

Dokumentation und ökologische Bewertung der Quellen im Paderborner Stadtgebiet

Ergänzende Untersuchungen 2015

- Erläuterungsbericht -



im Auftrag der
Stadt Paderborn

April 2015



- 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	3
4. Lage, Verteilung und Typen der Quellen in Paderborn	4
5. Strukturelle Ausprägung und Vegetation	8
6. Faunistische Besiedlung	10
7. Physikalisch-chemische Eigenschaften	12
8. Ökologischer Zustand der Paderquellarme	23
9. Gesamtbewertung und Maßnahmenvorschläge	23
10. Besondere Fotodokumentation	37
11. Literatur	41

Anhänge (separat geheftet; ersetzen die Fassungen vom Nov. 2014)

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: Tausendquell mit zahlreichen hellen Sandaufwerfungen	2
Abb. 2: Lage der nach Überprüfung vor Ort als Quellen ausgeschlossenen Strukturen	4
Abb. 3: temporäre Sickerquelle Rr02 auf dem Truppenübungsplatz Senne	6
Abb. 4: typische Tümpelquelle (Ro05, im Mai 2013)	7
Abb. 5: Die artesische Paderquelle an der Bachstraße	8
Abb. 6: Augenquelle mit quelltypischer Bachbunge (<i>Berula erecta</i>)	9
Abb. 7 : elektrische Leitfähigkeit an den Quellen A01 - P13	14
Abb. 8: elektrische Leitfähigkeit an den Quellen P14 – S02	14
Abb. 9: Nitratgehalte der untersuchten Quellen A01 – P09	18
Abb. 10: Nitratgehalte der untersuchten Quellen P11 – S02	18
Abb. 11: Chlorid-Gehalte der Quellen A01 – P09	21
Abb. 12: Chlorid-Gehalte der Quellen P11 – S02	21
Abb. 13: quelltypische Flora und Fauna (Stadtgebiet)	27
Abb. 14: quelltypische Flora und Fauna (nur Paderquellgebiet)	28
Abb. 15: Die temporäre Quelle H02 im Wewerschen Forst	30
Abb. 16: Rothebachquelle (Ro01) mit breitem Randstreifen aus Gebüsch und Weiden	31
Abb. 17: eine Jothe-Quelle (J02) ohne Randstreifen in Wiesensenke	32
Abb. 18: Aufstau des Ablaufs der Quelle am Johannisstift (P14)	33
Abb. 19: isolierte Hofquelle Hathumarstr. 1 (P25)	34
Abb. 20: die als artesischer Brunnen umgestaltete Quelle (P24)	36
Abb. 21: unscheinbarer Pader-Quellort P27 an der Inselfspitze	37
Abb. 22: Paderquelle P27 in Lücken von Blocksteinpflaster an der Rothobornpader	38
Abb. 23: Quellabfluss P22 unter Straßenplatte „Auf den Dielen“	38
Abb. 24: Quellabfluss P22 ohne quelltypische Vegetation (Unterwasseraufnahme)	39
Abb. 25: temporäre Quelle des Rothebaches Ro15 in einer Kuhweide	39
Abb. 26: Wasseraustritt an Rothebachquelle Ro15 neben Betonformteil	40

Übersicht über die Tabellen:

Seite

Tab. 1: Anzahl der erfassten Quellstandorte nach oberirdischen Teileinzugsgebieten	5
Tab. 2: Nutzungstruktur an den Quellstandorten gem. ATKIS	5
Tab. 3: LAWA-Güteklassifikation	12

1. Anlass und Aufgabenstellung

Mit der „Dokumentation und ökologischen Bewertung der Quellen im Stadtgebiet Paderborn“ wurde 2014 erstmals eine systematische Aufarbeitung und Dokumentation der Mehrheit der Quellen im Paderborner Stadtgebiet vorgelegt (NZO 2014a). Das Ziel war die Untersuchung aller Paderborner Quellen und Paderquelloberläufe zu einem Untersuchungszeitraum. Witterungsbedingt waren jedoch die meisten temporären Quellen schon zu Beginn des Untersuchungszeitraums Anfang April 2014 trocken gefallen oder enthielten nurmehr stehendes Restwasser.

Um die so entstandene Lücke in der Dokumentation und Bewertung dieser Quellen zu schließen, wurde die NZO-GmbH, Bielefeld von der Stadt Paderborn, Amt für Umweltschutz und Grünflächen mit der vorliegenden Ergänzungsuntersuchung beauftragt. Zusätzlich zum bisherigen Umfang der Untersuchung wurden einige neue Quellstandorte aufgesucht, für die vorher keine Betretungsmöglichkeiten existierten oder die zunächst nicht entdeckt wurden. Die bewährte Methodik aus dem Jahr 2014 wurde beibehalten.

Im Unterschied zur Frühjahrs-Untersuchung im Jahr 2014 wurden die ergänzend und neu untersuchten Quellen 2015 im Spätwinter vom 27. Januar – 07. März aufgesucht. Damit war es möglich, fast alle temporären Quellen im wasserführenden Zustand zu beproben, die 2014 bereits versiegt waren. Die Kombination beider Untersuchungen erreicht nun die angestrebten Ziele:

- präzise kartographische Darstellung aller bekannten und recherchierbaren Quellen auf Paderborner Stadtgebiet,
- Erfassung der strukturellen Ausprägung der Quellen bzw. Quellbecken mit ihrem Umfeld,
- Aufnahme der Quellvegetation und der Wirbellosenfauna (Makrozoobenthos),
- Dokumentation anderer Artengruppen, soweit sie vorkommen (z. B. Fische, sonstige faunistische Besonderheiten),
- Feststellung des chemischen und physikalischen 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 Vorschlagen von Maßnahmen zu deren Minderung bzw. Beseitigung.

2015 wurden neun Quellen neu untersucht, fünf davon einschließlich ihrer Wasserchemie. Ergänzende Untersuchungen bereits bekannter Quellen (siehe

Erläuterungsbericht 2014) umfassten Makrozoobenthos (29 Stück), Vor-Ort-Parameter (34) und Wasserchemie (15).

Zwar können die Aussagen beider Quell-Dokumentationen nicht auf denselben Untersuchungszeitraum bezogen werden, doch bot die Zweituntersuchung einiger Quellen auch Vorteile. So wurden Schwankungsbreiten vor allem chemisch-physikalischer Messwerte dokumentiert, die die Variabilität dieser seltenen Lebensräume spiegeln und ohne Folgeuntersuchung kaum aufgefallen wären.

Der vorliegende Bericht erläutert, wenn nicht anders beschrieben, schwerpunktmäßig die Untersuchungsergebnisse des Jahres 2015. Er **ergänzt** insofern den Bericht von 2014 und folgt auch dessen Gliederung. Datenblätter und Karten im Anhang stellen die Ergebnisse für jede untersuchte Quelle im Detail dar. Beide Anhänge **ersetzen** die jeweiligen Fassungen von 2014.



Abb. 1: Tausendquell mit zahlreichen hellen Sandaufwerfungen

2. Naturräumlicher Überblick

s. Erläuterungsbericht 2014

3. Quellen und ihre natürliche Beschaffenheit

s. Erläuterungsbericht 2014

Lage und Verteilung

Im Rahmen der Gesamtuntersuchung werden 69 Quellen vorgestellt. Die neun neu untersuchten Quellstandorte liegen im Einzugsgebiet der Alme (1), der Pader (6) sowie des Roterbachs (2) und fließen in die folgende Gesamtbetrachtung ein (Tab.1).

Tab. 1: Anzahl der erfassten Quellstandorte nach oberirdischen Teileinzugsgebieten

Teileinzugsgebiet	Kürzel	Anzahl
Alme	A	6
Beke	B	1
Erlbach	E	5
Gunne (Bentfeld)	GB	2
Heder	H	2
Jothe	J	6
Pader	P	27
Roterbach	Rr	2
Rothebach	Ro	16
Springbach	S	2

Die Quellengruppen liegen zu 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 (Tab.2), liegen 11 der Quellstandorte innerhalb von Gewässern. Dies sind vor allem die Quellbecken des Paderquellgebiets (10 Stück), sowie zwei Quellteiche außerhalb (Rothebach und Roterbach). Der Gruppe „Siedlung“ sind 19 Quellen zuzuordnen, auch diese sind in erster Linie Paderquellen.

Mit einer Anzahl von 25 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	11
Siedlung*	19
Wald und Gehölz	25
Landwirtschaft	14

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

Namen und Bezeichnungen der Paderquellen

Für die Verwendung von Namen und Bezeichnungen der Paderquellen gelten die Erläuterungen aus der Quellen-Dokumentation 2014.

Quellentypen in Paderborn

Die Charakteristik der Quelltypen wurde im Erläuterungsbericht 2014 beschrieben. Die neu untersuchten Quellen im Stadtgebiet sind den Sicker- und Tümpelquellen zuzuordnen. Vier von sechs begutachteten Paderquellen sind perennierend, schütten also dauerhaft. Die zwei Paderquellen an der Hathumarstr. 1, die Almequelle A06 und die zwei Quellen auf dem Gelände des Truppenübungsplatzes im Roterbach-Einzugsgebiet schütten temporär.



Abb. 3: temporäre Sickerquelle Rr02 auf dem Truppenübungsplatz Senne

Besonders markant erschien die temporäre Schüttung bei der Waldquelle Rr02 auf dem Truppenübungsgelände Senne. Der Quellbereich liegt von Laub bedeckt zu Beginn eines trocken gefallenen Bachprofils, wo er eine Geländemulde geformt hat. In den letzten Jahren schüttete die Quelle im Gegensatz zu früher kaum mehr (Aussage der Range-Control). Diese Beobachtung stimmt mit dem natürlicherweise stark schwankenden Grundwasserspiegel in der Senne überein. Seit 1950 schwankt der Grundwasserspiegel hier um 3,5 m und liegt seit 2012 deutlich unter dem langjährigen Mittelwert (NZO 2014b). Dementsprechend handelt es sich bei der

Quelle Rr02 um eine temporäre Quelle mit einer episodischen Schüttung im Abstand von einigen Jahren.

