinikmann für die Aufarbeitung zur Verfügung gestellter Datensätze. Weiterhin bedanken möchte ich mich bei Frau Teubner (LANUV NRW) für die erneute Bereitstellung von Pegeldaten und fachliche Unterstützung. Mein Dank gilt auch Meike Düspohl für hilfreiche Anregungen zu dieser Arbeit.

Literatur:

DÖLLING, B. (2007): Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:25 000 – Erläuterungen Blatt 4010 Nottuln. –140 S., 7 Abb., 14 Tab., 3 Taf.; Krefeld (Geologischer Dienst NRW).

DÜSPOHL, M., ENGEL, M., HAFOUZOV, B., KRÜTTGEN, B. & F. MÜLLER (2009): Wo die Schüssel überläuft – eine interdisziplinäre Untersuchung der Quellen in den Baumbergen (Münsterland, NRW); Münster [unveröffentl. Projektbericht].

DIN 4049-3 (1994): Hydrologie; Grundbegriffe. – Berlin (Beuth).

DÜSPOHL, M & J. MEßER (2010): Wasserhaushaltsbilanzierung und grundwasserbürtiger Abfluss in den Baumbergen (Kreis Coesfeld, Nordrhein-Westfalen). – Abhandl. Westf. Mus. Naturkde. **72** (3/4): 17 – 26; Münster.

DYCK, S. & G. PESCHKE (1995): Grundlagen der Hydrologie, 3. Aufl., Verlag für Bauwesen, Berlin. S, 536

ENGEL, M. (2008): Erfassung der Abflusskomponente in den Baumbergen (Münsterland, NRW) im Rahmen des Projekts „Quellen in den Baumbergen" – Erhaltung, Erforschung und Entwicklung der Quellen im Natur- und Erlebnisraum Baumberge", XII + 164 S., 152 Abb., 18 Tab., 2 Anh., 1 Anl.; Witten a.d. Ruhr [unveröffentl. Diplomarbeit].

GORDON, N. D., THOMAS, A., MCMAHON, B.L., FINLAYSON, C.J. GIPPEL & R..J. NATHAN (2005): Stream Hydrology – An Introduction for Ecologists, 2. Aufl., 429 S.; Chichester (Wiley).

KLEEBERG, H.-B. (Hrsg.) (1992): Regionalisierung in der Hydrologie – Ergebnisse von Rundgesprächen der Deutschen Forschungsgemeinschaft. – In: Senatskommission für Wasserforschung, 11; Weinheim.

LEIBUNDGUT, C. & S. UHLENBROOK (Hrsg.) (2007): Abflussbildung und Einzugsgebietsmodellierung. – Freiburger Schriften zur Hydrologie, 24, 203 S.; Freiburg i. Br..

MANIAK, U. (2005): Hydrologie und Wasserwirtschaft, 5 Aufl., 666 S.; Berlin (Springer).

MCMAHON, T. A. (1978): A Review of Data Estimation Procedures and Associated Errors. – Journal of Hydrology, 41, 1-10.

MEßER, J. (2007): Ein vereinfachtes Verfahren zur Berechnung der flächendifferenzierten Grundwasserneubildung in Mitteleuropa. Lippe Wassertechnik. – 65 S.; gwneu.de; Essen.

MORGENSCHWEIS, G. (1994): Hydrometrische Möglichkeit der Erfassung und Kontrolle von Niedrigwasserabflüssen. In: GRÜNEWALD, U. (Hrsg.)(1994): Wasserwirtschaft und Ökologie, 266 S., Taunusstein.

NATERMANN, E. (1951):Die Linie des langfristigen Grundwassers (AuL) und die Trockenwetterabflusslinie (TWL). – Wasserwirtschaft **103** (Sonderh.): 12-20; Wiesbaden (Vieweg).

PROBST, M. (2002): Der Einfluss des Grundwasserhaushaltes auf das Abflussverhalten kleiner Einzugsgebiete im Festgesteinsbereich der Mittelgebirge : Systemanalyse und numerische Modellierung – Diss. Univ. Kaiserslautern: 161 S.; Kaiserslautern.

REES, G., MARSH, T. J., ROALD, L., DEMUTH, S., Van LANEN, H.A. J. & L. KAŠPÁREK (2006): Hydrological Data. – In: LANEN, H. A. J. Van & L. M. TALLAKSEN (Hrsg.)(2006): Hydrological Drought – Processes and Estimation Methods for Streamflow and Groundwater, 579 S., Amsterdam (Elsevier).

SHAW, E. M. (2004): Hydrology in Practice, 4. Aufl., 569 S.; London (Chapman & Hall).

WMO (1994): Guide to Hydrological Practice – Data acquisition and processing analysis, forecasting and other applications, No. 168.

WUNDT, W. (1953): Gewässerkunde. 320 S., 185 Abb.; Berlin (Springer).

Anschrift der Verfasser:

Dipl.-Landschaftsökologe
Michael Engel
Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH
Bachstraße 62-64
52066 Aachen

Michael.Engel@hydrotec.de

Dr. Johannes Meßer
Emscher Gesellschaft für Wassertechnik mbH
Hohenzollernstraße 50
45128 Essen

messer@ewlw.de

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Abhandlungen aus dem Westfälischen Provinzial-Museum für Naturkunde

Jahr/Year: 2010

Band/Volume: 72_3-4_2010

Autor(en)/Author(s): Engel Michael, Meßer Johannes

Artikel/Article: Abflussuntersuchungen in den Baumbergen (Kreis Coesfeld, Nordrhein-Westfalen) 27-36