

25 Jahre Versauerungs- monitoring in Bayern- Einfluss der Gewässerchemie auf die Biologie

Dr. Folker Fischer

Ökologie der Fließgewässer

Folker.Fischer@lfu.bayern.de

Gliederung

- Kenntnisstand
- Ausgangssituation
- Methodik
- Ergebnisse:
 - > Korrelationen Chemie-Biologie
 - > Multivariate Ansätze
 - > Zusammenhänge innerhalb der Biologie
- Folgerungen



Kenntnisstand



Fische

- Artenzusammensetzung: Verschiebung zugunsten von Bachforelle und Bachsaibling (Verlust von Koppe und Elritze)
- Morphologie: Kleinwüchsigkeit; kachektischer Körperbau, ungünstiges Gewichts-/Längenverhältnis, große Köpfe
- Unmittelbarer Einfluss des pH-Wertes auf die Embryonalentwicklung
- Histologie: Veränderungen an den Kiemen durch Aluminium mit einhergehender Störung des Gas-und Ionenaustauschs
- Physiologie:
 - Erhöhte Makrophagenanzahl in der Niere
 - Änderung der Elektrolytzusammensetzung im Blutplasma
 - Anreicherung von Schwermetallen in Kiemen, Leber, Niere

...

Makrophyten & Phytobenthos

- Artenzusammensetzung: Verstärktes Wachstum benthischer Algen
- Starke Zunahme von Sphagnum- sowie Juncus-Arten
- Verschiebung von planktischen zu benthischen Primärproduzenten
- Verschiebung zugunsten acidophiler und acidobionter Arten
- Verschlechterung der Energie-und Stoffbilanzen betroffener Arten
- Auswirkungen von Aluminium auf die Durchlässigkeit von pflanzlichen Zellmembranen und damit Beeinträchtigung der Nährstoffversorgung.

Makrozoobenthos

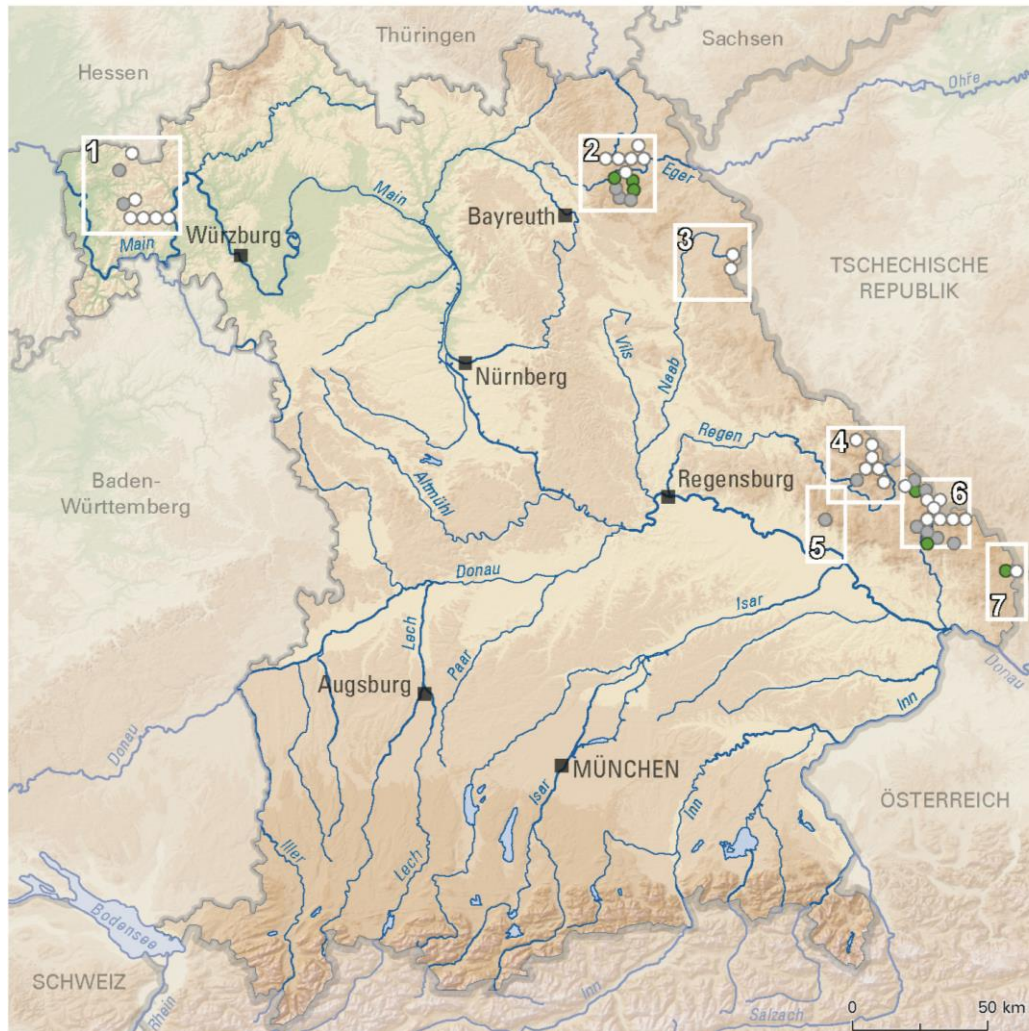
- Artenzusammensetzung: Verarmung der Lebensgemeinschaft (geringere Artenzahlen)
- Unmittelbare Wirkung reduzierter pH-Werte auf das Vorkommen sowie die Schalendicke von Mollusken und Crustaceen.
- Toxische Wirkung erhöhter Aluminium- und Schwermetallkonzentrationen
- Ionenaufnahme in elektrolytarmen Gewässern erschwert
- Erhöhung des Energiebedarfs in sauren Gewässern
- Erhöhung von Driftraten; Häutungsraten...

...

Ausgangs- situation



Anzahl der Messstellen Kieselalgen & Chemie



Daten: 1994-2013
Anzahl: 24
Pos. Trend: 6

Diatomeen

Trend Acidity-Index (1994 bis 2013)

- fallend
- keine signifikante Änderung
- steigend
- keine Aussage möglich

Anzahl der Messstellen Makrozoobenthos & Chemie



Daten: 1982/1994-
2013
Anzahl: 26
pos. Trend: 14

Makrozoobenthos

Trend Säurezustandsklasse
(1982/1994 bis 2013)

- steigend
- keine signifikante Änderung
- fallend
- keine Aussage möglich

Methodik



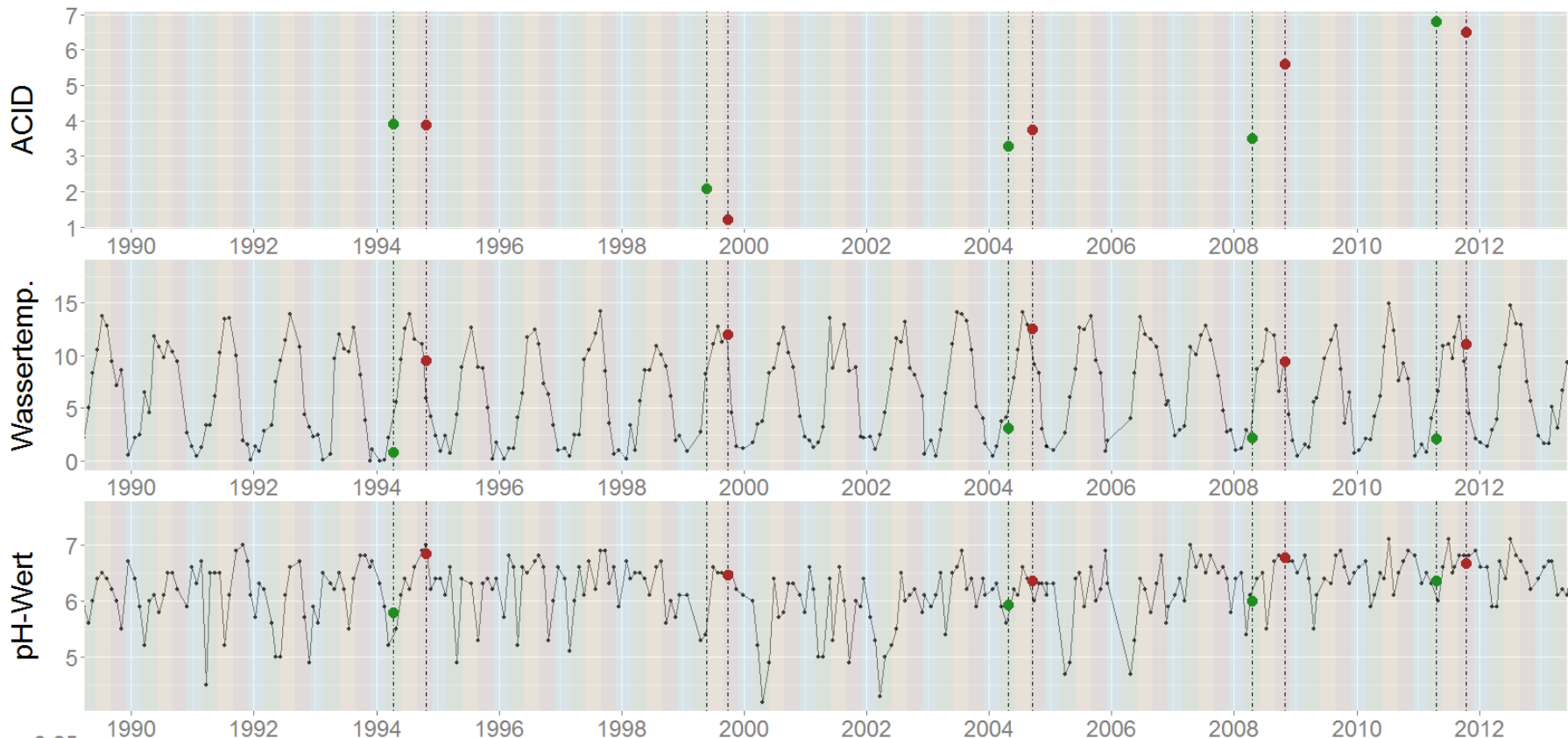
Welche Parameter zeigen einen Zusammenhang?

| Parameter | Spearman's rho | |
|------------------------|----------------|-----------|
| | ACID | SZK |
| Aluminium | 0,71 *** | 0,71 *** |
| Basekapazität pH 8,2 | 0,42 *** | 0,54 *** |
| Calcium | -0,09 | 0,22 * |
| Chlorid | 0,12 | 0,38 *** |
| Kalium | -0,06 | 0,24 * |
| Leitfähigkeit | 0,19 | 0,49 *** |
| Magnesium | -0,28 ** | -0,05 |
| Natrium | -0,03 | 0,23 * |
| Nitrat | -0,21 * | -0,13 |
| pH-Wert | -0,84 *** | -0,82 *** |
| Säurekapazität pH 4,3 | -0,80 *** | -0,68 *** |
| SiO ₂ | 0,12 | 0,23 * |
| Spek. Absorption 254nm | 0,23 * | 0,25 * |
| Spek. Absorption 436nm | 0,13 | 0,18 |
| Sulfat | 0,29 ** | 0,51 *** |
| Wassertemperatur | -0,03 | 0,06 |

Welche Parameter zeigen einen Zusammenhang?

