

# Hydrochemie des Grund- und Quellwassers in den Baumbergen

Birhan Hafouzov, Münster

## Zusammenfassung

Im Rahmen des interdisziplinären Projektes „Quellen in den Baumbergen - Erhaltung, Erforschung und Entwicklung der Quellen im Natur- und Erlebnisraum Baumberge“ wurde der Wasserchemismus der Quellen und des Grundwassers in den Baumbergen erforscht. Die hydrochemischen Untersuchungen fanden vom November 2007 bis Oktober 2008 statt. Mehr als 500 Wasserproben von 76 verschiedenen Quellstandpunkten wurden analysiert. Bei den Untersuchungen im Gelände handelte es sich um Messung von Temperatur, pH-Wert, Leitfähigkeit sowie Sauerstoffgehalt. Die Analyse von Kationen, Anionen sowie Spurenelemente erfolgte im Labor. Die Untersuchungen ergaben, dass die Quellen im Allgemeinen einen ähnlichen Chemismus (Ca-HCO<sub>3</sub>-Typ Grund- bzw. Quellwasser) aufweisen. Diese Feststellung trifft vor allem auf die Hauptbestandteile Calcium Ca<sup>2+</sup>, Natrium Na<sup>+</sup>, Magnesium Mg<sup>2+</sup>, Hydrogenkarbonat HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Chlorid Cl<sup>-</sup>, Sulfat SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> und Silizium SiO<sub>3</sub><sup>2-</sup> zu. Die Parameter, die im Mikrobereich wirken, wie z.B. Phosphat PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, zeigen gewisse Schwankungen in der Konzentration. Eine Besonderheit in den Quellen der Baumberge wiesen die Nitrat NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-Konzentrationsänderungen auf. Als Ursache dafür kommt der Eintrag aus gedüngten landwirtschaftlich genutzten Flächen in Frage. Die Vermutung, dass Tiefenwässer entlang Störungen und Kluftsystemen emporsteigen, konnte anhand der vorliegenden Strontium Sr<sup>2+</sup>-, Bor B<sup>5+</sup>- und Fluorid F-Konzentrationen, die in den Tiefenwässern im Münsterland allgemein vorkommen, nicht bestätigt werden. Die Hydrochemie des Grund- und Quellwassers in den Baumbergen unterliegt anthropogenen und geogenen Einflüssen. Als anthropogene Faktoren kommen Landnutzung jeder Art und Düngung in Frage. Als geogene Einflüsse sind die Beschaffenheit und Lagerung der Gesteinsschichten, Hangneigung, Relief, Vegetation, Klima und Exposition zu nennen.

## 1 Einleitung

Mit der Beschreibung der aktuellen Hydrochemie der Quellen in den Baumbergen wird hier erstmals eine Region im Münsterland untersucht, die eine einmalige Besonderheit als „natürliches Lysimeter“ in ihrer Ausbildung aufweist. Zugrunde liegt ein hydrochemischer Datensatz von mehr als 76 Quellen (DÜSPOHL et al. 2009). Diese Problemstellung ist eines der Themen in dem interdisziplinären Projekt „Quellen in den Baumbergen - Erhaltung, Erforschung und Entwicklung der Quellen im Natur- und Erlebnisraum der Baumberge“. Ziel dieser Erforschung ist es, die Quellen der Baumberge, die entlang der +120 mNN Höhenlinie entspringen, hydrogeochemisch zu untersuchen. An diesen Quellen tritt das Grundwasser zutage, das den gesättigten Bereich der Baumberge-Schichten durchflossen hat. Besonderes Augenmerk gilt der Bestimmung des Wasserchemismus von Quellen mit ganzjähriger Schüttung.

Ferner wird der Versuch unternommen, eventuell auftretende Tiefenwässer zu lokalisieren. Diese können entlang der Störungen und der Kluftsysteme aufsteigen. Tiefenwässer zeigen in der Regel differenziertere chemische Zusammensetzungen als Quell- und Grundwasser an (z.B. höhere  $\text{Sr}^{2+}$ - oder  $\text{NaCl}$ -Gehalte als die durchschnittliche Werte).

