

Wasserhaushaltsbilanzierung und grundwasserbürtiger Abfluss in den Baumbergen (Kreis Coesfeld, Nordrhein-Westfalen)

Meike Düspohl, Frankfurt, und Johannes Meßer, Essen

Zusammenfassung

Die flächendifferenzierte Berechnung der Wasserhaushaltsgrößen mit dem Verfahren nach MEßER (2008) zeigt die Verteilungsmuster der Verdunstung, des Gesamt- und Direktabflusses wie auch des grundwasserbürtigen Abflusses bzw. der Grundwasserneubildung im Untersuchungsgebiet Baumberge. Es wird deutlich, dass die Grundwasserneubildung als wichtige Wasserhaushaltsgröße in Abhängigkeit von verschiedenen Parametern wie dem Niederschlag, den Bodenverhältnissen, dem Klima, der Flächennutzung und der Hangneigung variiert. In den Baumbergen besitzen die Flächennutzung und die Hangneigung den größten Einfluss auf die Verteilung der Grundwasserneubildung im Untersuchungsgebiet.

Die Wasserhaushaltsbilanzierung wurde für das Wasserwirtschaftsjahr 2008 und ein langjähriges Mittel durchgeführt. Erste Ergebnisse wurden mit Abflussmessungen verglichen und die Plausibilität des Einzugsgebietes geprüft. Dabei konnte kein Einfluss aufsteigender Tiefenwässer belegt, aber die hydraulische Wirksamkeit der Nottuln-Havixbecker-Aufschiebung nachvollzogen werden, da die unterirdischen Einzugsgebiete deutlich von den oberirdischen Wasserscheiden abweichen.

1 Einleitung

In den Baumbergen lassen genaue Kenntnisse über die Höhe der Grundwasserneubildung und den Abfluss in den Quellbächen Aussagen über die Fließrichtungen im Grundwasser und somit über das hydrogeologische System zu. Dies ist durch die Geologie der Baumberge bedingt: Geologisch überlagern in den Baumbergen gut durchlässige Kalk-Sandsteine (Baumberge-Schichten) weniger gut durchlässige Kalk-Mergelsteine (Coesfeld-Schichten). Die Gesteinsschichten bilden eine tektonisch bedingte Muldenstruktur, in der sich Grundwasser sammelt. Steigen die Grundwasserstände in der Mulde an, läuft die geologische „Schüssel“ an den zahlreichen Quellen entlang der Ausstrichgrenze der Baumberge-Schichten in etwa +120 mNN über. BÖRGER & POLL (1991) hielten fest, dass hydrogeologische Größen und Parameter aufgrund der Muldenstruktur in den Baumbergen gut fassbar sind. Die Baumberge übernehmen so auf natürliche Weise die Funktion eines „Naturlysimeters“. Die Baumberge werden als hydrographischer Knoten bezeichnet (BEYER 1992). Hier treffen sich die Wasserscheiden von fünf Flusseinzugsgebieten: Münstersche Aa (Ems), Stever (Lippe), Steinfurter Aa, Berkel und Vechte (Issel).

Der Grundwasserflurabstand beträgt in den Hangbereichen weniger als 5 m und auf den Hochlagen der Baumberge mehr als 50 m. Flussauenbereiche wie die des Stever-Einzugsgebietes stellen Bereiche mit höherer Wasserwegsamkeit dar. Der Gradient der Grundwasseroberfläche liegt in den Baumbergen bei 3,5 ‰ (KREIS COESFELD 2007). Die Baumberge werden hauptsächlich landwirtschaftlich genutzt. Auf ca. 25 ‰ der Fläche finden sich Wälder. Durch die relativ dünne Besiedelung ist der Anteil versiegelter Flächen gering (LAVERMA 2004). Die Böden des Untersuchungsgebietes sind vermehrt Parabraunerden auf dem Plateau und in Hanglage Braunerden, jeweils mit einer nutzbaren Feldkapazität zwischen 16 und 20 ‰. Im Bereich der Niederungen treten Pseudogleye auf. Das Relief der Baumberge trägt drei auffällige Merkmale: die fast ebenen Plateauflächen der Erhebung, steile und flache Hänge und die tief in die Baumberge eingreifenden, schmalen Trockentäler. An den Hängen tritt ein Steilabfall von 40 bis 60 m auf (LAVERMA 2007).

Die Berechnung der Wasserhaushaltsgrößen erfolgt mit dem GIS-basierten Verfahren nach MEBER (2008, 2010) für das gesamte Gebiet der Baumberge, während für den südlichen Teil die Berechnungen mit Abflussmessungen im Wasserwirtschaftsjahr (WWJ) 2008 verglichen werden (Abb. 1).

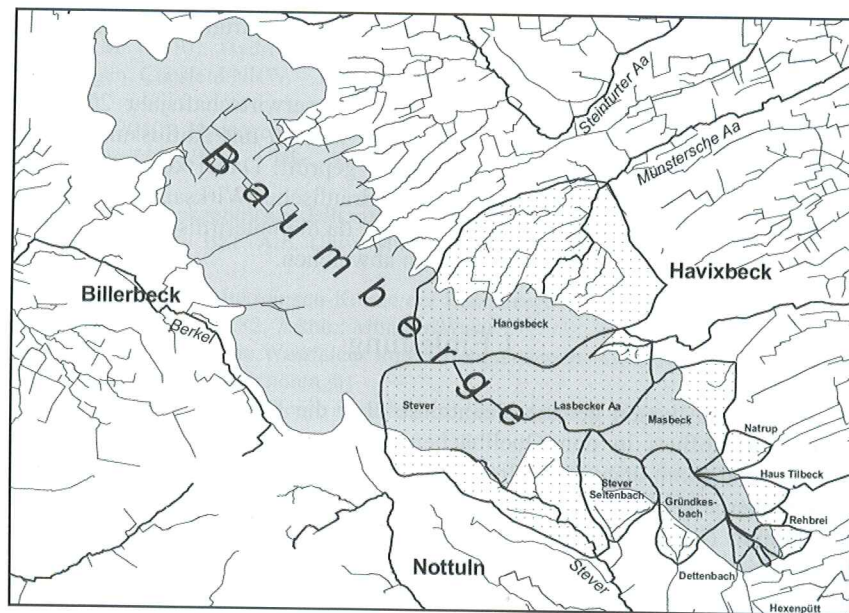


Abb. 1: Ausdehnung des Grundwasserkörpers der unteren Baumberge-Schichten (graue Fläche) mit den im WWJ 2008 untersuchten Teileinzugsgebieten (gerasterte Flächen).