Die überwiegende Mehrzahl der Paderquellen schüttet permanent, so auch die neu untersuchten Quellen P22, P23, P24 und P27. Bei der Untersuchung im Jahr 2015 wurden zwei Paderquellen aufgesucht (P25 und P26), die im Gegensatz dazu nur temporär schütteten. Die Quellen liegen eng benachbart auf und am Grundstück Hathumarstr. 1 und entspringen in Schuttbereichen, die gegenüber den benachbarten Quellen der Dielenpader etwa einen Meter höher liegen. Offenbar erreicht der Grundwasserspiegel an dieser Stelle nicht ganzjährig das Niveau der Aufschüttungen, so dass die Quellen nur periodisch mit Wasser versorgt werden. Nach Starkregenereignissen kommt es vor, dass die Quellen auch im Sommer kurzfristig erneut schütten (mdl. Mitteilung des Eigentümers).

Die bereits im Erläuterungsbericht 2014 festgestellte Tendenz eines mengenmäßigen und zeitlichen Rückganges der Schüttung der östlichen Rothebachquellen (Auf dem Dören/Kreßpohl) ließ sich auch im Jahr 2015 bestätigen. So war der Quellbereich der Kreßpohl-Quelle Ro06 bereits Mitte Februar 2015 trocken. Der Quelltopf der Quelle Ro05 im Dörener Holz fiel Mitte März trocken, während der nur 30 m westlich liegende Quellbereich Ro04 zur gleichen Zeit noch schwach schüttete.



Abb. 4: typische Tümpelquelle (Ro05, im Mai 2013)

5. Strukturelle Ausprägung und Vegetation

Methodik

Neben dem Quelltypus (s. o.) wurden auch die Gelände- und Biotoptypen-/ Nutzungsstruktur der Quelle selbst sowie des unmittelbaren Umfelds entsprechend der Methodik im Erläuterungsbericht 2014 erfasst.

Beschreibung

Die strukturellen und vegetativen Besonderheiten der Quellen im Stadtgebiet Paderborns erläutert die Quellendokumentation 2014. Wie die dort beschriebenen Paderquellen so zeigen auch die sechs neu untersuchten Paderquellen in der Altstadt einen abrupten Übergang der natürlichen Quellen in ein baulich oder parkartig geprägtes Umfeld. Meist sind es Uferversiegelungen durch Mauern, in einem Fall (P25) auch eine Schutthanhäufung, die eine amphibische Wasser-Land-Kontaktzone ausschließen oder begrenzen (Abb.7). Bei der Quelle P27 an der Inselfspitze beschränkt der Damm eines Fußwegs die wechselfeuchte Wasser-Land-Kontaktzone.



Abb. 5: Die artesische Paderquelle an der Bachstraße
Quellwasser sprudelt durch ein Rohr in ein weites Mauerbecken

Anders als die meisten Paderquellen waren die temporären Paderquellen am Grundstück Hathumarstr. 1 (P25, P26), das Quellbecken der als artesischer Brunnen gefassten Quelle und der Quellausfluss unter der Straße „Auf den Dielen“ im Spätwinter 2015 vegetationsfrei. Allen gemeinsam sind höhere Strömungsgeschwindigkeiten, die ein steinig-kiesiges Substrat hinterlassen,

das oft umgelagert wird. Spezialisierte Quellpflanzen siedeln sich hier nur schwer an. Dagegen treten an der Quelle bei der Inselspitze (P27) die Berle (*Berula erecta*) und in der Augenquelle (P23) Bachbunge (*Veronica beccabunga*) als Spezialisten auf. An beiden Standorten gibt es im ruhiger fließenden Wasser zwischen Steinen bzw. Mauern sandige Bereiche, die diesen Pflanzen eine gute Verankerung bieten.



Abb. 6: Augenquelle mit quelltypischer Bachbunge (*Berula erecta*)

Die drei temporären Quellen der Alme (A06) und des Roterbachs (Rr 01, Rr02) liegen im baulichen Außenbereich. Alle entspringen in naturnahen

Waldgebieten unterschiedlicher Prägung (Buchenwald, Birken-Kiefernwald, Eschen-Erlenwald). Die Almequelle und die Roterbachquelle Rr02 sind unverbaut. Die Quelle Rr01 wurde gefasst und mündet über ein Rohr in einen stauenden Teich. Als temporären Quellen fehlt diesen drei Quellstandorten bei kurzer Schüttungsdauer eine quellspezifische Vegetation. Nach dem Trockenfallen stellt sich an ihrem Grund die übliche Waldbodenvegetation ein, die an den Standorten A06 und Rr02 auch nur schütter ausgebildet war. In Verlandungszonen des Teichs der Quelle Rr01 wachsen vereinzelt feuchtigkeitszeigende Binsen (*Juncus spec.*) als Begleitvegetation. Der Teichgrund selbst war von einer dichten Schicht aus Laub und Zweigen bedeckt, unter und zwischen der keine Quellvegetation wuchs.

Eine charakteristische Quellvegetation trat an 19 von 69 insgesamt (2014 und 2015) betrachteten Quellen auf (vgl. Abb. 13 und Abb. 14).

6. Faunistische Besiedlung

Methodik

Im Zuge der ergänzenden Aufnahmen an den Quellstandorten wurde das Makrozoobenthos mit derselben Methodik wie 2014 erfasst.

Ergebnisse

Im Jahr 2015 wurde das Makrozoobenthos von insgesamt 37 Quellen (neue und im Vorjahr trocken gefallene Quellstandorte) untersucht. Mit den Makrozoobenthos-Untersuchungen vom Vorjahr wurde damit an 63 von 69 Quellstandorten die tierische Besiedlung der Quellen analysiert.

An 33 Quellen wurden quellspezifische oder quelltypische Arten nachgewiesen (vgl. Abb. 13 und 14).

Bei den Untersuchungen 2015 stimmte die Mehrzahl der quelltypischen und quellspezifischen Organismen mit dem nachgewiesenen Artenspektrum im Jahr 2014 überein. Darüber hinaus wurden zwei quelltypische Arten neu nachgewiesen.

Wiederum stammte die Mehrheit der quellspezifischen Arten aus der Gruppe der Köcherfliegen (*Trichoptera*). Unter diesen traten an den neu betrachteten Quellen der Pader erneut besonders *Agapetus fuscipes* (P22, P24, P26, P27) und *Drusus trifidus* (P26, P27) in Erscheinung. In den neu untersuchten temporären Quellen (A06, Rr01, Rr02) traten Spezialisten weder unter den Köcherfliegen noch bei anderen Wirbellosen auf.

Erstmals wurde in 2015 eine Larve der Köcherfliege *Stenophylax vibex* in einer waldgeprägten Sickerquelle der Jothe (J06) gefunden. *Stenophylax vibex* gehört zu den quelltypischen Arten, die im Hypokrenal, dem quellbeeinflussten Gewässerabschnitt direkt unterhalb der Quelle, leben. Die Art besiedelt aber auch Mittelgebirgsbäche.

Zusätzlich zu den bisher gefundenen Strudelwurmartarten erschien die hellweiße Strudelwurmgattung *Phagota sp.*, die insbesondere auch in Quellbereichen mit karbonatreichem Gestein auftritt, im Einzugsgebiet der Gunne (GB02).

Amphibienlarven oder Laich von Fröschen, Kröten, Salamandern oder Molchen konnten im Spätwinter 2015 in den beprobten Quellregionen nicht nachgewiesen werden.

Insgesamt ließen sich an 33 von 63 beprobten Paderborner Quellen anspruchsvollere Wirbellose nachweisen. Eine Quote von rund 50 % (35) ohne typische Tierarten spiegelt neben teils unzureichenden Zuständen von Quelllebensgemeinschaften den hohen Anteil temporärer Quellen von 60 % (41). Zwar finden sich auch hier quelltypische Formen wie beispielsweise die Köcherfliegen *Glyphotaelius pellucidus* und *Stenophylax permistus*, die an 13 untersuchten Quellen im Untersuchungsgebiet auftraten. Doch vor allem in den temporären Sickerquellen (23), deren oft spärliche Gerinne sich schnell erwärmen, können Larven quelltypischer, kälteliebender Wirbelloser kaum überleben. Daher beherbergen diese Sickerquellbereiche eher Arten, deren Entwicklungszyklen gut an schnell trocken fallende Gewässer unterschiedlicher Art angepasst sind.

7. Physikalisch-chemische Eigenschaften

Methodik

Die physikalisch-chemischen Eigenschaften des Quellwassers wurden wie 2014 in einer zweigeteilten Probenahme erhoben. Zum einen wurden die sog. Vor-Ort-Parameter direkt im Gelände ermittelt. Dazu zählen pH-Wert, Leitfähigkeit, Wassertemperatur, Sauerstoffgehalt und Sauerstoffsättigung.

Wasserproben von 20 schüttenden Quellen oder Quellabflüssen wurden am Tag nach der Probenahme an das UCL Umwelt Control Labor GmbH, Lünen zur laborchemischen Untersuchung von Nährstoffen und anderen chemischen Parametern abgegeben. Die Probenahmen erfolgten zeitlich konzentriert am 27. und 28. Januar sowie am 18. Februar 2015 (Einzelprobe auf dem Truppenübungsgelände nach erteilter Betretungsgenehmigung für den Roterbach).

Beschreibung

Die chemisch-physikalischen Eigenschaften werden im Bericht wie schon 2014 anhand ausgewählter Parameter beschrieben, um Auffälligkeiten, Grundbelastungen und die räumliche Verteilung darzustellen. Zur Einstufung der Werte einiger Parameter wurde auf eine Güteklassifikation der LAWA zurückgegriffen (siehe Tab.3).

