

Dokumentation und ökologische Bewertung der Quellen im Paderborner Stadtgebiet

- Erläuterungsbericht -



im Auftrag der
Stadt Paderborn

November 2014



- Landschaftsplanung
- Bewertung
- Dokumentation

Piderits Bleiche 7, 33689 Bielefeld, fon: 05205 / 9918-0, fax: 05205 / 9918-25

mail: nzo.bielefeld@nzo.de
web: www.nzo.de

Inhalt

	Seite
1. Anlass und Aufgabenstellung	1
2. Naturräumlicher Überblick	3
3. Quellen und ihre natürliche Beschaffenheit	6
4. Lage, Verteilung und Typen der Quellen in Paderborn	12
5. Strukturelle Ausprägung und Vegetation	23
6. Faunistische Besiedlung	29
7. Physikalisch-chemische Eigenschaften	33
8. Ökologischer Zustand der Paderquellarme	41
9. Gesamtbewertung und Maßnahmenvorschläge	52
10. Besondere Fotodokumentation	66
11. Literatur	76

Anhänge (separat geheftet)

Anhang 1:
Kartendarstellungen zur Chemie und Bewertung

Anhang 2:
Datenblätter der untersuchten Quellen
Datenblätter der untersuchten Paderquellarme

Übersicht über die Karten in der Anlage:

Karte 1: Quellen in Paderborn

auf DVD:

1. Bericht
2. Anhänge
3. Originaldateien der Laborauswertungen
4. Fotos in hoher Auflösung

Übersicht über die Abbildungen:	Seite
Abb. 1: Quellbecken der Dielenpader unterhalb von Kaiserpfalz und Dom	2
Abb. 2: Naturräume im Bereich der Stadt Paderborn	3
Abb. 3: Schematischer hydrogeologischer Schnitt durch den Untergrund des Stadtgebietes Paderborn (aus: SKUPIN 1982)	4
Abb. 4: Bodentypen auf dem Gebiet der Stadt Paderborn	5
Abb. 5: Rothebachquelle (nördlicher Quellbach) trocken gefallen (08.05 2013, oben) und schüttend (27.05.2013, unten)	8
Abb. 6: Gegenblättriges Milzkraut (Bildmitte) und Seggen an der A02	10
Abb. 7: Lage der nach Überprüfung vor Ort als Quellen ausgeschlossenen Strukturen	13
Abb. 8: Rothobornquelle	16
Abb. 9: Augenquelle und Rothobornquelle	17
Abb. 10: Lageplan der Paderquellen aus STILLE (1903)	18
Abb. 11: Typische Tümpelquelle (Ro05, im Mai 2013)	19
Abb. 12: Quellbereich in der Rothobornpader	20
Abb. 13: Typische Sickerquelle (E01)	21
Abb. 14: Waldquelle E04, möglicherweise eine Wanderquelle	22
Abb. 15: Die Haxthausenquelle hinter der Paderhalle liegt unmittelbar an einem Fußweg	24
Abb. 16: Quellbecken der Dielenpader mit Feindsedimenten und fädigen Grünalgen	25
Abb. 17: Quelle auf dem „Kehl-Schwarze“-Gelände (P20)	26
Abb. 18: Quelloberlauf der Quelle J05	28
Abb. 19: Larve des Feuersalamanders (Quelle A02)	32
Abb. 20: Elektrische Leitfähigkeit an den untersuchten Quellen	34
Abb. 21: Nitratgehalte der untersuchten Quellen	37
Abb. 22: Chlorid-Gehalt an den untersuchten Quellen	39
Abb. 23: Umfeldnutzung und Verbauungszustand der Paderquellarme oberhalb von Kisau und Mühlenstraße	42
Abb. 24: Zusammenfluss von Börnepader (links) und Dampader (rechts), flussaufwärts	43
Abb. 25: Dampader „An der Wasserkunst“, in Fließrichtung	44
Abb. 26: Absturz in der Dielenpader im Unterwasser der Mühle Reineke	45
Abb. 27: Kronkorken auf der Sohle der Dampader	46
Abb. 28: Dreistachlige Stichlinge in der Rothobornpader	48
Abb. 29: Strukturgebende Ufergehölze in der Dielenpader am Geißelschen Garten	49
Abb. 30: Eisvogel und Wasseramsel	50
Abb. 31: Die Paderarme sind wichtige Biotopverbundachsen mitten in der Stadt	51
Abb. 32: Nachweise von quelltypischer Flora und Fauna (Stadtgebiet)	55
Abb. 33: Nachweise von quelltypischer Flora und Fauna (nur Paderquellgebiet)	56

Abb. 34: Trübungen der Quellen deuten auf die geringe Filterwirkung von Boden und Gestein im Grundwassereinzugsgebiet (hier P21).	57
Abb. 35: Eutrophierung (Brennnesselbewuchs) in Folge bis an die Quelle und den Quellbach reichender Ackernutzung (Ro02)	59
Abb. 36: Aufstau des Ablaufs der Quelle GB02	61
Abb. 37: Schwellen wie hier an der Masperspader halten den Wasserstand in den Quellbecken künstlich hoch	62
Abb. 38: Teichfaden und kiesige Sohle im Auslaufbereich des Quellbeckens der Börnepader	64
Abb. 39: Quellbecken der Börnepader aus der Luft im Bestand (links) und mit schematischer Darstellung möglicher Schwimmkörper zur Verringerung des Abflussquerschnitts (rechts)	65
Abb. 40: Quellbecken der Warmen Pader	66
Abb. 41: Sohle des Quellbeckens der Warmen Pader	67
Abb. 42: „Sprudelrohr“ in einem höher gelegenen Quellbecken der Dammpader	67
Abb. 43: Fädige Grünalgen in Börnepader	68
Abb. 44: Quellen in der Rothoborn-Pader	68
Abb. 45: Teichfaden in der Rothoborn-Pader unterhalb der Kaiserpfalz	69
Abb. 46: Quellabfluss aus der Kaiserpfalz	69
Abb. 47: Sohle der Dielenpader oberhalb der Brücke zur Stadtbibliothek	70
Abb. 48: Sohle der Dielenpader im aufgeweiteten Quellbecken	70
Abb. 49: Substratbesiedlung durch Bachflohkrebse in der Dielenpader unterhalb der Brücke zur Stadtbibliothek	71
Abb. 50: Starker Feinsedimenteintrag in der Dielenpader unterhalb der Brücke zur Stadtbibliothek (Zulauf „Quelle an den Dielen“)	71
Abb. 51: Substratbesiedlung durch Köcherfliegen und Quellmoose im Ablauf der Haxthausenquelle	72
Abb. 52: Kiessohle der Haxthausenquelle (mit Köcherfliegen, Wasserstern, Bachbunge)	72
Abb. 53: „Sandvulkane“ auf der Sohle der „Kehl-Schwarze“-Quelle P11	73
Abb. 54: Ablauf der „Kehl-Schwarze“-Quelle P11	73
Abb. 55: Quellbecken der Masperspader (zentraler Bereich)	74
Abb. 56: Quellbecken der Masperspader (Zulaufbereich Paderhalle)	74
Abb. 57: Schafswäschequelle am Rothebach (Ro07) im Mai 2013	75
Abb. 58: Quelle im Dörenerholz (Ro05) im Mai 2013	75

Übersicht über die Tabellen:

Seite

Tab. 1:	Anzahl der erfassten Quellstandorte nach oberirdischen Teileinzugsgebieten	14
Tab. 2:	Nutzungsstruktur an den Quellstandorten gem. ATKIS	15
Tab. 3:	LAWA-Güteklassifikation	33
Tab. 4:	Zusammenstellung von Chlorid-Gehalten in Warmer Pader und Dampader	40

1. Anlass und Aufgabenstellung

Paderborn hat als Ursprungsort der Pader und „Stadt der Quellen“ von jeher einen starken Bezug zu Quellen. Neben den häufig im Mittelpunkt stehenden Paderquellen, die zweifelsohne im Hinblick auf stadthistorische, kulturelle, ökologische und geologische Aspekte von ganz besonderer Bedeutung sind, gibt es im Paderborner Stadtgebiet aber noch eine Vielzahl weiterer Quellen, die zwar nicht so groß und vordergründig auffällig wie die der Pader sind, die jedoch ebenfalls bedeutende Auswirkungen auf Siedlungsentwicklung, Landschaft und Natur hatten und haben.

Die zahlreichen Quellen im Einzugsgebiet des Rothebaches sind hier beispielsweise zu nennen, die aufgrund ihrer Karstbeeinflussung von herausragender ökologischer und geologischer Bedeutung sind. Dies wird u. a. in der erschienenen Broschüre zum Rothebach eindrucksvoll dokumentiert (STADT PADERBORN 2013). Weitere Quellzonen befinden sich im Einzugsbereich der Gunne im Gebiet von Elsen sowie im Wewerschen Forst. Dort sind als Besonderheit die teilweise vorhandenen Abhängigkeiten vom Abflussregime der Alme zu nennen.

Trotz ihrer Bedeutung und Vielzahl fehlte bislang eine systematische Aufarbeitung und Dokumentation aller Paderborner Quellen zu einem Untersuchungszeitraum.

Aus diesem Grund wurde die NZO-GmbH, Bielefeld von der Stadt Paderborn, Amt für Umweltschutz und Grünflächen, mit der vorliegenden Quellenuntersuchung beauftragt. Folgende Ziele sollten damit erreicht werden:

- präzise kartographische Darstellung aller bekannten und recherchierbaren Quellen auf Paderborner Stadtgebiet,
- Erfassung der strukturellen Ausprägung der Quellen bzw. Quellbecken und von deren Umfeld,
- Aufnahme der Quellvegetation,
- Untersuchung der Wirbellosenfauna (Makrozoobenthos), Dokumentation von anderen Artengruppen, soweit sie vorkommen (z. B. Fische, sonstige faunistische Besonderheiten),
- Feststellung des chemischen Zustands des Quellwassers,
- Foto-Dokumentation der Quellen anhand qualitativ hochwertiger digitaler Aufnahmen über und unter Wasser,
- Gesamtbewertung des ökologischen Zustands der Quellen, Aufzeigen von Defiziten und Vorschlägen von Maßnahmen zu deren Minderung bzw. Beseitigung.

Spezielle Quellsituationen, wie z. B. Quellkeller in historischen Gebäuden, die ein besonderes Schlaglicht auf die typischen Paderborner Verhältnisse werfen, wurden mit dem gleichen vollständigen Untersuchungsprogramm wie die übrigen Quellen bearbeitet.

Auftragsgemäß wurde auch eine orientierende ökologische Bestandserfassung der Paderquellarme und ihres direkten Umfeldes oberhalb der Kisau/Mühlenstraße vorgenommen, die als eine erste Bewertungsgrundlage für möglicherweise in diesem Bereich anstehende Umgestaltungsmaßnahmen dienen soll.

Der vorliegende Bericht erläutert die Untersuchungsergebnisse zusammenfassend, wobei zugunsten der eigentlichen Quelldokumentation auf eine ausführliche Beschreibung naturräumlicher sowie planerischer Grundlagen verzichtet wird. Datenblätter im Anhang stellen die Ergebnisse für jede untersuchte Quelle im Detail dar.



Abb. 1: Quellbecken der Dielenpader unterhalb von Kaiserpfalz und Dom

2. Naturräumlicher Überblick

Das Stadtgebiet von Paderborn hat Anteil an gleich vier Großlandschaften. Es sind (von West nach Ost) das Ostmünsterland (mit der Senne), die Hellwegbörden, die in ihrem nordöstlichen Teil mit der Marienloher Schotterebene auch die obere Lippeniederung umfasst, die Paderborner Hochfläche und das Egge-Gebiet. Somit treffen auf engem Raum Gebiete ganz unterschiedlicher ökologischer Ausstattung aufeinander. Während die Senne vorwiegend aus nährstoffarmen (Flug-)Sanden aufgebaut und in der Fläche überwiegend trocken ist, werden die Niederungsflächen von zahlreichen Bächen und Gräben durchzogen und weisen mit ihren Lehmüberdeckungen von eiszeitlichen Sanden und Kiesen häufig oberflächlich schwere Böden auf.

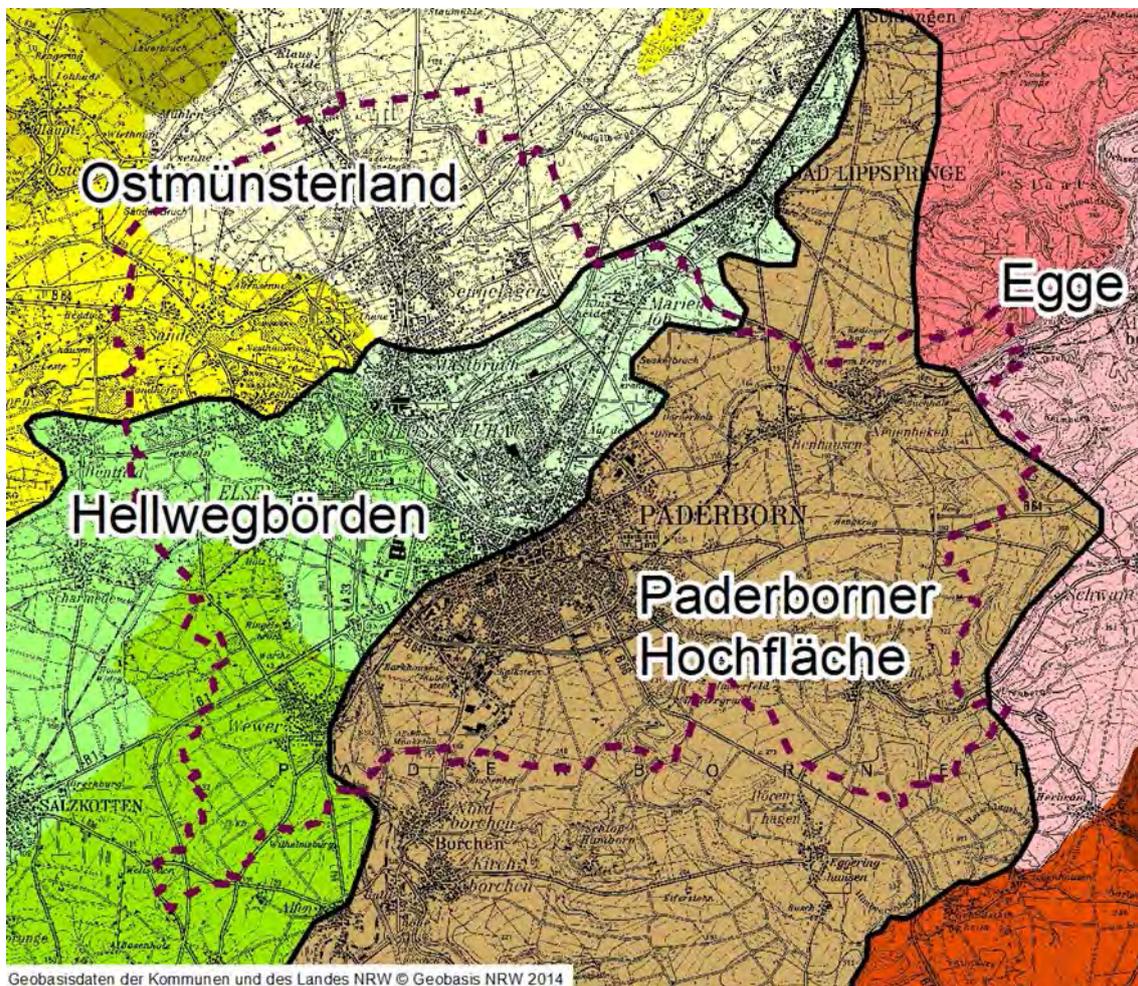


Abb. 2: Naturräume im Bereich der Stadt Paderborn

Die Farbabstufungen innerhalb der bezeichneten Naturräume zeigen untergliedernde Einheiten. Die Stadtgrenze ist mit einer lila gerissenen Linie markiert.

Die Paderborner Hochfläche wiederum wird aus Kalkgesteinen aufgebaut, die meist nur eine dünne Bedeckung aus (Löss-)Lehmen tragen. Aufgrund der flächendeckenden Verkarstung versickern Niederschläge schnell und es gibt

nahezu ausschließlich temporäre Fließgewässer. In der Egge herrschen aufgrund der dominierenden Sandsteine saure Standortverhältnisse vor. Zahlreiche Quellen und Bäche führen die hohen Niederschläge des Eggekammes ab.

Morphologisch tritt besonders die Grenze zwischen Hellwegbörden und Paderborner Hochfläche hervor. Es ist in Paderborn eine Grenze zwischen Tiefland und Mittelgebirge. Sie verläuft mitten durch die Innenstadt. Geologisch handelt es sich zugleich um die Grenze der Hochfläche zum Münsterländer Kreidebecken: Die schräg gestellten verkarsteten Kalkgesteine tauchen entlang dieser Linie unter die weitgehend wasserundurchlässigen sog. Emschermergel ab. Resultat ist die scharf begrenzte Westfälische Quellenlinie, die sich u. a. in Bad Lippspringe mit den Lippequellen und in Salzkotten mit den Hederquellen zeigt. Paderborn liegt im Zentrum dieser Zone, und neben denen der Pader zählen auch die meisten anderen der Quellen in Paderborn dazu; sie werden im folgenden Kapitel näher beschrieben.

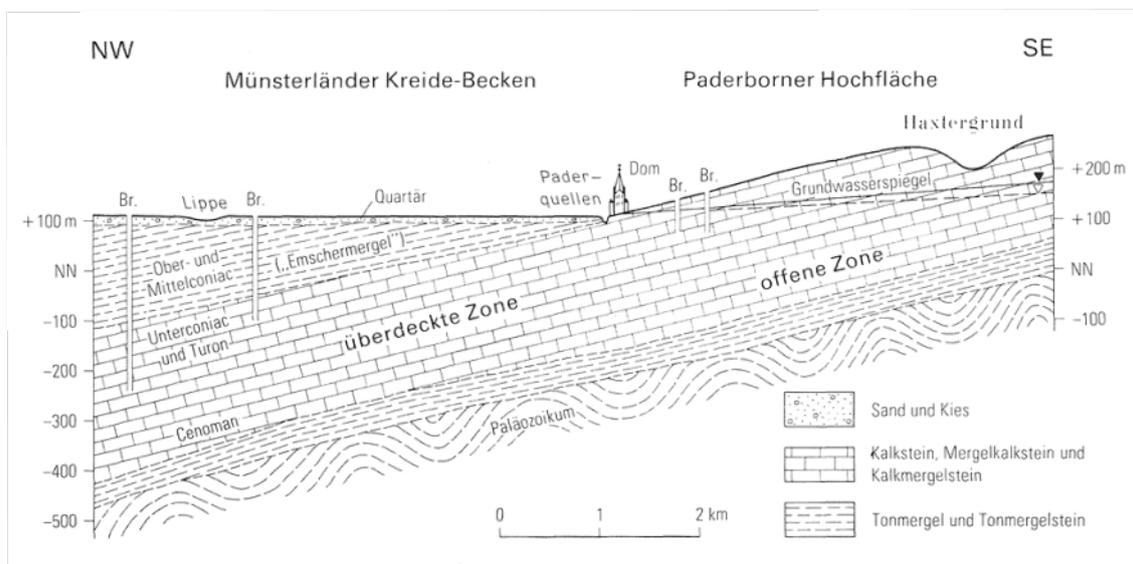


Abb. 3: Schematischer hydrogeologischer Schnitt durch den Untergrund des Stadtgebietes Paderborn (aus: SKUPIN 1982)

Die aus der naturräumlichen Vielfalt des Raumes resultierende Diversität der bodenkundlichen Ausstattung kann an dieser Stelle nicht näher erläutert werden. Bezogen auf Quellstandorte und Bachoberläufe gibt es jedoch große Ähnlichkeiten. Typologisch sind dort ganz überwiegend grundwasserbeeinflusste Gleye-Böden vertreten. In Richtung Senne sind sie mehr aus der Sandfraktion aufgebaut und dann häufig als Podsol-Gley anzusprechen. Im Bereich der Niederungen bilden dagegen mächtige Auenlehm packungen das Substrat der Bodenbildung; teils treten jedoch auch die Kiese und Sande näher an die Oberfläche. Die gewässernahen Bodentypen sind Braune Auenböden sowie (Auen-)Gleye und Naßgleye. Sonderfälle der Bodenentwicklung sind die verschiedentlich ausgeprägten Niedermoore, deren Ausgangssubstrat organischen Ursprungs ist. Auf der Hochfläche sind im Stadtgebiet von

Paderborn keine Quellen vorhanden; in den ephemeren bis periodisch durchflossenen Talgründen sind meist Kolluvien aus zusammengeschwemmten Lößlehm ausgebildet, die manchmal grundwasser-, oft jedoch stauwassergeprägt sind. Die Egge weist zwar dauerhafte Quellen und Fließgewässer auf, die auch zur Ausbildung von Gleyen geführt haben; dies betrifft jedoch nicht die Stadt Paderborn, da deren Gebiet den Eggeraum nur randlich tangiert.

