

# Skalenabhängigkeit von Bioindikatoren: Kleinräumige Muster von Vegetation und Wasserchemie in Waldquellen

Christian Zang\*, Volker Audorff & Carl Beierkuhnlein

\*Lehrstuhl für Biogeografie, Universität Bayreuth, 95440 Bayreuth, zangchristian@gmx.net

## Hintergrund

An der Universität Bayreuth werden seit nunmehr fast 20 Jahren Quellen und ihre Vegetation im Hinblick auf ihre Eignung als Indikatoren von Belastungssituationen (v.a. Gewässerversauerung durch Immission von Luftschadstoffen) und deren zeitlicher Entwicklung untersucht. Die Untersuchungen hierzu fanden bislang sämtlich auf mittlerer und großer räumlicher Skala statt (Einzugsgebiete, Naturräume). Generell zeigt sich hier eine starke Abhängigkeit der Artenzusammensetzung von Quellfluren vom Grad der Versauerung. Mit vorliegender Arbeit wird nun die räumliche Heterogenität der Quellen auf kleiner Skala ermittelt. Ziel ist es, Vegetationsmuster innerhalb der Quellen und deren Steuergrößen zu identifizieren.

## Methoden

Es wurden 15 helokrene Quellen im Frankenwald untersucht, innerhalb der Quellen wurde ein hexagonales Sampling Design verwendet (s. Abb. 1). An jedem Aufnahmepunkt erfolgte eine Vegetationsaufnahme, sowie die Bestimmung der hydrologischen Kenngrößen pH, Säureneutralisationskapazität, elektrische Leitfähigkeit und Temperatur im Rhizosphärenbereich mit Piezometern (s. Abb. 2).