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

Zur Einordnung der Vor-Ort-Parameter ist zu bemerken, dass die Werte der folgenden Abbildungen in verschiedenen Jahreszeiten gemessen wurden. Um die Vergleichbarkeit der Werte abzuschätzen, wurden an einzelnen Quellen Messwerte zu verschiedenen Zeiten erhoben, um ggf. eine Schwankungsbreite sichtbar zu machen. Dabei wurden an temporären Quellen (A02, E01, GB01, Ro05, S02) große Schwankungen in der elektrischen Leitfähigkeit deutlich (Abweichungen zwischen 53 und 394 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Vier perennierende Quellen der Pader (P20, P21, P23; P24) schwankten dagegen in der Leitfähigkeit des Wassers nur zwischen 16 und 54 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Erhöhte Werte bei der **elektrischen Leitfähigkeit** können auf Verschmutzungen und Einleitungen hinweisen. Die Ursache kann aber auch natürlich bzw. geogen sein, wie z.B. ein erhöhter Salzgehalt des Grundwassers im Einzugsgebiet. Ganz überwiegend liegen die Werte deutlich unter 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ und sind damit als unauffällig anzusprechen. Über die in 2014 bemerkten sehr salzhaltigen Quellen hinaus (J01, P14 und P03), gab es unter den neu untersuchten Quellen 2015 trotz der beobachteten Schwankungsbreiten keine mit auffällig hoher elektrischer Leitfähigkeit (vgl. Abb. 7 und 8 auf der folgenden Seite).

Wie bei dem durch lösliches Calcium-Karbonat beeinflussten Einzugsgebiet der Paderborner Quellen nicht anders zu erwarten, bewegen sich die **pH-Werte** meist im neutralen bis schwach alkalischen Bereich. Nur vereinzelt zeigen sich Werte unter 6,7 (A02, GB 01, H02). Dort machen sich möglicherweise schädliche Einflüsse aus dem Umfeld bemerkbar (Fichten, Einleitungen). Der pH-Wert der einzigen nicht kalkgeprägten Quelle Rr01 liegt mit 6,7 im typisch neutralen bis leicht sauren Bereich einer Quelle in der Senne (vgl. Messstelle 612509 am Roterbach, Messdaten Oktober 2010 – April 2014; ELWAS 2015). Wie bei der Leitfähigkeit zeigen sich je nach Messzeitpunkt Schwankungen im pH-Wert einzelner Quellen. Bei temporären Quellen schwankte der pH-Wert teils sehr stark (Differenz von 0,24 bis 1,86). Damit wechselte das Milieu in den temporären Quellen GB01 (Differenz 0,75) und A02 (Differenz 1,86) von alkalischen zu sauren Verhältnissen. In den perennierenden Quellen der Pader lagen die pH-Schwankungen im Bereich von 0,08 bis 0,46. Alle betrachteten Paderquellen blieben trotz variabler pH-Werte stabil im typischen schwach alkalischen Bereich.

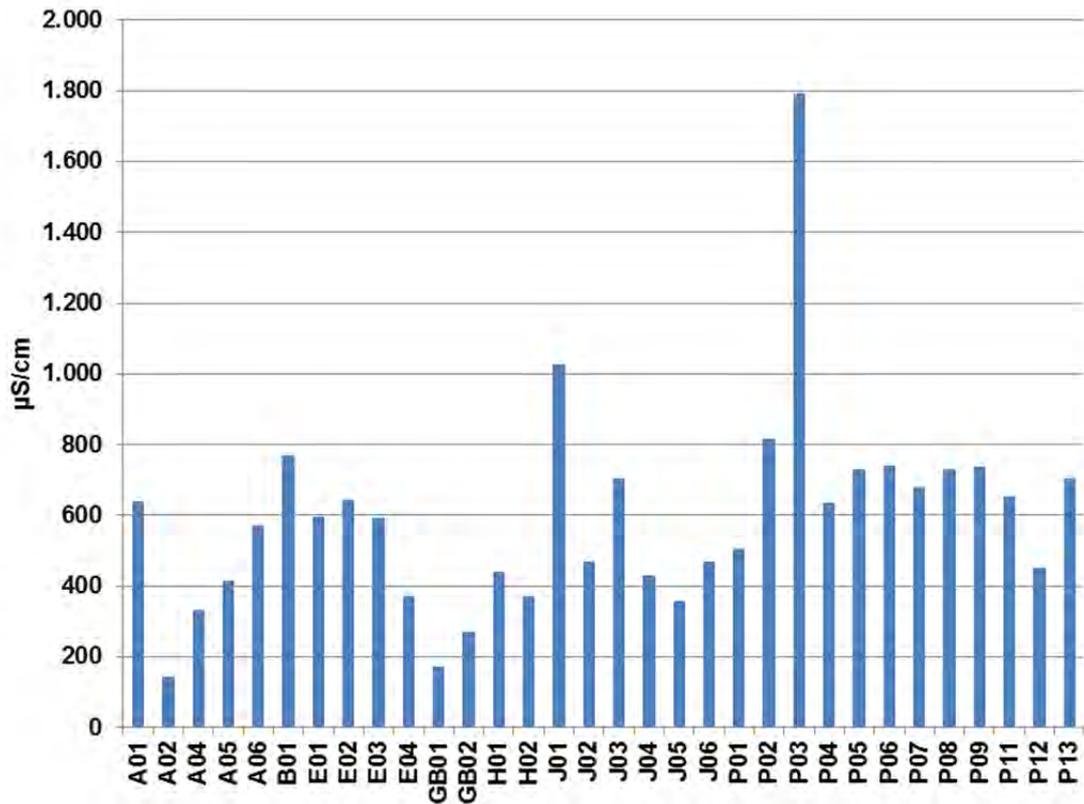


Abb. 7 : elektrische Leitfähigkeit an den Quellen A01 - P13

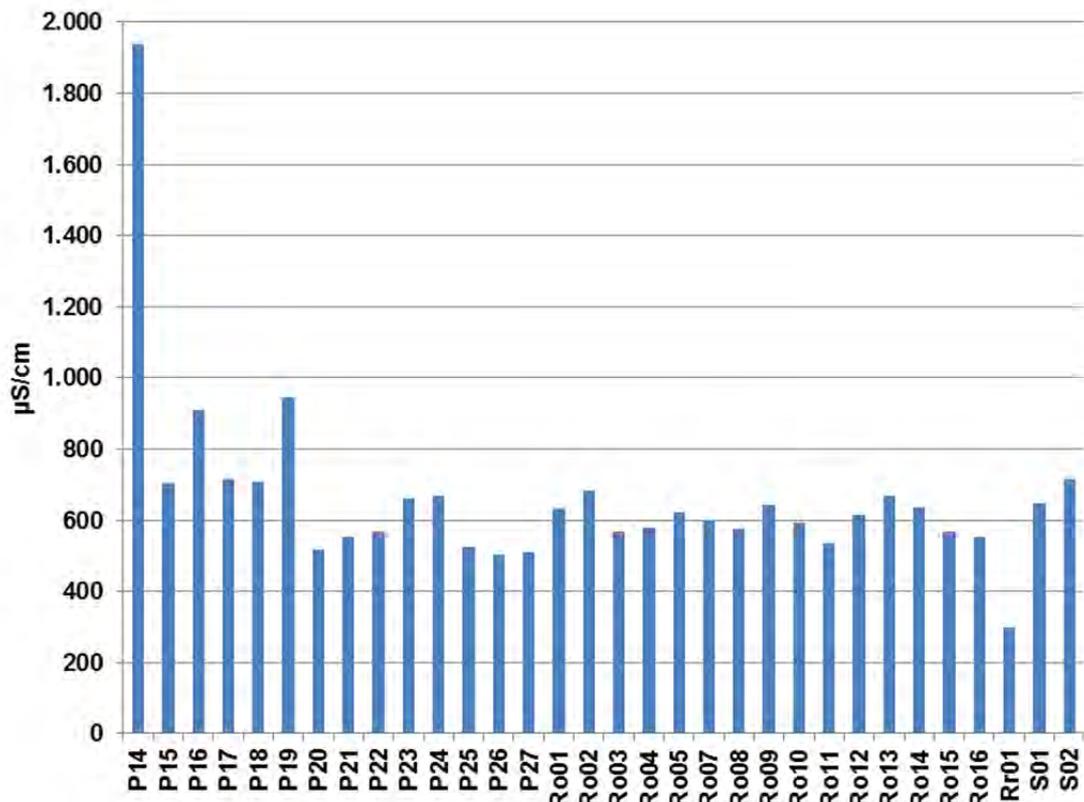


Abb. 8: elektrische Leitfähigkeit an den Quellen P14 – S02

Obwohl Quellwasser in der Regel einen niedrigen **Sauerstoffgehalt** hat, zeigten die Quellen im Paderborner Stadtgebiet oft schon bei Austritt aus dem Untergrund relativ hohe Sauerstoffgehalte. Da Quellwasser in Karststrukturen meist nur wenige Tage im Untergrund fließt, lagen die Werte auch 2015 bis auf wenige Ausnahmen über 5 mg/l. Nur die temporäre Quelle des Holzbachs (J03) erreichte bei den Untersuchungen im Spätwinter 2015 mit 2,07 mg/l einen Wert unter 4 mg/l, der als kritisch für die Fischbesiedlung gilt. Hier dürfte bei nahezu fehlender Schüttung die Sauerstoffzehrung bei Oxidation von Herbstlaub am Teichgrund die wichtigste Ursache sein. Da im beschatteten Teich auch die Vegetation weitgehend fehlte, konnte die Sauerstoffzehrung nicht durch Sauerstoffproduktion kompensiert werden.

Neben der Quelle des Holzbaches war die Quelle der Rothobornpader P16 mit 3,82mg/l die Quelle mit den geringsten Sauerstoffgehalten im gesamten Untersuchungszeitraum und damit in einem „fischfeindlichen“ Zustand.

Sauerstoffgehalt und **Sauerstoffsättigung** sind beide temperaturabhängige Parameter. Je kühler das Wasser, desto höher ist seine Aufnahmekapazität für Sauerstoff und umgekehrt. Eine niedrige Sauerstoffsättigung bei höheren Temperaturen ist also normal. Tritt sie schon bei geringen Temperaturen auf, so sind bei steigenden Temperaturen lebensfeindliche Bedingungen für viele Lebewesen zu erwarten. Diese Verhältnisse treffen vor allem für die Quelle J03 zu, die bei relativ kühlen 6,5 °C nur noch 16,8 % Sauerstoffgehalt aufwies. Die nächsthöheren Sauerstoffgehalte zeigten die Quellen Ro 14 (40,1%) bei einer Wassertemperatur von 9,1 °C und E01 (40,3%) bei einer Wassertemperatur von 3,5 °C. Demnach erfährt E01 bei deutlicher Temperaturerhöhung eine Sauerstoffmangelsituation.