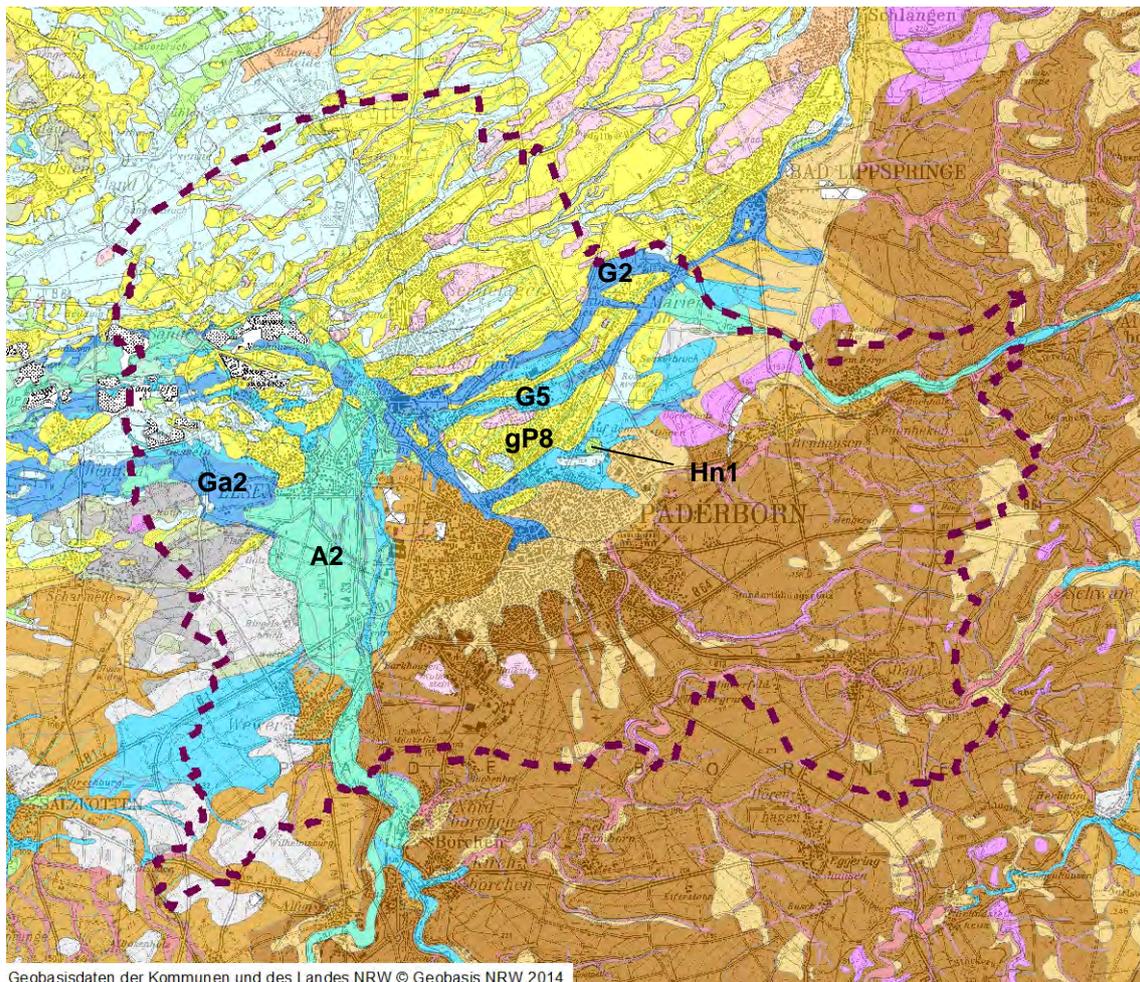


Abb. 4: Bodentypen auf dem Gebiet der Stadt Paderborn

Erläuterung der wichtigsten gewässerrelevanten Typen (in der Abbildung nur exemplarisch bezeichnet):

A2: Brauner Auenboden

Ga2: Auengley

G2/G5: Gley und Nassgley

gP8: Gley-Podsol

Hn1: Niedermoor

Quelle: Geologischer Dienst, WMS-Dienst BK50, Download 30.09.2014

Die Stadtgrenze ist mit einer lila gerissenen Linie markiert.

3. Quellen und ihre natürliche Beschaffenheit

Als Quelle werden räumlich begrenzte, natürliche Austritte von Grundwasser aus dem Untergrund an die Geländeoberfläche bezeichnet, die zumindest teilweise zu einem Abfluss führen. Dabei kann der Austritt sowohl auf terrestrischem Grund als auch unter Wasser, beispielsweise in Flüssen oder Stillgewässern, erfolgen. Quellen sind oftmals in Gruppen angeordnet, wie es gerade auch in Paderborn bei den Pader- und Rothebachquellen der Fall ist.

Quellentypen

Die Ausprägung von Quellen kann sehr unterschiedlich sein. Grundsätzlich lassen sich drei Haupttypen von Quellen unterscheiden: Sicker-, Sturz- und Tümpelquelle.

Sickerquelle

Bei diesem Typus tritt das Wasser flächig und oft an mehreren Stellen aus, so dass größere Flächen durchnässt werden, während die eigentliche Wasserfläche relativ klein ist. Meist ist die Schüttung nur gering. Auf den ersten Metern des Abflusses vereinigen sich häufig mehrere Rinnsale, wobei die Geländeneigung vielfach nur gering ist. Feinsubstrate, Falllaub und Totholz sind charakteristisch, da sie nicht weggespült werden. Schon einzelne Pflanzen bilden Fließhindernisse, die einen Aufstau bewirken können. Dabei kann es auch zu Nährstoffkonzentrationen kommen. Aufgrund ihrer Ausdehnung sind sickerfeuchte Bereiche vielfach geeignete Standorte für Schwarz-Erlen oder Eschen, so dass Bruchwald-Entwicklungen stattfinden können.

Sturzquelle

Im Gegensatz zu Sickerquellen tritt bei der Sturzquelle das Wasser sehr konzentriert aus, so dass schon die Quelle bachartigen Charakter aufweisen kann. Bachoberlauf und Quelle zeigen ähnliche Standortbedingungen. Da sowohl Schüttung als auch Geländeneigung meist relativ groß sind (jedoch nicht sein müssen), dominieren gröbere Substrate im Bereich der Hauptströmung, nur in Stillwasserbereichen kommt es zur Ablagerung von Feinsedimenten.

Tümpelquelle

Bei der Tümpelquelle erfolgt der Wasserzutritt von unten in eine Geländevertiefung, die dann mit Wasser gefüllt wird. An einer oder mehreren Stellen läuft diese Vertiefung über und der Bachoberlauf beginnt. Tümpelquellen befinden sich im Allgemeinen in nur schwach geneigtem bis flachen Gelände. Im Quelltümpel selbst ist die Strömung nur gering, am Überlauf nimmt sie zu. Häufig zeichnen sich die Wasseraustrittsstellen durch die relativ grobsten Substrate und fehlende Unterwasservegetation aus; typisch sind Aufwirbelungen von Sand. Tümpelquellen weisen häufig eine Vegetationszonierung ähnlich einem Stillgewässer auf.

Zu diesen Hauptgruppen kommen noch weitere seltenere oder speziellere Quelltypen hinzu, von denen nur zwei genannt werden sollen, nämlich die Wanderquelle und die Karstquelle.

Wanderquelle

Die Wanderquelle ist linear ausgeprägt: Innerhalb einer Geländeerinne, die dem höchsten Gefälle folgt, bewegt sich der Quellaustritt im Jahresverlauf auf- und abwärts. Typischerweise wandert er im Sommer bergab, im Winter bergauf. Der Wanderbereich kann bis zu mehrere hundert Meter umfassen. Klimatisch bedingte periodische Unterschiede in der Ausdehnung kommen vor. Typologisch können die Übergänge zur Sicker- und Sturzquelle fließend sein.

Karstquelle

Während sich die vorgenannten Quelltypen insbesondere über die räumliche Ausprägung des Wasseraustritts definieren, steht bei der Karstquelle der Wasserhaushalt im Vordergrund. Typischerweise kommen im lückigen Untergrund des Karstes niederschlagsbedingt große Schwankungen des Grundwasserstandes vor; bis über 30 m im Jahresverlauf sind im Paderborner Raum keine Seltenheit. Entsprechend kann es zu starken Unterschieden im Schüttungsverhalten der Quellen kommen, deren Einzugsgebiet überwiegend oder ganz im Karst liegt: Viele Karstquellen schütten im Winterhalbjahr stark, während sie im Sommerhalbjahr trocken fallen. Andererseits kann der Karst aufgrund seines großen Rückhaltevolumens auch ausgleichend auf den Wasseraustritt wirken (ähnlich einem Schwamm). In einem solchen Fall ist die Quellschüttung im Jahresverlauf sehr gleichmäßig mit einem nur geringen Schwankungsbereich.



Abb. 5: Rothebachquelle (nördlicher Quellbach) trocken gefallen (08.05 2013, oben) und schüttend (27.05.2013, unten)

Gerade die temporären Karstquellen können unter rein morphologischen Aspekten aufgrund der sehr unterschiedlichen räumlichen Ausprägung des Wasseraustritts auch einem der drei genannten Haupttypen Sicker-, Sturz- oder

Tümpelquelle zugeordnet werden. In der vorliegenden Dokumentation wird daher für jede Quelle der morphologische Typus angegeben. Soweit bekannt und zutreffend wird ergänzend ggf. der hydrologisch bedingte Typ der Karstquelle genannt.

Chemismus und Nährstoffversorgung

Die Beschaffenheit des Quellwassers hängt in erster Linie von den Boden- und Gesteinsverhältnissen im engeren und weiteren Einzugsgebiet ab. Je nach Mächtigkeit, Aufbau und Wasserzügigkeit der Boden- und Gesteinsschichten kann das Wasser sehr unterschiedliche Qualitäten aufweisen, z. B. „weich“ oder „hart“ sein. Grundsätzlich ist Quellwasser nährstoff- und sauerstoffarm, ein wichtiger Grund, warum nur sehr spezialisierte Arten hier überleben können.

Der Einfluss des Einzugsgebietes auf die Quelle wird umso größer, je schneller es vom Grundwasser durchströmt wird. Bei den Paderborner Karstquellen dauert es nur wenige Tage, bis das Wasser nach dem oberflächlichen Versickern auf der Paderborner Hochfläche wieder zu Tage tritt. Entsprechend gering kann die Filterwirkung nur sein und entsprechend groß ist die Empfindlichkeit gegenüber Einträgen, die von dort stammen.

Quellbesiedlung

Bei Quellen handelt es sich um einzigartige Lebensräume, an die spezialisierte Tier- und Pflanzenarten angepasst sind.

Natürlicherweise würde der weitaus größte Teil unserer Quellen im Bereich von Wäldern liegen, lediglich im Bereich von Mooren oder anderen Sonderstandorten wäre das Umfeld baumfrei. Auch wenn sie alle mehr oder weniger menschlichen Ursprungs sind, können jedoch auch die sogenannten Offenlandquellen durch ihren Reichtum an spezialisierten Arten ökologisch außerordentlich hochwertig sein.

Waldquellen werden im Sommer intensiv beschattet, so dass nur wenig Licht für die Vegetation zur Verfügung steht. Damit kommen nur wenige niedrigwüchsige Moose und Kräuter sowie wenige Hochstauden und Farne zurecht. Die Wassertemperatur ist auch im Sommer niedrig, während sie im Winter im Vergleich zur Umgebungstemperatur relativ warm ist, so dass ein ausgeglichener Temperaturhaushalt existiert. Zu Beginn des Frühjahrs sorgt das zusammen mit dem noch guten Lichteinfall vor dem Austreiben der Bäume für einen frühen Blühzeitpunkt der Quellpflanzen. Nährstoffe gelangen im menschlich unbeeinflussten Zustand vor allem über den Laubfall in die Quelle, da das Wasser selbst in der Regel sehr nährstoffarm ist. Gerade in Sickerquellen mit ihrer geringen oder nahezu fehlenden Fließgeschwindigkeit kann es zu einer gewissen Akkumulation von Nährstoffen kommen.

Offenlandquellen sind dem Sonnenlicht viel stärker ausgesetzt als Waldquellen. Der ganzjährige Energieeintrag führt zu einem stärkeren Pflanzenwachstum und höheren Wassertemperaturen. In der Regel werden diese Quellen durch Mahd oder Beweidung offen gehalten. Allenfalls Hochstauden beschatten den Quellbereich.

Es gibt eine Reihe von Pflanzenarten, die mehr oder weniger stark an das Leben an der Quelle angepasst sind. Typisch für die sickerfeuchten Quellfluren des Waldes ist das Gegenblättrige Milzkraut (*Chrysosplenium oppositifolium*). Bei stärkerer Schüttung kommen Arten wie die Brunnenkresse (*Nasturtium officinale*), das Quellkraut (*Montia fontana*) oder das Bittere Schaumkraut (*Cardamine armara*) vor. Neben den höheren Pflanzen sind Moose wie das Quellmoos (*Fontinalis antipyretica*) oder das Brunnenlebermoos (*Marchantia polymorpha*) häufig vertreten. In der Baumschicht finden sich im Umfeld häufig Schwarz-Erle (*Alnus glutinosa*), Esche (*Fraxinus excelsior*) und verschiedene Weiden (*Salix spec.*).



Abb. 6: Gegenblättriges Milzkraut (Bildmitte) und Seggen an der A02

Bei größeren Tümpelquellen sowie im Quelloberlauf können bereits typische Bacharten wie der Aufrechte Merk (*Berula erecta*), die Bachbunge (*Veronica beccabunga*) oder der Wasserstern (*Callitriche spec.*) auftreten, und zwar um so mehr, je größer der Lichteinfall ist.

Offenlandquellen zeigen häufig einen deutlich dichteren Bewuchs als Waldquellen. Typisch sind Bestände verschiedener Seggen-Arten (*Carex spec.*) oder Hochstauden, so dass die Wasseraustritte fast nicht zu sehen sind. Flatterbinse (*Juncus effusus*) und vor allem Große Brennnessel (*Urtica dioica*) weisen auf eine gute bis übermäßige Nährstoffversorgung hin.

Wichtig ist im Hinblick auf Biotopverbund und Diversität, dass die Vegetation der Quellen sich sowohl in Längsrichtung, also gewässerabwärts, als auch seitlich bzw. umgebend mit sich verändernden Strömungs- und Feuchteverhältnissen nach und nach in jeweils angepasste Typen übergeht, so dass typischerweise eine Zonierung zu beobachten ist.

Bei der Fauna sind ähnliche Abfolgen zu beobachten, dort jedoch noch ergänzt um Arten, die im Grundwasser leben, bezogen auf die Längserstreckung eines Fließgewässers also quasi noch oberhalb der Quelle. Dazu zählen zum Beispiel der Höhlenflohkrebs (*Niphargus spec.*) und die Höhlenassel (*Proasellus cavaticus*).

Darüber hinaus sind an der Quelle zahlreiche eigenständige Kleinst-Lebensräume miteinander verzahnt: überrieselte oder übertrönte Felsen, Steine und Moose, tümpelartige offene „Stillgewässer“, Quellbachläufe, Grenzbereiche zwischen Wasser und Land sowie immerfeuchte Landflächen. Einzelne oder mehrere von ihnen sind die Lebensgrundlage für mehrere hundert Fauna-Arten, die darauf spezialisiert sind. Zu nennen sind hier unter anderem Strudelwürmer (*Polycelis spec.*), Muscheln wie die Quellerbsenmuschel (*Pisidium spec.*), Köcherfliegen, Bachflohkrebse (*Gammarus fossarum*), Schnecken und die Larven von Libellen. Auch die Larven des Feuersalamanders (*Salamandra salamandra*) wachsen in und an Quellen und Quelloberläufen auf, während die erwachsenen Tiere den größten Teil des Lebens in schattigen und feuchten Waldbereichen verbringen; auch dies ist ein anschauliches Beispiel für die Notwendigkeit der Verzahnung der Quelllebensräume mit dem Umfeld.

4. Lage, Verteilung und Typen der Quellen in Paderborn

Methodik

Zur Recherche der Quellstandorte im Stadtgebiet von Paderborn wurden verschiedene Unterlagen und Angaben ausgewertet. Insbesondere fand eine flächendeckende Analyse unterschiedlicher Kartenwerke auf entsprechende Hinweise und Eintragungen statt. Dazu zählen:

- Deutsche Grundkarte 1 : 5.000
- Gewässerstationierungskarte 1 : 25.000
- Geologische Karte 1 : 25.000 (inkl. Erläuterungen)
- Hydrogeologische Karte 1 : 50.000 (inkl. Erläuterungen)

Weiterhin fanden Literaturlauswertungen statt, insbesondere der Unterlagen und Berichte von HOFMANN (1986), NZO-GMBH (1997 und 2010), SCHMIDT & PARTNER (2006) sowie STADT PADERBORN (2013). Darüber hinaus wurden Behördenvertreter befragt und schließlich auch eigene Kenntnisse eingebracht.

Bei der vorliegenden Untersuchung wurden neben den klar abgegrenzten einzelnen Quellaustritten auch die künstlich angelegten Quellbecken der Pader berücksichtigt. Sie enthalten sowohl selbst eine Vielzahl von Quellen (deren genaue zahlenmäßige Bestimmung schon allein aufgrund der unklaren räumlichen Abgrenzung praktisch unmöglich sein dürfte) als auch zahlreiche Zuläufe von überbauten Quellen. Die Zuläufe sind meist als Austrittsöffnungen in den umgebenden Mauern erkennbar. Aufgrund der Vielzahl war es nicht möglich, deren Ursprungsorten weiter nach zugehen und nähere Untersuchungen anzustellen, meist dürfte es sich jedoch tatsächlich um gefasste oder überbaute Quellen handeln. Bei der Anzahl der Zuläufe ist von insgesamt mindestens 40 auszugehen.

Abstimmungsgemäß wurden die Untersuchungen der Paderquellen in der Regel auf jeweils eine pro Quellbecken beschränkt; auch wurden nicht alle eng beieinander liegenden Quellen des „Krähensprings“ im Naturschutzgebiet „Lothewiesen“ einzeln untersucht. In einigen Fällen wurden jedoch zusätzlich Einzeluntersuchungen räumlich abgrenzbarer Teil-Quellenzonen oder bestimmter Zuläufe vorgenommen. Als Sonderfälle wurden exemplarisch bekannt gewordene Quellen in Gebäuden untersucht.

Einige wenige Quellen wurden leider erst nach Abschluss der Geländearbeiten bekannt (Hathumarstr. 1/Auf den Dielen). Sie wurden nicht in die Untersuchungen einbezogen. Ferner können weitere Quellen, beispielsweise auf Privatgrundstücken, in Kellern, auf dem Truppenübungsplatz Senne etc., nicht ausgeschlossen werden, die im Zuge der vorliegenden Untersuchung gar nicht bekannt wurden.

Die Quellstandorte wurden anhand eines Kürzels für das oberirdische (Teil-) Einzugsgebiet, in dem sie liegen, sowie einer laufenden Nummer bezeichnet. Sofern Namen für bestimmte Quellen bekannt sind und allgemein oder zumindest intern projektbezogen genutzt werden, erfolgt deren Angabe

zusätzlich. Zu den Bezeichnungen der Paderquellen und Paderquellarme erfolgen weiter unten nähere Angaben.

Im Rahmen der Recherchen sind zahlreiche potenzielle Quellstandorte überprüft worden, die nach näherer Analyse und vor allem nach Ortsbegehungen als Quelle auszuschließen waren. Sie wurden dann nicht weiter untersucht. Meist handelte es sich um Ausläufe von Drainagen. Es waren jedoch auch auffällig ausgeprägte Ansätze von Gräben, feuchte Geländesenken (teils mit unspezifischen Zuläufen), mittlerweile versiegte oder überbaute Quellen und selbst Schwalglöcher darunter. Die folgende Abbildung zeigt die Lage dieser insgesamt 23 Strukturen.