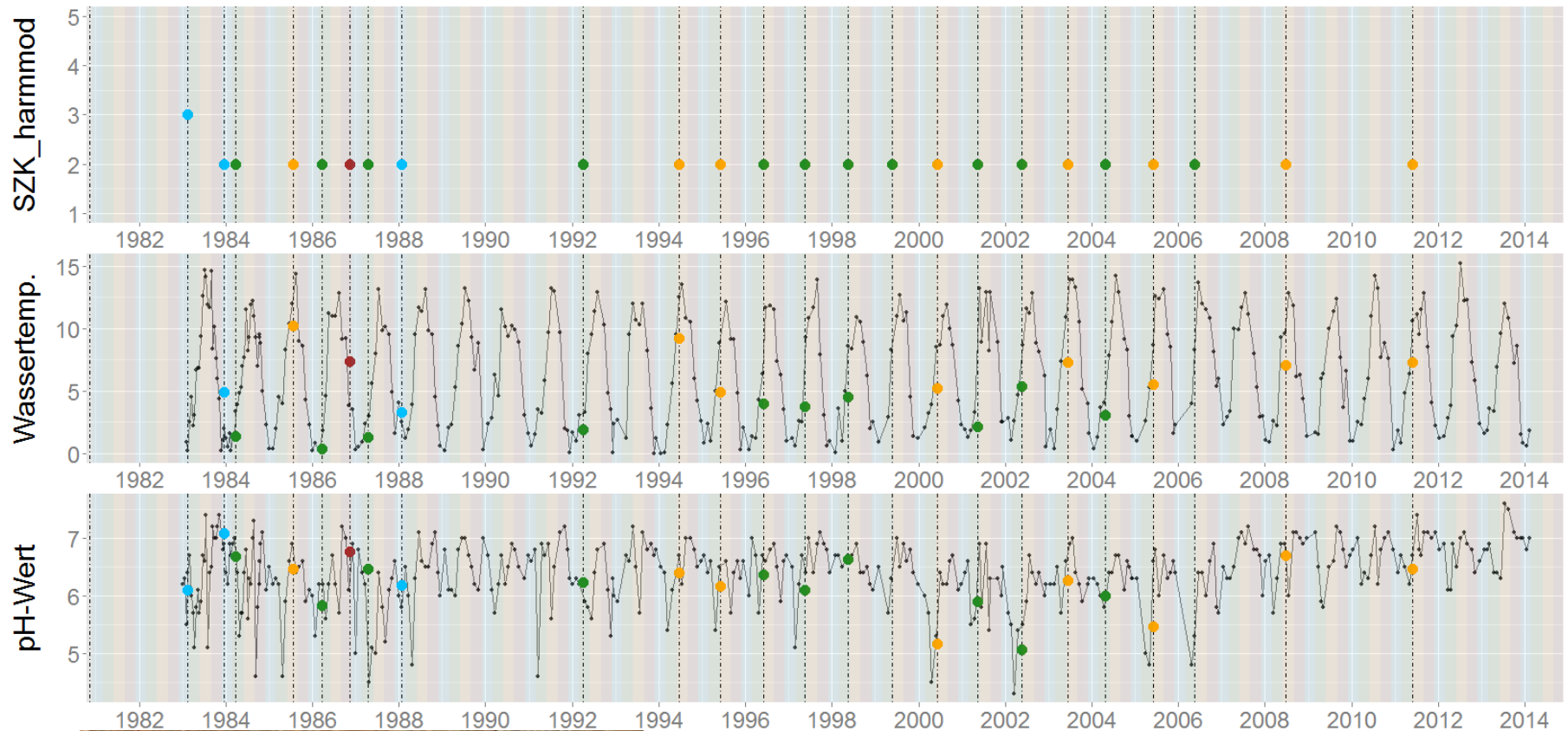
| Parameter | Spearman's rho | |
|------------------------|----------------|-----------|
| | ACID | SZK |
| Aluminium | 0,71 *** | 0,71 *** |
| Basekapazität pH 8,2 | 0,42 *** | 0,54 *** |
| Calcium | -0,09 | 0,22 * |
| Chlorid | 0,12 | 0,38 *** |
| Kalium | -0,06 | 0,24 * |
| Leitfähigkeit | 0,19 | 0,49 *** |
| Magnesium | -0,28 ** | -0,05 |
| Natrium | -0,03 | 0,23 * |
| Nitrat | -0,21 * | -0,13 |
| pH-Wert | -0,84 *** | -0,82 *** |
| Säurekapazität pH 4,3 | -0,80 *** | -0,68 *** |
| SiO ₂ | 0,12 | 0,23 * |
| Spek. Absorption 254nm | 0,23 * | 0,25 * |
| Spek. Absorption 436nm | 0,13 | 0,18 |
| Sulfat | 0,29 ** | 0,51 *** |
| Wassertemperatur | -0,03 | 0,06 |

Wie erfolgte die Zuordnung von Biologie zu Chemie?



**90 Tage vor Probenahme;
7 Tage danach**

Wie erfolgte die Zuordnung von Biologie zu Chemie?



**180 Tage vor Probenahme;
7 Tage danach**

Wie erfolgte die Zuordnung von Biologie zu Chemie?



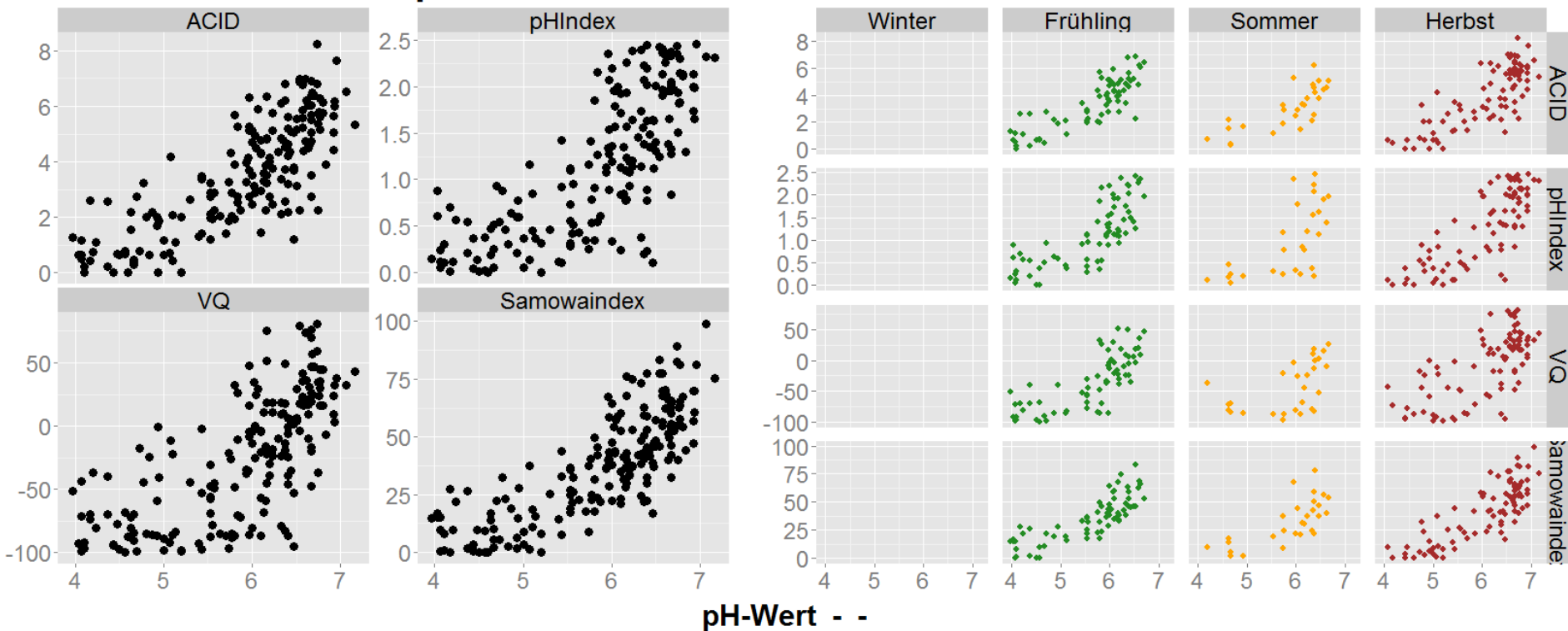
Untereinander: innerhalb desselben Untersuchungsjahres