Die gemessene **Temperatur** des Quellwassers schwankte zwischen den Jahreszeiten. Wurden im Frühjahr 2014 nur an der Maspernquelle P01 und an der Beke Temperaturen unter 10°C gemessen, so lagen im Spätwinter 2015 die Temperaturen von 36 Quellen unter 10 °C. Bezogen auf einzelne Quellstandorte, die zu verschiedenen Terminen aufgesucht wurden, wurden die stärksten Temperaturschwankungen an Standorten temporärer Sickerquellen ermittelt. So zeigt der Temperaturvergleich von April 2014 und Januar 2015 Abweichungen von 9,2, 13,7 und 14,1 °C an den Quellen GB01 (13,0 / 3,8°C) E01 (17,2 / 3,5°C) und A02 (17,6 / 3,5 °C). In ihrem Temperaturverlauf ausgeglichener zeigten sich die perennierenden Quellen P20 und P21. An diesen wurde zwischen Oktober 2014 und Januar 2015 ein Temperaturunterschied von nur 2,9 bzw. 2,3 °C gemessen.

Innerhalb derselben Jahreszeit fielen die Schwankungen an temporären und perennierenden Quellen geringer aus. Zwischen Ende Januar und Ende Februar 2015 schwankte die Quellwassertemperatur an den Quellorten P22, P23, P24, Ro05 und S02 (Tausendquell) nur zwischen 0,0 und 0,9 °C. Das Temperaturspektrum dieser 5 Standorte lag zwischen 8,0 und 10,3 °C.

Für den Temperaturgradienten der Quellstandorte im Paderquellgebiet gelten weiterhin die im Bericht 2014 getroffenen Aussagen.

Laboranalysen

Bedingt durch die überwiegend kalkhaltigen, verkarsteten Gesteine in ihrem Einzugsgebiet sind die meisten Paderborner Quellen reich an 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. Wird nur das Hydrogen-Carbonatanion erfasst, ergibt sich die Carbonathärte (mmol/l). Im Jahr 2014 ergab die Untersuchung der **Gesamthärte** im Paderborner Stadtgebiet nur die Wertebereiche „mittelhart“ an den Quellen (H01 und E02) im Sammtholz und „hart“ an den anderen beprobten Quellen im Stadtgebiet. Die Untersuchung von 2015 erweitert das Gesamtspektrum und zeigt ein räumliches Verteilungsmuster.

Die östlichen und zentral gelegenen Quellen der Einzugsgebiete von Rothebach, Springbach und Pader förderten durchgehend hartes Wasser. Das Wasser an drei untersuchten Almequellen zeigt die Gesamthärtegrade „hart“, „mittel“ und „weich“ mit einer Tendenz zu weicherem Wasser je weiter westlich die Almequelle liegt. Sechs von sieben der untersuchten Quellen im westlichen Stadtgebiet jenseits der Autobahn zeigen die Härtebereiche „mittel“ (A06, J05, J06) oder „weich“ (A02, H02, GB01). Nur die untersuchte Erlenbach-Quelle E01 führte hartes Wasser. Das im Norden der Stadt beprobte Quellwasser des Roterbachs führte mittelhartes Wasser.

Unter Berücksichtigung der Ergebnisse von 2014 deutet sich gegenüber diesem scheinbaren Ost-West-Gradienten der Wasserhärte ein differenzierteres Muster an. Demnach weist die Verteilung des harten Wassers auf ein stark kalkbeeinflusstes Quellenband, das sich vom nördlichen Rand des Wewerschen Forstes in nördöstlicher Richtung über die Paderborner Altstadt bis nach Marienloh erstreckt. Nördlich und südlich dieses Bandes nimmt die Wasserhärte ab. Für genauere räumliche Aussagen wären weitere systematische Untersuchungen erforderlich.

Dem Bild der Gesamthärteverteilung entsprechend zeigt auch die Verteilung der **Carbonathärte** mit Werten zwischen 0,03 und 7 mmol/l (Untersuchungen 2014/2015) ein vergleichbares Muster. Wasser geringerer Carbonathärte (0,03 bis 4 mmol/l) findet sich ausschließlich im westlichen Stadtgebiet jenseits der Autobahn und nördlich auf dem Truppenübungsplatz Senne. In südwestlich – nordöstlicher Richtung erstreckt sich ein Bereich höherer Carbonathärte durch das Stadtgebiet. Nördlich und südlich dieses Bereichs finden sich im Westen Paderborns die Quellen mit den niedrigsten Carbonathärten.

Innerhalb des Paderquellgebiets liegen die Carbonathärten zwischen 4,01 und 5,7 mmol/l. Die relativ höchsten Werte zeigen sich hier an Rothobornquelle (P16) und Blauem Kolk (P03). Im Gegensatz zu den benachbarten Quellen im Paderquellgebiet erreichen sie über 5 mmol/l.

Die höchste Carbonathärte von 7,0 mmol/l zeigt die Quelle am Johannisstift.

Der **Nitratgehalt** hat als nährstoffbezogener Wert hohes Gewicht bei Beurteilung des Zustands natürlicherweise nährstoffarmer Quellen.

Nach der chemischen Güteklassifikation der LAWA entsprechen die Nitratwerte im gesamten Stadtgebiet mit einem Spektrum von 0,99 – 135 mg/l der vollen Bandbreite der Güteklassen (vgl. Tab. 3 und folgende Abbildungen). Die Quellen von Beke, Rothebach, Springbach, Roterbach, Alme und Pader liegen mehrheitlich im Gütebereich erhöhter bis hoher Belastung. Nahezu alle der 22 beprobten Paderquellen zeigen eine erhöhte Belastung mit Nitrat. Sie sind mit rund 22 – 44 mg/l der Güteklasse (GK) III, der Stufe mit einer „erhöhten Belastung“, zuzuordnen. Für Karstgebiete typisch werden hier Einträge und Abschwemmungen kaum durch Boden und Gestein gefiltert und treten an den meisten Quellen nur wenig reduziert an die Oberfläche. Im Vergleich zu Quellen im unmittelbaren Einflussbereich landwirtschaftlicher Flächen, z. B. des Rothebachsystems, erreichen sie daher kaum geringere Nitratwerte und werden in der Güteklassifikation derselben Stufe zugeordnet (vgl. Abb. 9 und 10). Hohe Nitratbelastungen sind auch an anderen Karstquellen der Westfälischen Quellenlinie wie z. B. auf der Paderborner Hochfläche festzustellen (NZO-GMBH 2014c).

Nur vier untersuchte Paderquellen sind geringer nitratbelastet. Der Blaue Kolk (P03) der Dampfpader und die Quelle im Keller Am Rothoborn 4 (P18) weisen nur eine "deutliche" Belastung auf (mit 16,7 bzw. 21,5 mg/l Güteklasse II-III). Nur die Quelle am Johannisstift (P14) und der Riemekekolk (P15) erscheinen anthropogen unbelastet (GK I), zeigen jedoch andere chemische Belastungen (s. u.).

Während auch die Quelle H01 im Hedergebiet „anthropogen unbelastet“ (GK I) ist, ist die benachbarte Quelle H02 mit einem Nitratspitzenwert von 135 mg/l als einzige Quelle sogar sehr hoch belastet (GK IV). Dies entspricht auch dem Eindruck vor Ort, wo ein starker Unterwuchs von Brombeeren die massive Eutrophierung des bestehenden Bruchwalds anzeigt (vgl. Abb. 15).

Die westlich gelegenen Quellen von Erlenbach, Jothe und Gunne zeigen geringere Nitratbelastungen im Bereich der Güteklassen I bis (II-III), zwischen anthropogen unbelastet und deutlich belastet.