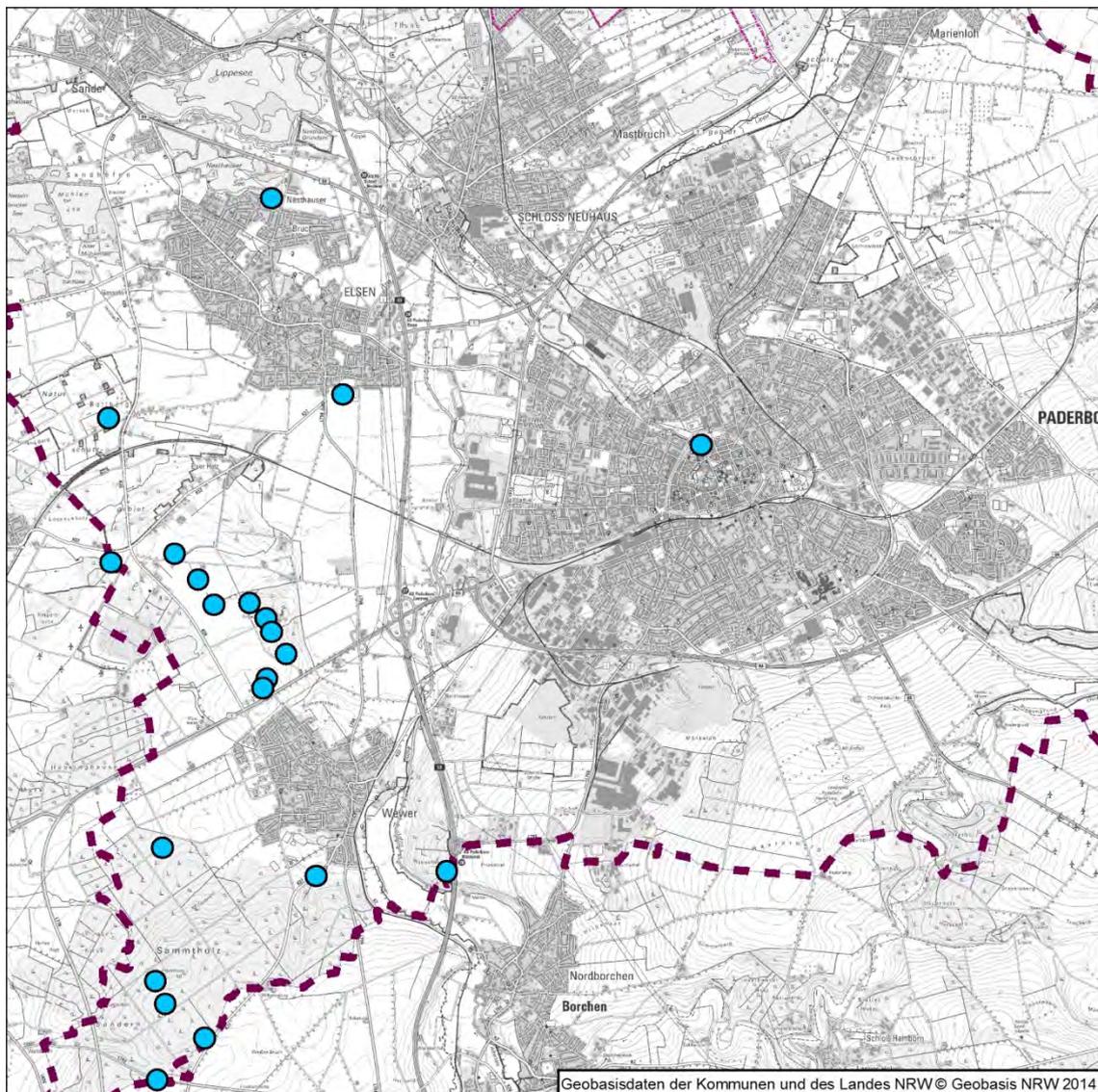


Abb. 7: Lage der nach Überprüfung vor Ort als Quellen ausgeschlossenen Strukturen

Lage und Verteilung

Im Zuge der vorliegenden Dokumentation werden 62 Quellstandorte dargestellt. Davon wurden 60 näher untersucht. Zwei Quellen waren aufgrund ihrer Lage auf dem Truppenübungsplatz Senne nicht zugänglich (Teileinzugsgebiet Roterbach).

Etwa zwei Drittel der Quellstandorte befinden sich in direkter räumlicher Nähe der Naturraumgrenze Hellwegbörden/Paderborner Hochfläche. Dabei handelt es sich insbesondere um die Quellstandorte der Pader sowie des Rothebaches einschließlich Springbach (jeweils etwa 20 Stück, s. Tab. 1). Dazu kommen noch einzelne Quellen im Einzugsgebiet der Beke sowie der Alme. Sie alle sind als Karstquellen anzusprechen, die sich aus dem (unterirdischen) Einzugsgebiet der Paderborner Hochfläche speisen. Dazu zählen sicher auch die meisten der Quellen in den (oberirdischen) Teil-Einzugsgebieten von Heder und Erlbach, auch wenn sie von der naturräumlichen Grenze bis zu 1,5 km entfernt liegen. Alle genannten Quellen sind somit der Westfälischen Quellenlinie zuzuordnen. Inwieweit dies auch bei entfernter liegenden Quellen in den Teileinzugsgebieten von Jothe und Gunne (Bentfeld) der Fall ist, ist eine hydrogeologische Frage, die an dieser Stelle nicht sicher geklärt werden kann. Sie liegen allerdings überwiegend an der morphologisch markanten Grenze zwischen Almeniederung und deren westlicher Talhangböschung, die geologisch aus kreidezeitlichen Mergelkalksteinen mit mächtiger Überdeckung eiszeitlichen Grundmoränen- und Nachschüttsandmaterials aufgebaut wird, so dass auch hier ein Karsteinfluss wahrscheinlich ist.

Tab. 1: Anzahl der erfassten Quellstandorte nach oberirdischen Teileinzugsgebieten

Teileinzugsgebiet	Kürzel	Anzahl
Alme	A	4
Beke	B	1
Erlbach	E	5
Gunne (Bentfeld)	GB	2
Heder	H	2
Jothe	J	6
Pader	P	21
Roterbach	Rr	2
Rothebach	Ro	16
Springbach	S	2

Somit bleiben mit den Quellen im Roterbach-Teileinzugsgebiet nur zwei, die ihr Wasser wohl nicht aus dem Karst, sondern aus einem anderen Grundwasserleiter, dem des Schmelzwassersandes, beziehen. Diese beiden sind darüber hinaus die einzigen bekannten Quellen auf Paderborner

Stadtgebiet, die der naturräumlichen Einheit Ostmünsterland, im konkreten Fall der Senne, zuzuordnen sind.

Mit Ausnahme der zuvor genannten Roterbach-Quellen befinden sich somit alle Paderborner Quellen in dem das Stadtgebiet von Südwest nach Nordost keilförmig durchziehenden Naturraum der Hellwegbörden bzw. in dessen unmittelbaren Randbereichen. Senne, Paderborner Hochfläche und Egge sind im Paderborner Bereich nahezu vollständig quellenfrei.

Die Quellengruppen liegen zum einem Drittel innerhalb der übergeordneten Nutzungsstruktur „Siedlung“ und zu zwei Dritteln in der „freien Landschaft“. Wie eine Verschneidung mit den Daten des amtlichen topographisch-kartographischen Informationssystems (ATKIS, Stand 2009) ergab, liegen 10 der Quellstandorte innerhalb von Gewässern. Dies sind vor allem die Quellbecken des Paderquellgebiets (8 Stück), sowie zwei Quellteiche außerhalb (Rothebach und Roterbach). Der Gruppe „Siedlung“ sind 14 Quellen zuzuordnen, auch hier sind in erster Linie Paderquellen zu nennen.

Mit einer Anzahl von 23 befinden sich die meisten Quellen innerhalb von Wald bzw. Gehölzen. Dies betrifft vor allem die Quellen im Bereich des Wewerschen Forstes (Sammtholz) im Südwesten der Stadt sowie einige der Quellen des Rothebaches. In als Acker bzw. Grünland genutzten Flächen liegen 14 Quellstandorte.

Tab. 2: Nutzungsstruktur an den Quellstandorten gem. ATKIS

Gewässer	10
Siedlung*	14
Wald und Gehölz	23
Landwirtschaft	14

* dazu zählen: Wohnbau, gemischte Nutzung, Erholung, besondere funktionale Prägung

Namen und Bezeichnungen der Paderquellen

Obwohl die Quellen der Pader sicher die bekanntesten im Stadtgebiet sind, soll noch kurz auf ihre Bezeichnungen eingegangen werden, da sie durchaus unterschiedlich – und oft falsch – gehandhabt werden und wurden. Die vorliegende Dokumentation orientiert sich dabei vor allem an der Beschreibung von STILLE (1903, s. Abb. 10).

Lage und Namen von Warmer Pader, Dampfpader und Börnepader (von West nach Ost) im westlichen Paderquellgebiet sind unstrittig, allerdings war früher auch der Name „Wäschepader“ oder „Waschpader“ zumindest für den südlichen Teil der Warmen Pader gebräuchlich.

Diese Wäschepader hat sich im 19. Jahrhundert bis zur Bachstraße nach Süden fortgesetzt. Dort knickte sie nach Osten ab und verlief offen als „Bache“ in der heutigen Straßentrasse bis nahe an die Börnepader, so dass sich für den

damaligen Gebäudebestand zwischen Wäschepader, Bachstraße, Börnepader und Dampader annähernd eine Insellage ergab (nach Urkarte von 1831 mit Überarbeitungen von 1868). STILLE stellt diesen Bachverlauf jedoch bereits 1903 nicht mehr da.

Innerhalb der Dampader befindet sich ein besonders großer und auffälliger Quelltrichter. Dieser wird als „Blauer Kolk“ bezeichnet (und nicht etwa die stark schüttende Quelle im erhöht liegenden Becken südlich der Dampader).

Die Rothoborn-Pader nimmt ihren Anfang am westlichsten Quellbecken des östlichen Paderquellgebiets. Der „Rothoborn“ selbst („Rotheborn“ bei STILLE) entspringt in dem kleinen gemauerten Bauwerk südlich der Stadtbibliothek zu Füßen der Kaiserpfalz (und nicht in der Kaiserpfalz). Unter dem südlichsten Teil der Stadtbibliothek entspringt die Augenquelle. Sie läuft ungefasst im Bereich einer Zugangsrampe nur wenige Meter nördlich des Rothoborns in die Rothobornpader ab. Die Bezeichnung „Augenquelle“ wird heute vielfach auch für die Rothobornquelle verwendet.



Abb. 8: Rothobornquelle



Abb. 9: Augenquelle und Rothobornquelle

Die Augenquelle tritt unter der Stadtbibliothek hervor, im Bereich des Röhrichts (roter Pfeil). Links im Vordergrund ist der Zugang zur Rothobornquelle zu sehen.

Unter „Dielenpader“ wird heute das östlichste Quellbecken der Pader verstanden. Früher hieß dieser Paderarm Spül-Pader, während die Quellen an der gleichnamigen Straße als „Quellen an den Dielen“ bezeichnet wurden. Zudem gab es Quellen an „Regniers Garten“ sowie „am alten Hebeammeninstitut“ (heute ca. P06). Da der Name Dielenpader für den gesamten Bereich sich heute durchgesetzt hat, wird er auch in dieser Dokumentation beibehalten.

Das nördliche Paderquellgebiet zwischen Maspornplatz und Mühlenstraße wurde in früheren Zeiten stark umgestaltet. Früher befand sich im Bereich der heutigen Paderhalle ein Schlachthof, der von einem Abschlag aus der „Spül-Pader“/Dielenpader zur heutigen Maspornpader (dem Quellbecken nördlich der Paderhalle) umgeben war. Innerhalb des Abschlags war eine Quelle vorhanden („Schlachthofquelle“ nach STILLE). Vom früher deutlich länger ausgebildeten Arm der heutigen Maspornpader bestand darüber hinaus ein Graben mit Verlauf in Richtung heutiger Paderwiesen. Auf dem Gelände „von Haxthausen“ südlich der Paderhalle ist heute eine Quelle vorhanden. Diese wird im Folgenden als Haxthausenquelle bezeichnet. In historischer Zeit befanden sich dort wohl drei Quellen (vgl. Abb. 9). Die drei Quellen auf dem Gelände der ehemaligen Gärtnerei Kehl werden ebenfalls bei STILLE beschrieben, so sei die südlichste (P21) die am stärksten schüttende (STILLE 1903). Diese Quellen werden in dieser Dokumentation als Quellen auf dem „Kehl-Schwarze“-Gelände bezeichnet.

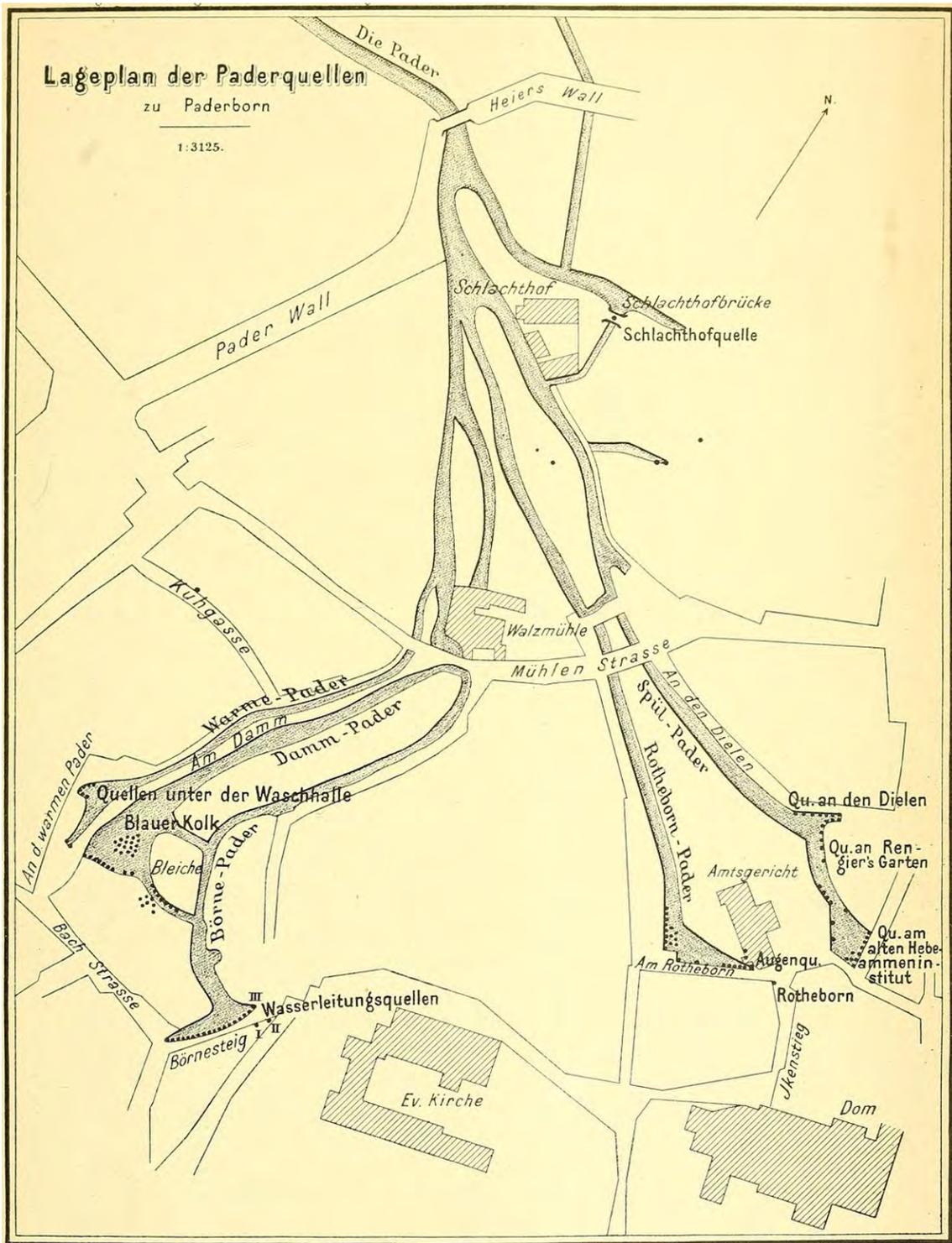


Abb. 10: Lageplan der Paderquellen aus STILLE (1903)
Man beachte u. a. den Abschlag aus der Spülpader in Richtung der heutigen Masperspader am Schlachthof (Bereich der heutigen Paderhalle) sowie von dort in einen Graben nach Norden in Richtung Paderwiesen sowie die schmale Fassung des Beckens der Börnepader.

Quellentypen in Paderborn

Die oben genannten Typen Sturz-, Sicker-, Tümpel- und Wanderquelle kommen alle im Stadtgebiet vor. Bei den meisten handelt es sich, wie weiter oben bereits erwähnt, um Karstquellen, die morphologisch unterschiedlich ausgeprägt sind. Viele von ihnen zeigen ein deutlich temporär ausgeprägtes Schüttverhalten, während insbesondere die Paderquellen perennierend, d. h. dauerhaft, schütten.



Abb. 11: Typische Tümpelquelle (Ro05, im Mai 2013)

Beim zeitlichen Umfang der temporär schüttenden Quellen bestehen deutliche Unterschiede: Beispielsweise fallen die Quellen an den zahlreichen Zuläufen des Rothebaches regelmäßig im Sommerhalbjahr trocken (wobei hier wiederum untereinander große Unterschiede bestehen), während die Paderquellen das ganze Jahr über sehr gleichmäßig schütten.

Dabei sind die östlichen Rothebachquellen (Auf dem Dören/Kreßpohl) früher und häufiger trocken, während z. B. der zum Springbach entwässernde Tausendquell vergleichsweise seltener und im Jahresverlauf später die Schüttung einstellt. Den Rothebachquellen gemeinsam ist jedoch die Tendenz der letzten Jahrzehnte, dass die Schüttungen mengenmäßig und vor allem zeitlich zurückgehen: Während viele Quellen früher häufig gar nicht trocken fielen [STILLE (1903) charakterisiert z. B. die Schafswäschequelle (Ro07) als „im Sommer fließend“], ist das heute teilweise schon Mitte April der Fall (SCHÄCK ET AL. 2011, HOFMANN 1986). Eigene Beobachtungen im Jahr 2013 zeigten an einigen Quellen sogar schon Ende März kein Wasser mehr.

Die Ursachen für den starken Rückgang der Abflüsse sind wohl in der dichteren Bebauung des Einzugsgebietes, Tiefenbrunnen für die industrielle Nutzung und Grundwasserentnahmen für die landwirtschaftliche und gartenbauliche Bewässerung zu suchen (STADT PADERBORN 2013, HOFMANN 1986).

Inwieweit an anderen Quellen zeitliche Verschiebungen des Schüttungsumfangs stattfinden oder stattgefunden haben, kann an dieser Stelle nicht beantwortet werden. Es ist jedoch wichtig, an dieser Stelle darauf hinzuweisen, dass in der Region insgesamt seit mehreren Jahren niedrige Grundwasserstände an den langjährig untersuchten Messstellen festgestellt werden.

Die Mehrzahl der Paderborner Quellen sind Tümpelquellen. Dazu zählen nahezu alle Pader-, Rothe- und Springbachquellen. Auch im Bereich von Jothe, Alme und Erlbach kommt vereinzelt dieser Typus vor. Teilweise ist eine künstliche Aufweitung der Tümpel möglich oder sehr wahrscheinlich (z. B. bei Gut Ringelsbruch [J01], Pöhlers Moorteiche [Ro12/13], Mit Ausnahme der Paderquellen, die permanent schütten, sind fast alle genannten dabei als nur temporär schüttende Karstquellen anzusprechen.

Bei den meisten Quellbecken der Pader befinden sich mehrere kleine trichterförmige Vertiefungen am Grund, darüber hinaus tritt Wasser aber auch nahezu flächendeckend an sehr zahlreichen anderen Orten auf der Sohle der Becken aus. Einzelne Paderquellen weisen jedoch auch einzelne kleinere Quelltrichter mit konzentriertem Wasserzutritt und Durchmessern von bis zu 4,0 m auf (z. B. „Kehl-Schwarze“-Gelände [P11], Haxthausenquelle [P12]).



Abb. 12: Quellbereich in der Rothobornpader

Bei den Rothe- und Springbachquellen kommen sowohl beckenartig und flach ausgeprägte Quelltümpel mit zahlreichen Wasseraustrittsstellen vor (z. B. im Dörener Holz [Ro03 – Ro05], Tausendquell [S02]) als auch einzelne Quelltrichter, die Durchmesser bis 25 m und Tiefen bis ca. 3,0 m erreichen (z. B. Schafswäsche [Ro07], nördlicher Quellbach [Ro01]).

Sickerquellen sind vor allem im westlichen Stadtgebiet in den Teil-Einzugsgebieten von Gunne (Bentfeld), Jothe, Alme, Heder und Erlbach ausgebildet. Sie stehen meist ebenfalls unter Karsteinfluss stehen und schütten nur temporär. Während der Quellphasen zeigen sie die typspezifische geringe Schüttung. Ihre räumliche Ausdehnung ist überwiegend gering, jedoch kommen auch größere, teils sumpfige Austrittsflächen vor (z. B. GB01).



Abb. 13: Typische Sickerquelle (E01)

Nur 1 Mal wurde die Einstufung als Sturzquelle vorgenommen. Die Quelle R03 (Rothebach im Dörener Holz) liegt am Fuß einer wenige Meter hohen Böschung. In ähnlicher Lage befindet sich auch die B01; hier wird die Böschung vom Einschnitt der Beke gebildet. Da die Quelle durch in der Böschung befindliche Rohre gefasst ist, unter denen allerdings ebenfalls Wasser austritt, fand die Zuordnung zum Sickerquellentypus statt.

Der Typus der Wanderquelle wurde ebenfalls nur ein einziges Mal dokumentiert. Bei der Quelle E04 im Erlbach-Teileinzugsgebiet bei deutet eine oberhalb des während der Begehung bestehenden Sickerquellbereichs vorhandene Fortsetzung des Bach- bzw. Quelloberlaufs darauf hin, dass sich möglicherweise in feuchteren Phasen der Quellstandort talaufwärts verschiebt.



Abb. 14: Waldquelle E04, möglicherweise eine Wanderquelle

5. Strukturelle Ausprägung und Vegetation

Methodik

Für jede Quelle wurde neben dem Typus (s. o.) auch die Gelände- und Biotoptypen-/Nutzungsstruktur an der Quelle selbst sowie im unmittelbaren Umfeld erfasst. Dabei wurde auf die Erhebung konkreter Flächenanteile verzichtet, vielmehr erfolgt eine ungewichtete Aufzählung der Strukturen in den Datenblättern. Die Geländeform wird jeweils kurz beschrieben.

Viele der temporären Quellen sind zu Zeiten ihrer Trockenheit vollständig in die umgebenden Nutzungen einbezogen. Häufig tritt beispielsweise der Fall auf, dass die jeweilige Quelle zwar als Mulde erkennbar ist, jedoch durch die Lage innerhalb einer Viehweide ausschließlich die typische Grünlandvegetation aufweist. Analog zeigen zahlreiche im Wald liegende Quellen im Sommer den gleichen Bodenbewuchs wie die jeweilige Waldformation.