Durch den Vergleich der Abflussmessungen mit den berechneten Wasserhaushaltsgrößen, insbesondere der Grundwasserneubildung, ist eine Plausibilitätsprüfung des unterirdischen Einzugsgebietes möglich. Darüber hinaus kann der Einfluss unterirdischer Zu- und Abflüsse, z.B. durch Aufstieg von Tiefenwässern oder diffuser Grundwasserabstrom über die Hangbereiche, sowie die hydraulische Wirkung von Störungen beurteilt werden.

2 Wasserhaushaltsbilanzierung

Wasser durchläuft eine geschlossene Kette von Prozessen. Dieser Zyklus wird als Wasserkreislauf bezeichnet. Das Wasser kann im Wasserkreislauf in gasförmigem (Dampf), flüssigem und festem (Eis und Schnee) Aggregatzustand auftreten. Innerhalb des Wasserkreislaufs wird Wasser horizontal und vertikal transportiert, wobei die Aggregatzustände wechseln. Die im Wasserkreislauf ablaufenden Prozesse werden in der Wasserbilanz eines Teilbereichs - Teilwasserkreislauf - erfasst. Die Summe aller Teilvolumina muss gleich Null sein, da aus dem geschlossenen Wasserkreislauf kein Wasser verloren gehen kann. Der Wasserhaushalt eines Bilanzraumes wird mit der allgemeinen Wasserhaushaltsgleichung

$$\dot{h}_N = \dot{h}_V + \dot{h}_{Ad} + \dot{h}_{AGw} \pm \dot{h}_Z \pm \dot{h}_S \quad \text{mm/a} \quad (1)$$

umschrieben. Hierbei bedeuten:

$\dot{h}_N$	=	Niederschlag (mm/a)
$\dot{h}_V$	=	Evapotranspiration / Verdunstung (mm/a)
$\dot{h}_{Ad}$	=	Direktabfluss (mm/a)
$\dot{h}_{AGw}$	=	Basisabfluss bzw. grundwasserbürtiger Abfluss bzw. Grundwasserneubildung (mm/a)
$\dot{h}_Z$	=	Zuleitung / Entnahme von Wasser (mm/a)
$\dot{h}_S$	=	Speicheränderung (Rücklage / Aufbrauch von Wasser, mm/a)

Alle Größen der Wasserhaushaltsgleichung werden auf dieselbe Zeiteinheit bezogen. Da hier ein hydrologisches Jahr zugrunde gelegt wird, lassen sich die Wasserhaushaltsgrößen als Jahresraten bezeichnen.

Das als Niederschlag aus der Atmosphäre in einen Bilanzraum eingetragene Wasser kann über die Evapotranspiration, den Abfluss und Entnahmen wieder ausgetragen werden. Einem betrachteten Bilanzraum kann darüber hinaus Wasser zugeführt oder entnommen werden. Es kann beispielsweise von außen Wasser zufließen (z.B. in Tal- und Senkenlagen oberirdisch bzw. über Gewässer) oder aus dem Gebiet nach außen abfließen. Hierunter fallen auch (künstlich) zugeführtes Wasser, z.B. durch Beregnung bzw. Regenwasserversickerung, oder künstliche Wasserentnahmen, z.B. Brunnenförderung, Dränung.

Die Evapotranspiration setzt sich aus der Transpiration (Pflanzenverdunstung), der Evaporation (Boden- und Gewässerverdunstung) und der Interzeption (Verdunstung von Wasser nasser Pflanzenoberflächen) zusammen. Im Merkblatt M 504 (ATV-DVWK 2002) ist der aktuelle Kenntnisstand zur Berechnung der verschiedenen Verdunstungsgrößen ausführlich dargestellt. Ausgehend von der potenziellen Evapotranspiration kann die reale Evapotranspiration, d.h. die Evapotranspiration bei gegebener Wasserverfügbarkeit und Vegetation, in Abhängigkeit von der Bodenfeuchte im durchwurzelten Bodenbereich (effektive Durchwurzelungstiefe) berechnet werden. Die Differenz zwischen

potenzieller und realer Evapotranspiration ist abhängig vom Wasserdargebot und damit von den Niederschlägen. Bei geringeren Niederschlägen hängt sie von der nutzbaren Feldkapazität des Bodens im effektiven Wurzelraum sowie der Art und dem Entwicklungsstand der Vegetation ab.

Wasser, das nicht verdunstet, gelangt zum Abfluss. Beim Abfluss (auch als Gesamtabfluss bezeichnet) unterscheidet man zwischen Direktabfluss und grundwasserbürtigem Abfluss. Als Direktabfluss wird hier derjenige Anteil verstanden, der über den Oberflächenabfluss der Fließgewässer den jeweiligen Teilbereich verlässt (DIN 4049-3 1994). Dies kann direkt über Gräben erfolgen oder indirekt über die Kanalisation und über Dränagen. Ohne Entnahme oder Zuleitung von Wasser in einem Teileinzugsgebiet entspricht der grundwasserbürtige Abfluss der Grundwasserneubildung. Wenn das unterirdische Einzugsgebiet bekannt ist, kann die Grundwasserneubildung aus dem Basisabfluss eines Vorfluters bestimmt werden.