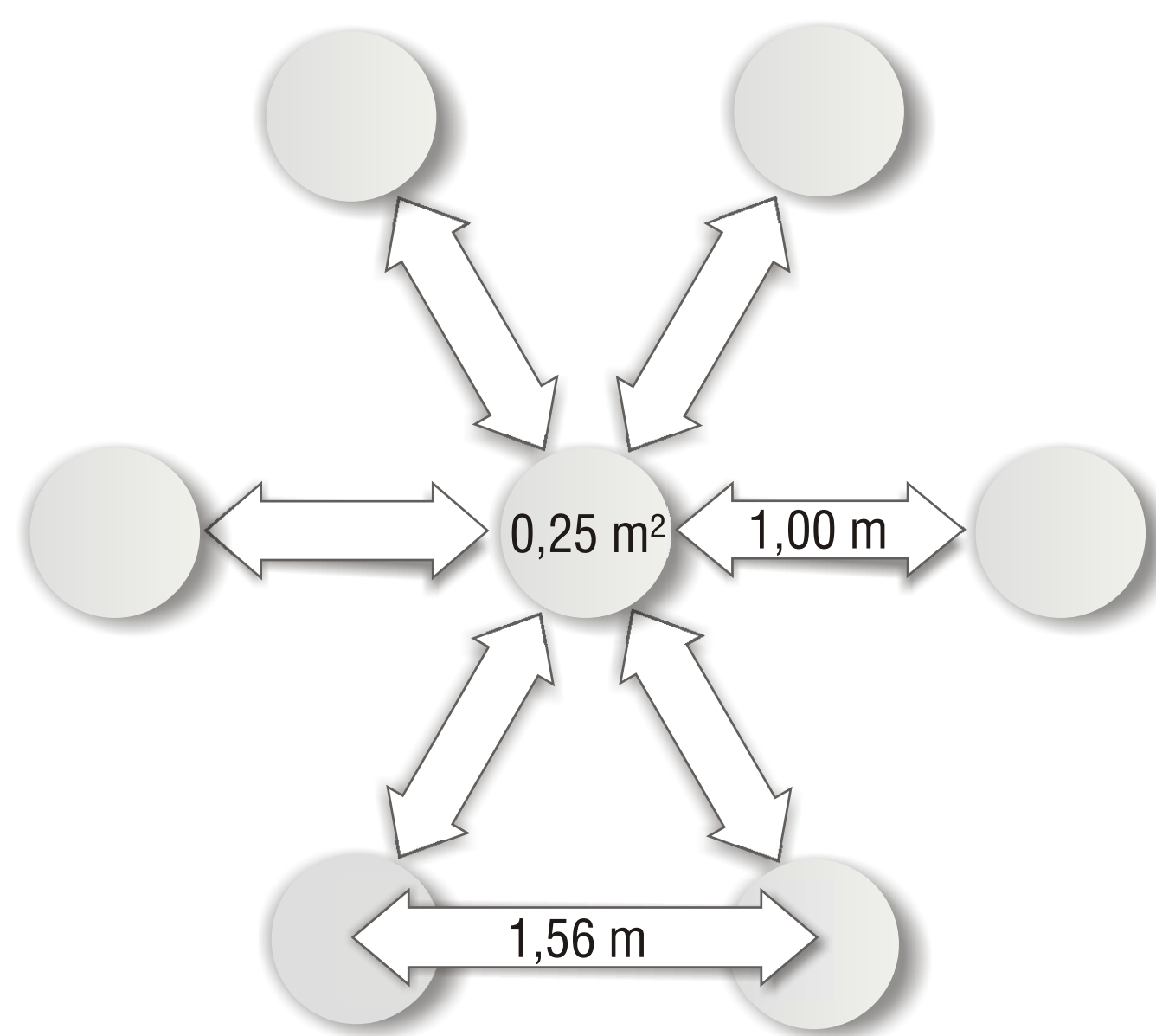


Abb. 1: Hexagonales Sampling Design

## Fragen

- 1) Lassen sich charakteristische Muster von Vegetation und Wasserchemie auf kleiner Skala (innerhalb einzelner Quellen) finden?
- 2) Sind Vegetation und Wasserchemie auf der kleinen Skala auf ähnliche Weise korreliert wie auf größeren Skalen (Einzugsgebiete, Naturräume)?
- 3) Welche Rückschlüsse auf die Eignung der Quellen als Indikationssysteme lassen diese Erkenntnisse zu?