Bei dauerhafter Schüttung bilden sich quelltypische Vegetationsbestände aus, die häufig eine Zonierung aufweisen und nach und nach in die umgebenden Pflanzen- und Biotopbestände übergehen. Die Vegetation selbst ist dann struktur- und substratbildend.

Aus diesen Gründen werden (Umfeld-)Struktur und Vegetation zusammen abgehandelt. Die einzelnen aufgenommenen Parameter werden auf den Datenblättern erläutert.

Beschreibung

Die Strukturen von Quelle und Umfeld hängen überwiegend entscheidend von ihrer Lage innerhalb des Stadtgebietes ab. Wie oben erläutert, befinden sich etwa ein Drittel der untersuchten Quellstandorte innerhalb der bebauten Ortslage und zwei Drittel in der freien Landschaft.

Die innerstädtischen Quellen zeigen meist ein durch bauliche oder parkartige Nutzungen geprägtes Umfeld. Der Übergang Quelle – Umfeld vollzieht sich in der Regel abrupt. Im Randbereich der Quellen und Quellbecken fehlt zumeist Vegetation, da sie durch Mauern begrenzt werden. Im Anschluss folgen Gebäude, Wege, Straßen oder intensiv genutzte und gepflegte Parkanlagen.



Abb. 15: Die Haxthausenquelle hinter der Paderhalle liegt unmittelbar an einem Fußweg

Charakteristisch sind in Paderborn die großen Quellbecken der Pader. Deren Vegetation ist stark von den Abfluss- und Strömungsverhältnissen abhängig. Bei geringer Strömung kommt es häufig zu Ablagerungen der in großem Umfang durch die Quellen selbst eingetragenen Feinsedimente. Diese sind von Pflanzen nur schwer zu besiedeln und zumeist sind dann nur fädige Grünalgen zu beobachten, die zugleich auf eine hohe Nährstoffversorgung sowie ungehinderte Sonneneinstrahlung hinweisen. Bei höheren Strömungsgeschwindigkeiten setzen sich die Feinsedimente nicht ab und die Sohle wird von gröberem Substraten wie Sanden und vor allem Kiesen aufgebaut. Dort siedeln sog. höhere Pflanzenarten, wie der Teichfaden (*Zanichellia palustris*). Unter ästhetischen Gesichtspunkten werden diese Bereiche zumeist als deutlich attraktiver empfunden als die „schlammigen“ und „algigen“ Becken.



Abb. 16: Quellbecken der Dielenpader mit Feindsedimenten und fädigen Grünalgen

Wenige Quellen im Stadtgebiet sind unverbaut und weisen von Beginn an einen räumlich konzentrierten Abfluss, d. h. auch schmalere Fließquerschnitte, auf. Dort sind naturnahe Vegetationsbestände zu beobachten. Sie werden durch Quellspezialisten wie das Gewöhnliche Quellmoos (*Fontinalis antipyretica*) sowie die röhrichtbildenden Arten Berle (*Berula erecta*) und Bachbunze (*Veronica beccabunga*) geprägt. Sobald sich die Quelltümpel zu strömenden Gewässerläufen öffnen, kommen der schon erwähnte Teichfaden sowie verschiedene Wasserstern-Arten (*Callitriche spec.*) hinzu. In diese Gruppe fallen einige Quellen des östlichen Paderquellgebiets (z. B. P12 [Haxthausenquelle], P11, P21, P22 [alle „Kehl-Schwarze“-Gelände], P07 als Teilzone des Dielenbeckens sowie in Ansätzen und Teilflächen einige Quellen des Rothoborns (P 8, P 13).

Die Haxthausen-Quelle sowie die „Kehl-Schwarze“-Quellen weisen darüber hinaus jenseits der Röhrichte in Teilen gut ausgeprägte, naturnahe Hochstaudenfluren mit Zottigem Weidenröschen (*Epilobium hirsutum*) und Zaubrinde (*Calystegia sepium*) und Gräsern auf; die Große Brennnessel (*Urtica dioica*) deutet auf Eutrophierungserscheinungen. Teils tritt Gehölzjungwuchs, u. a. mit Brombeere, Schwarz-Erle und Gemeiner Esche, auf. Stellenweise kommt „Park-Arten“ wie Efeu (*Hedera helix*) und auch der Neophyt Japanischer Staudenknöterich (*Fallopia japonica*) hinzu.



Abb. 17: Quelle auf dem „Kehl-Schwarze“-Gelände (P20)

Weitere Quellen befinden sich zwar innerhalb von Kernsiedlungsräumen, sind aber keine der „klassischen“ Paderquellen. Sie zeigen nur eine geringe Schüttung und liegen alle innerhalb von Parkanlagen. Dazu zählen der zum Teich umgestaltete sog. Riemekekolk (P15), eine kleine temporäre Quelle in der Nähe des St. Johannisstiftes (P14) sowie eine Springbachquelle (S01). Die stärkste anthropogene Überprägung zeigt dabei der rund 1.500 m² große Riemekekolk. Aufgrund von Trübung und schlammigen Sedimenten ist der eigentliche Quellursprung nicht zu identifizieren (STILLE hatte diese Quelle 1903 als „stets klar“ beschrieben). Der Ablauf des Kolks ist verrohrt und mündet erst nach rund 900 m an der Fürstenallee in die Pader.

Die beiden anderen Quellen schütten häufig nicht. Sie sind so in die Parks eingebettet, dass sie kaum wahrgenommen werden (können) und auch keiner intensiven Unterhaltung bzw. Pflege unterliegen. „Allerweltsarten“ von Gebüsch, Gräsern und Kräutern umgeben sie (z. B. Knoblauchsrauke, Große Brennnessel, Gemeine Esche etc.). Während die Quelle am Johannisstift tümpelartig gestaut ist und meist zumindest über stehendes Wasser verfügt, ist die Springbachquelle im unmittelbaren Randbereich des Baches zu diesem hin geöffnet und ganz überwiegend trocken. Nur selten sickert von dort Wasser dem Bach zu.

Durch städtische Nutzung ist ferner eine weitere Quelle geprägt. Sie befindet sich in Randlage der Wohnbebauung in Elsen und wurde in Form eines kleinen

schilfbestandenen Teiches in die Gartennutzung mit einbezogen (J03). Zum Untersuchungszeitpunkt floss daraus kein Wasser in den anschließenden Graben ab.

Die übrigen Quellen liegen im baulichen Außenbereich und werden in der Mehrzahl von land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen umgeben oder sind sogar in diese einbezogen. Sie sind in der Regel unverbaut. Im nordöstlichen Stadtgebiet gehören in diese Gruppe die Quellen des Rothebachsystems sowie die Quelle an der Beke. Sofern sie in die umgebende Nutzung mit einbezogen sind und nicht schütten, deutet lediglich die Mulden- bzw. Trichterform auf das Vorhandensein einer Quelle hin, während der Vegetationsbestand sich nicht von der übrigen Fläche unterscheidet. So sind beispielsweise die Quellen Ro15, Ro16 und Ro06 jeweils Bestandteil einer Mähwiese bzw. Viehweide.

Weitere Quellen weisen einen Randstreifen zur angrenzenden Nutzung auf, der sehr schmal (Ro02) oder auch breiter ausgebildet und dann von Hochstauden und Gehölzen geprägt sein kann (Ro01, Ro07). Einige Quellen schließlich befinden sich innerhalb von schon historisch nachweisbaren Feldgehölzen bzw. kleineren Wäldern (Dörener Holz, Krähenspring). Sofern sie trocken fallen, stellt sich an ihrem Grund sehr schnell die übliche Waldbodenvegetation ein, wenngleich sie gelegentlich sehr schütter ausgebildet sein kann oder sogar ganz fehlt. Während der Zeiten des Abflusses werden dort feine Sedimente und junge Pflanzen fortgespült. Andererseits können auch sumpfige Stellen mit niedrigen Röhrichpflanzen im Randbereich erhalten bleiben (z. B. Tausendquell, Krähenspring). Dies hängt stark von der Wasserversorgung und damit von den Niederschlagsverhältnissen und der Schüttungsintensität und -dauer ab.

In der Umgebung ebenfalls stark landwirtschaftlich geprägt sind die Quellen im Westen des Stadtgebietes in den Teileinzugsgebieten von Jothe und Gunne (Bentfeld) sowie vereinzelt auch von Alme und Erlbach. Häufig ist auch hier die Lage entweder innerhalb einer Grünlandfläche (J05, A02, E05) oder in deren Randbereichen, dann oft an einem kleinen Feldgehölz oder Gebüsch (z. B. GB03, A03). Im Unterschied zu den Rothebachquellen ist die Schüttung in den genannten Bereich häufig geringer und es sind häufiger Sickerquellen ausgebildet (J02, J04, J06). Dann sind anmoorige Senken, teils mit Schilfbewuchs, vorhanden. An einigen Standorten ist die Geländebeschaffenheit reliefierter und die Quelloberläufe sind ursprünglich als kleine Kerbtälchen eingeschnitten (A02, E05). Die Quellen im Westen weisen i. d. R. keine typische Quellvegetation auf, sondern sind eher mit Arten der Säume und Waldränder bestockt.



Abb. 18: Quelloberlauf der Quelle J05

Südwestlich von Wewer liegen insgesamt 8 Quellen der Teileinzugsgebiete von Erlbach, Heder und Alme im Waldgebiet „Sammtholz“. Der größte Teil von ihnen markiert den Beginn kleiner Geländeeinschnitte bzw. Tälchen, durch die bei stärkeren Schütt-Perioden das Quellwasser abfließt (z. B. E03, H01, H02). In den übrigen Zeiten konzentriert sich dort zumindest Niederschlagswasser. Teilweise gibt es Anzeichen dafür, dass sich die Wasseraustrittsstelle periodisch verschiebt, so dass dann von einer Wanderquelle zu sprechen ist (E04). Diese Quelle zeichnet sich ebenso wie die im Waldrandbereich gelegene E01 durch die Quellcharakterart Wechselblättriges Milzkraut (*Chrysosplenium alternifolium*) aus. Möglicherweise tritt das Wanderquellphänomen auch noch an anderen Quellen dieser Gruppe auf; dies müssten längerfristige Untersuchungen ergeben.

Die Quellen E02 sowie, in geringerem Umfang, H01, werden durch Forstwege gestaut. Im ersten Fall resultiert daraus ein Stillgewässer von rund 450 m² Größe. Möglicherweise hat es dort zusätzlich eine künstliche Erweiterung der Wasserfläche gegeben. Auf der stark verschlammten Teichsohle ist keine Vegetation nachweisbar. Im Umfeld schließen sich typische Waldarten an (aufgrund der Jahreszeit der Untersuchung wurden insbesondere Frühjahrsblüher wie Scharbockskraut [*Ranunculus ficaria*] und Gefleckter Aronstab [*Arum maculatum*] gefunden).

6. Faunistische Besiedlung

Methodik

Im Zuge der Aufnahmen an den Quellstandorten wurde regelmäßig das Makrozoobenthos erfasst. Weitere Faunengruppen wurden in Form von Zufalls- und Einzelbeobachtungen vermerkt. Der Umfang der Benthosaufnahme richtete sich nach der Größe der Quelle. In der Regel wurden mit einem geeigneten Sieb/Kescher die Sohle und das Sohlsubstrat überfahren und das Benthos aufgenommen, teilweise wurde unterstützend mit der Hand Substrat aufgewirbelt. Bei Vorhandensein von Pflanzen, Totholz etc. wurde dieses abgestreift, gründlich abgewaschen und die Organismen ebenfalls mit einem Kescher gesammelt. Es wurden jeweils alle angetroffenen Substrattypen beprobt. Bei größeren Quellen oder Quellbecken wurden repräsentative Probestellen mit den unterschiedlichen vorkommenden Substraten ausgewählt. Das weitere Sortier- und Bestimmungsverfahren orientierte sich dann an der üblichen Methode gemäß Handbuch Fließgewässerbewertung (MEIER ET AL. 2006):

Nach 3 - 5 Teilproben wird der Inhalt des Keschers ausgeleert und in mit Wasser gefüllte Eimer überführt oder gleich auf mehrere Weißschalen verteilt (Lebenssortierverfahren). Die Gesamtprobe wird komplett durchgesehen. Die gezählten und geschätzten Individuenzahlen der einzelnen Schalen werden aufaddiert und im Feldprotokoll eingetragen. Bei sehr umfangreichem Probenmaterial und / oder hohen Individuenzahlen wird die Gesamtprobe geteilt oder geviertelt und eine Unterprobe entnommen. Für die Ermittlung der Häufigkeit der Arten wurde die Individuenzahl bestimmt.

Werden Arten im Gelände bis auf das Niveau der operationellen Taxaliste bestimmt, reicht die Entnahme von 3 Belegexemplaren. Bei Arten, die im Gelände nicht eindeutig bestimmt werden können, werden Individuen zur weiteren Determination im Labor entnommen. Die entnommenen Tiere werden für die Bestimmung im Labor in 70%igem Ethanol fixiert. Die Bestimmung erfolgt nach den festgelegten Kriterien der Operationellen Taxaliste.

Die festgestellten Taxa wurden in der Folge aufgelistet und bewertet in Bezug auf ihren Indikatorwert für die ökologische Qualität und Naturnähe der Quellen. Arten, die aufgrund ihrer Lebensweise eng an Quellen gebunden sind und ausschließlich dort vorkommen oder zumindest einen starken Verbreitungsschwerpunkt dort haben, wurden als „quellspezifisch“ oder „quelltypisch“ eingestuft. Diese Arten werden in den Datenbögen durch Fettdruck hervorgehoben.

Weitere Faunaarten wurden nicht systematisch kartiert, sondern bei Sichtbeobachtung mit aufgenommen (z. B. Fische, Amphibien). Diese Nachweise werden in den Datenbögen unter „Bemerkungen“ aufgeführt.

Ergebnisse

Alle Quellen wurden auf das Vorkommen von Arten des Makrozoobenthos untersucht. Bei den zum Untersuchungszeitpunkt trocken gefallen Quellen sind in der Regel keine Nachweise gelungen.

Insgesamt wurde an 29 Quellen eine Makrozoobenthosbesiedlung festgestellt. Unter den nachgewiesenen Taxa waren dabei fast durchgängig immer auch vergleichsweise anspruchslose Arten, die zwar typisch für Gewässer allgemein sind, aber nicht schwerpunktmäßig an Quellen vorkommen. Dazu zählen zum Beispiel Bachflohkrebs und Gewöhnlicher Flohkrebs (*Gammarus fossarum* bzw. *pulex*), der Strudelwurm *Dugesia lugubris*, zahlreiche zu den Zuckmücken zählende Taxa, Wenigborster (*Oligochaeta*) und unspezialisierte Köcherfliegen, aber auch Wasser-Schnecken und -Käfer. Eintagsfliegen wurden nur vereinzelt in Quellen nachgewiesen.

Manche Arten weisen auf besondere Wasserbelastungen hin, da sie wenig anspruchslos oder besonders tolerant gegenüber bestimmten Schadstoffen sind. In diese Gruppe gehören bestimmte Zuckmücken wie die *Chironomus-riparius*-Gruppe, die z. B. an P14 (Johannisstift) und P15 (Riemekekolke) vorkommt oder die *Chironomus-plumosus*-Gruppe, von der Individuen z. B. an J01 aufgesammelt wurden.

Baetis rhodani ist eine in Deutschland allgemein verbreitete Eintagsfliegenart, die auch in der Pader und quellnahen Paderarmen zu finden ist. Zudem wurde sie in einer Paderquelle (P21) nachgewiesen. Mit einem Saprobiewert von 2,1 indiziert sie ebenso wie *B. fuscatus* (P13) eine „gute“ saprobielle Qualität. Eine ebenfalls häufige Eintagsfliege, die besonders zahlreich in pflanzenreichen Wassertümpeln vorkommt, ist *Cloeon dipterum*. Diese Art hat einen etwas höheren Saprobiewert (SI=2,3) und wurde an J01 gefunden.

An 19 Quellen wurden quellspezifische oder quelltypische Arten nachgewiesen (vgl. Abb. 30 und Abb. 31). Besonders hervorzuheben ist der Höhlenflohkrebs (*Niphargus spec.*), der an der E02 (Sammtholz), P05 (Rothobornpader) sowie P20 und P21 (beide „Kehl-Schwarze“-Gelände) nachgewiesen werden konnte. Der Höhlenflohkrebs ist eine Grundwasserart, die im Untergrund lebt. Er wird ebenso wie die ebenfalls sehr spezialisierte Höhlenassel (*Proasellus aquaticus*), die auch in der P20 gefunden wurde, mit dem Quellwasser an die Oberfläche gespült. In unmittelbarer Quellnähe können beide Arten noch leben.

Unter den Steinfliegen (Plecoptera) sind viele Arten an Quellen und Quellbächen gebunden. Die in den Paderborner Quellen nachgewiesenen Steinfliegen zählen zur Unterfamilie der *Nemourinae*. Hiervon wurde *Nemurella pictetii* an A02, B01, E02, GB01 und H01 nachgewiesen. Diese Art hat eine deutliche Bindung an das Krenal, kommt aber auch in stehenden und fließenden Gewässern des Rhithrals und Potamals vor.

Auch verschiedene Köcherfliegenarten mit Verbreitungsschwerpunkt an Quellen kommen an verschiedenen Quellen in Paderborn vor, so zum Beispiel *Micropterna lateralis* (E02), *Stenophylax permistus* (E03, H01) und *Drusus*

trifidus und *Agapetus fuscipes*, die an zahlreichen Paderquellen nachgewiesen werden konnten.

Drusus trifidus, als typische Art der Mittelgebirge, kommt im nordrhein-westfälischen Flachland nur an Sonderstandorten vor und weist mit einem Saprobiewert von 1,0 auf organisch unbelastete Gewässerzustände hin.

Auch *Agapetus fuscipes* und *A. ochripes* (4 Ind. P05) weisen mit Saprobiewerten von 1,0 auf unbelastete Gewässer hin.

Von *Glyptotaelius pellucidus* wurden im Restwasser der A02 und E03 einzelne Individuen gefunden. Diese Köcherfliege bevorzugt neben anderen Gewässertypen nach WARINGER & GRAF (1997) auch quellnahe, stark beschattete Waldbäche und Teiche, die auch austrocknen können.

Larven der Gattung *Plectrocnemia* besiedeln die Quellregion und Bachabschnitte der montanen Region und benötigen sauerstoffreiches, kaltes Wasser. Aus diesem Grund wird ihnen ein Saprobiewert von 1,5 zugesprochen. 2 Individuen von *Plectrocnemia conspersa* wurde an H01 nachgewiesen. Diese räuberische Art erbeutet nach WARINGER & GRAF (2011) auch größere Beutetiere, wie große Köcherfliegenlarven und sogar Feuersalamanderlarven.

Andere typische quell- und quellbachbewohnende Köcherfliegenarten wie *Crunoecia irrorata*, *Ernodes articularis* oder *Beraea*-Arten wurden im Rahmen dieser Untersuchung nicht nachgewiesen.

Als typischer Quellbewohner gilt auch der Feuersalamander. Jungtiere (Larven) konnten an der A02 sowie der E02 nachgewiesen werden, beides Standorte, die innerhalb eines sickerfeuchten Waldbestandes liegen. Vor rund 20 Jahren waren darüber hinaus auch an J04 und E01 Feuersalamander nachgewiesen worden (NZO-GMBH 1997).



Abb. 19: Larve des Feuersalamanders (Quelle A02)

Bedeutung als Amphibienlaichgewässer haben ferner eine ganze Reihe von weiteren Quellstandorten: J03, J04, J06, A05, E02, GB01, H01; an allen wurden in den 1990er Jahren Grasfrösche, Erdkröten etc. gefunden (NZO-GMBH 1997). Grasfrosch-Laich wurde an der GB01 auch 2014 beobachtet.

In einem Quellteich im Jothe-Einzugsbereich (J01) sowie im Riemekekolk (P15) wurde das Vorkommen des Dreistachligen Stichlings beobachtet. Auch in zwei Paderquellbecken (P01, Masperspader; P04, Börnepader) sowie in der Rothornpader wurde diese Fischart nachgewiesen; sie besiedelt wahrscheinlich auch alle anderen Paderquellarme.

Insgesamt ist festzuhalten, dass an einigen Paderborner Quellen durchaus anspruchsvolle Fauna-Arten nachgewiesen werden konnten. Eine Quote von rund 40 % ohne typische Arten (von 32 schüttenden Quellen 13) zeigt aber auch, dass an viele Quellen nur ein unzureichender Zustand der Quelllebensgemeinschaft gegeben ist.

7. Physikalisch-chemische Eigenschaften

Methodik

Die physikalisch-chemischen Eigenschaften des Quellwassers wurden in einer zwei geteilten Probenahme erhoben. Zum einen wurden die sog. Vor-Ort-Parameter direkt im Gelände zusammen mit den übrigen Geländedaten erhoben. Dazu zählen pH-Wert, Leitfähigkeit, Wassertemperatur, Sauerstoffgehalt und Sauerstoffsättigung. Zudem wurden Geruch, Trübung und Färbung erfasst. Diese Daten wurden an allen 30 Quellen erhoben, die eine Schüttung aufwiesen, oder zumindest so viel Wasser enthielten, dass eine sinnvolle Probennahme möglich war.