3 Berechnungsverfahren

Grundlage der hier vorgestellten Berechnungen nach MEßER (2010) ist die Wasserhaushalts-Gleichung (Gl. 1). Ziel der Bearbeitung ist die flächendifferenzierte Bestimmung der langjährig mittleren Grundwasser-Neubildung und der anderen Wasserhaushaltsgrößen. Die Wasserhaushalts-Gleichung (Gl. 1) wird für jede in sich homogene Teilfläche gelöst. In Abbildung 2 sind die benötigten Eingangsdaten bzw. die verwendeten Grundlagen (eckige Rahmen) und die berechneten Größen (gerundete Rahmen) sowie die Beziehungen zueinander angegeben. Für die Berechnung von Verdunstung und Direktabfluss wird eine Flächenverschnidung der jeweils notwendigen Grundlagenparameter mit dem Programmsystem ArcInfo durchgeführt. Für jede in sich homogene Kleinfläche werden die beiden Größen in mm/a berechnet.

Die Jahresrate der Grundwasserneubildung bzw. der grundwasserbürtige Abfluss wird nach folgenden Gleichungen berechnet:

$$\dot{h}_{AGw} = \dot{h}_N - \dot{h}_V - \dot{h}_{Ad} \quad \text{mm/a} \quad (2)$$

$$\dot{h}_{Ad} = (\dot{h}_N - \dot{h}_V) - \frac{p}{100} \quad \text{mm/a} \quad (3)$$

$$p = \text{Direktabflussanteil am Gesamtabfluss (\%)}$$

Die Berechnung der realen Verdunstung (Schritt 1 in Abb. 2) erfolgt für die verschiedenen Kombinationen von Klimatope, Boden, Flurabstand und Flächennutzung nach dem Verfahren BAGLUVA (Verfahren nach BAGROV und GLUGLA zur Bestimmung vieljähriger Mittelwerte von tatsächlicher Verdunstungs- und Abflusshöhe, ATV-DVWK 2002, GLUGLA et al. 2003). Die Gras-Referenzverdunstung wird dabei nach WENDLING (ATV-DVWK 2002) berechnet und daraus die maximale reale Verdunstung ermittelt.

Der Gesamtabfluss ist die Differenz aus dem Niederschlag und der Verdunstung gemäß Wasserhaushaltsgleichung (Gl. 2, Schritt 2 in Abb. 2). Auf Grund der hohen Nieder-

schläge und der relativ geringen Verdunstung in den Mittelgebirgen nimmt der Gesamt-
abfluss vom Tiefland zu den höheren Lagen deutlich zu.

Vom Gesamtabfluss wird im nächsten Schritt der Direktabfluss (Gl. 3, Schritt 3 in Abb. 2) abgetrennt. Die Berechnung des Direktabflusses erfolgt über die Bestimmung des Anteils p am Gesamtabfluss. Erfahrungsgemäß nimmt der Direktabflussanteil mit steigendem Flurabstand ab und ist bei bindigen Böden deutlich größer als bei nicht bindigen Böden. Außerdem wird der Direktabflussanteil p am Gesamtabfluss von Acker- bzw. Grünland über Mischvegetation bis zum Wald größer. Auch auf Waldstandorten ist bei hohen Hangneigungen bzw. gering durchlässigen Böden ein deutlicher Direktabfluss zu verzeichnen.

Durch eine weitere Verschneidung der flächendifferenzierten Ergebnisse von Niederschlag, Verdunstung und Direktabfluss erhält man nach Gleichung 2 (Schritt 4 in Abb. 2) die Grundwasserneubildung für jede in sich homogene Kleinfläche. Durch eine Verschneidung mit den Teileinzugsgebieten wird die Grundwasserneubildung für diese flächengemittelt berechnet. Die bei der Flächenverschneidung zwangsläufig entstehenden Kleinstflächen werden eliminiert.

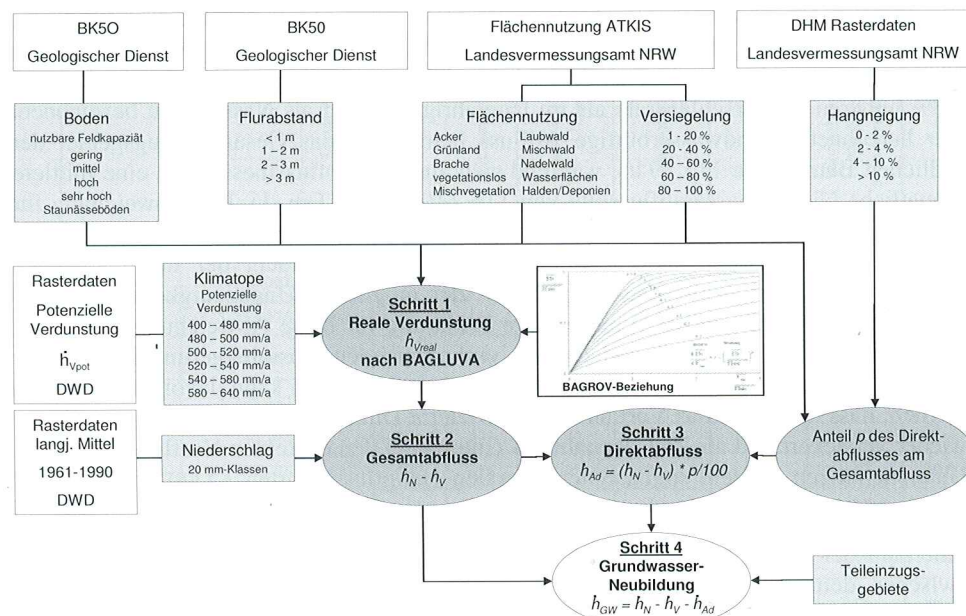


Abb. 2: Berücksichtigte Parameter und Verfahrensgang zur Berechnung der Grundwasser-
Neubildung.

4 Ergebnisse

Die Berechnung der Wasserhaushaltsgrößen erfolgt zunächst für das südliche Teilgebiet der Baumberge, da hier Abflussmessungen aus dem Wasserwirtschaftsjahr 2008 vorliegen und mit den Berechnungen verglichen werden können. Im Anschluss daran wird

eine Gesamtwasserbilanz bzw. flächendifferenzierte Darstellung der Wasserhaushaltsgrößen für das Gesamtgebiet der Baumberge (Abb. 1) erstellt.