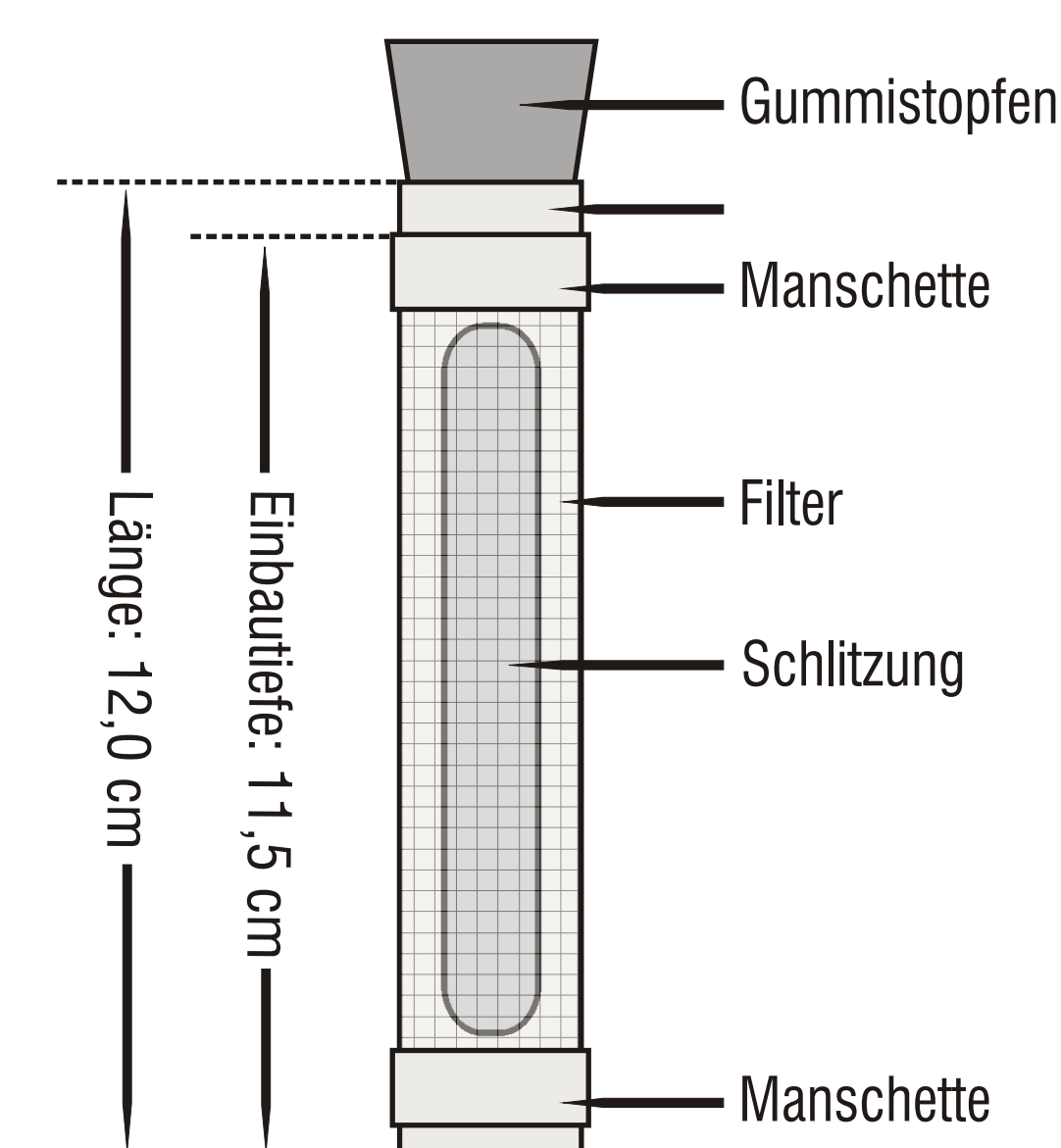


Abb. 2: Aufbau und Abmessungen der verwendeten Piezometer

Zur Ordination der einzelnen Vegetationsaufnahmen wird Classical Multidimensional Scaling (CMDS) mit einer Jaccard-Metrik verwendet. Die Presence-Absence-Daten der Artvorkommen werden mit Hilfe der binären logistischen Regression auf ihre Abhängigkeit von den gemessenen hydrologischen Parametern getestet. Die Vegetationsdaten der großskaligen Untersuchungen werden mit der gleichen Methode untersucht, um skalenabhängige Reaktionen der beteiligten Arten identifizieren zu können.

## Ergebnisse

Die Quellen sind durch eine ausgeprägte kleinräumige Differenzierung ihrer wasserchemischen Bedingungen geprägt, insbesondere die Ränder der Quellfluren zeigen deutliche Unterschiede zum Rest der Quellflur.

Auch die Vegetation der Quellen weist charakteristische Muster auf. Hierbei kann das pH als Mastervariable der Vegetationszusammensetzung angesehen werden: die erste Achse der CMDS ist gut mit dem pH-Wert erklärt (korr.  $R^2=0,57$ ). Noch deutlicher als die erste Achse zeigt allerdings die zweite Achse der CMDS Randeffekte (s. Abb. 3). Die Ursachen dieser räumlichen Differenzierung sind noch unklar, es könnte sich um einen Trockenheitsgradienten handeln.