Ergebnisse: Zusammenhänge Chemie - Biologie



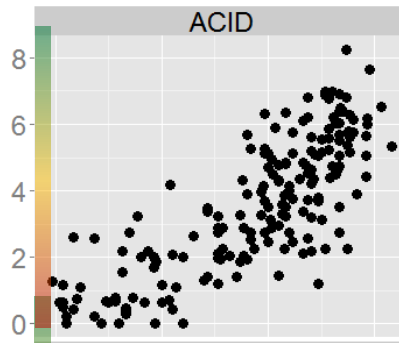
Fließgewässer - Korrelation Diatomeen / Chemie

pH-Wert - Korrelation Diatomeen-Indices

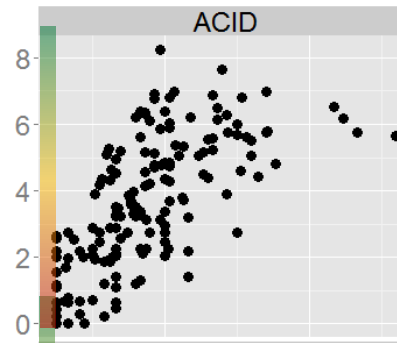


Fließgewässer - Korrelation Diatomeen / Chemie

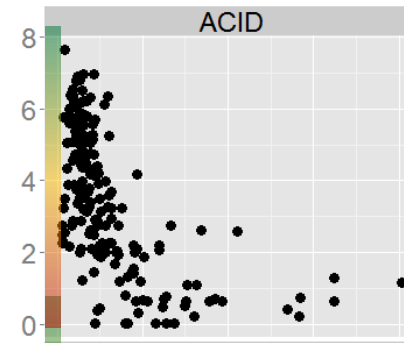
pH-Wert



Säurekapazität 4,3



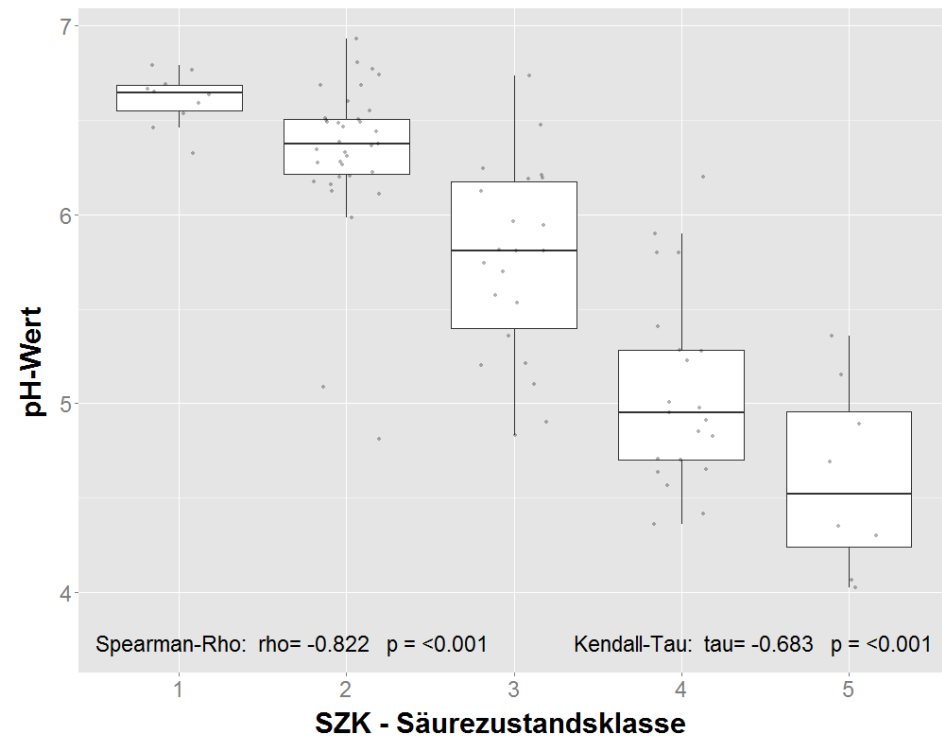
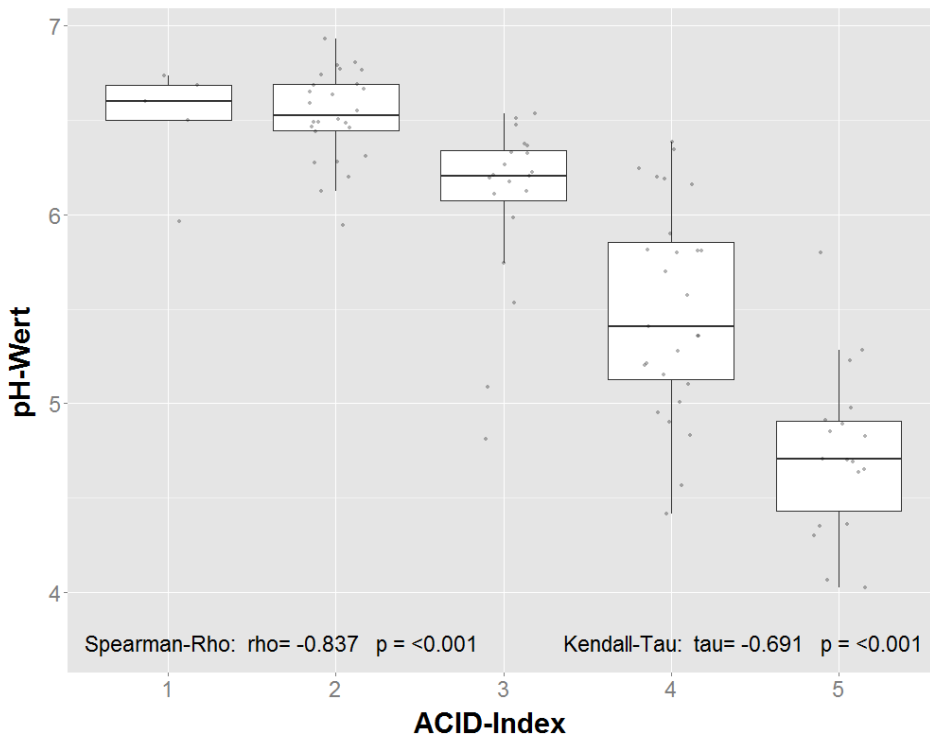
Aluminium



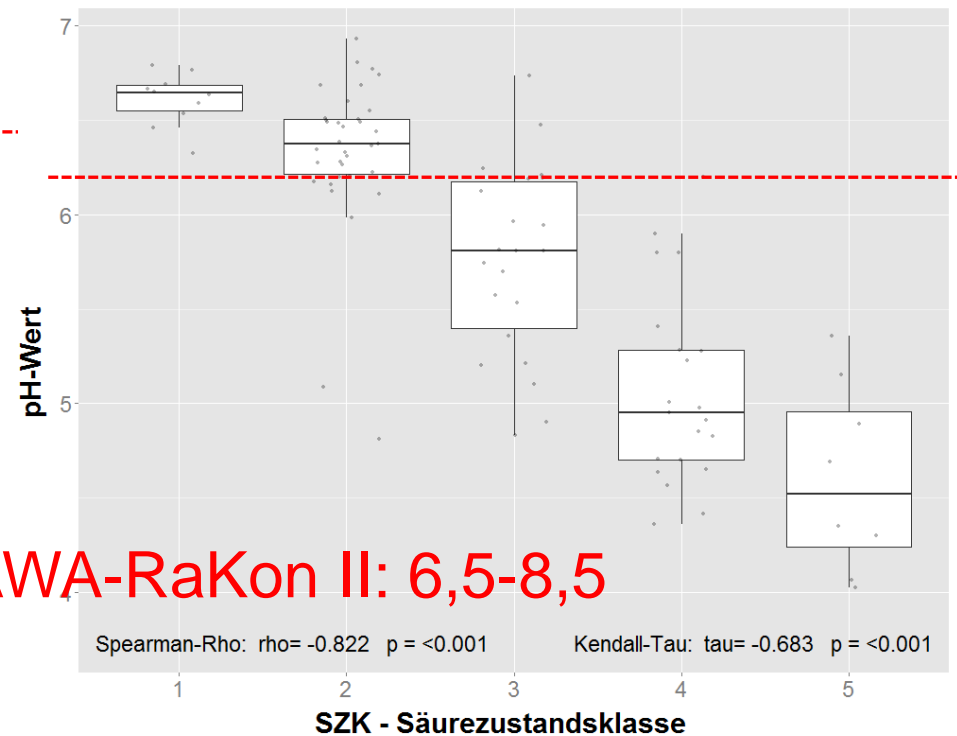
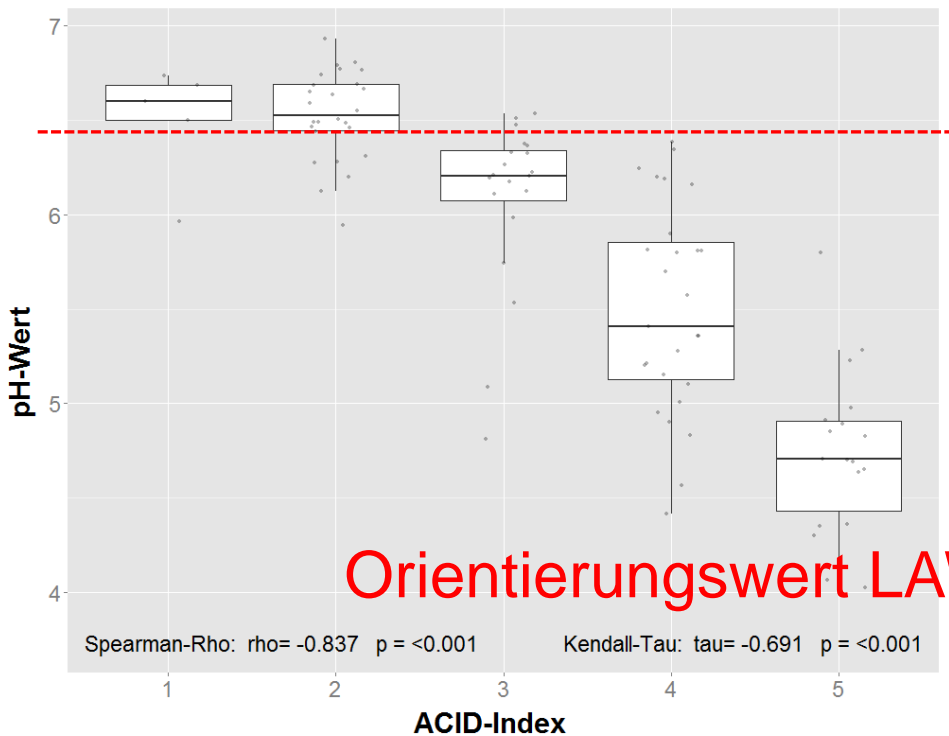
Zusammenhänge Chemie/Biologie