## 2 Methoden

### 2.1 Probennahme

Die Quellwasserprobennahmen wurde monatlich insgesamt 12-mal für das hydrologische Jahr 2008 durchgeführt (2007: 47. KW [75 Proben], 51. KW [75 Proben]; 2008: 3. KW [60 Proben], 7. KW [67 Proben], 11. KW [72 Proben], 16. KW [68 Proben], 22. KW [33 Proben], 25. KW [22 Proben], 29. KW [17 Proben], 33. KW [17 Proben], 38. KW [16 Proben], 42. KW [28 Proben]). Die konkrete Probennahmestelle in den Quellbereichen bzw. -tälern war während der Untersuchungen lagestabil, obwohl die oberirdische Austrittsstelle des Quellwassers in den Sommermonaten häufig talabwärts „wanderte“. Dies hatte zur Folge, dass in den Sommermonaten wesentlich weniger Quellstandorte beprobt werden konnten. Direkt vor Ort wurden zuerst die Vor-Ort Parameter Temperatur, elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert und Sauerstoffgehalt bestimmt. Die Quellwasserprobennahme erfolgte über Schöpfproben unter der Wasseroberfläche. Dabei wiesen die Wasserproben oft Verunreinigungen (Laub, organisches Material) oder Beimengungen (Sediment) auf. Die Quellwasserproben wurden vor Ort zur Vorbereitung für die weiteren Untersuchungen im Labor filtriert (Porengröße 4-7  $\mu\text{m}$ ); 50 ml der Wasserprobe wurde mit  $\text{HNO}_3$  für die Kationenbestimmung stabilisiert. Im Labor wurden 500 ml der Quellwasserproben für die Anionenbestimmung weiterhin über Membranfilter (Porengröße 0,45  $\mu\text{m}$ ) filtriert.

### 2.2 Untersuchungen im Labor

Die Untersuchungen zur hydrochemischen Beschaffenheit der Quellwasserproben erfolgte anhand ausgewählter Kationen ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , Aluminium  $\text{Al}^{3+}$ , Eisen  $\text{Fe}^{2/3+}$ ), Anionen ( $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SiO}_3^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ), Spurenelemente ( $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{B}^{5+}$ ,  $\text{F}^-$ ) sowie Stickstoffverbindungen (Nitrat  $\text{NO}_3^-$ , Nitrit  $\text{NO}_2^-$ ). Die Kationen und Spurenelemente wurden mittels Optische Emissionsspektroskopie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-OES) ermittelt; die Anionen und Stickstoffverbindungen mittels Ionochromatograph (IC). Der  $\text{HCO}_3^-$ -Gehalt wurde titrimetrisch bestimmt. Die Laborwerte wurden nach aktuellen DIN-Verfahren ermittelt. Die Plausibilität der Laborwerte wurde anhand gültiger Ionenbilanz-Berechnungen bestätigt.

### 2.3 Grafische Darstellung

Die grafischen Darstellungen der Laborwerte ermöglichen den Vergleich der hydrochemischen Ergebnisse und erleichtern deren Auswertung. Während der hydrochemischen Untersuchungen von Quellwässern in den Baumbergen wurde speziell das Programm *AquaChem* (Fa. „Waterloo“, Canada, Version 5.1) eingesetzt. Dieses Programm ermög-

licht die grafische Darstellung in PIPER-, SCHOELLER- sowie Scatter-Diagramme. Weiterhin wurden Kreisdiagramme für die Gesamtlösungsinhalte der Quellwässer sowie Ionen-Ganglinien ausgewählter Inhaltsstoffe mit Microsoft Office EXCEL 2003/2007 dargestellt. Für die Ergebnisse der Multivariaten Analyse wurde das Programm PAST eingesetzt.

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Hydrochemische Situation im Februar 2008

Im Februar 2008 führten die meisten der 76 Quellen Wasser (67 Quellwasserproben). Das Messprogramm war zu diesem Zeitpunkt überaus ausgereift (4. Probennahme-Kampagne). Außerdem zeigt der Monat Februar in der Jahres-Abflussdynamik ein Abflussmaximum (ENGEL 2008).

In Anhang 2.1 ist ersichtlich, dass alle Quellwasserproben einen  $\pm$  einheitlichen Ca-HCO<sub>3</sub>-Typ aufzeigen. Nach HÖLTING & COLDEWEY (2009) können diese als ein erdalkalisches Wasser, überwiegend hydrogen-karbonatisch (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>), betrachtet werden. Diese Einteilung ermöglicht eine schnelle und einfache Übersicht für die Quell- bzw. Grundwasserzusammensetzung. Die Proben zeigen bei tiefergehenden Betrachtung eine leichte Variation in der Konzentration. Hierbei lassen sich leicht drei verschiedene Gruppen von Proben bilden:

- mit hohem HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>-Gehalt > 80 % in der Punktwolke,
- mit mittlerem HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>-Gehalt 70-80 % in der Punktwolke und
- mit niedrigem HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>-Gehalt < 70 % in der Punktwolke.