4.1 Vergleich der Grundwasserneubildung mit dem Abfluss

Eine Gegenüberstellung der Grundwasserneubildungsrate mit der gemessenen Abflussrate erfolgte für den südlichen Teil des Untersuchungsgebietes im WWJ 2008, um die Wasserhaushaltsberechnung auf Plausibilität zu überprüfen, Hinweise auf aufsteigende Tiefenwässer zu erhalten und Aussagen über die unterirdischen Teileinzugsgebiete zu treffen. Der Vergleich von gemessenen und berechneten Werten ist in Tabelle 1 dargestellt. Erschwerend kam für die Auswertungen hinzu, dass die Abflussmessungen z.T. korrigiert werden mussten und im Verlauf des Wasserwirtschaftsjahres nur diskontinuierlich vorlagen, d.h. im Winterhalbjahr wurden wesentlich weniger Messungen vorgenommen als im Sommerhalbjahr (ENGEL & MEIER 2010). Der grundwasserbürtige Abfluss am Pegel Lasbeck wurde nach NATERMANN (1951) ermittelt und bei den übrigen Einzugsgebieten nach WUNDT (1958). Zu beachten ist darüber hinaus, dass der Niederschlag im Bereich der Baumberge offensichtlich kleinräumig wechselnd ist. Zwei Niederschlagsstationen zeigen eine Spanne zwischen 898 mm/a und 1082 mm/a im Wasserwirtschaftsjahr 2008 auf. Für die Berechnungen wurde das arithmetische Mittel verwendet und eine Korrektur gemäß RICHTER (1995) durchgeführt. Daraus ergibt sich ein Niederschlag von 990 mm/a. Das Wasserwirtschaftsjahr 2008 ist demnach mit einer um 14 % höheren Niederschlagsrate als im langjährigen Mittel als Nassjahr zu bezeichnen. Der berechnete grundwasserbürtige Abfluss beträgt für das Gesamteinzugsgebiet der südlichen Baumberge 113,10 l/s, während sich aus den Abflussmessungen eine mittlere monatliche Niedrigwasserabflussrate von 116,2 l/s ergibt (Tab. 1). Die Abweichung für das Gesamtgebiet beträgt 2,7 %, so dass die Gesamtwasserbilanz plausibel ist. Diese Unterschätzung der Grundwasserneubildungsrate ist in Anbetracht der unzureichenden Datengrundlage der Abflussmessungen bzw. der möglichen Ungenauigkeiten der Eingangsparameter akzeptierbar. Eine weitere Erklärung für diese Abweichung stellen die besonderen Fließvorgänge innerhalb der vorkommenden Lössablagerungen bzw. der anstehenden Grundmoräne im Untersuchungsgebiet dar. Dabei kann davon ausgegangen werden, dass der durch das Verfahren quantifizierte Direktabfluss im Bereich der Hänge wieder versickert und als Zwischenabfluss (Interflow) den einzelnen Vorflutern zufließt. Untersuchungen zu dem sogenannten lateralen Hangfluss führten KLEBER (2004) und CHIFFLARD et al. (2008) durch.

Innerhalb der einzelnen Teileinzugsgebiete ergeben sich z.T. deutliche Abweichungen zwischen dem gemessenen und dem berechneten grundwasserbürtigen Abfluss. Die Ursache hierfür ist die unzureichende Kenntnis der unterirdischen Einzugsgebiete, die offensichtlich nicht mit dem oberirdischen übereinstimmen. Abbildung 3 zeigt die Richtungen, in der die Einzugsgebietsflächen vergrößert bzw. verkleinert werden müssten. Eine größere Bedeutung hat die Nottuln-Havixbecker Aufschiebung, zumal hier mehrere störungsnahe Quellen liegen. Hierüber gelangt mit großer Wahrscheinlichkeit Wasser aus dem Einzugsgebiet Hangsbeck in das Einzugsgebiet Lasbecker Aa. Auch das Einzugsgebiet Stever müsste im Bereich der Störung auf Kosten des Einzugsgebietes Lasbecker Aa vergrößert werden (siehe auch ENGEL & MEIER 2010).

Anhan
serwirt
dem la
chen T
Hangn
Bereich
grund
bildun
chen 7
400 m
mit ei
biete.

Tab. 1:

TEG	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	

Anhang 1.1 zeigt die flächendifferenzierte Grundwasserneubildungsrate für das Wasserwirtschaftsjahr (WWJ) 2008. Die Niederschläge lagen im WWJ 2008 etwa 12 % über dem langjährigen Mittel. Auffällig ist eine erhöhte Grundwasserneubildung im nördlichen Teil des Gebietes, die mit der höheren Durchlässigkeit der Böden und der geringen Hangneigung zusammenhängt. Im Vergleich liegt die Grundwasserneubildungsrate im Bereich der Hänge zwischen 101 und 150 mm/a und im Bereich der Quellbäche aufgrund der bindigen Böden bei unter 100 mm/a. Eine besonders hohe Grundwasserneubildungsrate wie im Norden des Gebietes ist auf dem Plateau der Baumberge im westlichen Teil des Gebietes zu finden. Hier beträgt die Grundwasserneubildungsrate über 400 mm/a, wegen der geringen Hangneigung und den gut durchlässigen Böden. Gebiete mit einer Grundwasserneubildungsrate von 151 bis 200 mm/a sind vorwiegend Waldgebiete.

Tab. 1: Gemessene und berechnete Abflussraten für die einzelnen Teileinzugsgebiete im WWJ 2008.