Darüber hinaus wurden an 22 schüttenden Quellen Wasserproben genommen, die am Tag der Probenahme an die UCL Umwelt Control Labor GmbH, Lünen zur laborchemischen Untersuchung zusätzlicher Parameter weiter gegeben wurden. Die Probennahmen erfolgten zeitlich konzentriert am 23. und 24. Juni 2014. Diese Proben wurden im Hinblick auf Gesamthärte, Carbonathärte, Nitrat, Nitrit, Ammonium, Phosphat, ortho-Phosphat, Sulfat, Chloride, Eisen und Mangan analysiert.

Beschreibung

Die chemisch-physikalischen Eigenschaften werden im Bericht anhand ausgewählter Parameter beschrieben. Dabei geht es vor allem um die Herausarbeitung von Auffälligkeiten, Grundbelastungen und räumlichen Verteilungen. Die Einzelwerte jeder Quelle enthält der jeweilige Datenbogen. Für alle Parameter gibt es darüber hinaus jeweils eine kartographische Darstellung, die im Anhang beigefügt ist. Für einige Parameter gibt es eine Einordnung in das Güteklassensystem der LAWA. Dessen Bereichswerte zeigt die folgende Abbildung. Für die Beschreibung wurden Nitrat-, Nitrit- sowie Ammoniumwerte in die jeweiligen Stickstoffwerte umgerechnet.

Tab. 3: LAWA-Güteklassifikation

Güteklassifikation der Nährstoffe, Salze und Summenkenngrößen; Vergleichswert: 90-Perzentil

Stoffname	Einheit	Stoffbezogene chemische Gewässergüteklasse						
		I	I - II	II	II - III	III	III - IV	IV
Nitrat-Stickstoff	mg/l	≤ 1	≤ 1,5	≤ 2,5	≤ 5	≤ 10	≤ 20	> 20
Nitrit-Stickstoff	mg/l	≤ 0,01	≤ 0,05	≤ 0,1	≤ 0,2	≤ 0,4	≤ 0,8	> 0,8
Ammonium-Stickstoff	mg/l	≤ 0,04	≤ 0,1	≤ 0,3	≤ 0,6	≤ 1,2	≤ 2,4	> 2,4
Ortho-Phosphat-Phosphor	mg/l	≤ 0,02	≤ 0,04	≤ 0,1	≤ 0,2	≤ 0,4	≤ 0,8	> 0,8
Sauerstoffgehalt*	mg/l	> 8	> 8	> 6	> 5	> 4	> 2	≤ 2
Chlorid	mg/l	≤ 25	≤ 50	≤ 100	≤ 200	≤ 400	≤ 800	> 800
Sulfat	mg/l	≤ 25	≤ 50	≤ 100	≤ 200	≤ 400	≤ 800	> 800

*Überwachungswerte: 10-Perzentil ersatzweise Minimum

Quelle: Umweltbundesamt, Daten der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA)

Vor-Ort-Parameter

Wie bei dem „im Kalk“ liegenden Einzugsgebiet der Paderborner Quellen nicht anders zu erwarten, bewegen sich die **pH-Werte** überwiegend im neutralen bis schwach alkalischen Bereich. Nur vereinzelt zeigen sich Werte unter 6,7 (B01, GB01). Dort machen sich möglicherweise schädliche Einflüsse aus dem Umfeld bemerkbar (Fichten, Einleitungen).

Erhöhte Werte bei der **elektrischen Leitfähigkeit** können auf Verschmutzungen und Einleitungen hinweisen, möglich sind aber auch natürliche bzw. geogene Ursachen wie ein erhöhter Salzgehalt des Grundwassers im Einzugsgebiet. Ganz überwiegend liegen die Werte deutlich unter 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ und sind damit als unauffällig anzusprechen.

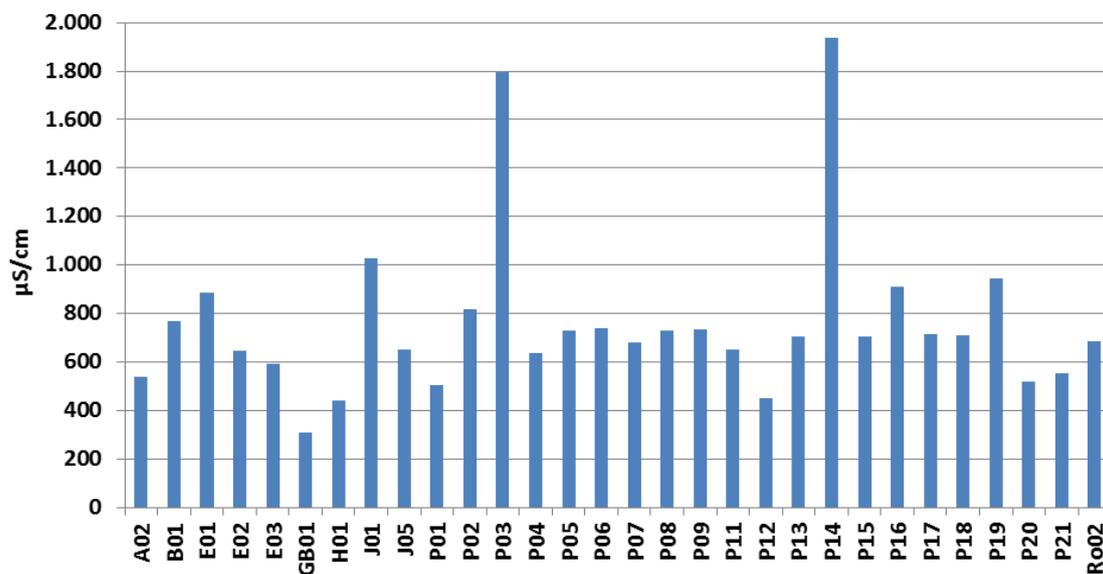


Abb. 20: Elektrische Leitfähigkeit an den untersuchten Quellen

Im Außenbereich erreicht die Quelle J01 1.028 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Dies weist, ebenso wie die erhöhten Ammoniumwerte und die geringe Sauerstoffsättigung (s. u.), möglicherweise auf Einleitungen und/oder Einschwemmungen (Düngemittel). Da die Quelle am Waldrand liegt, ist die genaue Ursache näher zu untersuchen.

Die Leitfähigkeit von rund 2.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ an der Quelle P14 (am Johannisstift) ist zusammen mit den sehr hohen Nähr- und Schadstoffgehalten (Ammonium) sowie der sehr geringen Sauerstoffsättigung ein deutlicher Indikator für eine übermäßige Verschmutzung. Mit hoher Wahrscheinlichkeit erhält dieser Quelltümpel verunreinigtes Abwasser. Ob es sich um eine Einleitung handelt, oder das Wasser möglicherweise aus einem undichten Kanal stammt, sollte unbedingt durch nähere Untersuchungen geklärt werden.

Im Gegensatz dazu ist die hohe Leitfähigkeit an der Quelle in der Dampader (P03) auf natürliche Ursachen zurückzuführen. Im Bereich von Warmer Pader und Dampader liegt nämlich eine wichtige Grundwassergrenze, die

salzhaltiges Natrium-Chlorid-Wasser sehr abrupt von dem östlich vorhandenen Calcium-Hydrogencarbonat-Wasser trennt (STILLE 1903, SKUPIN 1982, KOCH & MICHEL 1984, SCHMIDT & PARTNER 2006).

Entsprechend zählen auch die Chloridgehalte in diesem Bereich zu den höchsten. Während die Maximalwerte bis in die jüngste Vergangenheit jedoch in der Warmen Pader gemessen wurden (so SCHMIDT & PARTNER 2006), erreicht bei den vorliegenden Messungen die Dampfpader deutlich die höchsten Werte bei Leitfähigkeit und Chlorid-Gehalt (dazu s. u.). Inwieweit sich hier ein Vordringen des Sole-Wassers in Richtung Osten zeigt, und wo dafür möglicherweise die Ursachen liegen, bleibt hydrogeologischen Fachuntersuchungen vorbehalten.

Quellwasser weist in der Regel einen niedrigen **Sauerstoffgehalt** auf. Sehr schnell nimmt es dann jedoch atmosphärischen und pflanzlich gebildeten Sauerstoff auf, so dass der Gehalt schon wenige Meter unterhalb des Quellaustritts deutlich ansteigt. Im Falle von Karstquellen, bei denen nur wenige Tage zuvor versickertes Flusswasser wieder austritt, können von Beginn an höhere Sauerstoffgehalte vorhanden sein. Dies ist bei den meisten Paderquellen, aber auch der überwiegenden Mehrzahl der übrigen Paderborner Quellen der Fall. Fast durchgängig werden Werte über 5 mg/l angetroffen. Erst Werte unter 4 mg/l sind als kritisch für die Fischbesiedlung anzusehen.

Die niedrigsten Werte im Paderquellgebiet zeigt die Rothobornquelle (P16) mit 3,82 mg/l, die auch im Hinblick auf viele andere Parameter deutlich von übrigen Quellen dieses Bereichs abweicht (z. B. Sulfat, Phosphat). Sie bleibt stets klar, was darauf hindeutet, dass sie nicht von versickerndem Fluss- oder Oberflächenwasser gespeist wird. Möglicherweise liegt ein tiefer und weiter reichendes Einzugsgebiet zu Grunde (STILLE 1903).

Auffallend niedrige Werte weisen im übrigen Stadtgebiet die GB01, deren pH-Wert ebenfalls auffällig ist, der Quellteich von E02 im Sammtholz, sowie wiederum die Quelle P14 am Johannistift auf. Insbesondere bei den beiden letztgenannte dürften Fäulnisprozesse in der Folge von Aufstau und starkem organischen Eintrag als Ursache in Frage kommen.

In Bezug auf die **Sauerstoffsättigung** sind überwiegend die gleichen Quellen in sehr niedrigen Bereichen, die bereits oben im Zusammenhang von Beeinträchtigungen genannt wurden (GB01, E02, P14, B01). Mit der E04 kommt eine Waldquelle hinzu, die zwar noch Wasser aufwies, und die demzufolge als schüttend kategorisiert wurde, bei der die Probenahme jedoch in einer offenbar schon länger stehenden Restwasserlache erfolgt ist, deren Sauerstoff mittlerweile verbraucht war.

Die gemessene **Temperatur** des Quellwassers ist nur bei relevantem Abfluss aussagekräftig. Sofern nur pfützenartig angesammeltes Restwasser vorhanden ist, ein Quellteich aufgestaut ist, oder die Schüttung so gering ist, dass nur in kleinen Vertiefungen gemessen werden kann, zeigen sich, besonders bei Sonneneinstrahlung, deutlich zu hohe Werte. Dies kommt insbesondere bei Sickerquellen wie im Sammtholz vor.

Bei den stärker schüttenden Quellen liegen die Temperaturen im Allgemeinen zwischen 10 °C und 14 °C. Werte unter 10 °C wurden nur an der Maspersquelle (P01) und der Quelle an der Beke (B01) angetroffen.

Innerhalb des Paderquellgebietes differenzieren sich die Quellen in mehrere Gruppen. Besonders niedrig sind die Wassertemperaturen im nördlichen Paderquellgebiet rund um die Paderhalle (9,6 – 11,5 °C). Im westlichen Quellgebiet ist nicht die Warme Pader (nur 13,5 °C), sondern der sog. Blaue Kolk in der Dampfpader mit 15,9 °C am wärmsten gewesen. Dies überrascht jedoch nur vordergründig, da für die verschiedenen Quellen der Warmen Pader zwar jeweils sehr einheitliche, d. h. wenig schwankende, jedoch unterschiedliche Temperaturniveaus nachgewiesen sind: Während im nördlichen Teil des Beckens beim Quellaustritt vor rund 100 Jahren ganzjährig zwischen 15,2 °C bis 15,7 °C erreicht wurden, waren es am südlichsten gemessenen Austritt zwischen 12,4 °C und 12,7 °C (STILLE 1903). In Mischung des Abflusses mögen es dann durchaus gleichmäßig hohe Werte sein, wie sie z. B. mit 15,3 °C angegeben werden (SCHMIDT & PARTNER 2006).

Im östlichen Paderquellgebiet beträgt die Temperatur des Quellwassers überwiegend deutlich unter 13 °C. Lediglich am Quellausfluss P09 wurde mit 14,9 °C ein recht hoher Wert gemessen, allerdings ist die Herkunft dieses offensichtlich per Pumpe geförderten Wassers unklar (Fundament-Entwässerung?).

Laboranalysen

Bedingt durch die überwiegend kalkhaltigen, verkarsteten Gesteine in ihrem Einzugsgebiet sind die meisten Paderborner Quellen reich an im Wasser gelösten Ionen der Erdalkalimetalle (insbesondere Calcium und Magnesium). Daraus folgt eine hohe Wasserhärte, bestimmt als **Gesamthärte** (in mmol/l und °dH), die alle vorkommenden Erdalkalimetalle berücksichtigt, sowie, bei Berücksichtigung nur des Hydrogencarbonatanions als **Carbonathärte** (mmol/l).

Mittlere Werte bei der Gesamthärte weisen nur die Quellen im Sammtholz auf (H01 und E02). Alle anderen Quellen liegen im harten Bereich. Die Quelle am Johannisstift (P14) liegt mit 4,3 mmol/l an der Spitze (Härtebereich somit gem. bis 2007 geltender Regelung „sehr hart“).

Bei der Carbonathärte liegen die Quellen zwischen 3,2 und 7,0 mmol/l. Besonders hohe Werte sind bei den im Außenbereich liegenden Quellen J01, Ro02 und B01 festzustellen, außerdem wiederum bei P14. Innerhalb des Paderquellgebiets zeigen sich relevante Differenzierungen nur bei Rothobornquelle (P16) und Blauem Kolk (P03), deren Werte im Gegensatz zu den übrigen Paderquellen über 5 mmol/l liegen.

Dem **Nitratgehalt** kommt eine besondere Bedeutung bei der Beurteilung einer Quelle zu. Diese Stickstoffverbindung ist ein wichtiger Nährstoff für Pflanzen. Hohe Werte können zu einer Eutrophierung des Quellstandortes führen, d. h. zu einer übermäßigen Nährstoffversorgung. Die Ursachen für besondere

Nitratbelastungen im Grund- und damit auch im Quellwasser liegen vor allem in den Einträgen durch die landwirtschaftliche Nutzung im Einzugsgebiet. Diese kommen umso mehr zum Tragen, je schneller und ungefilterter die Boden- und Gesteinspassage erfolgt.

Nahezu alle Paderquellen zeigen eine erhöhte Belastung mit Nitrat. Sie sind nach der chemischen Gewässergüteklassifikation der LAWA der Güteklasse (GK) III zuzuordnen (rund 22 – 44 mg/l). Ausnahmen sind der Blaue Kolk (P03) sowie die Quelle im Keller Haus Am Rothoborn 4 (P18), die, nur geringfügig besser, Güteklasse II-III (deutliche Belastung) aufweisen (16,7/21,5 mg/l). Die Quelle an der Beke (B01) gehört wiederum in die Güteklasse III-IV, die Quelle des Seskerbruchbaches mit einem Messwert von annähernd 46 mg/l sogar in die GK III-IV (sehr hohe Belastung).

Die hohen Nitratbelastungen sind auch an vielen anderen Karstquellen der Westfälischen Quellenlinie wie Lippe und Heder zu beobachten; auch viele weitere Quellen im Bereich der Paderborner Hochfläche sind stark eutrophiert (NZO-GMBH 2014). Dies zeigt deutlich die geringe Filterwirkung der Böden und Gesteine im Bereich dieses ausgedehnten Karstgebietes. Einträge und Abschwemmungen treten nahezu unvermindert an vielen Quellen wieder zu Tage. Als weitgehend unbeeinflusster Hintergrundwert werden für das Karstgebiet der Schwäbischen Alb etwa 8 mg/l angegeben (LFU 2001). An der Warmen Pader wurde in den 1980er Jahren der vergleichsweise geringe Wert von 6 mg/l gemessen (KOCH & MICHEL 1984).

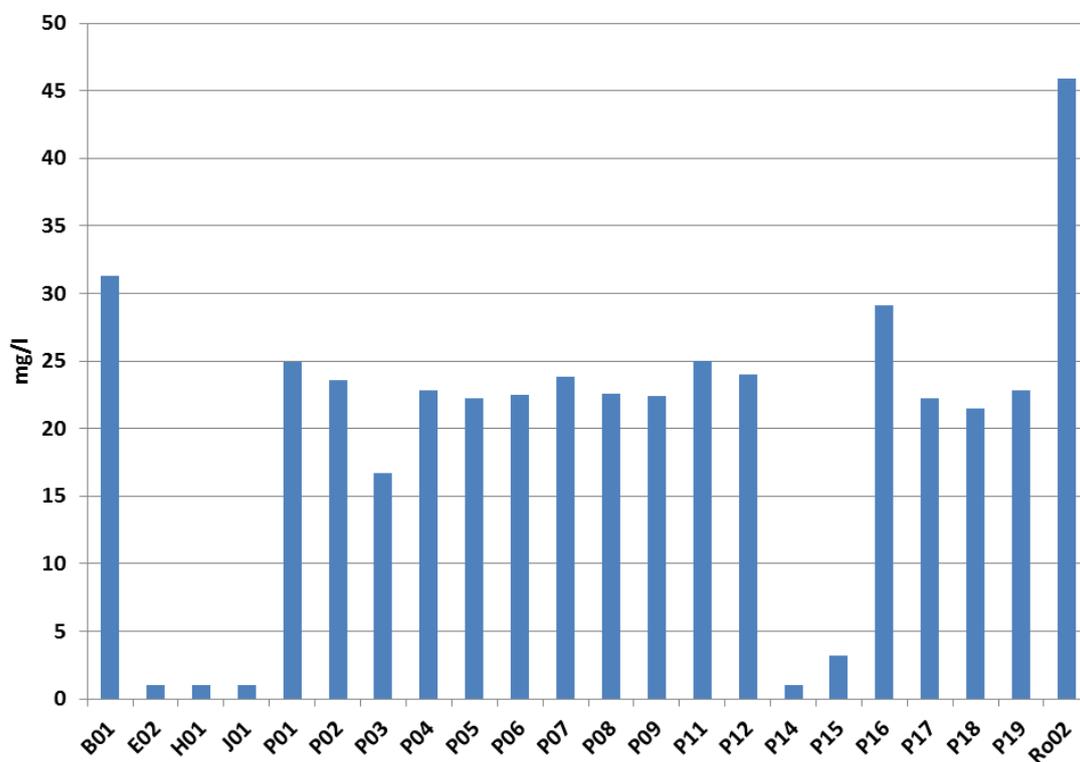


Abb. 21: Nitratgehalte der untersuchten Quellen

Niedrige Werte unter 5 mg/l sind dagegen bei den Quellen im Sammtholz, bei J01 sowie beim Riemekekolk (P15) und der Quelle am Johannisstift (P14) festzustellen. Dies ist jedoch nur bei E02 als ausschließlich positiv zu werten. Bei den anderen genannten, insbesondere bei P 14, H01 und J01, sind zugleich die **Ammoniumwerte** deutlich erhöht. Das deutet auf so umfangreiche Abbauprozesse organischen Materials, dass ein bakterieller Umbau des Ammoniums zu Nitrat (Nitrifikation) nicht mehr in ausreichendem Maß stattfinden kann, da der dafür notwendige Sauerstoff nicht (mehr) in ausreichendem Maß zur Verfügung steht. Hohe Ammoniumkonzentrationen wirken jedoch toxisch, d. h. giftig, für viele Gewässerorganismen, u. a. für Fische. Diese Quellen gehören damit zu den unter chemischen Gesichtspunkten am stärksten beeinträchtigten. An den übrigen Quellen sind die Belastungen größtenteils sehr gering, nur vereinzelt auch mäßig.

In Bezug auf **Nitrit**, einem Zwischenprodukt bei der Nitrifikation, sind alle Quellen als unbelastet bis sehr gering belastet zu beurteilen.

Phosphat ist ein wichtiges Düngemittel in der Landwirtschaft. In Gewässern kann es zur übermäßigen Nährstoffversorgung, d. h. zur Eutrophierung, führen. Bestimmt wurden im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen der Gesamt- und der ortho-Phosphat-Gehalt. Da hier keine Unterschiede festgestellt wurden, erfolgt die Beschreibung anhand des ortho-Phosphat-Gehalts.

Die Quellen des westlichen Paderquellgebiets sind gemeinsam mit der Rothebachquelle Ro02 als anthropogen unbelastet anzusprechen (GK I). Alle Quellen des nördlichen und östlichen Paderquellgebiets sind dagegen der GK I-II (sehr gering belastet) zuzuordnen. Eine Ausnahme bildet auch hier die Rothobornquelle (P16), die mit 0,36 mg/l eine deutliche Belastung aufweist.

Mäßig bis deutlich sind die Belastungen aller untersuchten Quellen des westlichen Stadtgebiets. Mit 1,2 mg/l den höchsten Wert weist wiederum die P14 am Johannisstift auf; ein weiteres Indiz für unkontrollierte Abwasserzuflüsse.

Alle Quellen des Außenbereichs weisen sehr geringe Belastungen mit **Sulfat** auf. Innerhalb des Paderquellgebiets liegen die Werte mit 121-128 mg/l im östlichen Teil am höchsten. Dort fällt wiederum die Rothobornquelle aus der Regel. Ihr Messwert lag bei nur 71,3 mg/l. Im Jahr 1979 war dort der im Vergleich mit den übrigen seinerzeit geprüften Paderquellen mit 197 mg/l der mit Abstand höchste Wert gemessen worden (KOCH & MICHEL 1984), während die übrigen bei höchstens 52 mg/l lagen.