In Anhang 2.2 ist ebenfalls ersichtlich, dass Ca<sup>2+</sup> und HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> die Hauptinhaltsstoffe des Quellwassers darstellen. Sie zeigen konstante Konzentrationen gegenüber allen anderen meist viel geringer konzentrierten Inhaltsstoffen. Die Kationen Na<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup> und K<sup>+</sup> (Markierung 1) sowie die Anionen NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> und Cl<sup>-</sup> (Markierung 3) weisen Variationen in den Konzentrationsniveaus auf. Hierbei zeigen K<sup>+</sup> und NO<sub>3</sub><sup>-</sup> die größten Variationen. Die Variationen von Na<sup>+</sup> und Cl<sup>-</sup> liegen auf dem gleichen Konzentrationsniveau. Das Spurenelement Sr<sup>2+</sup> – als möglicher Hinweis für aufsteigendes Tiefengrundwasser – weist geringe Abweichungen (Markierung 2) auf.

Die räumlichen Variationen der NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-Konzentration der Quellwässer in den Baumbergen liegen im Februar 2008 zwischen 7,54 mg/l und 81,58 mg/l (in Anhang 2.3). 18 Quellaustritte weisen NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-Konzentrationen aus, die über dem Grenzwert der Trinkwasserverordnung (TRINKWV 2001) von 50 mg/l liegen. Die niedrigsten Konzentrationen wurden im nordöstlichen Zentralbereich der Baumberge (Einzugsgebiet der Steinfurter Aa) registriert; die höchsten Konzentrationen dagegen werden in den nordwestlichen (Einzugsgebiet der Vechte) und südöstlichen Teil des Arbeitsgebietes (Einzugsgebiet der Steyer) verzeichnet.

### 3.2 Hydrochemische Situation im WWJ 2008

Für die Beschreibung der ganzjährigen hydrochemischen Situation in den Baumbergen werden die Quellen in Betracht gezogen, die bei mehr als 10 Probennahme-Kampagnen

eine Schüttung aufwiesen. Hierbei musste die Auswahl der Quellen auf 6 Quellstandorte mit insgesamt 10 Quellaustritten beschränkt werden (Anhang 2.4). Der Datensatz besteht aus 115 Quellwasserproben.

### 3.2.1 Gesamtmineralisation

Eine weitere Darstellungsform für hydrochemische Daten von Wasserproben sind räumlich verteilte Kreisdiagramme für die Quellwasserproben mit ganzjähriger Schüttung (Anhang 2.5). Der größte Kreis weist die höchste mittlere Gesamtmineralisation von 695,1 mg/l in der Vechtequelle D I\_D auf und der kleinste Kreis zeigt die niedrigsten Werte von 642,0 mg/l in der Steverquelle A XII\_A an.

### 3.2.2 Korrelationsanalyse

Scatter-Diagramme werden verwendet, um mögliche Zusammenhänge zwischen zwei oder mehreren Parametern festzustellen. Im Scatter-Diagramm des  $[K^+ + Cl^-]:[NO_3^-]$ -Verhältnisses lassen sich Inhaltsstoffe aus der Düngung gegeneinander darstellen (Anhang 2.6). Es sind drei Punktwolken zu verzeichnen. Die erste Punktwolke 1 (mit langem Strichpunkt-Punkt markiert) deutet auf eine positive Korrelation zwischen  $K^+$ ,  $Cl^-$  und  $NO_3^-$  an den Hexenpüttquellen A V\_A und B, der Berkelquelle B XVI und der Vechtequelle D I\_D hin. Es ist auffallend, dass sich bei diesen Proben um die Quellen mit höchsten  $NO_3^-$ -Gehalten handelt. Aus diesem Anlass könnte ein anthropogener Ursprung für die  $K^+$  und  $Cl^-$  bestehen. Die Punktwolken 2 (mit Strichlinie markiert) und die Punktwolke 3 (mit ununterbrochener Linie markiert) zeigen dagegen eine schwach bzw. stark negative Korrelation an. Diese Plotwolken kreisen die Ergebnisse der Steverquellen A XII\_A, B und E sowie der Arningquelle F VII ein. Bei diesen Quellen sind die niedrigsten  $NO_3^-$ -Werte registriert. Für die Proben der Steverquelle A X II\_I und die Arningquelle F VI kann keine eindeutige Zuordnung gemacht werden. Ausreißer stellen die Steverquellen A XII\_A, I, die Berkelquelle B XVI und die Arningquelle F VI dar.