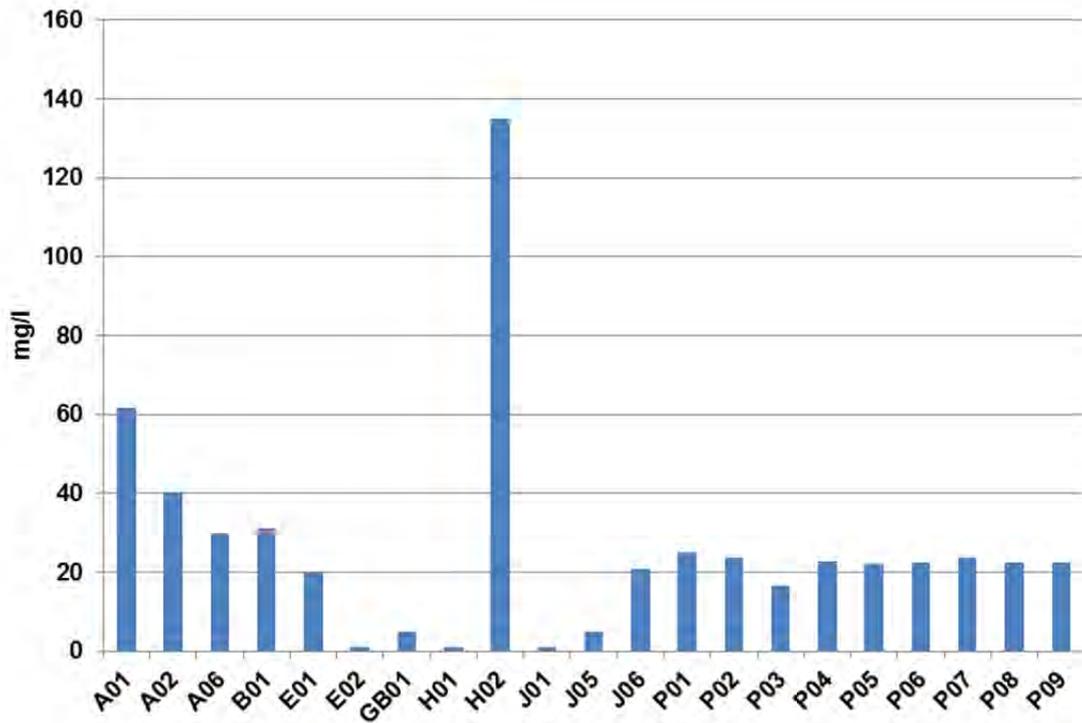


Abb. 9: Nitratgehalte der untersuchten Quellen A01 – P09

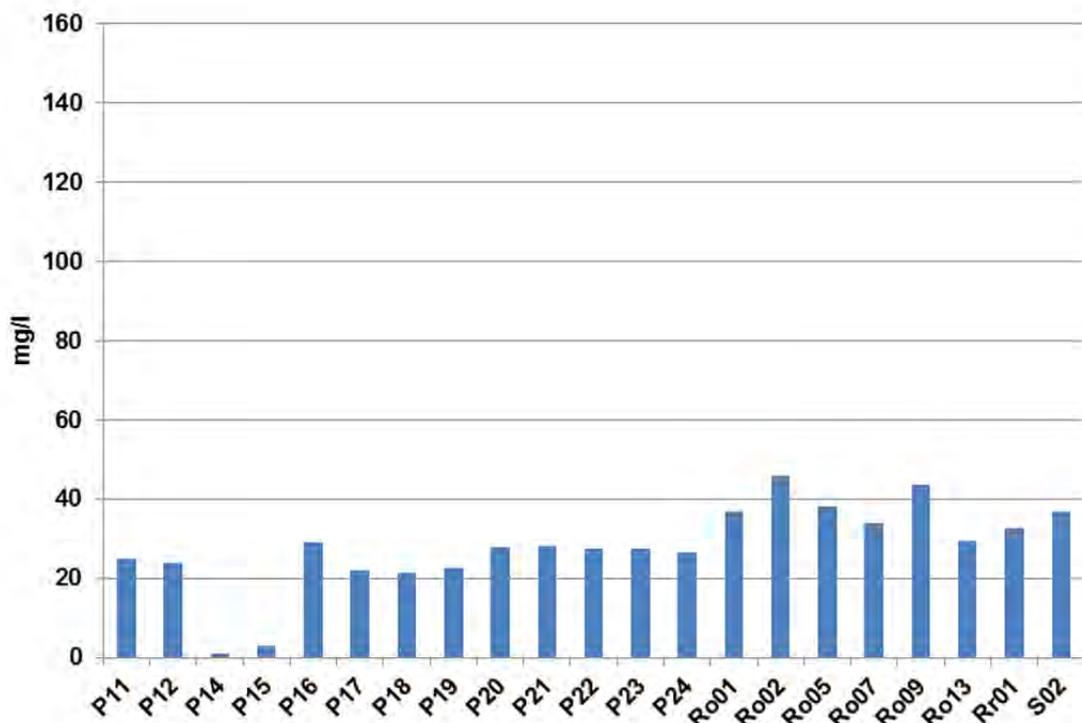


Abb. 10: Nitratgehalte der untersuchten Quellen P11 – S02

Wo Landwirtschaft seit Jahrzehnten nicht mehr betrieben wird, wie auf dem Truppenübungsplatz Senne, könnte die erhöhte Nitratbelastung von 32,6 mg/l am Roterbachquellteich Rr01 auf Nitrateinträge aus jahrzehntealter Munition zurückgehen. Die Treibladungen von Blindgängern enthalten entweder Kalium- oder Natriumnitrat (Patronen aus dem 19ten Jahrhundert) oder aber Cellulosenitrat. Diese Annahme müsste jedoch mit weiteren Untersuchungen abgesichert werden.

Im Gegensatz zur Quellenuntersuchung 2014, wo vor allem die Quelle am Johannisstift mit extrem hohen Werten eine wahrscheinliche Abwasserbelastung anzeigte, wurden 2015 keine erhöhten **Ammoniumwerte** festgestellt. 18 von 20 beprobten Quellen zeigten Ammoniumgehalte im Gütebereich I bis II (unbelastet – mäßig belastet). Nur die Almequelle A01 und die Erlenbachquelle E01 zeigten eine deutliche Belastung (GK II – III).

Die Belastung mit **Nitrit** war an den letztgenannten Quellen ebenfalls etwas höher (GK II, mäßige Belastung) als an allen anderen Quellen, die unbelastet oder sehr gering belastet waren (GK I und GK I – II). Da Nitrit unter sauerstoffarmen Bedingungen als Zwischenprodukt der Umwandlung von Nitrat zu Ammonium auftritt, sind die erhöhten Werte an diesen Quellen verständlich.

Phosphat, das meist aus der Landwirtschaft stammt, kann zur übermäßigen Nährstoffversorgung von Gewässern, d. h. zur Eutrophierung, führen. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurden zwischen Gesamt- und ortho-Phosphat-Gehalt keine Unterschiede festgestellt. Die Daten werden daher anhand der LAWA-Güteklassen (Tab. 3) auf Basis des ortho-Phosphat-Gehalts interpretiert.

Die östlich gelegenen Rothebach- und Springbachquellen, der Roterbachquellabfluss (Rr01) sowie jeweils eine Quelle im Einzugsgebiet der Jothe (J06) und der Heder (H02) erreichten danach die Güteklasse I (anthropogen unbelastet) in Bezug auf die Phosphat-Belastung. Alle fünf neu untersuchten Pader-Quellen wiesen eine mäßige Belastung (GK II) auf, im Unterschied zum Vorjahr, wo mit Ausnahme der Rothobornquelle (P16) alle Paderquellen meist sehr geringe oder keine Belastungen zeigten. Hier traten im Spätwinter an eng benachbarten Quellstandorten offenbar jahreszeitliche Unterschiede in der Phosphatlast des Quellwassers auf.

Ein uneinheitliches Bild zeigen die Quellen im westlichen Stadtgebiet. Hier erreichen die Werte Güteklassen zwischen sehr gering bis hoch belastet (GK I - II – IV). Dabei treten auch innerhalb eines Flusseinzugsgebietes große Unterschiede auf, wie z.B. an der Jothe mit den Güteklassen „unbelastet“ (GK I) und „hoch belastet“ (GK III – IV). Auffallend ist, dass die höchsten Phosphatwerte an drei Quellen gemessen wurden, die in direkter Nachbarschaft zu Wiesen und Weiden liegen.

Die Belastungen mit **Sulfat** erstrecken sich im Stadtgebiet über vier Güteklassen. Die mittleren Belastungsstufen „mäßige Belastung“ und „deutliche Belastung“ finden sich innerhalb der Mehrzahl der Paderquellen, in einer Quelle des Erlenbachs (E01) und auf dem Truppenübungsplatz Senne (Rr01). Auf dem

Kasernengelände wurde im Verlauf der Untersuchung mit 142 mg/l der höchste Sulfat-Wert gemessen. Schwefel als Bestandteil von Schießpulver könnte hier eine Rolle spielen. Allerdings erreichten einzelne Paderquellen in früheren Jahren schon höhere Werte (KOCH & MICHEL 1984), so dass hier nicht zwangsläufig von Folgen einer militärspezifischen Nutzung ausgegangen werden muss. Alle übrigen Quellen weisen keine oder nur sehr geringe Sulfat-Belastungen auf.

Erhöhte Werte beim **Chlorid** zeigen nur wenige Quellen (Abb.11 und 12). Im Außenbereich war nur das Roterbachquellwasser (Rr01) auf dem Truppenübungsgelände mit 498 mg/l hoch belastet (GK III – IV). Im Vergleich zu früheren Messungen am Roterbach auf dem Truppenübungsplatz von 8 mg/l (so im Mai 2013 und April 2014; ELWAS 2015) erscheint dieser Wert als anthropogener Einfluss, dessen Ursache näher geklärt werden müsste. In der freien Landschaft war ansonsten die Almequelle (A06) im Einflussbereich umliegender Äcker 2015 mit 55 mg/l die einzige Quelle mit höheren Chloridwerten. Sie ist damit aber nur mäßig belastet. Alle anderen untersuchten Quellen im Außenbereich der Stadt Paderborn zeigten keine bis sehr geringe Belastungen.

Im Gegensatz zu anthropogen beeinflussten Chloridgehalten erhalten die Warme Pader (P02) und die Dampader (P03) ihr chloridreiches Quellwasser (109 und 374 mg/l) aus solehaltigen Grundwasserkörpern (vgl. Erläuterungsbericht 2014). Die hier beobachteten hohen Chloridwerte sind also natürlichen Ursprungs und relativieren damit die Einstufung deutlicher und erhöhter Belastung. Bemerkenswert ist, auf wie engem Raum die Quellwasserverhältnisse sich grundlegend unterscheiden. So förderte der kaum 40 m von der Dampader entfernte artesischen Brunnen P24 Wasser mit einem Chloridgehalt von nur 20,6 mg/l. Vergleichbar niedrige Chloridgehalte kennzeichnen auch die weiteren 2015 untersuchten Paderquellen.

Innerhalb der Kernstadt weist die Paderquelle P14 am Johannisstift mit 547 mg/l den Extremwert aller Messungen auf. Wie bereits beschrieben, ist hier von Abwassereinleitungen auszugehen.