| pH-Regime, Säurezustandstyp | SKZ | Zönose | Indikatorarten |
|--|-----|--|---|
| Permanent neutral (nicht sauer) Der pH-Wert liegt meist über 6,5, oft um 7,0. Minima von rund 6,0 werden nicht unterschritten | 1 | Es treten keine biologischen Artendefizite auf | 1: säureempfindlich, nur in permanent zirkumneutralen Gewässern vorkommend |
| Überwiegend neutral bis episodisch schwach sauer Meist neutral, extrem seltene Säureschübe < pH 5,5 | 2 | Die Biozönose erholt sich in der Regel von den seltenen episodischen Säureschüben schnell. Keine auffällige biozönotische Verarmung. | 2: mäßig säureempfindlich, auch in leicht sauren Gewässern vorhanden |
| Periodisch (kritisch) sauer Der pH-Wert liegt normalerweise < 6,5. Bei Schneeschmelze oder nach Starkregen sinken die pH-Werte öfter auf Werte < 5,5. Bei geringem Abfluss in Trockenperioden können die pH-Werte im neutralen Bereich liegen. | 3 | Nach Säureschüben treten länger anhaltende ökologische Schäden in den Lebensgemeinschaften in Form von deutlichen Artenfehlbeträgen auf, die erst nach Monaten, zumindest teilweise, kompensiert werden. | 3: säuretolerant, vertragen stärkere periodische Säureschübe |
| Periodisch stark sauer Der pH-Wert liegt ganzjährig im sauren Bereich um pH 5,5. Während Schneeschmelze und Starkregen werden Minima < 5 bis 4,3 erreicht. | 4 | Es treten markante ökologische Schäden in den aquatischen Biozönosen auf, die sich in einem meist ganzjährigen Ausfall säuresensitiver Taxa äußern. | 4: Säureresistent, auch in periodisch stark sauren Gewässern noch lebensfähig, oft wegen fehlender Konkurrenten häufiger als in weniger sauren Gewässern |
| Permanent stark versauert Der pH-Wert liegt ganzjährig im sauren Bereich < pH 5,5. Während Schneeschmelze und Starkregen werden Minima < 5 oft sogar < 4,3 erreicht. | 5 | Gravierende ökologische Schäden in den aquatischen Biozönosen, außerordentlich artenarm. | 5: Sehr säureresistent, in permanent stark sauren Gewässern, aus Mangel an Konkurrenz und der extrem sauren Lebensbedingungen erreichen wenige Arten hohe Individuendichten |

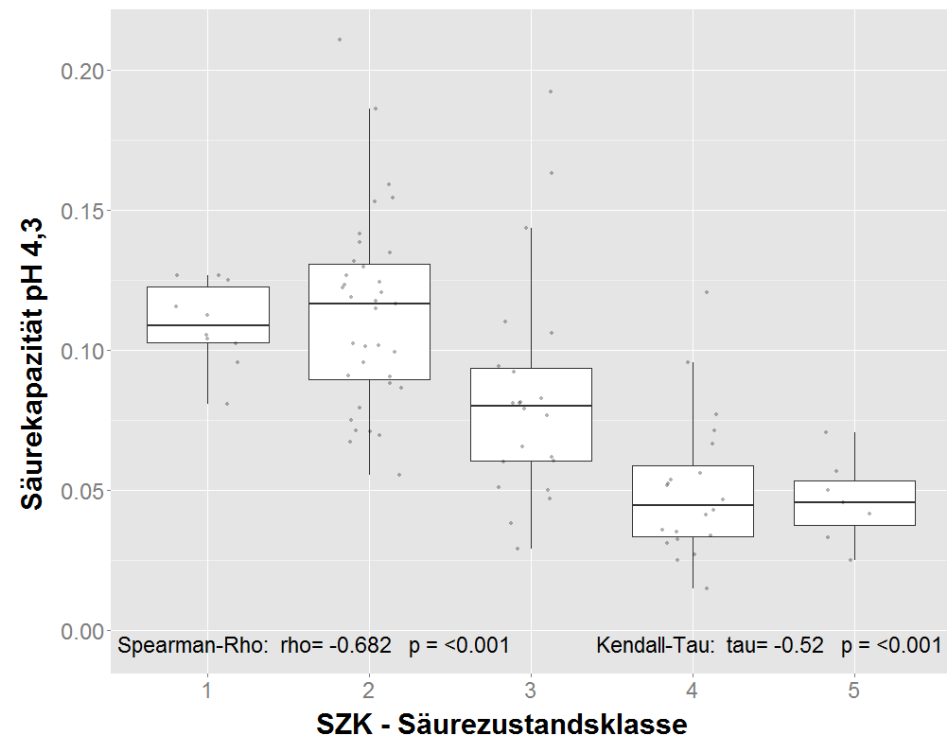
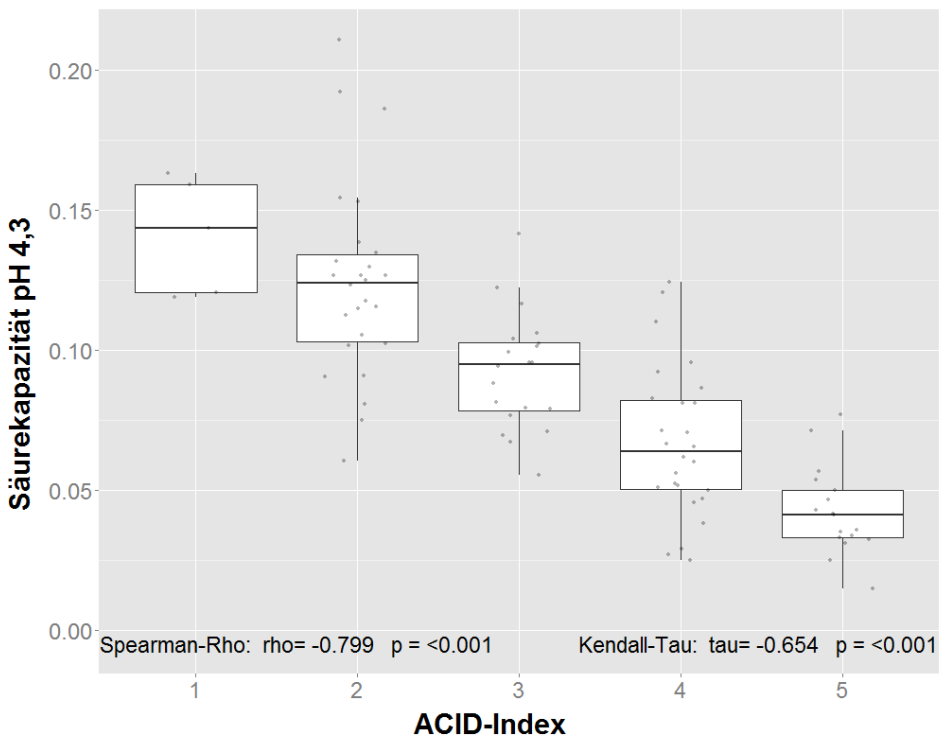
Zusammenhänge Chemie/Biologie



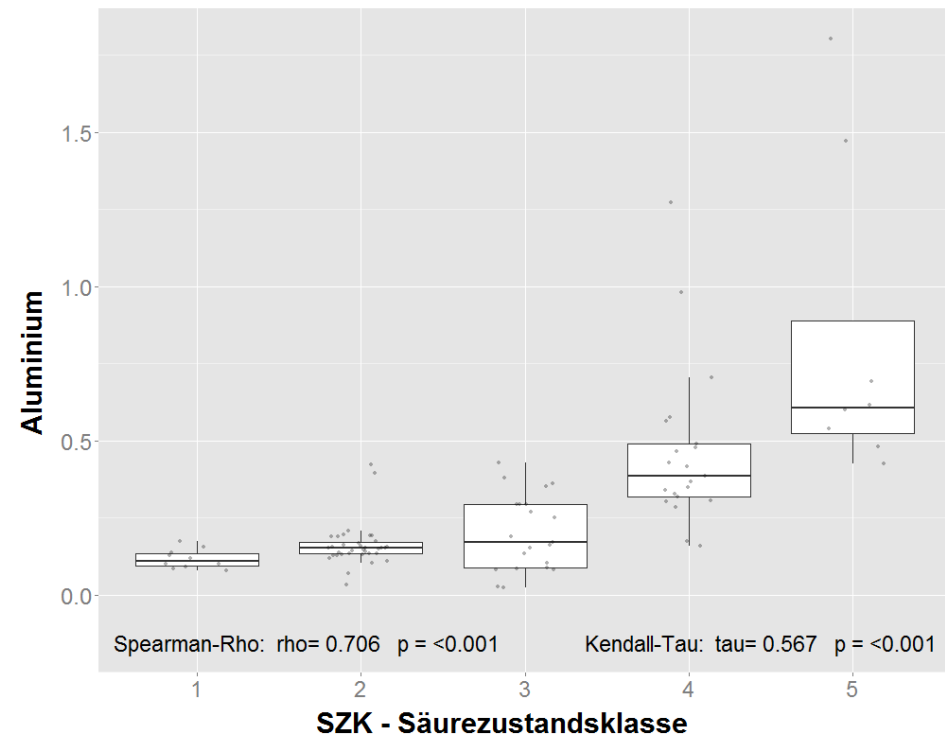
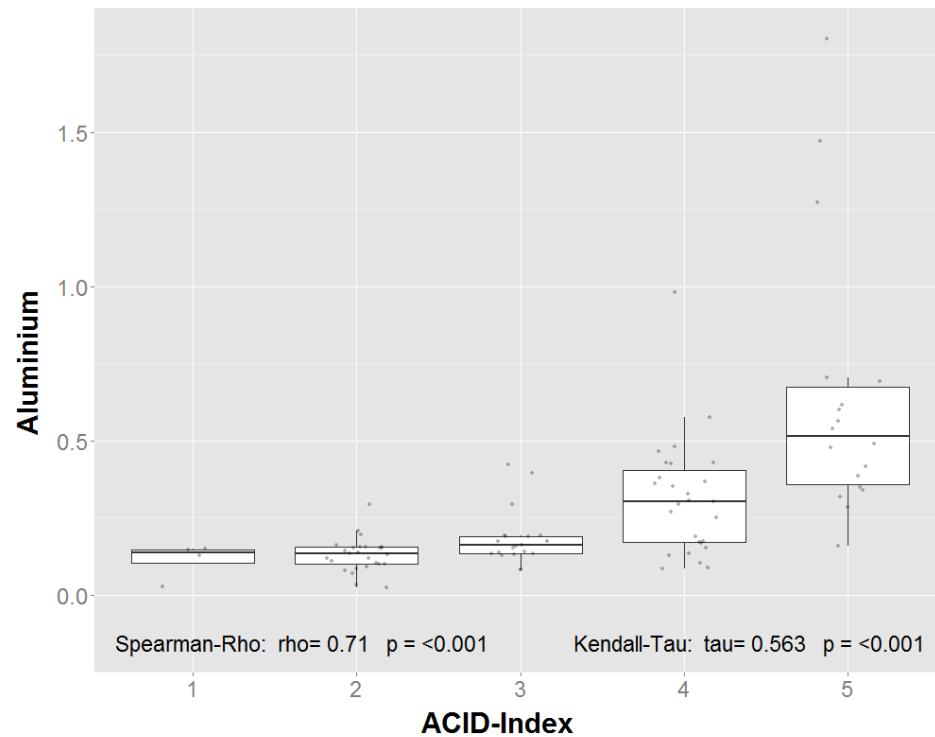
Zusammenhänge Chemie/Biologie