### 3.2.3 Ganglinienanalyse

Der Jahres-Ganglinienverlauf der Hauptinhaltsstoffe  $Ca^{2+}$  und  $HCO_3^-$  aller Quellen zeigt generell leicht abnehmende Konzentrationen im Laufe des WWJ 2008. Lediglich die Arningquellen (westlich und östlich) F VI und F VII sowie die Vechtequelle D I\_D zeigen ein Maximum im April bzw. Mai 2008. Die  $Mg^{2+}$ -Konzentrationen weisen sehr ähnliche Ganglinien-Verläufe für alle Quellstandorte mit einem Maximum in den Monaten Februar, März und April 2008 auf. Die Quellen, die eine  $NO_3^-$ -Konzentration über dem Grenzwert (TRINKWV 2001) aufweisen, haben ihr Maximum in den Monaten April, Mai und Juni 2008 (Anhang 2.7). Dabei handelt es sich um die Hexenpüttquellen A V\_A und B, Berkelquelle B XVI und die Vechtequelle D I\_D. Im Gegensatz dazu, zeigen die Quellen mit niedrigeren  $NO_3^-$ -Konzentrationen Ganglinien-Verläufe mit kurzzeitigen Spitzen.

Im Allgemeinen zeigt  $K^+$  ein niedriges Konzentrationsniveau im Bereich von 2 mg/l an (Anhang 2.8). Die Steverquelle A XII\_B und E, die Berkelquelle B XVI und die Arningquelle F VI stellen Ausreißer im Winterhalbjahr 2008 dar. Der  $K^+$ -Gehalt hat die

größten Schwankungen in einem Zeitraum, in dem ein Auswaschen der landwirtschaftlich genutzten Flächen durch Niederschläge in das Grundwasser passieren kann.

Die Ganglinien der  $\text{PO}_4^{3-}$ -Konzentrationen weisen sehr niedrige Werte im Bereich von etwa 0,01 mg/l bis 2 mg/l (Anhang 2.9). Ein Ausreißer stellt die Steverquelle A XII\_I für den Monat Januar 2008 dar. Auffällig ist, dass in der Zeitspanne von April bis Juni 2008 relativ niedrige und konstante Konzentrationen um 0,5 mg/l registriert werden. Der  $\text{PO}_4^{3-}$ -Gehalt offenbart einen anthropogenen Ursprung, da die größten Konzentrationsänderungen durch Niederschläge in den Wintermonaten bedingt sind.

### 3.2.4 Korrespondenzanalyse

Mit Hilfe der Multivariaten Analyseverfahren werden die physikalisch-chemischen Vor-Ort-Parameter sowie die analysierten Ionen, Spurenelemente und die Quellstandorte gemeinsam statistisch ausgewertet. Dadurch können „versteckte“ Zusammenhänge bzw. Ähnlichkeiten/Unähnlichkeiten innerhalb der beobachteten Daten registriert werden. Außerdem lassen sich die Parameter, die im Mikrobereich wirken, besser darstellen. Betrachtet werden die Ergebnisse der Quellen mit mehr als 10 Probennahmen (Anhang 2.10).

Mittels dieser Verfahren lassen sich drei Gruppen anhand der vorgegebenen Merkmale, wie z.B. Ionenkonzentration, Vor-Ort-Parameter und Quellstandort, bilden. Hier wird zum ersten Mal zwischen  $\text{PO}_4^{3-}$ -haltigen (Gruppe 1),  $\text{NO}_3^-$ -haltigen (Gruppe 2) und  $\text{K}^+$ - und  $\text{Mg}^{2+}$ -haltigen (Gruppe 3) Quellen unterschieden, wobei die letzten zwei Gruppen eine Abhängigkeit von ihren anthropogenen Ursprung ( $\text{NO}_3^-$  und  $\text{K}^+$ ) unter sich aufweisen. Die Vechtequelle D I\_D präsentiert sowohl beträchtliche  $\text{NO}_3^-$ -Werte als auch hohe  $\text{K}^+$  und  $\text{Mg}^{2+}$ -Gehalte und kann ebenso wie die Steverquelle A XII\_A nicht eindeutig gruppiert werden.