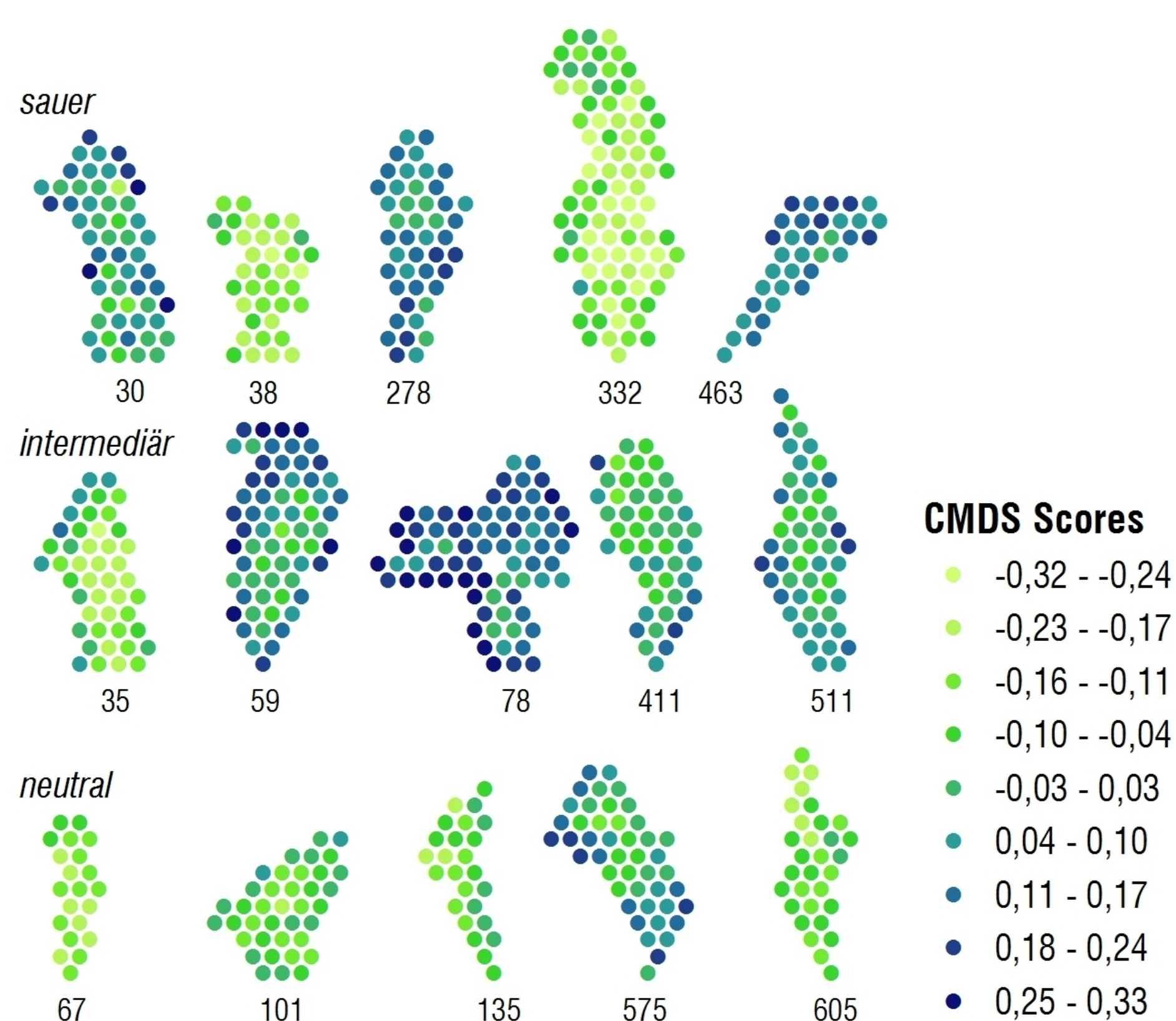


Abb. 3: Räumliche Darstellung der zweiten Achse einer CMDS mit Jaccard-Metrik.

Die Unterschiede zwischen den Rändern der Quellen und ihren mittleren Bereichen ist deutlich zu erkennen.

Die Indikationseignung der einzelnen Arten lässt im Allgemeinen keine deutliche Skalenabhängigkeit erkennen, nur wenige Ausnahmen verhalten sich deutlich skalenabhängig (s. Abb. 4). Generell zeigen Säurezeiger der großen Skala (wie *Sphagnum fallax*) auch innerhalb der einzelnen Quellen ein bevorzugtes Vorkommen in den saureren Bereichen. Analog verhalten sich die Anzeiger von neutraler Reaktion (wie etwa *Chrysosplenium oppositifolium*).