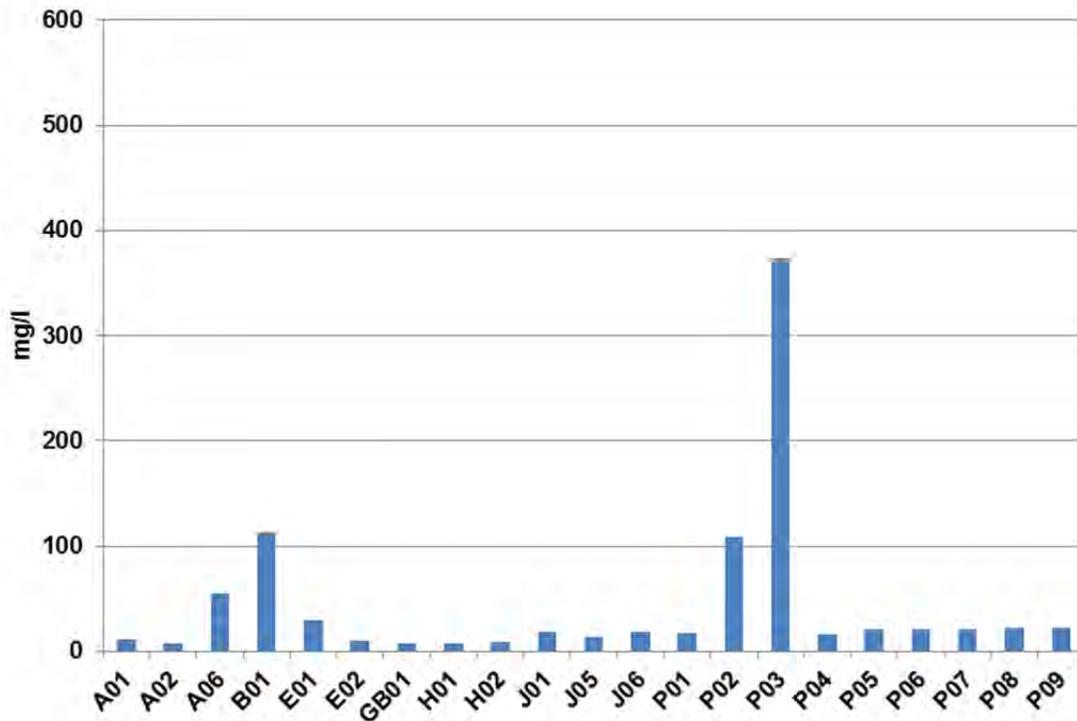


Abb. 11: Chlorid-Gehalte der Quellen A01 – P09

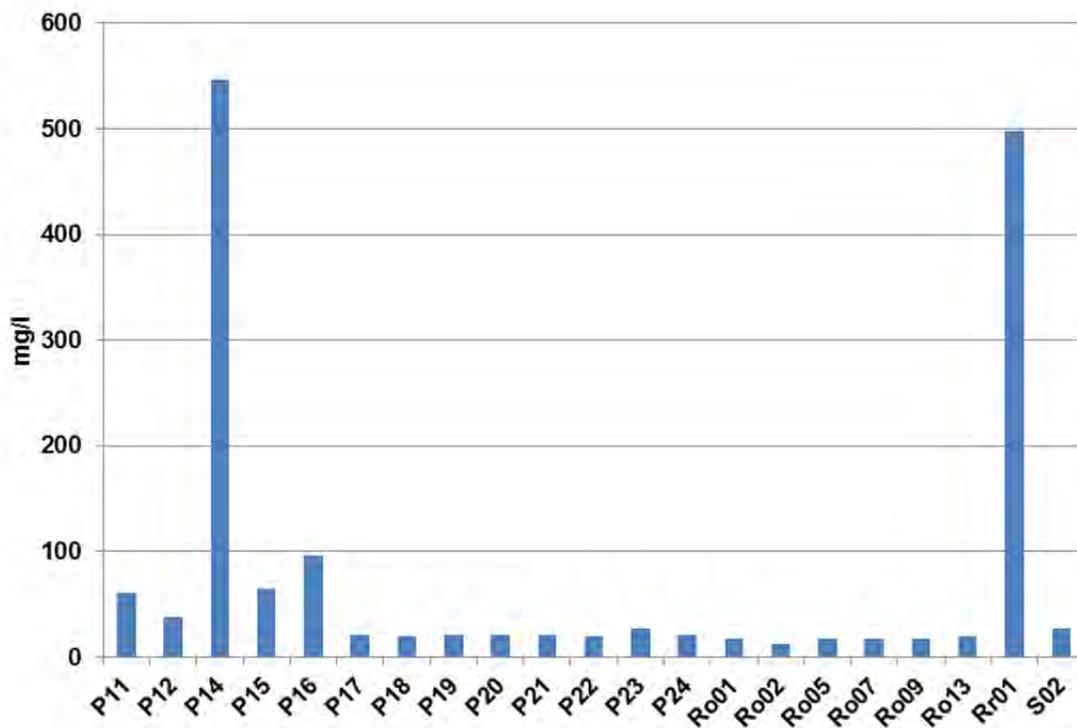


Abb. 12: Chlorid-Gehalte der Quellen P11 – S02

Generell sind Eisen- und Manganwerte in sauerstoffarmen Grundwässern manchmal erhöht. Die Gehalte von **Eisen** sind bei den östlich der Autobahn untersuchten Quellwässern mit maximal 0,15 mg/l unauffällig. Westlich der

Autobahn zeigten alle Quellen höhere Eisenanteile, den höchsten Anteil an gelöstem Eisen enthielt mit 0,90 mg/l die Almequelle A02. Hier deuten sich reduzierende Verhältnisse in Folge von organischen Abbauprozessen an.

Beim **Mangan** ergibt sich ein ähnliches Verteilungsbild der Werte wie beim Eisen. Unauffälligen Gehalten bis 0,05 mg/l vor allem im zentralen und östlichen Stadtgebiet stehen auch hier höhere Gehalte vor allem im Sammtholz gegenüber. Dort fallen einzelne Quellen von Alme, Heder und Erlenbach (A02, H02, E01) durch hohe Mangan-Messwerte auf (0,93, 0,45 und 0,2 mg/l). Andere Quellen (A06, E02, J06, GB01) sind unauffällig.

8. Ökologischer Zustand der Paderquellarme

s. Erläuterungsbericht 2014

9. Gesamtbewertung und Maßnahmvorschläge

Bewertungsmaßstab

Zur Verdeutlichung der ökologischen Qualität wurden die untersuchten Quellen wie schon 2014 auf den vier Bewertungsebenen Flora und Fauna, Chemie, Umfeld und Verbauungswirkung nach dem System der „Ampelbewertung“ eingestuft. Dabei zeigt grün eine gute Ausprägung an, gelb bedeutet eine mittlere Qualität und rot einen qualitativ schlechten Zustand der Bewertungsebene. Je typischer - also naturnäher - die Ausprägung jeder dieser Bewertungsebenen war, desto besser wurden die Quellen eingestuft. Dieses einfache System ermöglicht eine Übersicht zu Problembereichen und besonderen Qualitäten der einzelnen Quellen.

Vor einer Maßnahmenplanung an einer der untersuchten Quellen sollte im Einzelfall geprüft werden, welche Faktoren in die Bewertung eingingen und welche Probleme aktuell bestehen. Denn schon im zeitlichen Abstand von 10 Monaten ergaben sich an einzelnen Quellen Veränderungen im Umfeld, die zukünftige Maßnahmen beeinflussen dürften.

Genauere Hinweise zur Bewertung der einzelnen Ebenen gibt der Ergebnisbericht 2014. Hier folgt nur die Zusammenfassung mit den Definitionen der Ampelfarben für die einzelnen Bewertungsebenen.

1. Flora und Fauna

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

2. Chemie

	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

Drei Biotoptypen wurden als Indikator für die ökologische Qualität des direkten Quell-Umfelds gewertet: naturnahe feuchte Hochstaude, naturnahes Gebüsch, naturnaher Baumbestand oder naturnaher Wald.

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

4. Verbauungswirkung

	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 finden sich im Anhang 1.

Bewertungsergebnisse und mögliche Maßnahmen

Die Einzelergebnisse der Bewertung sowie mögliche Maßnahmen werden im Folgenden im Überblick **gemeinsam** für die Untersuchungsjahre 2014 und 2015 dargestellt. Die bereits 2014 vorgeschlagenen Maßnahmen werden nur verkürzt wiederholt; für Näheres dazu wird auf den Erläuterungsbericht 2014 verwiesen. Die im Anhang beigefügten Datenbögen enthalten die Bewertungen im Detail sowie auch auf die jeweilige Quelle bezogene Maßnahmenvorschläge. Diese sollten, insbesondere wenn sie möglicherweise ausführungstechnisch oder baulich aufwändiger sind, im Vorfeld einer Maßnahmenumsetzung konkret ausgearbeitet werden.

Flora und Fauna

Zwei Drittel der Paderborner Quellen (45) erhalten in Bezug auf das Vorkommen einer quelltypischen Flora und Fauna eine „grüne“ Bewertung. Weder Vertreter einer typischen Flora noch einer typischen Fauna zeigen nur 8 der untersuchten Quellen. 15 Quellen zeigten entweder eine typische Flora oder eine typische Fauna.

Als Ursachen fehlender quelltypischer Besiedlung treten einerseits besondere chemische Belastungen wie Sauerstoffmangel, hohe Nährstoff- oder Ammoniumgehalte auf, andererseits mangelhafte Strukturausprägung bzw. Verbauung. Besiedlungsfeindliche chemische Belastungen kennzeichnen insbesondere die Paderquellen am Johannisstift (P14) und den Riemekerkolk (P15) sowie die Quellen des Seskerbruch-Baches (Ro02) und des Holzbaches (J03). Überbaute Quellen in Gebäuden (P17, P18, P19) lassen bedingt durch Lichtmangel weder eine typische Quellflora noch einen Algenaufwuchs zu. Außerdem fehlt ihnen oft natürliches Gesteinsmaterial bzw. organisches Material, das viele Quellorganismen (z. B. Köcherfliegen) benötigen. Damit sind die Lebensbedingungen in Bezug auf Nahrung, Baumaterial und Versteckmöglichkeiten so schlecht, dass spezialisierte Arten, teilweise sogar verbreitete Arten, dort nicht existieren können.