Zu der ersten Gruppe 1 ( $\text{PO}_4^{3-}$ -haltig) zählen die Steverquelle A XII\_I, die Berkelquelle B XVI und die Arningquelle F VII (östlich). Diese Gruppierung zeigt einen Gehalt unter 10 mg/l auf. Laut SCHIRMER (2009) verändert nach HÜTTER (1994) ist diese Feststellung auf die Einleitung von Abwässern zurückzuführen. Eine andere Erklärung für diesen Befund wäre die Zufuhr von  $\text{PO}_4^{3-}$  aus landwirtschaftlich genutzten Flächen.  $\text{PO}_4^{3-}$  wird über kürzere Wege ins Grundwasser deponiert. Somit stellt dieses Anion einen Anzeiger von direktem Abfluss dar. Die Verfrachtung dieser Parameter findet oft über Dränagenrohre statt.

Die zweite Gruppe 2 ( $\text{NO}_3^-$ -haltig) wird von den Hexenpüttquellen A V\_A und B gebildet, deren Austritte sich in einer unmittelbarer Nachbarschaft befinden. Gleichzeitig bestätigt die Korrespondenzanalyse vorherige Annahmen. Als Beispiel hierfür dient die Bestimmung der  $\text{NO}_3^-$ -Unähnlichkeit und die  $\text{NO}_3^-$ -Konzentrationsänderung der Quellen. Zu den  $\text{NO}_3^-$ -haltigen Quellen zählen die Hexenpüttquellen A V\_A und B (in Anhang 2.10).

Die dritte Gruppe 3 ( $\text{K}^+$  und  $\text{Mg}^{2+}$ -haltig) ist aus den Steverquellen A XII\_B und E, und den Arningquelle F VI (westlich) zusammengefasst. In dieser Hinsicht sind zwei Ausnahmen festzustellen.

Ein Beispiel für „versteckte“ Zusammenhänge liefert die Bestimmung der Unähnlichkeit des Parameters  $\text{PO}_4^{3-}$  gegenüber den anderen Parametern. In Anhang 2.10 lässt sich erkennen, dass das  $\text{PO}_4^{3-}$  die größte Abweichung der Konzentration und somit die ausgeprägteste Unähnlichkeit aufweist. Außerdem besagt diese Darstellung, dass die höchst gemessene  $\text{PO}_4^{3-}$ -Konzentration bei der Steverquelle A XII\_I zu verzeichnen ist. Anderes Beispiel liefert die Berkelquelle B XVI. Diese ist nach bisherigen Angaben als eine  $\text{NO}_3^-$ -haltige Quelle anzugeben. Der Konzentrationsunterschied bzw. die Unähnlichkeit zwischen  $\text{PO}_4^{3-}$  an diesem Quellstandort und den anderen Parametern ist entsprechend so groß, dass diese Quelle eher als  $\text{PO}_4^{3-}$ -haltige statt als  $\text{NO}_3^-$ -haltige bezeichnet werden kann. Diese Tatsache ist durch die Verzerrung des Diagramms in Richtung  $\text{PO}_4^{3-}$  zu bestimmen. Eine weitere  $\text{PO}_4^{3-}$ -haltige Quelle ist die Arningquelle F VII (östlich), welche aus der Sicht der Ionen-Ganglinien Auswertung nicht zu erkennen ist. Grund dafür sind die niedrigen  $\text{PO}_4^{3-}$ -Werte im Vergleich zu den anderen Parametern.

## 4 Dünnschliffe

Für die Dünnschliffanalyse wurden 15 Sedimentproben an verschiedenen Quellstandorten entnommen. Das Lockermaterial wurde auf Glasträger aufgeklebt und auf 27  $\mu\text{m}$  Dicke heruntergeschliffen. Unter dem Polarisationsmikroskop sind Kalzitbildungen in Form von Ooiden an vielen Quellstandorten, wie z.B. Hexenpütt erkennbar (Anhang 2.11). Andere Quellen zeigten hohen Karbonatanteil an, der als Hinweis auf Sinterbildungen gilt.