Erhöhte Werte beim **Chlorid** weisen nur wenige Quellen auf. Im Außenbereich ist dies die B01 (113 mg/l); dort ein weiterer Hinweis auf den Eintrag von Düngemitteln aus der Landwirtschaft. Innerhalb der Kernstadt weist die Quelle am Johannisstift mit 547 mg/l den Extremwert aller Messungen auf. Wie bereits mehrfach beschrieben, ist hier von Abwassereinleitungen auszugehen.

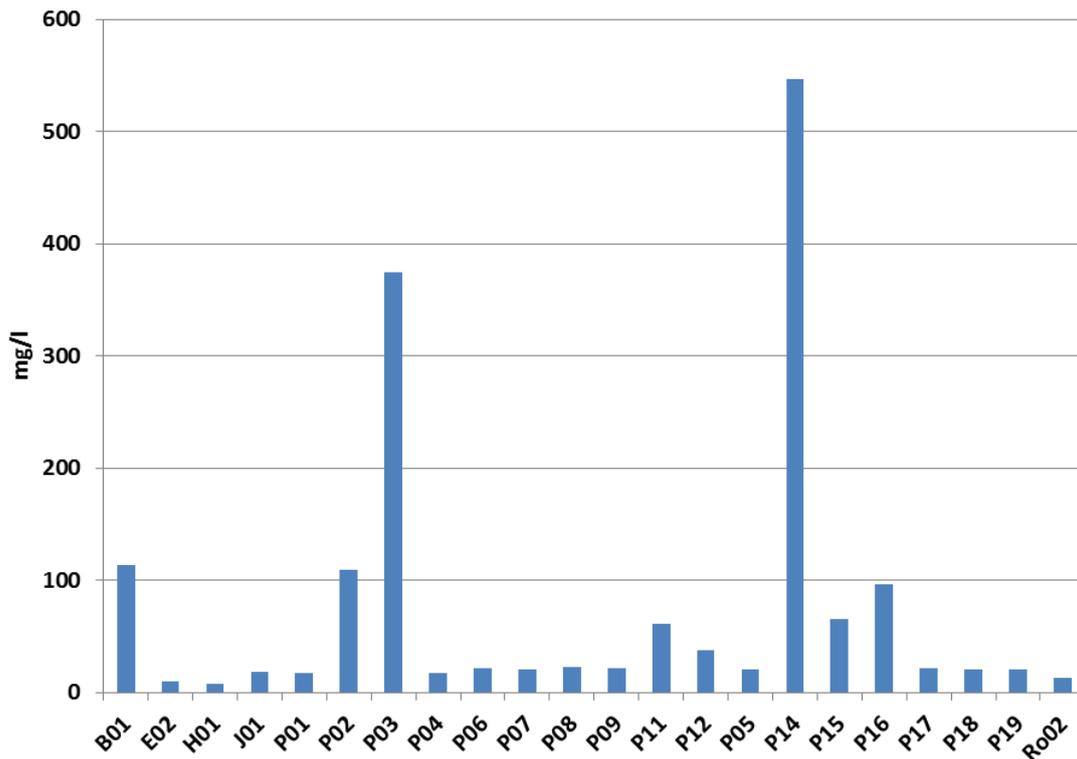


Abb. 22: Chlorid-Gehalt an den untersuchten Quellen

Innerhalb des Paderquellgebiets ist der Einfluss von Sole-haltigem Grundwasser für den westlichen Teil, insbesondere die Warme Pader, bekannt (P02). Hier waren in der Vergangenheit Werte bis 603 mg/l beobachtet worden (SKUPIN 1982). Aktuell lagen sie bei 109 mg/l. Demgegenüber wies der Blaue Kolk in der Dampader (P03) 374 mg/l auf. Dass dort höhere Werte als in der Warmen Pader auftreten, wurde gegenüber den vorliegenden Vergleichswerten erstmals beobachtet, wenngleich bereits Ende der 1990er Jahre stark angestiegene Werte in Dampader gemessen wurden (s. Tab. 4). Wie oben bereits im Zusammenhang der Leitfähigkeit angedeutet, könnten sich hier Verschiebungen in Grenzlage des Sole- gegen das Calcium-Hydrogencarbonat-Grundwasser handeln.

Allerdings ist auch darauf hinzuweisen, dass auch bei nahe beieinander liegenden (Pader-)Quellen erheblich Unterschiede bei Chemismus und Temperatur vorkommen können, schon STILLE (1903) weist gerade für die Warme Pader darauf hin. Insofern könnte im Rahmen der Untersuchung eine Teilquelle der Warmen Pader analysiert worden sein, die im Vergleich mit ihren Nachbarquellen eher niedrige Salzgehalte aufweist; die Klärung dieser Frage muss jedoch genaueren hydrogeologischen Untersuchungen vorbehalten bleiben. Einflüsse des salzhaltigen Grundwassers sind jedenfalls auch am Riemekekolk zu beobachten (P15; 65,1 mg/l), wie das bereits in den 1970er Jahren der Fall war (damals 124 mg/l; SKUPIN 1982).

Tab. 4: Zusammenstellung von Chlorid-Gehalten in Warmer Pader und Dampader

Messdatum	Warme Pader	Dampader
06.12.1964		33
13.11.1980	603	
12.01.1979		23
14.09.1981	581	
04.11.1998		470
26.11.1998	570	
24.06.2014	109	374

Angaben in mg/l; Zusammenstellung nach Daten von SKUPIN (1982), KOCH & MICHEL (1984), SCHMIDT & PARTNER (2006) sowie der vorliegenden Untersuchung

Im östlichen Paderquellgebiet tritt wiederum der Rothoborn (P16) mit fast 5 Mal höheren Werten als bei den anderen Quellen dieses Bereichs hervor (96,8 mg/l). Die P11 auf dem „Kehl-Schwarze“-Gelände ist mit 61 mg/l ebenfalls mäßig belastet.

Die Gehalte von **Eisen** sind bei den meisten untersuchten Quellwässern mit maximal 0,15 mg/l unauffällig. Stärker belastet sind P15 (Riemekekolk) und J01 mit Werten um 0,7 mg/l, die Johannisstiftquelle mit 2,4 mg/l und vor allem die H01 mit 17 mg/l. An der letztgenannten sind, wie beschrieben, auch erhöhte Ammoniumwerte und etwas geringere Sauerstoffgehalte zu beobachten. Alles zusammen deutet auf reduzierende Verhältnisse in Folge von organischen Abbauprozessen. Generell sind Eisen- und Manganwerte in sauerstoffarmen Grundwässern manchmal erhöht.

Auch beim **Mangan** fällt die H01 mit dem höchsten Messwert auf (0,73 mg/l). Ansonsten zeigen wiederum die B01 mit 0,24 mg/l sowie die P14 am Johannisstift mit 0,093 mg/l einen relativ hohen Wert. Sämtliche anderen Quellen sind unauffällig.

8. Ökologischer Zustand der Paderquellarme

Methodik

Wie einführend erwähnt, wurde auftragsgemäß auch eine orientierende ökologische Bestandserfassung der Paderquellarme und ihres direkten Umfeldes oberhalb der Kisau/Mühlenstraße vorgenommen, die als eine erste Bewertungsgrundlage für möglicherweise in diesem Bereich anstehende Umgestaltungsmaßnahmen dienen soll.

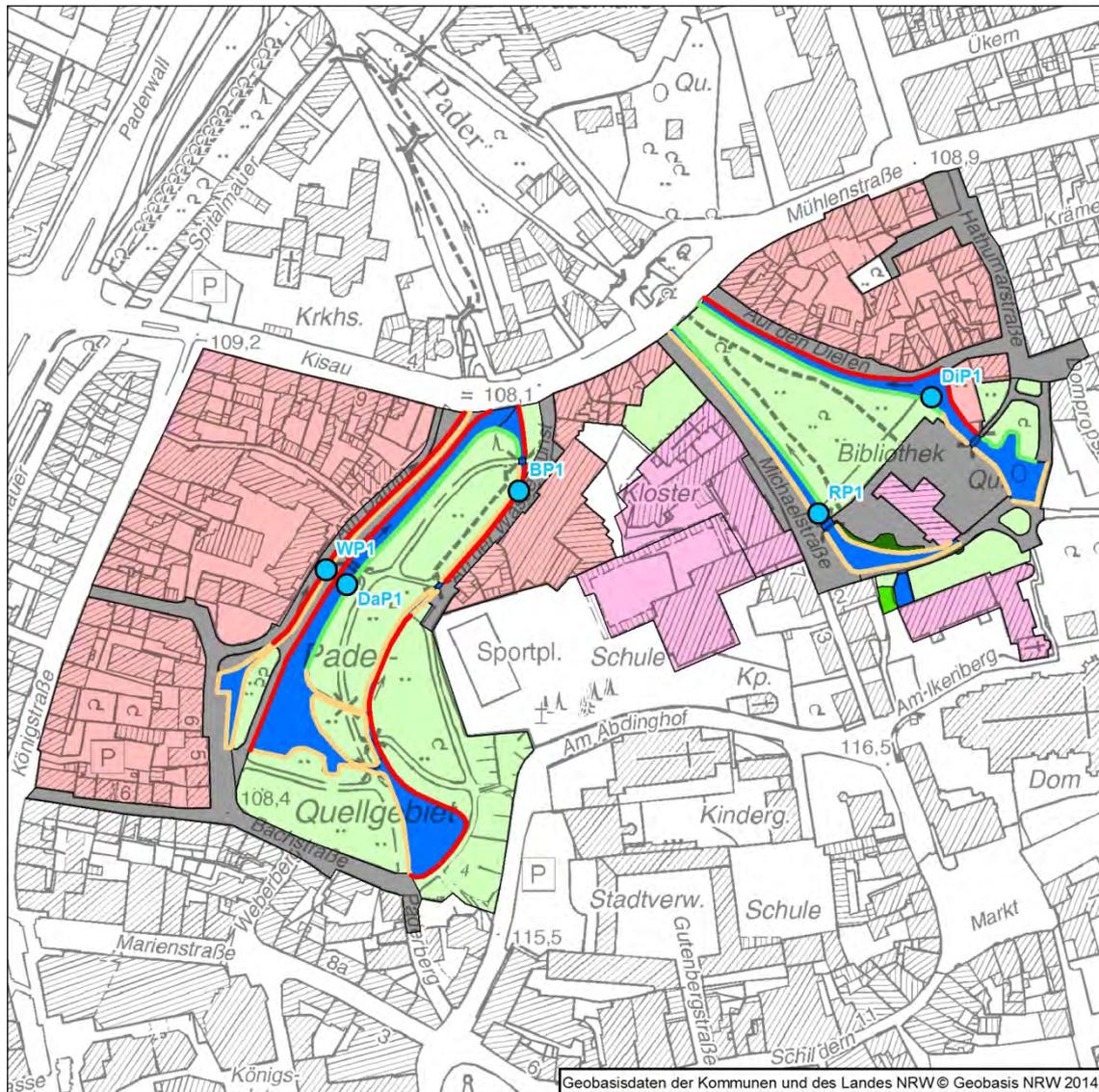
Dabei erfolgte die Untersuchung überwiegend analog zu den Quellen, d. h. an je einem Probenahmeort wurden die gleichen Parameter untersucht. Chemische Labor-Analysen fanden abstimmungsgemäß allerdings nicht statt. Die Daten wurden, wie bei den Quellen, in Datenbögen zusammengestellt. Ergänzend wurde orientierend die Umfeldnutzung erfasst und außerdem der Verbauungszustand der Ufer aufgenommen.

Sämtliche Untersuchungs- und Bewertungsergebnisse werden für die Paderquellarme werden zusammengefasst in diesem Kapitel dargestellt.

Beschreibung und Bewertung

Strukturelle Ausprägung

Die untersuchten Quell- bzw. Flussoberläufe des westlichen und östlichen Paderquellgebiets liegen innerhalb eines Parks bzw. einer parkartig gestalteten Grünanlage (s. Abb. 23). In beiden Fällen bilden jeweils zwei Paderarme auf langen Abschnitten die Außengrenze der Grünflächen, deren parkabgewandte Flussseite somit unmittelbar an Straßen bzw. Wege grenzt. Die Warme Pader wird sogar auf fast der ganzen Länge beiderseits von Straßen/Wegen begrenzt. Dies ist insofern von Bedeutung, dass mit Ausnahme von etwa der Hälfte der Börnepader keiner der Oberläufe vollständig innerhalb von Grünanlage liegt und das ökologische Entwicklungspotenzial durch die angrenzenden Straßen- und Siedlungsflächen von vorneherein eingeschränkt ist.



Umfeldnutzung	Verbauungszustand
■ Quelloberlauf	— unverbaut
■ Grünfläche, extensive Nutzung	— Bruchsteinmauer
■ Baumreihe	— Betonmauer
■ Park, Grünanlage	Probennahmeort
■ Straße, Weg, versiegelte Platzfläche	●
■ Wohnbaufläche	
■ öffentliche Gebäude	

Abb. 23: Umfeldnutzung und Verbauungszustand der Paderquellarme oberhalb von Kisau und Mühlenstraße

Das östliche Ufer der Dampader weist auf rund 170 m Länge einen überwiegend naturnahen, alten Ufergehölzbestand auf. Darunter befinden sich Weiden, aber auch Parkbäume wie z. B. Roß-Kastanien. An der Börne-Pader stocken überwiegend einzelne, Park-gemäß gepflegte Einzelbäume mittleren

Alters. Die Ufer der Quellbecken sind bis auf einige, teilweise trauer-baumartig überhängende Einzelbäume weitgehend baumfrei.



Abb. 24: Zusammenfluss von Börnepader (links) und Dampader (rechts), flussaufwärts

Eine eigendynamische Entwicklung der Gewässerläufe wird durch fast durchgängig vorhandene Ufermauern komplett ausgeschlossen. Nur das schon erwähnte Ostufer der Dampader ist nicht verbaut, allerdings ist die Uferlinie durch den Gehölzbestand auch dort weitestgehend festgelegt. Durch die Abstürze im Bereich der ehemaligen Mühle an der Kisau sind alle Paderarme des westlichen Paderquellgebiet von der übrigen Pader abgeschnitten. Eine biologische Durchgängigkeit für Fische und andere Gewässerorganismen ist nicht vorhanden. Sie wird innerhalb des Gebiets durch zahlreiche Abstürze der Börnepader (zur Dampader und im Bereich der ehem. „Wasserkunst“) zusätzlich nochmals unterbrochen.



Abb. 25: Dampader „An der Wasserkunst“, in Fließrichtung

Im östlichen Paderquellgebiet sind die den Bereich nach außen begrenzenden Ufer ebenfalls komplett durch Mauern gesichert. Einzige Ausnahme ist der nördliche Teil des Quellbeckens der Dielenpader. Dort sind noch unverbaute, teils allerdings durch Natursteinblöcke begehbare Uferabschnitte erhalten. Die „innen“ liegenden Ufer von Rothoborn- und Dielenpader grenzen an den sog. Geißelschen Garten. Sie sind nicht durch Mauern verbaut, allerdings wie die Dampader durch die vorhandenen Ufergehölze festgelegt. Der Geißelsche Garten selbst weist einen ökologisch hochwertigen, in Teilen alten Baumbestand auf. Gebüsche im Unterwuchs schirmen das Gewässer abschnittsweise gegenüber der Parkanlage ab, so dass ein gewisser Störungsschutz für u. a. gewässernutzende Vogelarten wie die Wasseramsel gegeben ist.

Sowohl Rothoborn-Pader als auch Dielenpader weisen im Bereich der Mühle an der Mühlenstraße durch Abstürze eine Unterbrechung ihrer biologischen Durchgängigkeit auf. Auch sie sind somit vom übrigen Paderverlauf abgetrennt. Innerhalb des östlichen Quellgebiets besteht darüber hinaus an der Dielenpader an der Brücke zur Stadtbibliothek ein kleiner Absturz, der nur eingeschränkt durchgängig ist. Auch der Quellabfluss aus der Kaiserpfalz ist durch ein Mönchbauwerk an einem Staubecken vom Hauptlauf abgetrennt.



Abb. 26: Absturz in der Dielenpader im Unterwasser der Mühle Reineke

Im überwiegenden Teil der untersuchten Gewässerabschnitte sind teils dichte Bestände höherer Wasserpflanzen vorhanden. Dazu zählen vor allem der Teichfaden (*Zanichellia palustris*) sowie Wasserstern-Arten (*Callitriche spec.*), teils sind an den Ufern der Quellbecken oder in den Becken, vor allem an Rothoborn- und Dielenpader, Röhrichte von Brunnenkresse (*Nasturtium officinale*) und/oder Bachbunge (*Berula erecta*) vorhanden. Nahezu überall auf der Sohle sowie an den Ufermauern sind punktuell Bestände des Quellmooses (*Fontinalis antipyretica*) entwickelt.

Alle Paderquellarme weisen Belastungen mit Bauschutt (wohl noch aus Kriegszeiten) sowie starke Einträge von Müll, insbesondere von Flaschen und Kronkorken, auf.



Abb. 27: Kronkorken auf der Sohle der Dampader

Faunistische Besiedlung

An allen Probestellen der Paderquellarme wurde eine vergleichsweise gute Besiedlung mit Arten des Makrozoobenthos festgestellt. Darunter sind vor allem Arten der Fließgewässer, wie zum Beispiel (Bach-)Flohkrebse oder Eintagsfliegen. Ausgesprochene Quellspezialisten wie der Höhlenflohkrebs wurden zwar nicht mehr gefunden, es wurden aber an allen Probenahmeorten auch quelltypische Arten festgestellt, nämlich die Köcherfliegen *Drusus trifidus* und *Agapetus fuscipes*. Dies ist insofern erstaunlich, dass die Quellstandorte teilweise bis zu 200 m flussaufwärts liegen. Offensichtlich sind die Lebensbedingungen hier für diese Arten noch ausreichend gut. Dies hängt sicher nicht zuletzt mit der ausgeglichenen Wasserführung bzw. -schüttung sowie der ebenfalls nur relativ gering schwankenden Ganglinie der Temperatur zusammen.

Physikalisch-chemische Eigenschaften (Vor-Ort-Parameter)

Auf die Paderquellarme treffen im Wesentlichen die Eigenschaften zu, die auch an den jeweils zugehörigen Quellbereichen angetroffen wurden. Sie sind charakterisiert durch leicht basische pH-Werte und einen relativ hohen Sauerstoffgehalt; die Sauerstoffsättigung liegt bei rund 60 – 80 %. Interessant ist der Blick auf die Leitfähigkeit. Sie liegt im östlichen Paderquellgebiet, wie bei den entsprechenden Quellen bei um die 700 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Im westlichen Paderquellgebiet sind bei Warmer Pader und Dampader die Verhältnisse jedoch gerade umgekehrt wie bei den dort untersuchten Quellen. Mit über 1.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ wurde in der Warmen Pader der mit Abstand höchste Wert für die elektrische Leitfähigkeit gemessen, erst dahinter folgt mit gut

1.000 µS/cm die Dampader. Offensichtlich sorgen bei der Dampader die anderen Quellen für eine Verdünnung des höhere Werte aufweisenden Blauen Kolkes. Andersherum bringen einige Quellen der Warmen Pader offenbar Wasser mit höheren Konzentrationen von Salzen, als es die untersuchte Quelle P02 es aufweist. Auch an dieser Stelle werden wieder die auf kurzer Distanz stark wechselnden Verhältnisse in Bezug auf Einzugsgebiet und Wasserherkunft deutlich.

Bewertung und Maßnahmenvorschläge

Die ökologische Entwicklungsfähigkeit der Paderquellarme muss vor dem Hintergrund ihrer innerstädtischen Lage bewertet werden. Dichte Bebauung und intensive Parknutzung stehen einer leitbildkonformen Entwicklung entgegen. Trotzdem besteht ein hohes ökologisches Entwicklungspotenzial für die Gewässer.

Wichtige Voraussetzung für eine positive Gewässerentwicklung ist die biologische Durchgängigkeit. Bis in den Bereich des Paderwalls wurden in der Pader die gewässertypspezifischen Arten Bachforelle, Äsche und Koppe festgestellt (NZO-GMBH 2003). Ein weiteres Aufwandern bis hinein in die Paderquellgebiete ist für sie durch Abstürze und die Mühlennutzung unterbunden, obwohl sie sicher auch oberhalb der Kisau/Mühlenstraße geeignete Lebensbedingungen vorfinden würden; lediglich der Dreistachlige Stichling konnte in den Paderarmen nachgewiesen werden. Auch viele weitere Gewässerarten, insbesondere des Benthos, sind auf die Durchgängigkeit angewiesen.

Im Umsetzungsfahrplan zur EU-Wasserrahmenrichtlinie ist für die Dielen- und Masperspader unterhalb der Mühlenstraße die Entwicklung eines sog. Trittsteins, oberhalb der Mühlenstraße bis zur Quelle die Entwicklung eines Strahlweges dargestellt (NZO-GMBH 2012). Beide Kategorien sollen sicherstellen, dass dieser Gewässerabschnitt zumindest zeitweise von Gewässerorganismen besiedelt, mindestens jedoch für Wanderungsbewegungen genutzt werden kann. Aus diesem Grund wird auch dort die Herstellung der Durchgängigkeit gefordert.