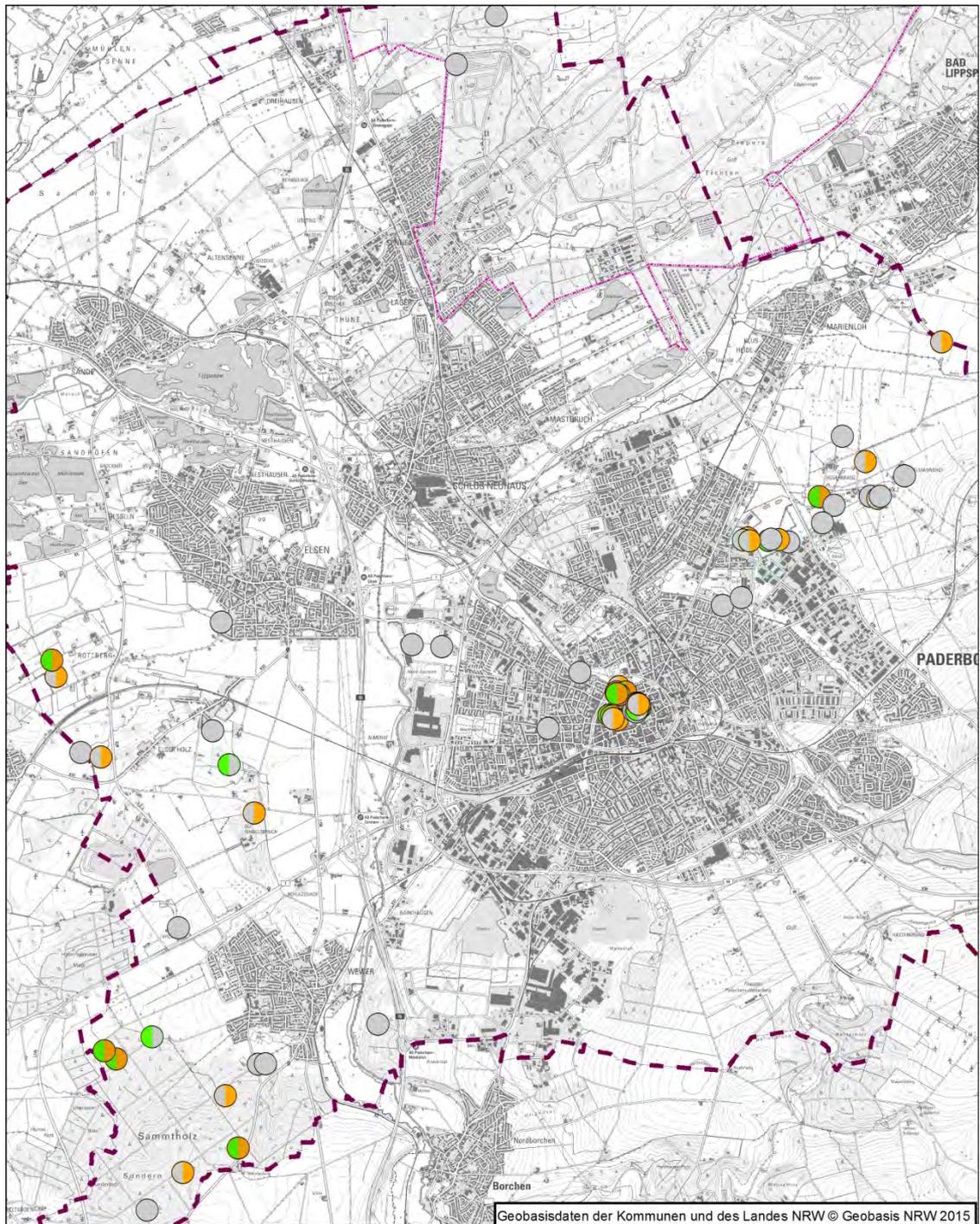
Anders als im Vorjahr konnten im Spätwinter 2015 die meisten temporären Quellen (insbesondere im Rothebach-System und im Sammtholz) im schüttenden Zustand untersucht werden. In der Regel traten keine quelltypischen Pflanzen auf, was aufgrund der kurzen Periode der Quellschüttung als natürlich, d. h. „grün“, bewertet wurde. Im Rothebachsystem begann die Phase der Austrocknung an einzelnen Quellen (Ro06) schon Mitte Februar, Mitte März fiel die Hauptquelle des Rothebachs (Ro05) trocken. Dennoch zeigte sich an einigen temporären Quellen im Vorjahr (z. B. GB02, E04), dass gegen Ende der Schüttungsphase plötzlich Quellspezialisten wie Pfennigkraut (*Lysimachia nummularia*) oder Milzkraut (*Chrysosplenium alternifolium*) auftraten, die in der jahreszeitlich früheren Untersuchung 2015 noch an keiner dieser Quellen festgestellt werden konnten. In Einzelfällen könnten die Bewertungen von Quellen ohne typische Vegetation somit zu positiv ausfallen, da sich ggf. ohne störende Einflüsse doch eine typische Vegetation entwickeln könnte.

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 im Sammtholz (E03, E04, A02), im System der Gunne (GB02) und an der Schafwäsche (Ro07) nachgewiesen werden. 13 weitere Quellen im Außenbereich beherbergen typische Arten entweder aus Flora oder Fauna. Darunter finden sich als Besonderheit neben Wirbellosen auch Larven des Feuersalamanders (*Salamandra salamandra*) an den Quellen A02 und E02.

Im Innenbereich der Stadt fehlen quelltypische Arten nur an den temporären Springbachquellen (S01, S02) und einigen Paderquellen, die meist durch Einflüsse von Verbauung (z. B. Kaiserpfalz, „Kellerquell“ Am Rothoborn 4) oder

chemische Faktoren (Quelle am Johannisstift) beeinträchtigt sind. An 20 von 26 bewerteten Paderquellen kommen dagegen quelltypische Flora- oder/und Faunaarten vor. Als nach wie vor 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 Höhlenkrebs (*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
- typische Flora nachgewiesen
- typische Fauna nachgewiesen
- weder typische Flora noch typische Fauna nachgewiesen

Abb. 13: quelltypische Flora und Fauna (Stadtgebiet)



Nachweis quelltypischer Flora und Fauna

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

Abb. 14: quelltypische Flora und Fauna (nur Paderquellgebiet)

Chemie

Wurden 2014 noch einige wenige Quellen (E02, J02) als chemisch mäßig belastet eingestuft, so ergaben die Analysen des Nährstoffgehaltes für die 20 im Jahr 2015 erstmals chemisch untersuchten Quellen durchgehend übermäßige Nährstoffgehalte, d. h. eine „rote“ Einstufung. Ursache dieser Bewertung sind im Wesentlichen übermäßig erhöhte Nitratwerte. Erhöhte Ammoniumwerte traten an keiner der neu untersuchten Quellen auf.

Die Gründe für die hohen Nitratwerte sind zweifellos im weiteren Einzugsgebiet der Quellen zu suchen. Vor allem die landwirtschaftliche Nutzung der Paderborner Hochfläche führt zu Abschwemmungen und direkten Einträgen von Düngemitteln in das Grundwasser. Boden- und Gesteinsverhältnisse begünstigen die Belastung, da das Grundwasser kaum gefiltert die Quellen erreicht. Im Vergleich zu den benachbarten Paderquellen im Frühjahr 2014 zeigten die Quellen P20 – P24 im Winter 2015 höhere Phosphat- und Nitratwerte. Im Fall des Nitrats bewirkte die erhöhte Stickstofffracht keine Verschlechterung der Güteklasse. Die winterliche Steigerung des ortho-Phosphat-Gehaltes führte dagegen zu einer schlechteren Güteklasse dieser fünf Quellstandorte.

In Fällen, bei denen die Quellen innerhalb oder unmittelbar benachbart zu landwirtschaftlichen Nutzflächen liegen, können Rand- bzw. Pufferstreifen die Situation verbessern. Eine Beseitigung der Nährstoffbelastung ist dadurch jedoch nicht zu erwarten, wie etwa die mit breiten Randstreifen ausgestattete Quelle Ro01 mit überhöhter Nitratbelastung aufzeigt. Auch in Waldgebieten können vereinzelt erhöhte und sogar sehr hohe Nitratbelastungen auftreten, wie die H02 eindrucksvoll aufzeigt (Abb.15). Erfolgreiche Maßnahmen zur Nähr- und Schadstoffreduktion müssen aber vor allem im weiteren Einzugsgebiet der Paderborner Hochfläche ansetzen.

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 Gefälgerichtung und die Förderung von Grünland an erosionsgefährdeten Standorten,
- 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, Borchten etc. haben, wird nur durch überörtliche gemeinsame Anstrengungen auf vielen Ebenen (Kommunen, Landwirtschaft, Gewässerentwicklung, Naturschutz etc.) zu lösen sein.



Abb. 15: Die temporäre Quelle H02 im Wewerschen Forst
Mit 135 mg/l zeigte diese flachgründige Sickerquelle den mit Abstand höchsten Nitratgehalt aller chemisch untersuchten Quellen.

Umfeld

Von 69 Quellen der vorliegenden Untersuchung erreichten im Außenbereich 25 Quellen eine gute Bewertung, waren also naturnah in die Landschaft eingebettet. Im Außenbereich der Stadt Paderborn liegen vor allem Waldquellen meist in naturnahem Umfeld. Je stärker die Quellen von landwirtschaftlichen Nutzungen, z. B. durch Gehölzstreifen oder Hochstaudensäume, abgeschirmt sind, desto besser ist ihr Umfeldstatus. Ein besonders positives Beispiel dieser Art bietet die Quelle Ro01 (Abb. 16).



Abb. 16: Rothebachquelle (Ro01) mit breitem Randstreifen aus Gebüsch und Weiden

Acht Quellen im Außenbereich fehlten jegliche naturnahe Strukturen im Umfeld, sie wurden also „rot“ bewertet. Durch Herausnahme aus der Nutzung und/oder Zulassen einer natürlichen Sukzession, z. B. bei Quellen in Viehweiden oder Mähwiesen, könnte in den allermeisten Fällen die Situation kurzfristig entscheidend verbessert werden. Dies gilt besonders auch für die „gelb“ eingestufteten Quellen mittlerer ökologischer Qualität (Abb. 17).

In der Innenstadt ist das Umfeld von fünf Paderquellen gut, also „grün“ ausgeprägt. Besonders gut entwickelt ist das Umfeld der drei Quellen auf dem „Kehl-Schwarze“-Gelände (P11, P20, P21). Naturnahe feuchte Hochstauden, Gehölze und auch eine Schwarzerlen-Galerie kennzeichnen den naturnahen Standort. Ebenfalls in gutem Zustand zeigt sich das Umfeld der ansonsten bedenklich belasteten Quelle am Johannisstift, ein naturnahes Kleingehölz aus Esche, Schwarz-Erle und Weiden.