## 5 Ausblick

Die Hydrochemie der Quellwässer in den Baumbergen weist eine Abhängigkeit von den jahreszeitlichen und räumlichen Faktoren auf. Im Raum haben die Flächennutzung, die Hangneigung und die Vegetation unterschiedlich starken Einfluss. Um eine umfassende Erklärung des Flächennutzungsfaktors zu geben, sind eine Auswertung mittels Analyse von Luftbildreihen und eine Kartierung der Landflächen von Nöten. Innerhalb der multivariaten Analyse ist es empfehlenswert, weitere hydrochemische Analysen (auch an Sommerquellen) durchzuführen und weitere Parameter (auch sogenannte „Softparameter“) einzubinden.

## Danksagung

Ganz besonders möchte ich einer speziellen Person danken, ohne die meine Arbeit nie in einem solchen Umfang entstanden wäre. Diese Person ist Frau Dr. Patricia Göbel. Ihr möchte ich für die Vergabe und hervorragende Betreuung meiner Masterarbeit danken. Sie bereicherte mich und meine Arbeit mit Denkanstößen und Diskussionsgrundlagen. Des Weiteren möchte ich Herrn Prof. Dr. Wilhelm G. Coldewey meinen Dank zollen. Durch ihn wurde das Projekt „Quellen in den Baumbergen - Erhaltung, Erforschung und Entwicklung der Quellen im Natur- und Erlebnisraum der Baumberge“ ermöglicht. Ebenso bedanke ich mich bei den Projektteilnehmern Meike Düspohl, Michael Engel, Catharina Kähler, Birte Krüttgen und Frauke Müller. Ich danke Euch für die Unterstützung bei den Probenahmen und Eurem tatkräftigen Willen zur Diskussion. So konnten

wir alle etwas voneinander lernen. Mein Dank gilt Frau Alexandra Reschka für die Labormessungen der Proben sowie Herrn Dr. Wolfgang Riss, der mir hilfsbereit bei der statistischen Auswertung zur Seite stand. Ferner möchte Frau Dr. Bettina Dölling vom Geologischen Dienst NRW in Krefeld meinen Dank ausdrücken. Sie stellte mir Kartenmaterial und ihre fachliche Beratung zur Verfügung. Ebenso möchte ich dem Kreis Coesfeld wie auch die Bezirksregierung Münster lobend erwähnen.

### Literatur:

- DÜSPOHL, M., ENGEL, M., HAFOUZOV, B., KÄHLER, C., KRÜTTGEN, B. & F. MÜLLER (2009): Wo die Schlüssel überläuft – eine interdisziplinäre Untersuchung der Quellen in den Baumbergen (Münsterland, NRW); Münster. – [Unveröff. Projektbericht].
- ENGEL, M. (2008): Erfassung der Abflusskomponente in den Baumbergen (Kreis Coesfeld, NRW) im Rahmen des Projekts „Quellen in den Baumbergen – Erhaltung, Erforschung und Entwicklung der Quellen im Natur- und Erlebnisraum Baumberge“; Münster. – [Unveröff. Diplomarbeit].
- Geologische Karte 1:25 000 - Blatt C 4010 Nottuln; DÖLLING, B. (2007): Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen; Krefeld.
- HÖLTING, B. & W. G. COLDEWEY (2009): Hydrogeologie. Einführung in die allgemeine und angewandte Hydrogeologie, 7. Aufl.; 326 S., 69 Tabellen; München.
- HÜTTER, L., A. (1994): Wasser und Wasseruntersuchung: Methodik, Theorie und Praxis chemisch-physikalischer, biologischer und bakteriologischer Untersuchungsverfahren.- 6. Aufl., 515 S.; Frankfurt.
- PICHLER, H. & C. SCHMITT-RIEGRAF (1993): Gesteinsbildende Minerale im Dünnschliff.- 2. Aufl., S. 233., 436 Abb., 16 Farbb., 22 Tab., 1 Farbt.; Stuttgart.
- SCHIRMER, C. (2009): Chemisch-ökologische Untersuchung der Eutrophierung des Berkelquelltopfes in Billerbeck. - 64 S., 16 Abb.; Münster. - [Unveröff. Bachelorarbeit].
- TRINKWASSERVERORDNUNG (2001): Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch TrinkwV 2001-Trinkwasserverordnung; BGBl I Nr.24 vom 28.5.2001, Berlin.

Anschrift des Verfassers:

M. Sc. Birhan Hafouzov  
Hollenbeckerstr.31  
48143 Münster

birhan\_chispas@gmx.de

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://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): Hafouzov Birhan

Artikel/Article: [Hydrochemie des Grund- und Quellwassers in den Baumbergen 37-43](#)