Die Paderquellarme Warme Pader, Dampader, Börnepader und Rothobornpader sind dagegen als Degradationsstrecke dargestellt. Dies bedeutet, dass der vorhandene Gewässerausbau als so massiv eingestuft wurde, dass eine naturnahe Wiederentwicklung zur Erreichung der ökologisch notwendigen Lebensraumqualitäten ausgeschlossen erscheint. Dabei ist zu berücksichtigen, dass der Umsetzungsfahrplan den Rahmen für die Maßnahmen vorgibt, mit denen der sog. gute Zustand für den gesamten Fluss Pader erreicht werden kann. Auch wenn dies formal ohne Maßnahmen an den als Degradationsstrecken deklarierten Paderarmen möglich ist, sollte angesichts der vorhandenen Qualität und Bedeutung dieser Flussabschnitte auch dort die Herstellung der biologischen Durchgängigkeit ein Hauptziel der weiteren Gewässerentwicklung sein.



Abb. 28: **Dreistachlige Stichlinge in der Rothobornpader**
(Männchen im bunt gefärbten Laichkleid, Weibchen unauffällig im rechten Bildteil)

Eigendynamische Entwicklungen, möglichst in Form von Laufverlagerungen, Uferabbrüchen und der Mobilisierung anstehender Substrate sowohl im Ufer als auch im Sohlbereich, sind ebenfalls von entscheidender Bedeutung für die Lebensgemeinschaften der Gewässer. Zahlreiche Arten sind z. B. auf die ständige Umlagerung von Kiesen angewiesen, da nur dann eine ausreichende Sauerstoffversorgung in den für die Organismenentwicklung wichtigen Kies-Zwischenräumen (Interstitial) gewährleistet ist. Zudem bewirken naturnahe Ufer eine enge Verzahnung des Gewässers mit dem Umfeld: Wechselnde Abflüsse können dann mehr oder weniger breite Wasserwechselzonen schaffen. Auch darauf sind viele Tier- und Pflanzenarten angewiesen. Wo immer möglich sollte daher die Verbauung zurückgenommen und durch eine naturnahe Ufergestaltung ersetzt werden. Verbliebene unverbaute Bereiche sollten unbedingt weiter entwickelt werden, etwa durch die Anlage nur extensiv genutzter und möglichst ruhig gestellter Uferrandstreifen.

Auf die Auswirkungen übermäßig ausgedehnt und breit gestalteter Quellbecken auf die Strömungs-, Sedimentations- und Besiedlungsverhältnisse des Gewässers sowie auf mögliche Gegenmaßnahmen wird im Zusammenhang möglicher Maßnahmen an den Quellen im nächsten Kapitel eingegangen.



Abb. 29: Strukturgebende Ufergehölze in der Dielenpader am Geißelschen Garten

Die angesprochene Durchgängigkeit ist ein Aspekt des Biotopverbunds. Neben dem Artenaustausch innerhalb des Gewässers selbst sollte jedoch auch die gesamte Flussachse in dieser Hinsicht gestärkt werden, da sich viele Tiere an Gewässerläufen als Leit- und Zugbahnen orientieren, zum Beispiel Vögel und Fledermäuse. In bestimmten Abständen sollten darüber hinaus auch naturnahe Lebensräume vorhanden sein, die zumindest zeitweise den Aufenthalt solcher Arten erlauben (sog. „Trittsteine“). Aus diesem Grund wird vorgeschlagen, die Verbundfunktion der Ufer und angrenzenden Landbereiche durch naturnahe Ufergehölze und möglichst breite Uferstreifen zu stärken. Wo dies genau möglich sein kann, wäre in weiteren Planungen und Abstimmungen zu klären. Ziel sollte sein, auf ganzer Länge zumindest auf einer Uferseite, ruhig auch wechselnd, solche Strukturen auch im Innenstadtbereich vorzuhalten.



Abb. 30: Eisvogel und Wasseramsel
Beide Arten nutzen auch die Paderquellarme zur Nahrungssuche.

Weiterhin sollten bereits vorhandene ökologisch hochwertige Lebensraumtypen bzw. Nutzungsformen unbedingt geschützt und weiter entwickelt werden. Geißelscher Garten und vor allem das sog. „Kehl-Schwarze“-Gelände, das bereits unterhalb der Kisau liegt, mit seinen Quellen, naturnahen Gehölzen und Hochstauden bieten einmalige Gelegenheiten, seltenen, schutzwürdigen und teils hochspezialisierten Arten mitten in der Stadt geeignete Lebensräume zu bieten.

Die Faszination, die vom Paderquellgebiet und den Paderarmen ausgeht, kann durch die vorgeschlagenen Entwicklungsmaßnahmen sicher noch weiter gestärkt werden. Als „Nebeneffekt“ würde die auch für Naherholung und Touristik wichtige Paderachse durch weitere Höhepunkte bereichert.



Abb. 31: Die Paderarme sind wichtige Biotopverbundachsen mitten in der Stadt
(hier Börne-Pader im Bereich der Inselfspitze, flussaufwärts)

9. Gesamtbewertung und Maßnahmenvorschläge

Bewertungsmaßstab

Die vorliegenden Untersuchungen haben deutliche Unterschiede zwischen den zahlreichen Quellen in Paderborn erbracht. Es bestehen erhebliche Differenzierungen hinsichtlich ökologischer Qualität und Funktionserfüllung. Bestehende Beeinträchtigungen rühren aus unterschiedlichen Richtungen her. Sie können aus der Beschaffenheit des Wassers ebenso resultieren wie aus der Nutzung des Umfeldes.

Um die Quellen bewerten und einordnen zu können, wurden vier unterschiedliche Bewertungsmaßstäbe gewählt: Flora und Fauna, Chemie, Umfeld und Verbauungswirkung. Jeder der Parameter wird anhand einer einfachen „Ampelbewertung“ beurteilt: Rot ist dabei die schlechteste Bewertungsklasse, gelb bedeutet eine mittlere Qualität und grün deutet auf eine gute Ausprägung hin. Naturgemäß bleiben bei einem solch vergleichsweise groben Raster innerhalb der Klassen relativ große Bewertungsspannweiten. Ziel ist jedoch, auf anschauliche Art und Weise darzustellen, wo die Hauptprobleme der einzelnen Quellen liegen. Insofern kann aus der Bewertung auch ein gewisser Priorisierungsgrad bezogen auf mögliche Optimierungsmaßnahmen abgeleitet werden. Bei näherer Betrachtung sollte für jeden Einzelfall genau geprüft werden, woraus die Bewertung resultiert und welche Probleme konkret bestehen.

Auf eine alle Parameter zusammenfassende Gesamtbewertung wurde bewusst verzichtet, unter anderem weil die häufig negative Beurteilung der chemischen Beschaffenheit die anderen Bewertungsmaßstäbe überdecken und Differenzierungen verhindern würde.

1. Flora und Fauna

Quellen weisen natürlicherweise eine ganz spezifische Lebensgemeinschaft auf. Die Bewertung berücksichtigt, ob typische, spezialisierte Quellarten vorkommen.

	keine typische Flora und Fauna
	Flora oder Fauna typisch
	Flora und Fauna typisch

„Keine typische Flora und Fauna“ kann sowohl das Vorkommen unspezifischer Flora- und Fauna-Arten als auch das untypische Fehlen von Arten bedeuten. Entsprechend steht „typisch“ sowohl für das Vorkommen spezifischer Arten als auch deren natürliches Fehlen, z. B. bei temporären Quellen.

2. Chemie

Als eine der wichtigsten Einflussgrößen für die Entwicklung der Lebensgemeinschaft der Quelle wird an dieser Stelle der Gehalt an Nährstoffen (Nitrat, Phosphat) beurteilt. Außerdem wird berücksichtigt, ob und in welcher Konzentration das toxische Ammonium im Quellwasser vorhanden ist.

	Nährstoff-Gehalt stark überhöht
	Nährstoff-Gehalt mäßig erhöht
	Nährstoff-Gehalt im natürlichen Bereich

Die rote Bewertung wurde auch vergeben bei stark erhöhten Ammoniumwerten.

3. Umfeld

Als Indikator für die ökologische Qualität des direkten Umfelds wird das Vorkommen der folgenden drei Biotopstrukturen gewertet: naturnahe feuchte Hochstaude, naturnahes Gebüsch, naturnaher Baumbestand.

	keiner der drei Biotoptypen
	einer der drei Biotoptypen
	mindestens zwei der drei Biotoptypen

Die grüne Bewertung wurde auch vergeben bei naturnahem Wald.

4. Verbauungswirkung

Bewertet werden die Auswirkungen ggf. vorhandener Verbauungen auf die Ökologie der Quelle bzw. des Quellbeckens selbst.

	Aufstau und Isolation vom Umfeld
	Aufstau oder Isolation vom Umfeld
	weitgehend ohne Auswirkungen

Bei fehlender Verbauung erfolgt grundsätzlich die Einstufung als grün.

Die kartographischen Darstellungen der Bewertungen sind im Anhang beigefügt.

Bewertungsergebnisse und mögliche Maßnahmen

Die Einzelergebnisse der Bewertung sowie mögliche Maßnahmen werden im Folgenden orientierend und überblickartig dargestellt. Die beigefügten Datenbögen enthalten die Bewertungen im Detail sowie auch auf die jeweilige Quelle bezogenen Maßnahmenvorschläge. Diese sollten, insbesondere wenn sie möglicherweise ausführungstechnisch oder baulich aufwändiger sind, im Vorfeld einer Maßnahmenumsetzung konkret ausgearbeitet werden.

Flora und Fauna

Die meisten der Paderborner Quellen erhalten in Bezug auf das Vorkommen einer quelltypischen Flora und Fauna eine grüne Bewertung. Negativ fallen vor allem die Quellen auf, die auch besondere chemische Belastungen (Sauerstoffmangel, hoher Nährstoff- oder Ammoniumgehalt) aufweisen. Dort sind die Lebensbedingungen so schlecht, dass spezialisierte Arten, teilweise sogar verbreitete Arten, nicht existieren können. Dies betrifft besonders die Quelle am Johannisstift (P14), den Riemekekolk (P15) und die Quelle des Seskerbruch-Baches (Ro02). Auch die mangelhafte Strukturausprägung bzw. Verbauung verhindert die Ansiedlung typischer Arten, z. B. bei den überbauten Quellen in Gebäuden (P17, P18).

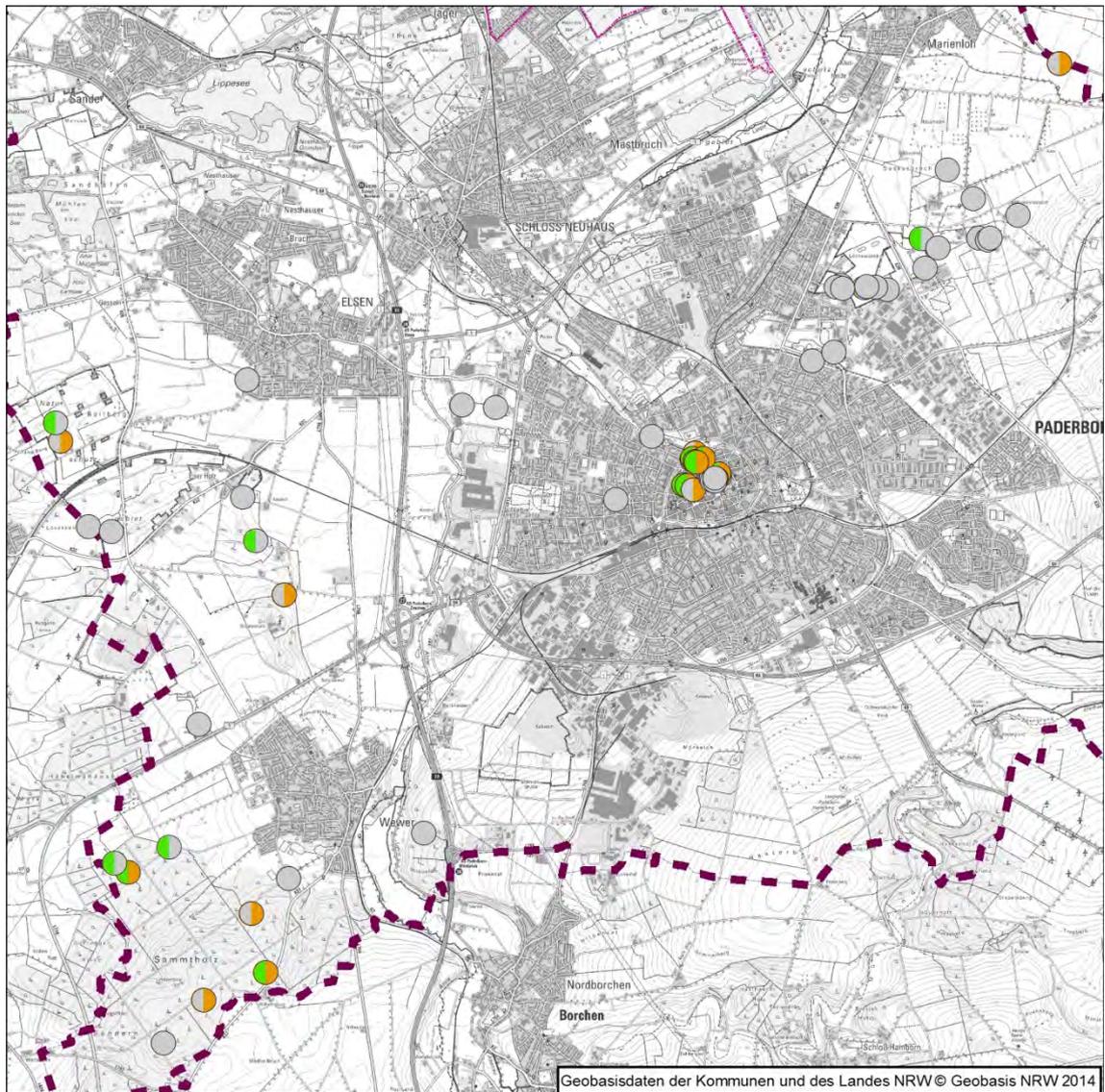
Viele der untersuchten Quellen, insbesondere im Rothebach-Einzugsbereich, waren zum Zeitpunkt der Untersuchung bereits trocken gefallen. Dieses natürliche Phänomen (wenngleich es heute häufiger und länger eintritt als früher) führt dazu, dass auch typische Arten nicht nachgewiesen werden konnten. Dies wurde in der Bewertung als quelltypisch und somit positiv, d. h. grün bewertet. Ob während Schüttungsperioden auch quelltypische Arten vorhanden sind, ist damit nicht gesagt. Tatsächlich deuten verlassene Wohnröhren von (nicht näher bestimmbar) Köcherfliegen darauf hin. Tendenziell fällt die Bewertung durch das beschriebene Vorgehen jedoch eher zu positiv aus.

Die folgenden Abbildungen zeigen, an welchen Quellen tatsächlich mindestens je eine typische Art von Flora und Fauna nachgewiesen wurde.

Im Außenbereich konnten typische Quellvertreter sowohl der Tier- als auch der Pflanzenwelt an zwei Quellen im Samtholz nachgewiesen werden (E03, A02), an der A02 wie auch an der E02 u. a. auch Larven des Feuersalamanders (*Salamandra salamandra*). Vier weitere Quellen dort zeigen mindestens Arten aus Flora oder Fauna.

Bei der An insgesamt 6 Quellen im westlichen und nordöstlichen Stadtgebiet war dies ebenso. Der Nachweis typischer Pflanzenarten an nur einer Quelle des Rothebacheinzugsgebietes, der Quelle Ro07 (Schafswäsche), ist, wie beschrieben, sicher vor allem auf das frühzeitige Trockenfallen der meisten dort gelegenen Quellen im Untersuchungs-jahr zurückzuführen.

Ein vollständiges Fehlen quelltypischer Arten ist im Paderquellgebiet nur ausnahmsweise zu beobachten. Dort betrifft es vor allem die „Gebäudequellen“. An der P06 wurden zwar bach- jedoch nicht quelltypische Arten angetroffen. Ansonsten kommen an den meisten Paderquellen sowohl typische Flora- als auch Faunaarten vor. Besonders positiv sind die Quellen auf dem „Kehl-Schwarze“-Gelände und die Haxthausen-Quelle hervorzuheben, an denen bis zu 5 typische Arten nachgewiesen werden konnten, darunter zum Beispiel der Höhlenkreb (*Niphargus spec.*), die Höhlenassel (*Proasellus cavaticus*) und verschiedene spezialisierte Köcherfliegen. Auch das Quellmoos (*Fontinalis antipyretica*) und verschiedene Röhrichtpflanzen wurden dort gefunden.



Nachweis quelltypischer Flora und Fauna

-  typische Flora und Fauna nachgewiesen
-  nur typische Fauna nachgewiesen
-  nur typische Flora nachgewiesen
-  weder typische Flora noch Fauna nachgewiesen

Abb. 32: Nachweise von quelltypischer Flora und Fauna (Stadtgebiet)



Nachweis quelltypischer Flora und Fauna

- typische Flora und Fauna nachgewiesen
- nur typische Fauna nachgewiesen
- nur typische Flora nachgewiesen
- weder typische Flora noch Fauna nachgewiesen

Abb. 33: Nachweise von quelltypischer Flora und Fauna (nur Paderquellgebiet)

Chemie

Die Bewertung der chemischen Beschaffenheit anhand des Nährstoff- und Ammoniumgehaltes bringt für nahezu alle Quellen eine rote Einstufung. Insbesondere die vielfach vorhandenen hohen Nitratwerte sorgen für dieses schlechte Abschneiden, vereinzelt sind auch hohe Ammoniumwerte vorhanden. Da diese Verbindung toxisch auf viele Gewässerorganismen wirkt, sollten in diesen Fällen umgehend die Ursachen, möglicherweise Abwasserzutritte, überprüft und möglichst beseitigt werden.

Die Gründe für die hohen Nitratwerte sind zweifellos im weiteren Einzugsgebiet der Quellen zu suchen. Vor allem die landwirtschaftliche Nutzung der Paderborner Hochfläche bringt Abschwemmungen und direkte Einträge von Düngemitteln in das Grundwasser mit sich. Boden- und Gesteinsverhältnisse begünstigen die Belastung, da das Grundwasser kaum gefiltert die Quellen erreicht. In Fällen, bei denen die Quellen innerhalb oder unmittelbar benachbart zu landwirtschaftlichen Nutzflächen liegen, können Rand- bzw. Pufferstreifen die Situation verbessern, eine Beseitigung dürfte in der Regel jedoch nicht zu erreichen sein. Erfolgreiche Maßnahmen zur Nähr- und Schadstoffreduktion müssen vor allem im weiteren Einzugsgebiet, also auf der Paderborner Hochfläche, ansetzen.



Abb. 34: Trübungen der Quellen deuten auf die geringe Filterwirkung von Boden und Gestein im Grundwassereinzugsgebiet (hier P21).

Mögliche Maßnahmen zur Verminderung von Einträgen im Einzugsgebiet:

- breite extensiv oder gar nicht genutzte Randstreifen entlang von Gewässern (auch den temporär trocken fallenden!),
- Erosionsschutzmaßnahmen wie Schutzstreifen innerhalb großer Ackererschläge (Säume, Hecken etc.), die Bewirtschaftung quer zur Gefälle- richtung und die Förderung von Grünland an erosionsgefährdeten Standorte,
- Nutzungsextensivierungen in Auen, z. B. durch verminderten Düngemittel- und Pestizideinsatz,
- Gewässerrenaturierungen zur Verbesserung der Selbstreinigungskraft,
- Vorklärung von Straßen- und Siedlungsniederschlagseinleitungen in Gewässer.

Das große Eutrophierungsproblem, das die meisten Quellen in Paderborn, aber auch die übrigen vom Karst der Paderborner Hochfläche abhängigen Quellen in Bad Lippspringe, Salzkotten, Borcheln etc. haben, wird nur durch überörtliche gemeinsame Anstrengungen auf vielen Ebenen (Kommunen, Landwirtschaft, Gewässerentwicklung, Naturschutz etc.) zu lösen sein.

Umfeld

Die Bewertung des Quellumfelds orientiert sich vor allem am Vorkommen quelltypischer Biotopstrukturen. „Grün“ erreichen die meisten Waldquellen, wenn nicht standortfremde Bestockung (meist Fichten) vorhanden ist. Zahlreiche weitere Quellen im Außenbereich sind mindestens mehr oder minder schmalen Gehölzstreifen und Hochstauden umgeben, so dass einerseits ökologisch gut ausgeprägte Lebensräume vorhanden sind, andererseits aber auch ein gewisser Schutz vor Einträgen und Störungen vorhanden ist. Diese Quellen sollten geschützt, ggf. auch behutsam weiterentwickelt werden, etwa durch die Ausdehnung von Randstreifen oder die Aufgabe der forstlichen Nutzung.

Eine rote Bewertung erreichen Quellen im Außenbereich vor allem dann, wenn sie ohne Randstreifen innerhalb oder unmittelbar benachbart zu landwirtschaftlichen Nutz- oder Gartenflächen liegen. Durch die Herausnahme aus der Nutzung, z. B. bei innerhalb von Viehweiden befindlichen Quellen, sowie die Anlage von breiten Randstreifen ohne oder allenfalls extensiver Nutzung ohne Düngung und Pestizideinsatz, könnte in den allermeisten Fällen die Situation kurzfristig entscheidend verbessert werden.



Abb. 35: Eutrophierung (Brennnesselbewuchs) in Folge bis an die Quelle und den Quellbach reichender Ackernutzung (Ro02)

Auch für die „gelb“ eingestuften Quellen ist in der Regel eine Extensivierung der Nutzung des Umfelds angezeigt. Häufig wäre bereits das Zulassen der Sukzession in einem breiten Streifen um Quelle und Quelloberlauf ein großer Schritt Optimierung des Quellzustands.