TEG	Gebiet	Fläche m ²	Berechnung (Niederschlag: 990 mm/a)					Messung		
			Grundwasser- neubildungsrate	Direktabflussrate	Gesamtabflussrate	grundwasserbürftige Abflussrate	Gesamtabflussrate	mittlere Abflussrate	monatliche mittlere Niedrigwasser- abflussrate (MoMNQ)	p-Wert
			mm/a	mm/a	mm/a	l/s	l/s	l/s	l/s	
1	Hangsbeck	7.816.661	202	247	449	50,07	111,29	83,74	17,05	79,6
2	Stevern	5.553.476	168	287	455	33,21	97,67	126,20	54,62	56,7
3	Gründkesbach	1.351.280	99	337	436	4,24	18,68	2,79	0,48	82,9
4	Steuer-Seitenbach	1.298.532	88	338	426	3,62	17,54	in TEG 2 eingegangen		
5	Stift Tilbeck	330.194	79	354	433	0,83	4,53	12,12	1,80	85,1
6	Hs. Tilbeck	537.926	84	332	416	1,43	7,10	0,44	0,13	70,0
7	Natrup	416.389	110	331	441	1,45	5,82	7,55	1,22	83,9
8	Dettenbach	118.893	72	347	419	0,27	1,58	1,20	0,00	100,0
9	Masbeck	2.202.401	109	322	431	7,61	30,10	10,60	2,06	80,5
10	Hexenpütt	42.860	73	358	431	0,10	0,59	5,02	2,00	60,2
11	Rehbrei	202.267	85	333	418	0,55	2,68	0,64	0,13	80,1
12	Lasbeck	2.991.833	139	319	458	13,19	43,45	51,88	36,72	29,2
	Summe	22.862.712	156	290	446	113,10	323,34	302,17	116,20	61,5

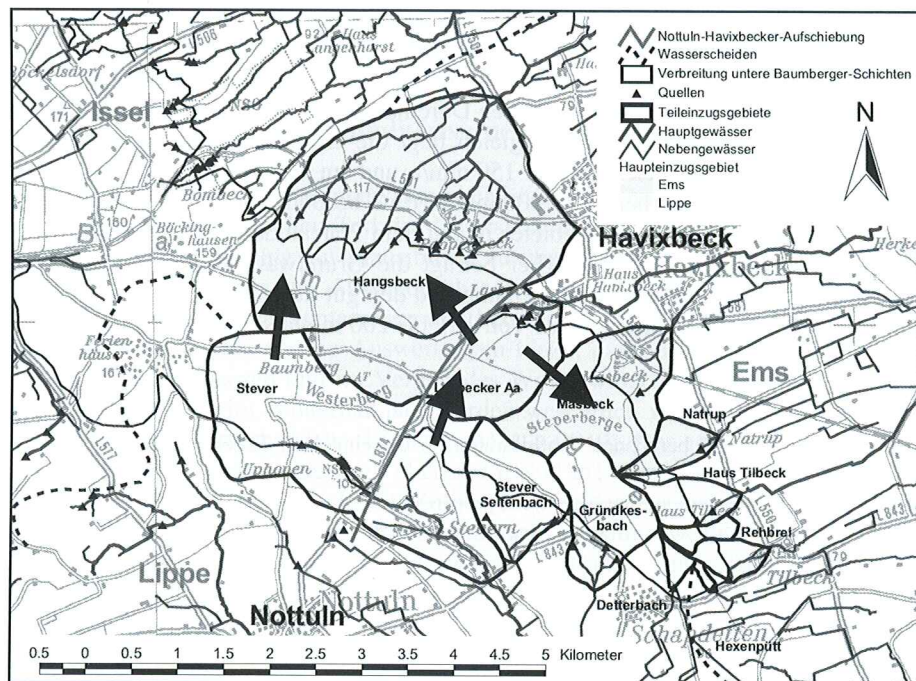


Abb. 3: Oberirdische Einzugsgebiete und Richtung der Verschiebung des unterirdischen Einzugsgebietes (Kartengrundlage: Topographische Karte 1:25.000).

4.2 Wasserhaushaltsgrößen im langjährigen Mittel

Die Wasserhaushaltsbilanzierungen für das WWJ 2008 ergeben plausible Ergebnisse, so dass die Berechnungen für das gesamte Gebiet der Baumberge, das Verbreitungsgebiet der Unteren Baumberge-Schichten, durchgeführt werden können. Die Anhänge 1.2 bis 1.5 zeigen die flächendifferenzierten Ergebnisse für die einzelnen Wasserhaushaltsgrößen. Zugrunde liegen den Berechnungen ein langjähriges Mittel des Niederschlags für die Periode 1961 bis 1990 von 869 mm/a. Die Verdunstungsrate im gesamten Untersuchungsgebiet beträgt im Mittel 508 mm/a bzw. 58 % des Niederschlags (Anh. 1.2). Die Direktabflussrate beträgt 123 mm/a bzw. 14 % des Niederschlags (Anh. 1.4) und die Grundwasserneubildungsrate 238 mm/a bzw. 27 % des Niederschlags (Anh. 1.6). Die Verdunstungsrate beträgt im nördlichen Teil 450 mm/a bis 500 mm/a und im Süden 500 mm/a bis 600 mm/a, da die nutzbare Feldkapazität der Böden im Süden (Lößverbreitung) größer ist (Anh. 1.2). Dem entsprechend ist der Gesamtabfluss im Süden größer als im Norden (Anh. 1.3). Einzelne Waldflächen sind durch ihre hohe Verdunstungsrate von ca. 600 mm/a und die geringe Gesamtabflussrate erkennbar. Die Ausbildung der Böden hat auch auf den Direktabfluss deutliche Auswirkungen (Anh. 1.4). Im mittleren und nördlichen Teilgebiet der Baumberge herrschen geringe Direktabflussraten vor, z.T. fehlt dieser komplett auf den nur gering geneigten Plateauflächen. In Bereichen mit geringen Flurabständen, wie z.B. Bachtäler, und im Süden im Verbreitungsgebiet bindiger Böden beträgt er i.d.R. zwischen 100 mm/a und 200 mm/a, auf Einzelflächen bis 350 mm/a.