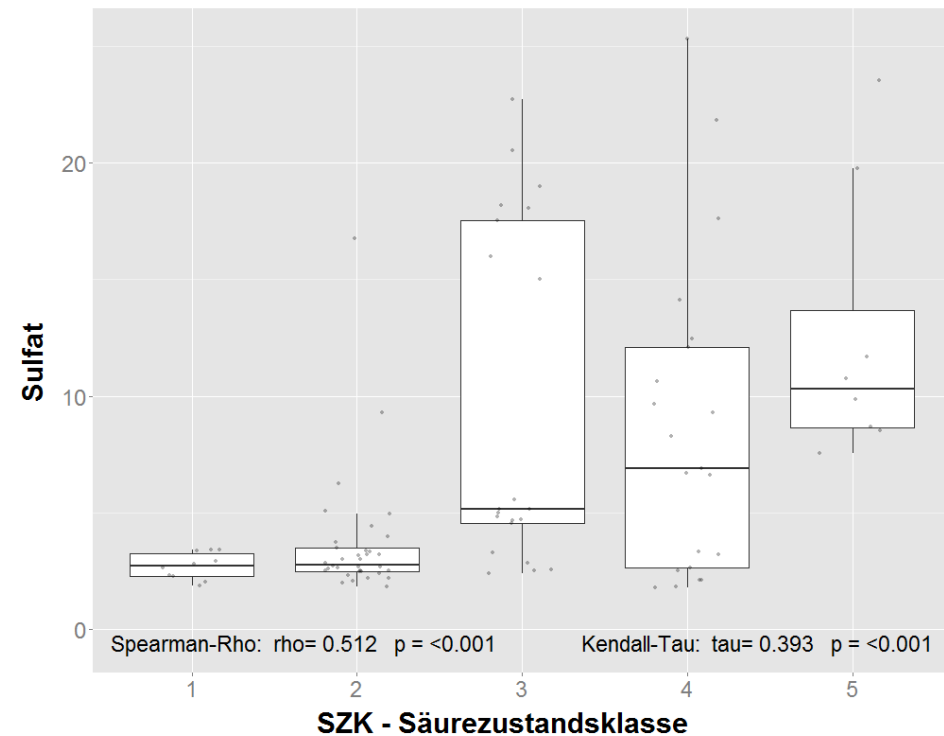
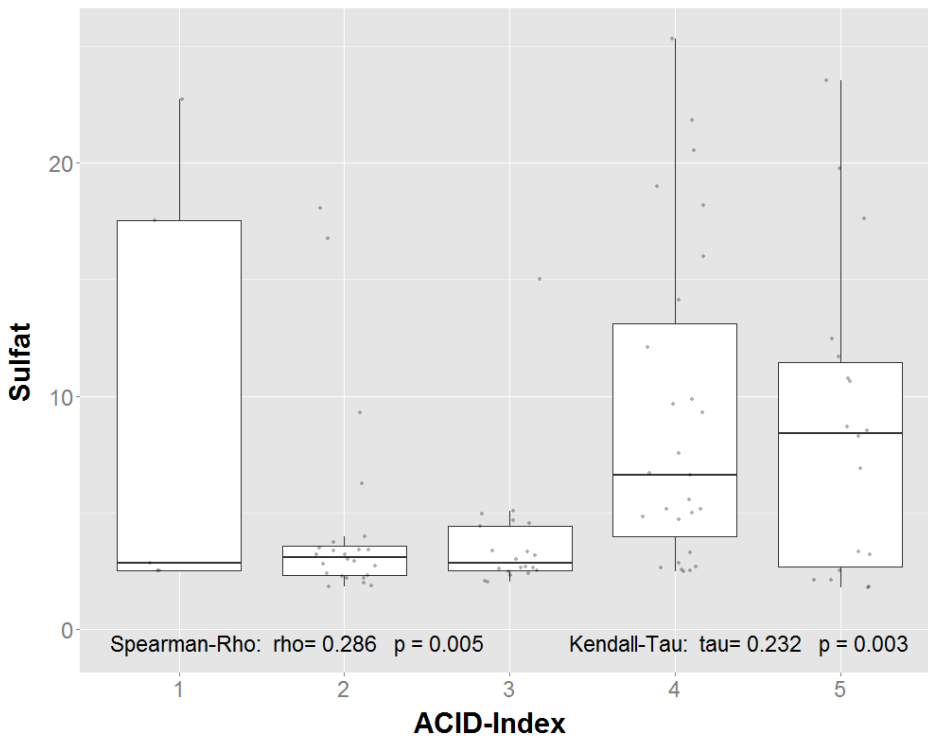
Zusammenhänge Chemie/Biologie



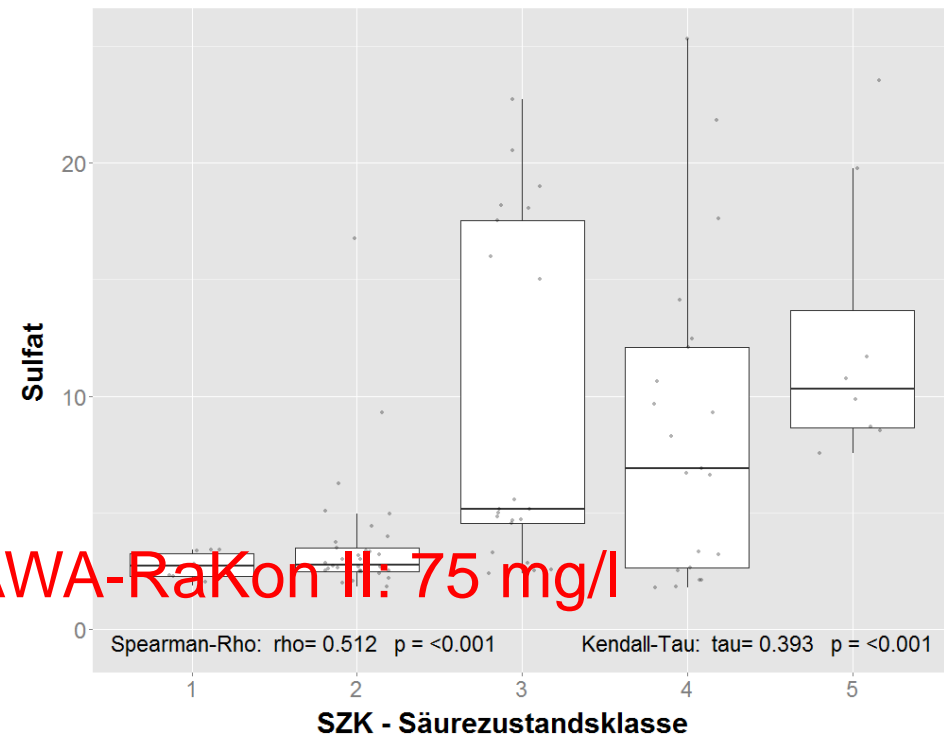
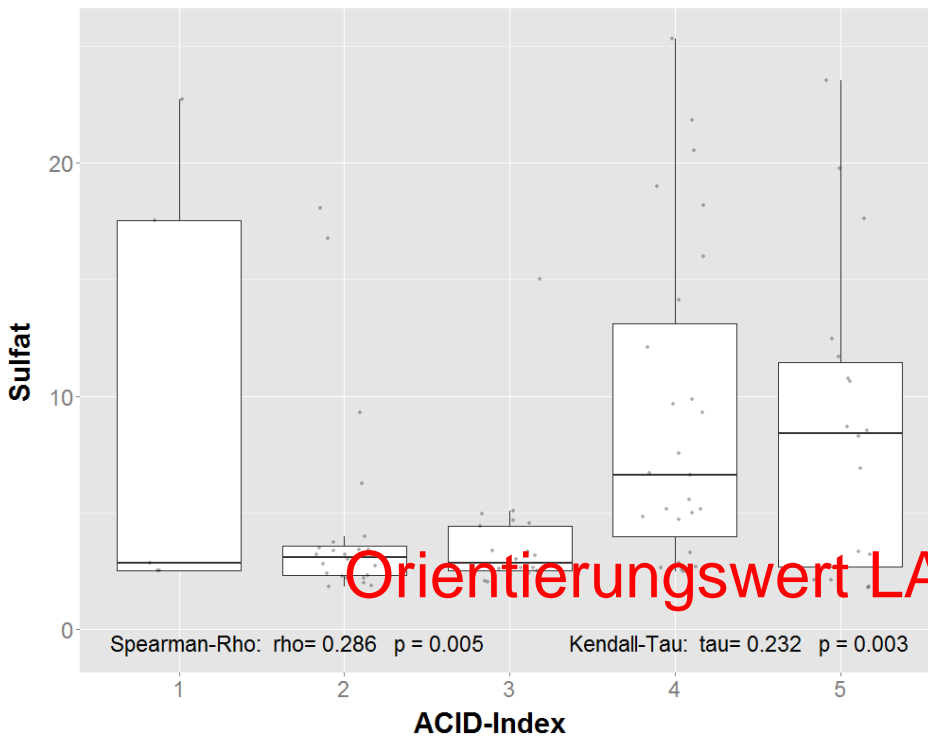
Zusammenhänge Chemie/Biologie