Innerhalb der Kernstadt sind Quellen des nördlichen Paderquellgebiets besonders gut ausgeprägt. Zwar liegen sie nicht im Wald, jedoch sind innerhalb des besiedelten Bereichs sicher auch etwas weniger strenge Maßstäbe anzulegen als außerhalb.

Hervorzuheben ist das vergleichsweise gut ausgeprägte Umfeld der Quellen auf dem „Kehl-Schwarze“-Gelände. Naturnahe Hochstauden und auch Gehölze sind hier, wenn auch nur in schmalen Streifen, gut entwickelt. An der Masperspader und vor allem auch an der Haxthausenquelle ist dies in Ansätzen auch der Fall. Gleiches gilt für die P07 der Dielenpader. All diese Quellen haben ein großes ökologisches Potenzial, dass mit vergleichsweise geringem Aufwand sicher noch erheblich gesteigert werden könnte.

Maßnahmen zur Umfeldoptimierung können sein:

- die Herstellung der Durchgängigkeit (an einigen Quellen sind bereits quellnah Abstürze vorhanden),
- der behutsame Rückbau von Beton- und Steineinbauten (z. B. an P21 und P07),
- die Schaffung von Randstreifen, evtl. sogar Auwaldinitialen („Kehl-Schwarze“-Gelände),
- die Beseitigung von Neophyten,
- der Schutz vor Betreten,
- die Aufstellung von Hinweistafeln.

Das Umfeld der übrigen Paderquellen ist demgegenüber deutlich naturferner ausgeprägt. Durch die Lage an Straßen, Wegen und in Grünanlagen sind kaum naturnahe Biotopstrukturen ausgeprägt. In Anbetracht der kulturhistorischen Bedeutung des Paderquellgebiets und unter Berücksichtigung der Festsetzung des westlichen Teils als Gartendenkmal bestehen dort praktisch keine Möglichkeiten, das Umfeld unter ökologischen Gesichtspunkten aufzuwerten.

Verbauungswirkung

Viele Quellen in Paderborn wurden im Lauf der Zeit mehr oder weniger stark umgestaltet. Rohre fassen den Wasseraustritt, Quellteiche stauen ihn auf, Betonringe konzentrieren ihn, Quelloberläufe wurden überbaut oder übermäßig breit profiliert. Die Ausbaumaßnahmen wirken sich jedoch nicht alle in gleicher Weise negativ aus. Sie können mitunter sogar ohne Auswirkung auf die Abflusssituation bleiben. In anderen Fällen wird dagegen durch eine Verbauung die Quelle vollständig vom Umfeld abgetrennt und isoliert.

An gut der Hälfte aller Paderborner Quellen sind keine Ausbaumaßnahmen zu verzeichnen oder sie bleiben ohne Wirkung. Dabei handelt es sich in erster Linie naturgemäß um die Quellen außerhalb der Kernstadt. Sie liegen häufig im Wald oder Feldgehölzen und wurden mehr oder weniger unverändert belassen. Manchmal hat jedoch eine Aufweitung oder die Begradigung eines Ablaufes auch keine relevante negative Auswirkung auf die Strömungsverhältnisse oder die Vernetzung der Quelle mit ihrem Umfeld, wie das zum Beispiel bei einigen Tümpeln des Rothebachs zu beobachten ist.

Vereinzelt wurden Quellen jedoch auch überbaut oder durch Rohrleitungen und Intensivnutzungen vom Umfeld abgetrennt (E05, J03, B01). Mehrfach kommen Auswirkungen der Verbauung auf die Abflussverhältnisse vor, in der Regel durch Aufstau oder Teichgestaltung, wobei die ungestörte Verbindung mit dem Umfeld erhalten bleibt (z. B. E02, J01, GB02).



Abb. 36: Aufstau des Ablaufs der Quelle GB02

Ziel sollte bei den betroffenen Quellen in der Regel sein, die natürlichen Abflussverhältnisse wieder herzustellen, d. h. den Aufstau zu beseitigen. Hat ein angelegtes Staugewässer mittlerweile jedoch Bedeutung als Laichgewässer für Amphibien oder als Lebensraum für Libellen, sollte von der Regel ggf. abgewichen werden (z. B. E02). Eine Wiedervernetzung mit dem Umfeld ist in jedem Fall anzustreben.

Innerhalb der Kernstadt wurden nahezu alle Quellen vollständig umgestaltet. Das wirkt sich bei den allermeisten sowohl auf die Abfluss- und Strömungssituation als auch auf die Isolation vom Umfeld aus.

Der Riemekekolk wurde aufgestaut und sein Ablauf zur Pader vollständig verrohrt. Eine Strömung ist nicht zu erkennen. Ähnlich ist die Situation an der Johannistiftquelle. In den Paderquellarmen fließt das Wasser zwar vergleichsweise schnell, Schwellen halten den Wasserstand jedoch künstlich hoch, und gerade in den ausgedehnteren Quellbecken von Damm-, Börne- und Dielenpader kommt es jedoch zu starken Ablagerungen von Feinsedimenten.



Abb. 37: Schwellen wie hier an der Masperspader halten den Wasserstand in den Quellbecken künstlich hoch

Zudem liegen die Quellen- und Quellbecken weitestgehend isoliert. Mehr oder weniger hohe Mauern, Treppen und Rampen verhindern kontinuierliche Übergänge von Wasser- und Landlebensräumen. Eine abgestufte Zonierung von Lebensräumen ist nicht vorhanden. Eigendynamische Entwicklungen sind unterbunden.

Ausnahmen bilden auch in dieser Hinsicht die meisten Quellen des nördlichen Paderquellgebietes. Sie konnten ihren natürlichen tümpelartigen Charakter mit unverbauten Ufern weitgehend bewahren. Allerdings sind ihre Abläufe teilweise biologisch nicht durchgängig.

Die ökologischen Probleme, die durch die Verbauung ausgelöst werden, scheinen auf den ersten Blick unter der Rahmenbedingung der kulturhistorischen und städtebaulichen Bedeutung der Paderquellbecken kaum zu lösen zu sein. Bei näherer Betrachtung bestehen jedoch durchaus Möglichkeiten, die gewässerökologischen Belastungen zu mindern, ohne den baulichen Charakter des Paderquellgebiets grundlegend zu verändern.

Im nördlichen Paderquellgebiet sollte es neben der Herstellung der Durchgängigkeit darauf ankommen, die quellnahen Strukturen zu verbessern. Maßnahmen dazu waren weiter oben bereits angesprochen worden. Ergänzend sollten auch die Quelloberläufe naturnah entwickelt werden:

- naturnahe Umgestaltung der bis zur Dielen- bzw. Rothobornpader führenden Quellabläufe („Kehl-Schwarze“-Quellen, Haxthausenquelle, Masperspader).

Durch die vorgeschlagenen Maßnahmen könnten die Quelle und Bäche des nördlichen Paderquellgebiets in herausragender Art und Weise ökologisch aufgewertet werden. Es ist eine einmalige Chance, nicht nur den Fluss Pader bis an einige seiner Quellen biologisch durchgängig zu entwickeln, sondern gleichzeitig einige der wertvollsten und speziellsten Lebensräume mitten in der Stadt zu sichern und zu entwickeln.

Vergleichsweise gutes Entwicklungspotenzial weisen auch die Quellen des östlichen Paderquellgebietes auf. Auch hier sollte zunächst die Durchgängigkeit der Paderarme sichergestellt werden. Darüber hinaus könnte vor allem die P07 an der Dielenpader mit Hilfe von Randstreifen und durch behutsamen Rückbau der eingebrachten Steinblöcke wieder in eine ökologisch gut ausgeprägte Quelle mit hochwertigen Lebensräumen entwickelt werden. Sofern in der Nähe Wasserzugänge erhalten bleiben, würden diese Maßnahmen sicher auch in Bevölkerung Akzeptanz finden.

Das übrige Quellbecken der Dielenpader (unter anderem mit der Quelle P06) leidet unter Sedimentablagerungen und Algenwachstum. Hier macht sich die Stauwirkung und reduzierte Abflussgeschwindigkeit bemerkbar. Näheres zu diesem Thema wird im Zusammenhang der Börnepader dargestellt.

Am Quellbecken unterhalb der Kaiserpfalz (P08, P09) könnte vorhandene unverbaute Ufer durch die Anlage und Entwicklung von Uferrandstreifen naturnäher umgestaltet werden. Es besteht darüber hinaus die Möglichkeit das künstliche Becken durch Absenkung, möglicherweise auch rampenartige Anbindung, in einen naturnahen Bachlauf umzugestalten.

Im westlichen Paderquellgebiet bestehen aus den o. g. Gründen realistisch nur wenige Möglichkeiten Optimierungen der Ufer oder des Umfeldes zu erreichen. Mögliche Maßnahmen sollten sich hier, neben der Herstellung der Durchgängigkeit, auf die Verbesserung der Strömungs- und Abflusssituation konzentrieren.

Der Stauteichcharakter von Börne- und Dampfpader führt derzeit, ähnlich wie in der Dielenpader, zur Ablagerung von Sedimenten, die als „Schlamm“ negativ wahrgenommen werden, sowie zum starken Wachstum ebenfalls häufig als wenig attraktiv empfundener fädiger Grünalgen. Beides hängt mit der verminderten Fließgeschwindigkeit zusammen. Dies lässt sich bei den genannten Becken sehr gut beobachten: Während in den breit aufgeweiteten Teilen der Quellbecken Algen und Schlamm das Bild bestimmen, dominieren mit zunehmend schmaler werdendem Querschnitt attraktive grüne Wasser-

pflanzen sowie eine kiesige Sohle. Bedingt durch die höhere Fließgeschwindigkeit werden dort die feinen Sedimente ausgetragen und die Algen fortgerissen bzw. können sich gar nicht erst ansiedeln.



Abb. 38: Teichfaden und kiesige Sohle im Auslaufbereich des Quellbeckens der Börnepader

Dieses Phänomen wurde auch am ähnlich gestalteten Quellteich der Lippe in Bad Lippspringe beobachtet und ist dort intensiv untersucht worden (NZO-GMBH 2014). Die kritische Geschwindigkeit zur Verhinderung von Schlammablagerungen und Algenwachstum wurde dort zu $> 0,3$ m/s ermittelt.

Zur Vermeidung der geschilderten Probleme sollte daher eine Erhöhung der Fließgeschwindigkeit erreicht werden. Dazu muss jedoch der Fließquerschnitt deutlich verringert werden. Da ein Rückbau der Quellbecken und die Gestaltung schmalerer bachartiger Abläufe aus stadtgestalterischen Gründen ausscheiden (wenngleich dies noch vor dem 2. Weltkrieg an der Börnepader der Fall war; vgl. Abb. 10), wird vorgeschlagen, den Fließquerschnitt durch Schwimmkörper gewissermaßen „von oben“ einzuengen. Dabei müsste sichergestellt sein, dass keine Bodenberührung stattfindet und ökologische Beeinträchtigungen durch Ein- und ggf. späteren Rückbau vollständig ausgeschlossen sind.

Die Einengung des Fließquerschnitts könnte zum Beispiel durch attraktiv gestaltete Inseln erfolgen, die auch verbunden und begangen werden könnten. Aus ökologischer Sicht ist die Nutzung und Ausgestaltung der schwimmenden Inseln zweitrangig, entscheidend ist, dass dadurch der Wasserabfluss soweit eingengt wird, dass eine bestimmte Mindestfließgeschwindigkeit erreicht wird.

Eine Vorstellung von der notwendigen Dimension solcher Schwimmkörper gibt die Abbildung am Beispiel der Börnepader. Selbstverständlich müssten – neben der Gestaltung – die genauen Eintauchtiefen, Größen und technischen Möglichkeiten noch genau geprüft werden. Es geht an dieser Stelle zunächst nur um das Aufzeigen einer grundsätzlichen Lösungsmöglichkeit für die ökologischen Probleme bei gleichzeitiger Berücksichtigung der exponierten Lage des Planungsraums im Herzen der Stadt Paderborn.

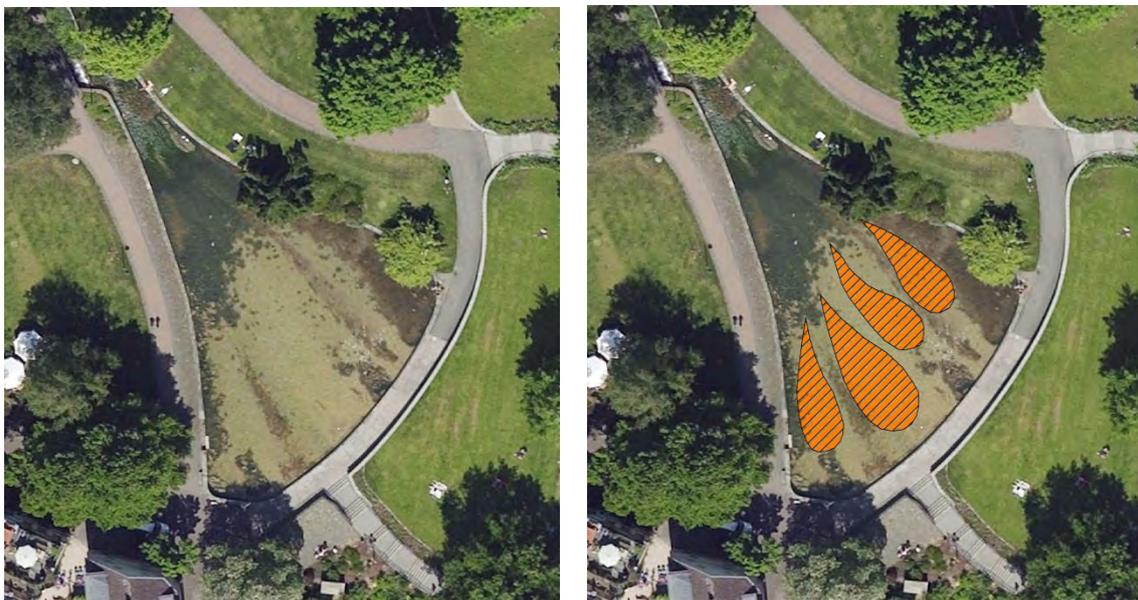


Abb. 39: Quellbecken der Börnepader aus der Luft im Bestand (links) und mit schematischer Darstellung möglicher Schwimmkörper zur Verringerung des Abflussquerschnitts (rechts)

Die auch in den Quellbecken der Dampader und der Dielenpader vorhandenen Probleme der Sedimentablagerung und des Algenwachstums könnten auch dort durch die Verringerung des Fließquerschnitts deutlich reduziert werden. Das könnte entweder in ähnlicher Weise wie für die Börnepader beschrieben geschehen, oder auch anders, etwa durch die Gestaltung von Bachläufen oder durch Einbauten.

10. Besondere Fotodokumentation

Neben den allgemeinen Überblicksfotos, die auf den Datenblättern enthalten sind, wurden für zahlreiche Quellen besondere Aufnahmen angefertigt, durch die Besonderheit und Schönheit, manchmal auch Einzigartigkeit, der Quellen in Paderborn zum Ausdruck kommen sollen. Diese Bilder sind in diesem Kapitel zusammengestellt.



Abb. 40: Quellbecken der Warmen Pader
Im Hintergrund sind einige Quellzuläufe erkennbar.



Abb. 41: Sohle des Quellbeckens der Warmen Pader
Aufgrund der hohen Strömung halten sich auf der kiesigen Sohle höhere Wasserpflanzen, aber keine fädigen Grünalgen.



Abb. 42: „Sprudelrohr“ in einem höher gelegenen Quellbecken der Dampader
Eine Fassung macht die Quellen stärker sichtbar.



Abb. 43: Fädige Grünalgen in Börnepader
Bedingt durch die geringe Strömung können sie sich im aufgeweiteten Teil des Quellbeckens halten.



Abb. 44: Quellen in der Rothoborn-Pader
CO₂-Blasen verraten die Lage des Wasseraustritts.



Abb. 45: Teichfaden in der Rothoborn-Pader unterhalb der Kaiserpfalz



Abb. 46: Quellabfluss aus der Kaiserpfalz



Abb. 47: Sohle der Dielenpader oberhalb der Brücke zur Stadtbibliothek
Starke Strömung hat die Ausbildung einer Kiessohle und die Ansiedlung höherer Wasserpflanzen zur Folge.



Abb. 48: Sohle der Dielenpader im aufgeweiteten Quellbecken
Durch die geringe Strömung werden Feidsedimente abgelagert und fädige Grünalgen siedeln sich an.



Abb. 49: Substratbesiedlung durch Bachflohkrebse in der Dielenpader unterhalb der Brücke zur Stadtbibliothek



Abb. 50: Starker Feinsedimenteintrag in der Dielenpader unterhalb der Brücke zur Stadtbibliothek (Zulauf „Quelle an den Dielen“)



Abb. 51: Substratbesiedlung durch Köcherfliegen und Quellmoose im Ablauf der Haxthausenquelle



Abb. 52: Kieselsohle der Haxthausenquelle (mit Köcherfliegen, Wasserstern, Bachbunze)



Abb. 53: „Sandvulkane“ auf der Sohle der „Kehl-Schwarze“-Quelle P11



Abb. 54: Ablauf der „Kehl-Schwarze“-Quelle P11



Abb. 55: Quellbecken der Masperspader (zentraler Bereich)
Die geringe Strömung fördert auch hier das Algenwachstum.



Abb. 56: Quellbecken der Masperspader (Zulaufbereich Paderhalle)
Die stärkere Strömung verleiht dem Gewässer Bachcharakter (mit Wasserstern).



Abb. 57: Schafswäschequelle am Rothebach (Ro07) im Mai 2013
Sand wird durch das ausströmende Wasser aufgewirbelt.



Abb. 58: Quelle im Dörenerholz (Ro05) im Mai 2013
CO₂-Blasen zeigen den Wasseraustritt am Grunde des Tümpels.

11. Literatur

- Hofmann, M. (1986): Kleine Fließgewässer in Stadtnähe. Veränderungen im Einzugsgebiet, im Abflussgeschehen und in der Wasserqualität. Ein Beispiel aus dem Raum Paderborn. In: Erträge geographisch-landeskundlicher Forschung in Westfalen, Band 42. Münster.
- Koch, M. & Michel, G. (1984): Erläuterungen zur hydrogeologischen Karte von Nordrhein-Westfalen 1:50.000, Blatt L 4318 Paderborn. Herausgegeben vom Geologischen Landesamt Nordrhein-Westfalen. Krefeld.
- LFU – Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (2001): Grundwasserüberwachungsprogramm. Geogen geprägte Beschaffenheit des Grundwassers. Hintergrundwerte 1985 -1991. Karlsruhe.
- Meier, C., Haase, P., Rolauffs, P., Schindehütte, K., Schöll, F., Sundermann, A. & Hering, D. (2006): Methodisches Handbuch Fließgewässerbewertung: Handbuch zur Untersuchung und Bewertung von Fließgewässern auf der Basis des Makrozoobenthos vor dem Hintergrund der EG-Wasserrahmenrichtlinie (Stand Mai 2006), 79 S.
- NZO-GmbH (1997): Amphibien- und Libellenkataster der Stadt Paderborn. Im Auftrag des Umweltschutzreferates der Stadt Paderborn.
- NZO-GmbH (2003): Gewässerökologische Optimierungsmöglichkeiten an der Pader zwischen Heierswall und Padersee. Im Auftrag des Stadtentwässerungsbetriebes Paderborn.
- NZO-GmbH (2010): Erfolgskontrolle im Bereich von Kompensationsflächen der Stadt Paderborn. Im Auftrag der Stadt Paderborn, Amt für Umweltschutz und Grünflächen.
- NZO-GmbH (2012): Umsetzungsfahrplan der Kooperation Lippe-Ems (DT_25). Im Auftrag des Wasserverbandes Obere Lippe.
- NZO-GmbH (2014): Lippequelle und Quellablauf. Ergebnisse ökologischer Untersuchungen im Sommer 2013. Unveröffentlichte Präsentation. Im Auftrag der Stadt Bad Lippspringe.
- Schäck, R., Budweg, K., Kriegs, D., Bunse, J. (2011): Der Paderborner Rothebach und seine Quellen. In: Mitteilungen. Naturwissenschaftlicher Verein Paderborn e. V., S. 12 – 30. Paderborn.
- Schmidt & Partner (2006): Hydrogeologisches Gutachten zur Bewertung des Bauvorhabens Kötterhagen in Paderborn auf die Grundwasserströmungsverhältnisse. Im Auftrag der Volksbank Paderborn-Höxter.

Skupin, K. (1982): Erläuterungen zu Blatt 4218 Paderborn. Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1 : 25.000. Herausgeber: Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen. Krefeld.

Stadt Paderborn (Hrsg., 2013): Rothebach. Fließgewässer in Paderborn. Broschüre.

Stille, H. (1903): Geologisch-hydrologische Verhältnisse im Ursprungsgebiete der Paderquellen zu Paderborn. Abhandlungen der Königlich Preußischen Geologischen Landesanstalt und Bergakademie, Heft 38. Berlin.

Waringer, J. & Graf, W. (1997): Atlas der österreichischen Köcherfliegenlarven unter Einschluß der angrenzenden Gebieten.- Wien, 286 S.

Waringer, J. & Graf, W. (2011): Atlas der mitteleuropäischen Köcherfliegenlarven.- Dinkelscherben, 468 S.