Die regionalen Einflüsse wirken sich auch auf die Grundwasserneubildungsrate aus (Anh. 1.6). Durch die erhöhte Verdunstung und den erhöhten Direktabfluss im südlichen Teil der Baumberge ist dort auch die Grundwasserneubildungsrate mit 50 mm/a bis 150 mm/a deutlich geringer als im mittleren und nördlichen Teil der Baumberge mit 200 mm/a bis 400 mm/a. Im Gesamtgebiet ist die Grundwasserneubildungsrate im Bereich der oberirdischen Wasserscheide größer als in den randlichen Bereichen, da die Hangneigung auf der Wasserscheide durchweg gering und die Flurabstände hoch sind. Entlang der Gewässer ist die Grundwasserneubildungsrate i.d.R. geringer, da hier geringe Flurabstände und bindige Böden vorherrschen.

5 Ausblick

Die Berechnung der Grundwasserneubildung mit dem Verfahren nach MEBER (2008) bietet die flächendifferenzierte Darstellung und damit die detaillierte Verteilung der Grundwasserneubildung im Gebiet der Baumberge. Für die weitere Klärung des Wasserhaushaltes der Baumberge sollten folgende Untersuchungsschwerpunkte gesetzt werden:

- Ein flächendeckendes mikroskaliges Messnetz des Niederschlages, das die Besonderheiten, wie z.B. mögliche Luv- und Leeeffekte, der Baumberge erfasst, ist erforderlich.
- Kontinuierliche und repräsentative Abflussmessungen, insbesondere des Trockenwetterabflusses, sind für eine zuverlässige Bilanzierung notwendig.
- Klärung der Grundwasserströmungsverhältnisse zu einer gesicherten Abgrenzung der unterirdischen Einzugsgebiete der einzelnen Gewässer bzw. Quellen. Nur so ist eine verlässliche Gegenüberstellung der Abflussdaten mit den Wasserhaushaltsberechnungen einzelner Teileinzugsgebiete möglich.

An dieser Stelle kann mitgeteilt werden, dass in den Baumbergen die hydrogeologischen Untersuchungen weitergehen. Ein Tracer-Versuch im Umfeld des Longinus-Turms wurde bereits durchgeführt. Die Ergebnisse dieses Versuches zeigen, dass sich das unterirdische Einzugsgebiet der Stever bis zum Longinus-Turm erstreckt. Die vermutete Ausdehnung des Einzugsgebietes lässt sich in diesem Falle bestätigen.

Danksagung

Für die Organisation und Koordination des Autorenteam's der vorliegenden Veröffentlichung, danken wir Frau PD Dr. Patricia Göbel und den zuständigen Koordinator auf Seite des LWL-Museums für Naturkunde Herrn Dr. Bernd Tenbergen. Des Weiteren danken wir dem Kreis Coesfeld für die Bereitstellung zahlreicher Datensätze und den Studierenden und Herrn Dr. Andreas Malkus und Karin Meinikmann der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster, die im Rahmen eines Studienprojektes der Ausbildung zum Bachelor im Studiengang Landschaftsökologie die Messungen durchgeführt und ausgewertet haben.

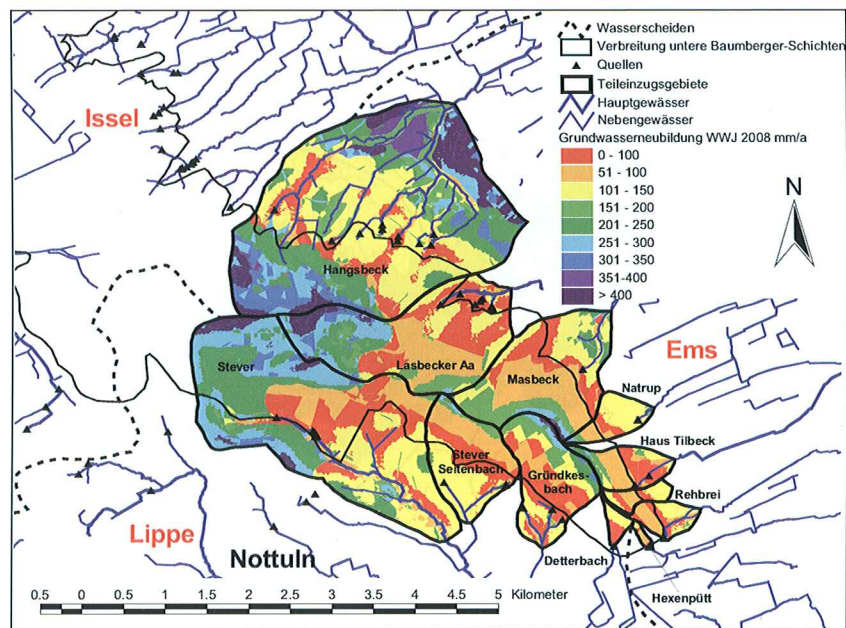
Literatur:

- ATV-DVWK (2002): Verdunstung in Bezug zu Landnutzung, Bewuchs und Boden. – Merkblatt M 504, 144 S.; Hennef.
- BEYER, L. (1992): Die Baumberge. – Aktuelle Geographische Landeskunde des Westfälischen Heimatbundes, **8**: 127 S., 60 Abb.; Münster.
- BÖRGER, R. & K. POLL (1991): Das Verhalten von PBSM und deren Abbaueigenschaften in der ungesättigten Bodenzone eines karbonatischen Grundwasserleiters. – Nachrichten Dt. Geol. Ges., **107**: 16-17; Hannover.
- CHIFFLARD, P., DIDSZUN, J. & H. ZEPP (2008): Skalenübergreifende Prozess-Studien zur Abflussbildung in Gebieten mit periglazialen Deckschichten (Sauerland, Deutschland). – Grundwasser **42** (1) 27-41; Berlin.
- Digitale Bodenkarte von Nordrhein-Westfalen <1 : 50 000>. – Hrsg. Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen; Krefeld.
- DIN 4049-3 (1994): Hydrologie; Grundbegriffe. – Berlin (Beuth).
- ENGEL, M & J. MEYER (2010): Abflussuntersuchungen in den Baumbergen (Kreis Coesfeld, Nordrhein-Westfalen). – Abhandl. Westf. Mus. Naturkde. **72** (3/4): 27 – 36; Münster.
- GLUGLA, G., JANKIEWICZ, P., RACHIMOW, C., LOJEK, K., RICHTER, K., FURTIG, G. & P. KRAHE (2003): BAGLUVA – Wasserhaushaltsverfahren zur Berechnung vieljähriger Mittelwerte der tatsächlichen Verdunstung und des Gesamtabflusses. – Bundesanstalt für Gewässerkunde: BfG-Bericht Nr. 1342: 102 S. – Koblenz.
- LANDESMESSTUNGSAMT FÜR NORDRHEIN-WESTFALEN (LAVERMA) (2004): ATKIS Digitale Modelle der Erdoberfläche. – www.lverma.nrw.de.
- LANDESMESSTUNGSAMT FÜR NORDRHEIN-WESTFALEN (LAVERMA) (2007): Digitales Geländemodell 50x50 m. – www.lverma.nrw.de.
- KLEBER A. (2004): Lateraler Wasserfluss in Hangsedimenten unter Wald. – In: LORZ, C.; HAASE, D. [Hrsg]: Stoff- und Wasserhaushalt in Einzugsgebieten; 7-22; Berlin.
- KREIS COESFELD (2007): Grundwasserbericht 2007. – 27 S.; Coesfeld.
- HAASE, D. [Hrsg]: Stoff- und Wasserhaushalt in Einzugsgebieten; 7-22; Berlin.
- MEYER, J. (2008): Ein vereinfachtes Verfahren zur Berechnung der flächendifferenzierten Grundwasserneubildung in Mitteleuropa. – Lippe Gesellschaft für Wassertechnik mbH, 61 S., www.gwneu.de; Essen.
- MEYER, J. (2010): Begleittext zum Doppelblatt Wasserhaushalt und Grundwasserneubildung von Westfalen– In: Geographisch-landeskundlicher Atlas von Westfalen, Themenbereich II LANDESNATUR, Hrsg.: Geographische Kommission für Westfalen, Landschaftsverband Westfalen-Lippe; Münster.
- NATERMANN, E. (1951): Die Linie des langfristigen Grundwassers (AuL) und die Trockenwetterabflusslinie (TWL). – Wasserwirtschaft **103** (Sonderh.): 12-20; Wiesbaden (Vieweg)
- RICHTER, D. (1995): Ergebnisse methodischer Untersuchungen zur Korrektur des systematischen Messfehlers des Hellmann-Niederschlagsmessers. – Berichte des Deutschen Wetterdienstes, 194, 93 S.; Offenbach a.M.
- WUNDT, W. (1958): Die Kleinstwasserführung der Flüsse als Maß für die verfügbaren Wassermengen. – In: GRAHAM, R.: Die Grundwässer der Bundesrepublik Deutschland und ihre Nutzung. – Forsch. Deutsch. Landeskunde, **104**: 47-54; Remagen.

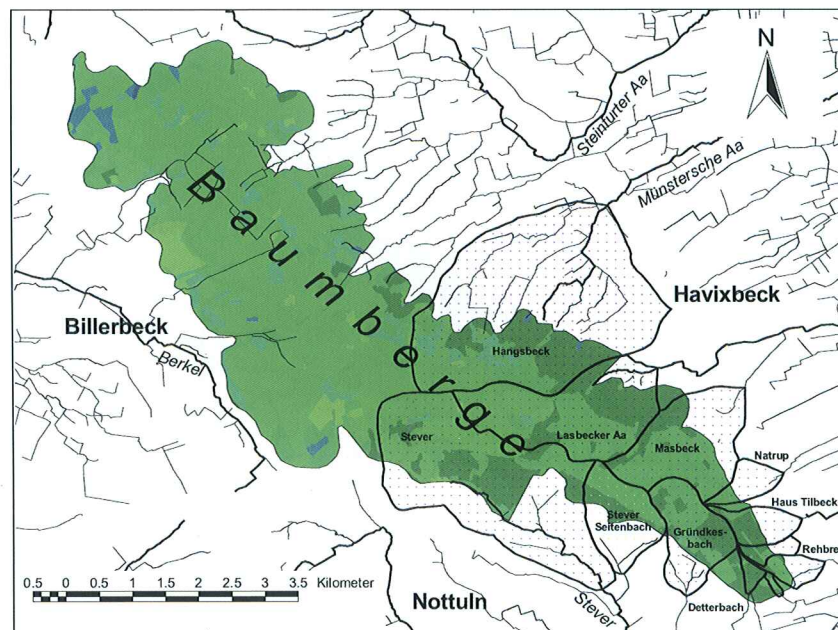
Anschriften der Verfasser:

Dipl.-Landschaftsökologin Meike Düspohl
Institut für Physische Geographie
Goethe-Universität Frankfurt
Altenhöferallee 1, 60054 Frankfurt
duespohl@em.uni-frankfurt.de

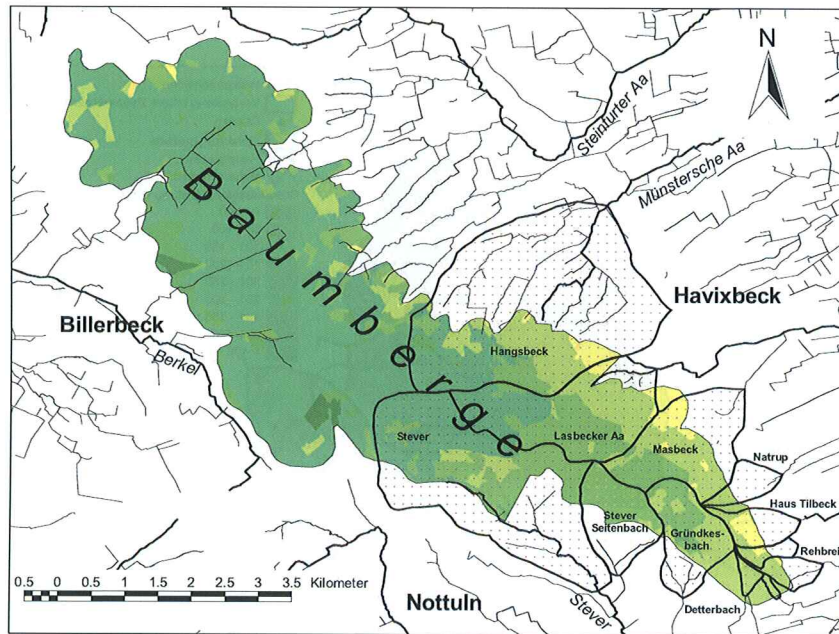
Dr. Johannes Meßer
Emscher Gesellschaft für
Wassertechnik mbH
Hohenzollernstraße 50
45128 Essen
messer@ewlw.de