Zusammenhänge Chemie/Biologie



Zusammenhänge Chemie/Biologie

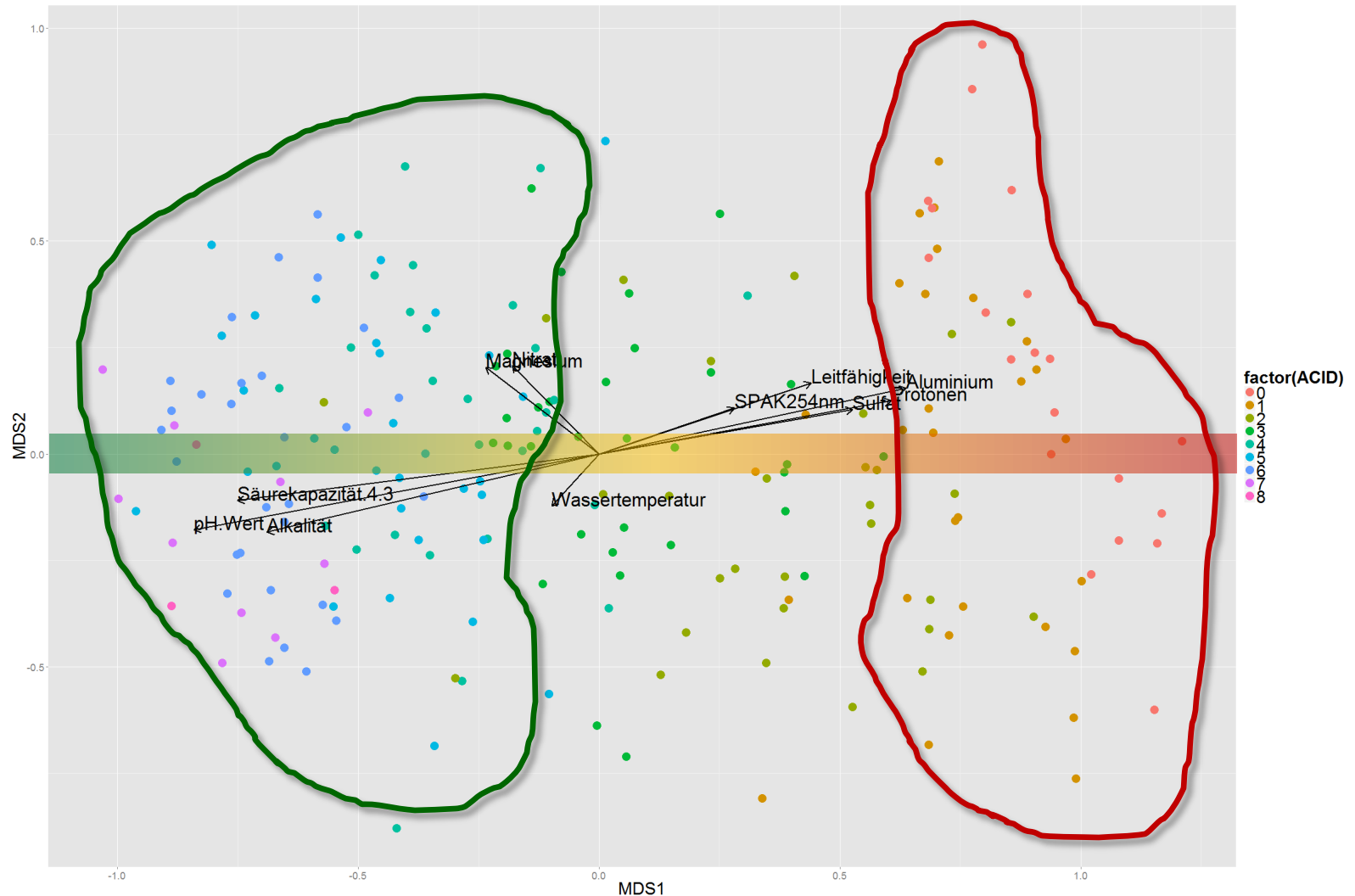


Orientierungswert LAWA-RaKon II: 75 mg/l

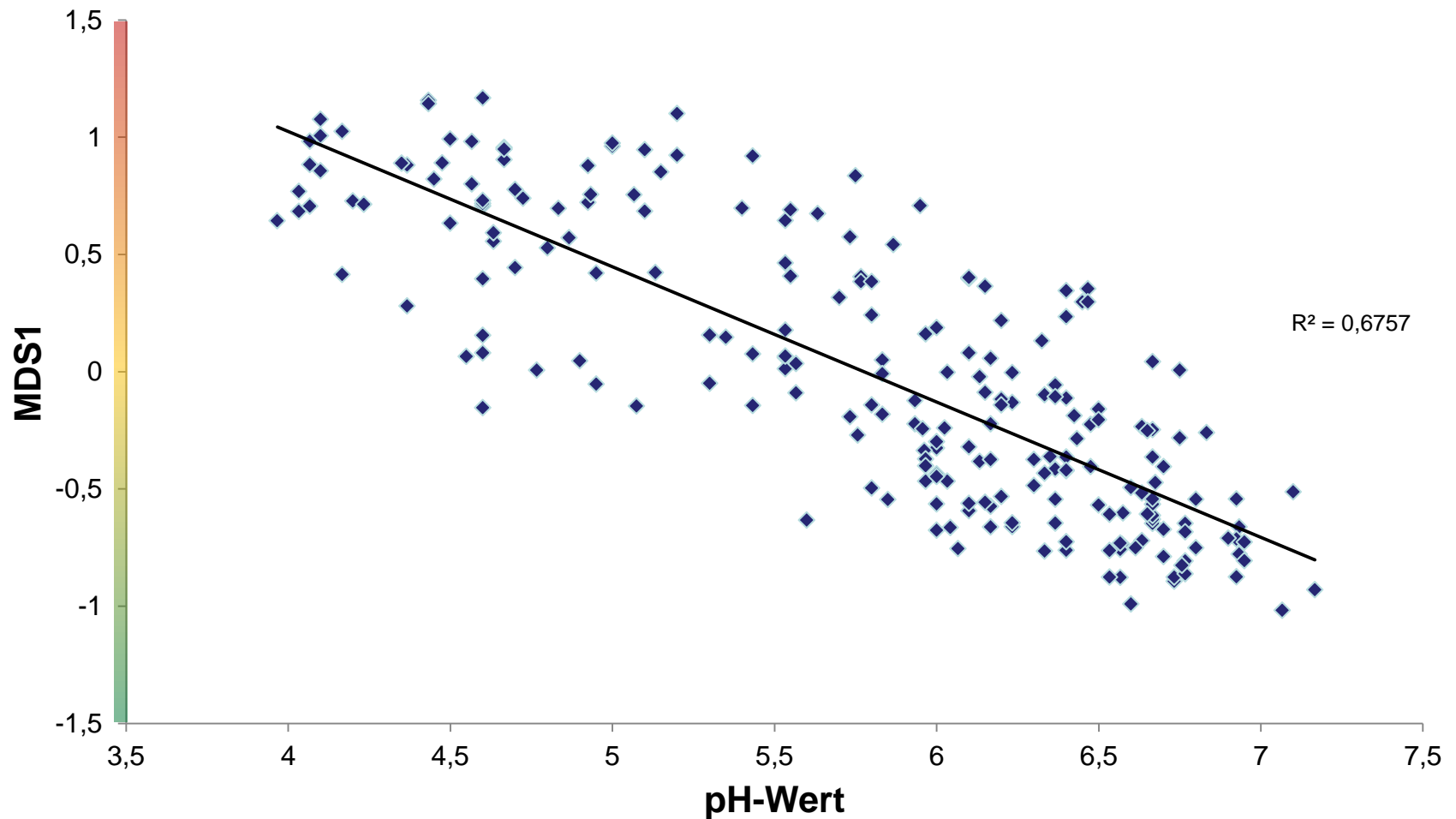
Ergebnisse: Multivariate Statistik



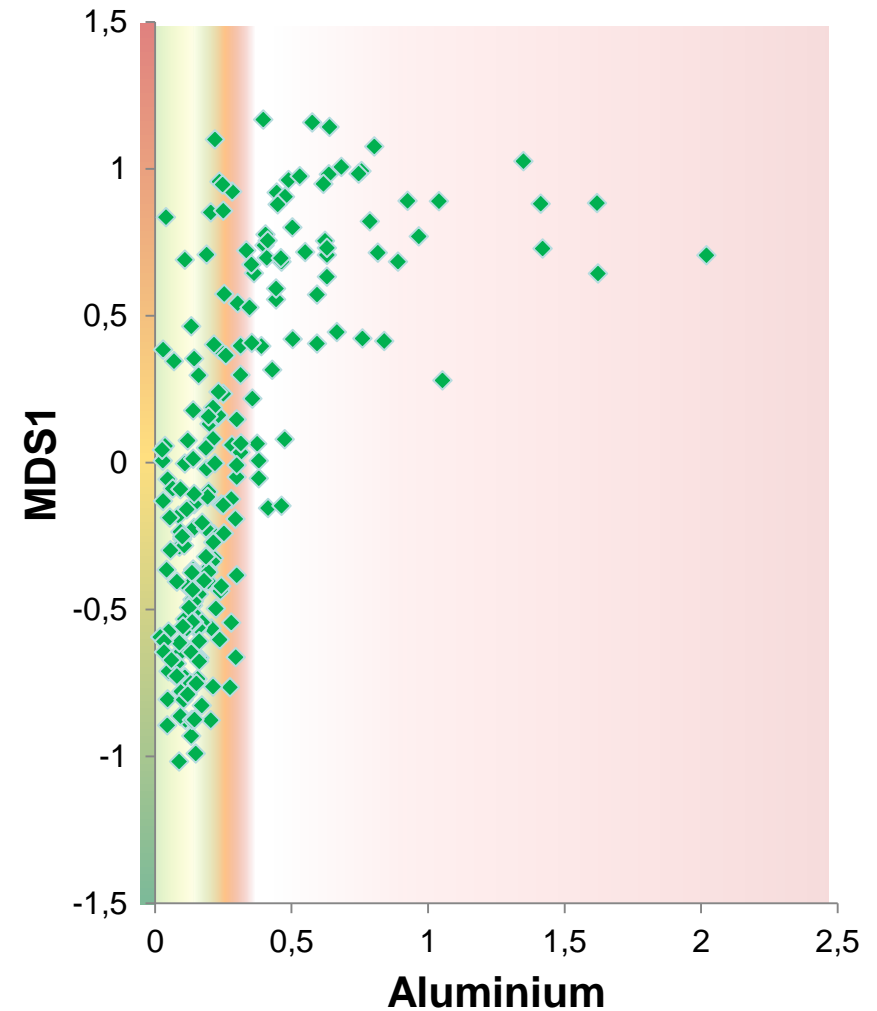