Wie angesichts einer höheren Verbauung zu erwarten, ist in der Innenstadt ein naturfernes Quellumfeld eher die Regel. So liegen hier 14 Quellstandorte im „roten“ Bereich. Dazu zählen die 2015 neu betrachteten Quellen bzw. Quellabflüsse unter der Straße „Auf den Dielen“ (P22), die artesischen Quelle an der Bachstr. (P24) und die temporäre Quelle auf dem Hof Hathumarstr. 1 (P25). Die drei weiteren neu untersuchten Paderquellen (Augenquelle, temporäre Quelle am Zaun Hathumarstr. 1 und die blocksteingefüllte Quelle am

Inselspitzenweg; P23, P26, P27) erhielten die Bewertungsstufe „gelb“ für jeweils nur eine vorhandene typische Biotopstruktur in der Umgebung.



Abb. 17: eine Jothe-Quelle (J02) ohne Randstreifen in Wiesensenke

Bis nahe an die Quelle reichende Wiesennutzung bewirkt eine Eutrophierung, sichtbar an starkem Brennnesselbewuchs und fädigen Grünalgen im Quellbereich

Maßnahmen zur Umfeldoptimierung können sein:

- die Herstellung der Durchgängigkeit (beispielsweise sind an den Quellen P01, P07, P08, P25 bereits quellnah Abstürze vorhanden),
- der behutsame Rückbau von Beton- und Steineinbauten (z. B. an P07, P12, P21, P25 und P27),
- die Schaffung von Randstreifen, evtl. sogar Auwaldinitialen („Kehl-Schwarze“-Gelände),
- die Beseitigung von Neophyten (z. B. auf „Kehl-Schwarze“-Gelände)
- der Schutz vor Betreten,
- die Aufstellung von Hinweistafeln.

Verbauungswirkung

An gut der Hälfte (36) aller Paderborner Quellen sind keine Ausbaumaßnahmen zu verzeichnen oder sie bleiben ohne Wirkung auf den stetigen Wasserabfluss oder die Wasserwechselzone im Übergang vom Land zum Wasserkörper. Die Mehrzahl dieser Quellen liegt im Außenbereich und wurde selbst bei vorhandener Nutzung des Umfelds mehr oder weniger unverändert belassen.

Vereinzelt wurden Quellen jedoch auch überbaut oder durch Rohrleitungen und Intensivnutzungen vom Umfeld abgetrennt (E05, J03, B01, Rr01). 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, Ro12, Ro13).



Abb. 18: Aufstau des Ablaufs der Quelle am Johannisstift (P14)

Ziel sollte bei den betroffenen Quellen in der Regel sein, den Aufstau zu beseitigen und natürliche Fließverhältnisse herzustellen. Die Beibehaltung eines gestauten Quellbachs als Teich erscheint aber in Einzelfällen vertretbar, wenn dieser über Jahre hinweg Bedeutung als Laichgewässer für Amphibien oder als Lebensraum für Libellen erlangt hat (z. B. E02).

Innerhalb der Kernstadt wurden nahezu alle Quellen vollständig umgestaltet. Das wirkt sich bei den allermeisten (14) sowohl auf die Abfluss- und

Strömungssituation als auch auf die Isolation vom Umfeld aus. Acht Quellen sind entweder isoliert oder in ihren Abflussverhältnissen gestört.

Die Veränderung der natürlich fließenden Quellen zum gestauten Teich zeigen als besonders negative Beispiele der Riemekekolk (P15) und die Quelle (P14) am Johannisstift. An beiden Quellen ist keine Strömung zu erkennen. Der frühere Topf der Johannisstiftquelle verlandet bereits aufgrund der bestehenden Stauung. Der Ablauf des gestauten Riemekekolks zur Pader erfolgt über ein Ablaufbauwerk und eine anschließende kilometerlange Rohrleitung.

Die Isolation der Quellen- und Quellbecken von ihrem Umfeld – meist durch umgebende Mauern - beeinträchtigt fast alle Paderquellen der Innenstadt. Sie verhindert kontinuierliche Übergänge von Wasser- und Landlebensräumen in Form abgestufter Lebensraumzonen mit eigendynamischen Entwicklungen.



Abb. 19: isolierte Hofquelle Hathumarstr. 1 (P25)

Ein vollständiger Mauerring verhindert hier die Entwicklung einer amphibischen Kontaktzone zwischen Wasser und Land

Diese Feststellung betrifft fünf von sechs Paderquellenstandorten, die 2015 neu untersucht wurden (P22, P23, P24, P25, P27), in sehr markanter Weise die Quelle P25 an der Hathumarstr. 1.

Nur im nördlichen Paderquellgebiet finden sich Quellen mit naturnäherem Charakter („Kehl-Schwarze“-Quellen und Haxthausenquelle). Sie konnten ihren Charakter mit unverbauten Ufern weitgehend bewahren. Allerdings sind ihre Abläufe (P11, P21) teilweise biologisch nicht durchgängig oder in Mauern gefasst (P12).

Um die ökologischen Probleme, die durch die Verbauung der Paderquellbecken entstehen, zu mindern, wurden bereits im Erläuterungsbericht 2014 Möglichkeiten aufgezeigt, die den baulichen Charakter des Paderquellgebiets weitgehend erhalten.

Zusammenfassend liegt dabei im nördlichen Paderquellgebiet der Schwerpunkt auf der Herstellung naturnaher Strukturen und der Durchgängigkeit an der Masperspader, der Haxthausenquelle und den Kehl-Schwarze-Quellen. Damit besteht die Chance zur Sicherung und Entwicklung einiger besonders wertvoller Quelllebensräume in der Kernstadt. Teils reichen aber schon einfache Maßnahmen wie z. B. die Entfernung von Blocksteinen an P27 aus, um eine Annäherung an natürliche Verhältnisse zu erreichen.

Im östlichen Paderquellgebiet sollte ebenfalls zunächst die Durchgängigkeit der Paderarme sichergestellt und verbessert werden. Eine Sohlschwelle im Anschluss an das Dielenpaderquellbecken (P07) und eine kleine Kaskade im Anschluss an die Hofquelle Hathumarstr. 1 (P25) bieten hier Ansatzpunkte zur Verbesserung.

An den Quellbecken P07 und unterhalb der Kaiserpfalz (P08, P09) könnten unverbaute Ufer durch Anlage und Entwicklung von Uferrandstreifen naturnäher umgestaltet werden. Das verbaute Ufer am Becken unterhalb der Kaiserpfalz könnte möglicherweise im Sinne der Durchgängigkeit durch Absenkung oder rampenartige Anbindung in einen naturnahen Bachlauf zur Pader umgestaltet werden.

Da im westlichen Paderquellgebiet aus Gründen des Denkmalschutzes Veränderungen der umgebenden Mauerarchitektur unrealistisch erschienen, wurden hier Möglichkeiten zur Verbesserung der Abflusssituation aufgezeigt (NZO 2014a). Dazu wurde ein Konzept zur Installation von Schwimmkörpern vorgeschlagen, die den Wasserstrom in den großen Becken von Börnepader und Dampader beschleunigen und damit die zunehmende Verschlammung und Veralgung dieser Quellbecken verringern bzw. verhindern. Das Konzept zur Verringerung des Fließquerschnitts könnte in anderer Form (z. B. Einbauten) auch an der Dielenpader vorhandene Probleme der Sedimentablagerung und des Algenwachstums lösen.

Eine Besonderheit im Quellgefüge des westlichen Paderquellgebiets ist die stark sprudelnde artesische Quelle P24 (Abb. 20), die sich - vollständig verrohrt - in ein künstliches Quellbecken ergießt. Hier wäre zu prüfen, ob die teilweise oder vollständige Entfernung der Verrohrung eine Chance bietet mitten im Gartendenkmal eine gut zugängliche attraktive Tümpelquelle mit einem tiefen Quelltopf und naturnahem Pflanzenbewuchs zu entwickeln.



Abb. 20: die als artesischer Brunnen umgestaltete Quelle (P24)

10. Besondere Fotodokumentation

Neben den allgemeinen Überblicksfotos, die auf den Datenblättern enthalten sind, wurden für einige Quellstandorte auch 2015 ergänzend besondere Aufnahmen angefertigt, durch die ihre Besonderheit, Schönheit oder Einzigartigkeit zum Ausdruck kommen sollen. Sie sind in diesem Kapitel zusammengestellt. Sie ergänzen die entsprechenden Fotos im Bericht von 2014.



Abb. 21: unscheinbarer Pader-Quellort P27 an der Inselfspitze
Leber- und Laubmoose überziehen Blocksteine an der Quelle



Abb. 22: Paderquelle P27 in Lücken von Blocksteinpflaster an der Rothobornpader
Trittsuren belegen hier das Interesse am Zugang zur Pader.



Abb. 23: Quellabfluss P22 unter Straßenplatte „Auf den Dielen“
Das Quellwasser überströmt Schutt (u. a. sind Ziegelsteine als rötliche Flecken erkennbar), Steine und Grobkies.



**Abb. 24: Quellabfluss P22 ohne quelltypische Vegetation (Unterwasser-
aufnahme)**
Eine hohe Dynamik in der Umlagerung von Geschiebe erschwert die
Ansiedlung von Wasserpflanzen.



Abb. 25: temporäre Quelle des Rothebaches Ro15 in einer Kuhweide



Abb. 26: Wasseraustritt an Rothebachquelle Ro15 neben Betonformteil
Im voll besonnten Quelltopf bilden sich Teppiche fädiger Grünalgen
an der Wasseroberfläche – Anzeichen erhöhter Nährstofffrachten

11. Literatur

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.

ELWAS – Internet-Fachinformationssystem des Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2015): <http://www.elwasweb.nrw.de/elwasweb/index.jsf#> (Stand 27.10.2014); abgerufen am 14.04.2015

NZO-GmbH (2014a): Dokumentation und ökologische Bewertung der Quellen im Paderborner Stadtgebiet. Im Auftrag der Stadt Paderborn.

NZO-GmbH (2014b): Vegetations-Monitoring im oberen Furlbachtal. Folgeuntersuchung 2014. Im Auftrag der Stadtwerke Bielefeld GmbH.

NZO-GmbH (2014c): Lippequelle und Quellablauf. Ergebnisse ökologischer Untersuchungen im Sommer 2013. Unveröffentlichte Präsentation. Im Auftrag der Stadt Bad Lippspringe.