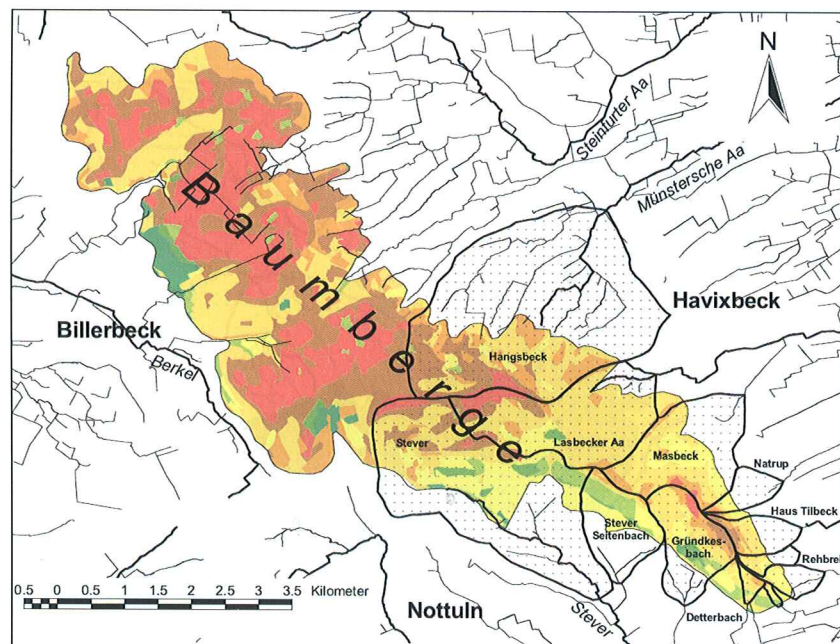
Anhang 1.1: Grundwasserneubildung in den Teileinzugsgebieten der südlichen Baumberge.



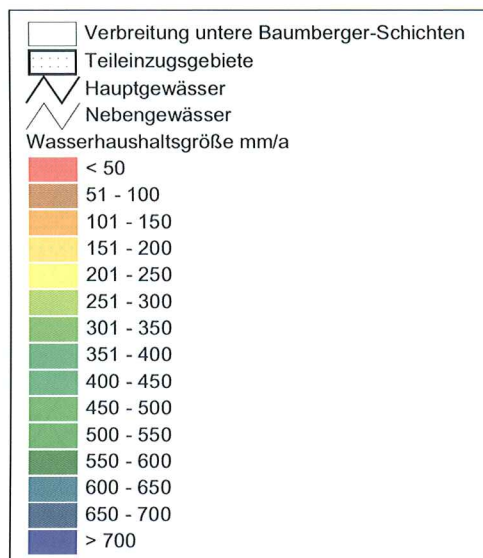
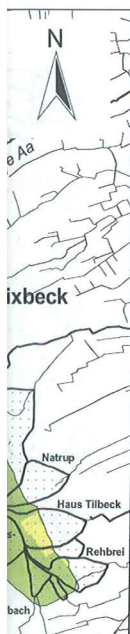
Anhang 1.2: Langjähriges Mittel der Verdunstung in den Baumbergen.



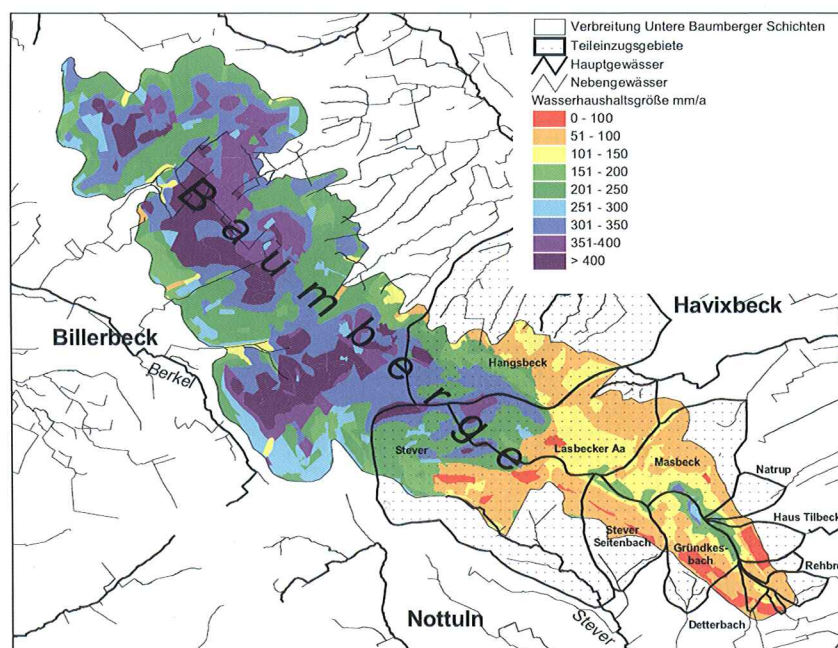
Anhang 1.3: Langjähriges Mittel des Gesamtabflusses in den Baumbergen.



Anhang 1.4: Langjähriges Mittel des Direktabflusses in den Baumbergen.



Anhang 1.5: Legende zum langjähriges Mittel von Verdunstung, Gesamtabfluss und Direktabfluss.



Anhang 1.6: Langjähriges Mittel der Grundwasserneubildung in den Baumbergen.