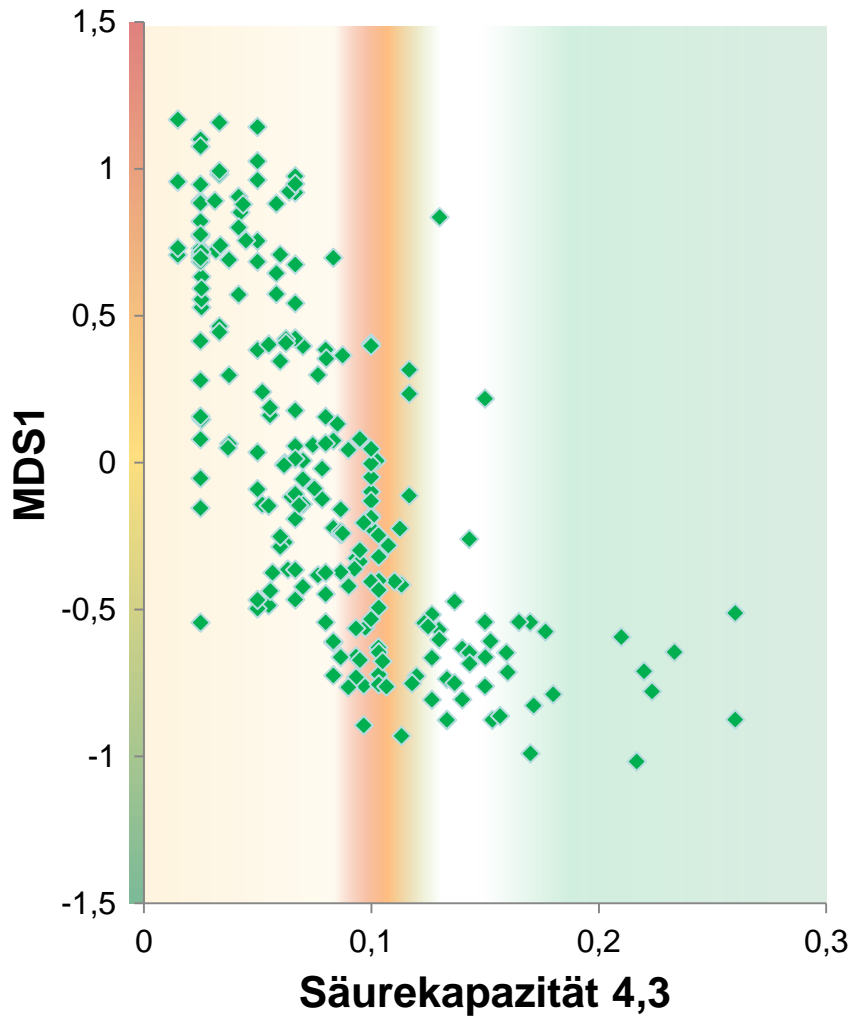
Nicht-metrische Multidimensionale Skalierung (NMDS) – Diatomeen



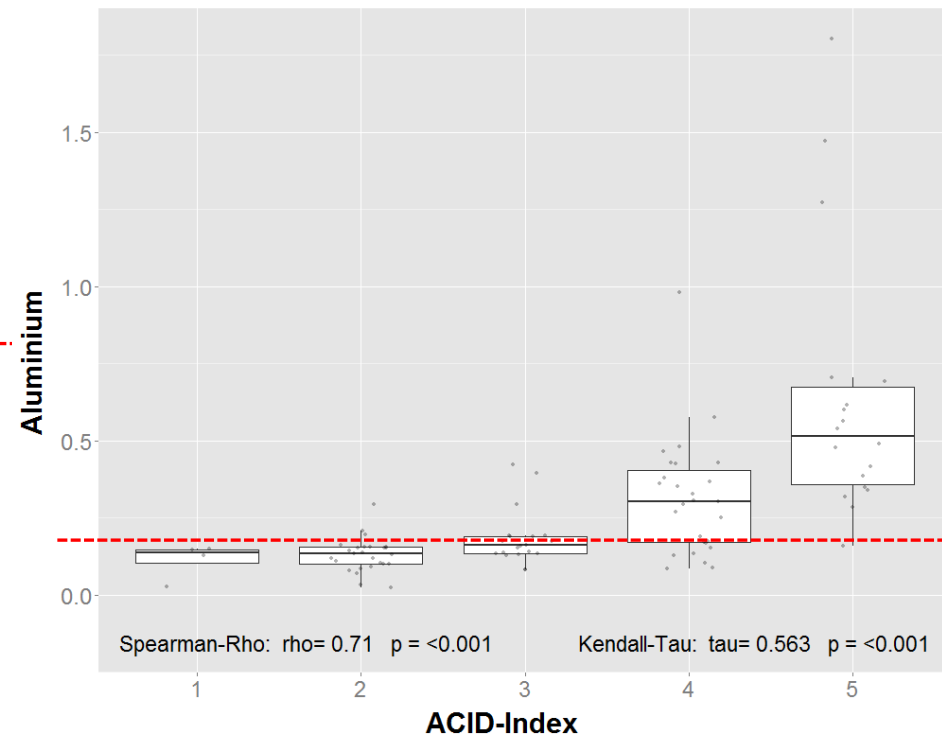
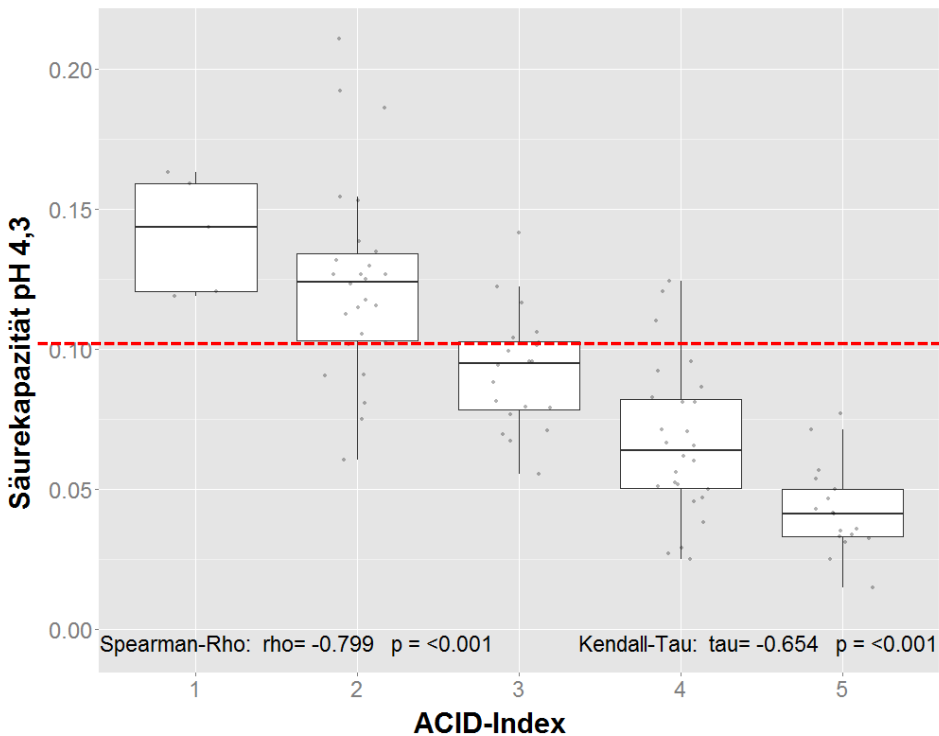
nMDS – Korrelation (Chemie-Parameter)



nMDS – Korrelation (Chemie-Parameter)