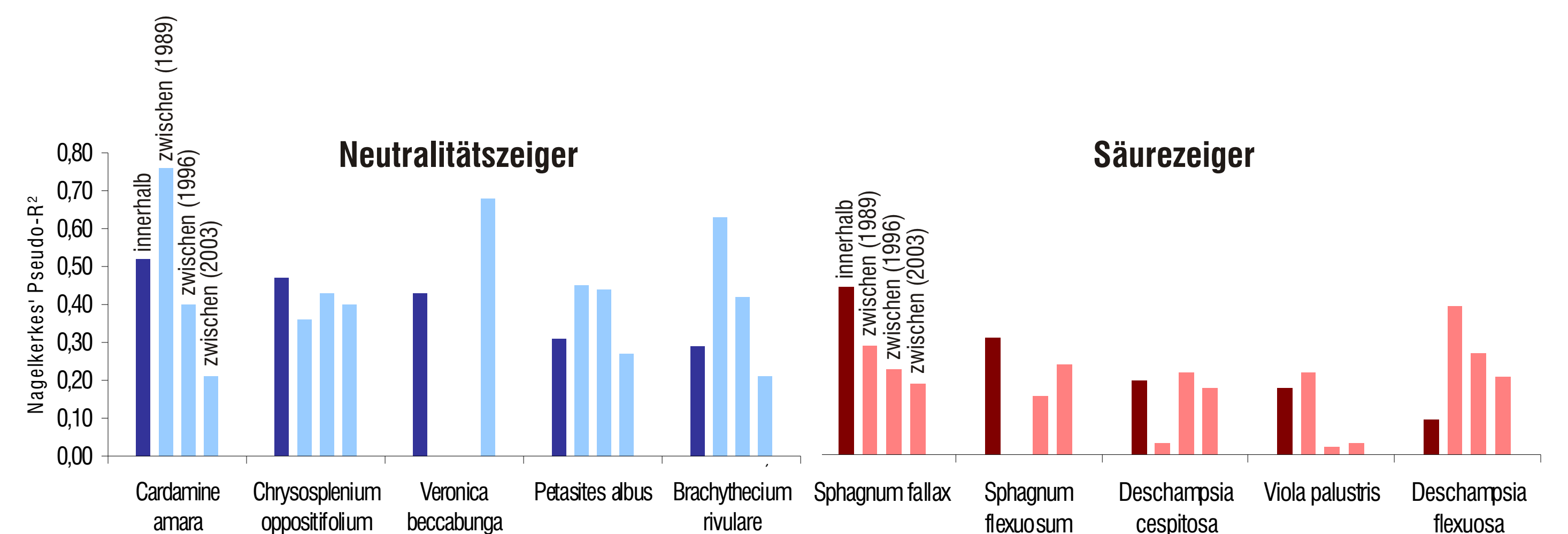


Abb. 4: Skalenabhängigkeit der Bioindikatoreignung ausgewählter Arten auf zwei unterschiedlichen Skalen: "innerhalb" für den Vergleich innerhalb der Quellen (408 Aufnahmeflächen) und "zwischen" für den Vergleich zwischen den einzelnen Quellen mit zeitlicher Variabilität (42-57 Quellen). Blau dargestellt sind Arten mit einem positiven Zusammenhang zwischen pH und Auftretenswahrscheinlichkeit (Neutralitätszeiger); Säurezeiger mit einem negativem Zusammenhang sind rot dargestellt. *Chrysosplenium oppositifolium* zeigt am deutlichsten die Unabhängigkeit seiner Indikatoreignung von der Betrachtungsskala. Abhängigkeiten sind dahingegen deutlich bei *Sphagnum fallax* und *Deschampsia flexuosa* gegeben.

## Diskussion

Quellen können auf allen betrachteten Skalen als Indikationssysteme für Umweltbedingungen gelten. Auf kleiner Skala kann ein Zusammenhang zwischen hydrologischen Bedingungen in der Rhizosphäre und Vegetationszusammensetzung gezeigt werden, der in seiner Qualität dem Zusammenhang auf größeren Skalen entspricht.

Entgegen dem visuellen Eindruck einer homogenen Quellflur mit scharfer Grenze

zur umgebenden Waldbodenvegetation weisen die untersuchten Quellen eine deutliche innere Differenzierung auf. Neben dem pH als Mastervariable sind weitere ökologische Einflussfaktoren für die Ausprägung dieser kleinskaligen Muster verantwortlich, diese sind Gegenstand weiterer Untersuchungen.

Eine erste Implikation dieser Ergebnisse ist die Berücksichtigung der Quellränder bei weiteren Vegetationsaufnahmen, die die Quellflur als gesamte Einheit erfassen sollen, in dem etwa die Schätzflächen für Braun-Blanquet-Aufnahmen verkleinert werden.