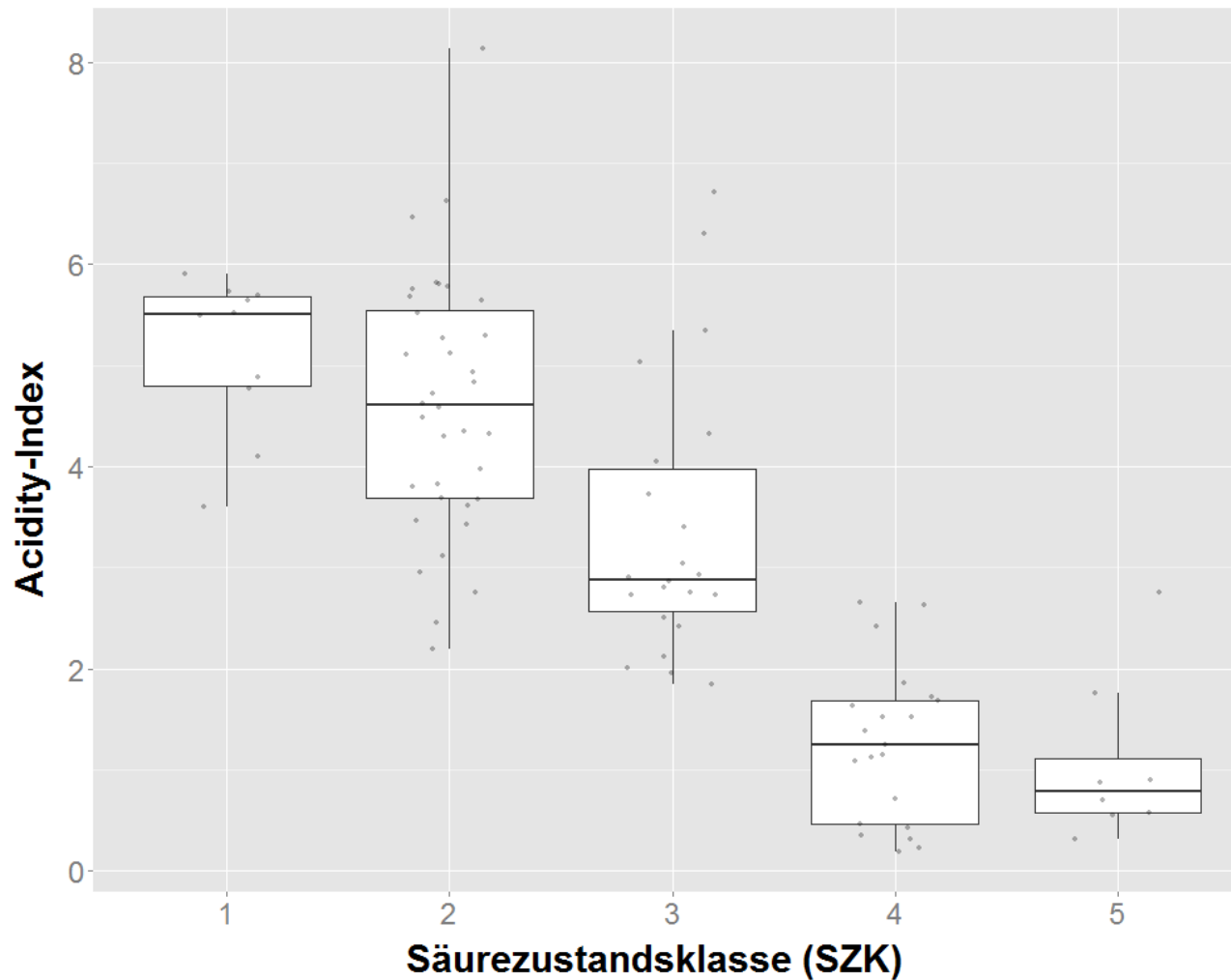
Zusammenhänge Chemie/Biologie



Zusammenhänge innerhalb der Biologie



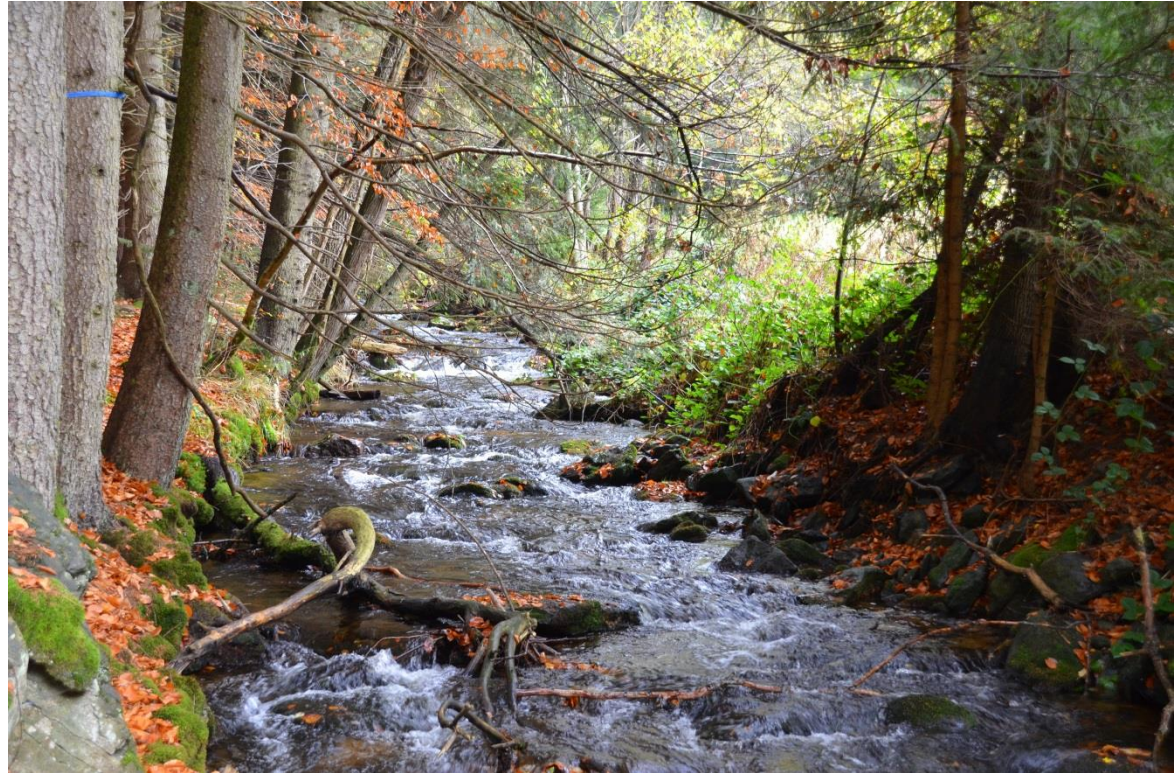
Zusammenhänge innerhalb der Biologie



Zusammenhänge innerhalb der Biologie

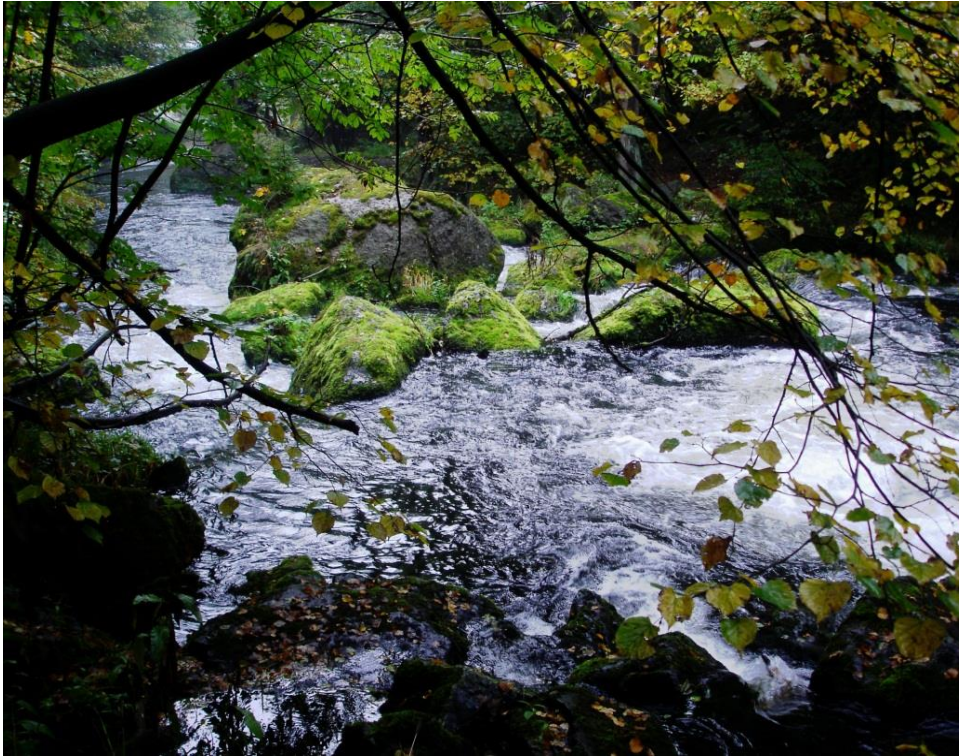


Folgerungen



Folgerungen

- Die deutlichsten Zusammenhänge sind für die Parameter pH-Wert, Säurekapazität, Aluminium und deutlich schwächer für Sulfat erkennbar.
- Beide betrachteten Qualitätskomponenten indizieren den pH-Wert, die Säurekapazität sowie das Aluminium nahezu gleich gut, das Sulfat wird tendenziell besser durch das Makrozoobenthos indiziert.
- Durch den Einsatz multivariater Verfahren kann der große Einfluss der Versauerung als erklärende Variable für die Zusammensetzung der Lebensgemeinschaft belegt werden.
- Durch beide Biokomponenten lassen sich die Zustandsklassen 1 und 2 (sehr gut und gut) von der 3 (mäßig) und schließlich von der 4 und 5 (unbefriedigend und schlecht) sehr gut abgrenzen.



**Vielen Dank
für die
Aufmerksamkeit!**

*Bayerisches Landesamt für Umwelt
Ref.83 - Ökologie der Fließgewässer
Dr. Folker Fischer
folker.fischer@lfu.bayern.de*