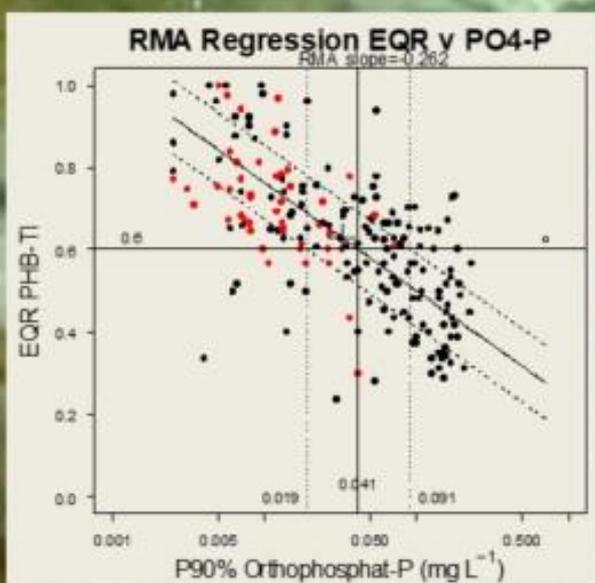


Evaluierung der Richtwerte der allgemeinen physikalisch- chemischen Parameter für Fließgewässer gemäß QZV Ökologie OG



Impressum

Medieninhaber und Herausgeber:

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft,
Stubenring 1, 1010 Wien

Ansprechpartnerin: Drⁱⁿ. Karin Deutsch (Abt.I/2)

Auftragnehmer: DWS Hydro-Ökologie GmbH;

Technisches Büro für Gewässerökologie und Landschaftsplanung;

Zentagasse 47, 1050 Wien;

Tel. 01 / 548 23 10, Fax DW 18;

Email: office@dws-hydro-oekologie.at

Projektleitung: Mag. Dr. Georg Wolfram

Autorinnen und Autoren: Mag. Dr. Georg Wolfram, Mag^a. Patricia Riedler, Claudia Dienstl
MSc.; Mag. Georg Kum MAS

Fotonachweis: DWS Hydro-Ökologie GmbH

Wien, 2022. Stand: 14. November 2023

Copyright und Haftung:

Auszugsweiser Abdruck ist nur mit Quellenangabe gestattet, alle sonstigen Rechte sind ohne schriftliche Zustimmung des Medieninhabers unzulässig.

Es wird darauf verwiesen, dass alle Angaben in dieser Publikation trotz sorgfältiger Bearbeitung ohne Gewähr erfolgen und eine Haftung des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft und der Autorin / des Autors ausgeschlossen ist. Rechtausführungen stellen die unverbindliche Meinung der Autorin / des Autors dar und können der Rechtsprechung der unabhängigen Gerichte keinesfalls vorgreifen.

Zitiervorschlag: Wolfram, G., P. Riedler, C. Dienstl & G. Kum, 2022. Evaluierung der Richtwerte der allgemeinen physikalisch-chemischen Parameter gemäß QZV Ökologie OG. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus, Wien.

Inhalt

Zusammenfassung	5
Executive Summary.....	8
1 Einleitung.....	10
1.1 Rechtlicher Hintergrund und Aufgabenstellung.....	10
1.2 Parameterauswahl.....	13
1.3 Struktur des Berichts	16
2 Datengrundlagen.....	17
2.1 Allgemeines.....	17
2.2 Untersuchungsfrequenz und Gewässertypen	17
2.3 Festlegungen.....	20
2.4 Normierte EQR in der Biologie.....	21
2.5 Gesamtdatensatz	22
3 Methoden	31
3.1 Evaluierung bestehender Richtwerte	31
3.1.1 Tool-kit von Philipps et al. (2017)	31
3.1.2 Regressionsmodelle	33
3.1.3 Kategoriale Analyse anhand von Perzentilen	36
3.1.4 Minimum mis-match.....	37
3.1.5 Abschließenden Anmerkungen.....	39
3.2 Statistische Kenngrößen	41
3.3 Richtwert versus Grenzwert	41
4 Datenanalysen	43
4.1 Evaluierung bestehender Richtwerte	43
4.1.1 Orthophosphat-P	43
4.1.2 Nitrat-N	46
4.1.3 BSB ₅	48
4.1.4 Gesamtphosphor	51
4.1.5 Resümee Orthophosphat-P, Nitrat-N und BSB ₅	57
4.1.6 Sauerstoffsättigung und pH-Wert	64
4.2 Perzentil vs Mittelwert vs Median.....	69
4.2.1 Berechnungen nach Phillipps et al. (2017)	69
4.2.2 Weitere Regressionsanalysen.....	73
4.2.3 Vergleich der Bewertungsergebnisse an ausgewählten Zeitreihen	77
4.2.4 Resümee	80

4.3 Richtwert versus Grenzwert	80
5 Resümee	84
5.1 Ergebnisse der Datenanalysen	84
5.2 Vorschlag für Klassengrenzen der Parameter Orthophosphat-P, Nitrat-N und BSB ₅ ...	86
5.3 Algorithmus.....	94
6 Literaturverzeichnis.....	97
7 Anhang.....	100
7.1 Struktur der Access-Datenbank.....	100
7.2 Regressionsplots	102
7.2.1 90%-Perzentil Orthophosphat-P vs EQR Phytobenthos-Trophieindex.....	102
7.2.2 Mittelwert Orthophosphat-P vs EQR Phytobenthos-Trophieindex.....	105
7.2.3 Median Orthophosphat-P vs EQR Phytobenthos-Trophieindex.....	107
7.2.4 90%-Perzentil Nitrat-N vs EQR Makrozoobenthos-Saprobienindex.....	110
7.2.5 Mittelwert Nitrat-N vs EQR Makrozoobenthos-Saprobienindex.....	112
7.2.6 Median Nitrat-N vs EQR Makrozoobenthos-Saprobienindex.....	115
7.2.7 90%-Perzentil BSB ₅ vs EQR Makrozoobenthos-Saprobienindex	117
7.2.8 Mittelwert BSB ₅ vs EQR Makrozoobenthos-Saprobienindex	119
7.2.9 Median BSB ₅ vs EQR Makrozoobenthos-Saprobienindex	121
7.3 Ableitung möglicher Klassengrenzen für Orthophosphat-P aus OLS	
Regressionsanalysen	124
Tabellenverzeichnis.....	126
Abbildungsverzeichnis.....	130

Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Studie ist eine Evaluierung der bestehenden Klassengrenzen ausgewählter allgemein physikalisch-chemischer Parameter (APCP) in österreichischen Fließgewässern. Diese sind derzeit in der Qualitätszielverordnung Ökologie Oberflächengewässer (QZV Ökologie OG) mehrheitlich mit Grenzwerten für das 90%-Perzentil an der Klassengrenze sehr gut / gut und mit Richtwerten an der Klassengrenze gut / mäßig festgelegt. In anderen EU-Mitgliedsstaaten sind teilweise auch die Klassengrenzen gut / mäßig als Grenzwert definiert, was gemäß EU-Wasserrahmenrichtlinie und den CIS-Leitfäden der Europäischen Kommission zulässig, aber nicht zwingend erforderlich ist.

Mit dieser Studie werden die bestehenden Richtwerte der physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten in Fließgewässern durch Vergleich mit der biologischen Bewertung überprüft. Dies erfolgte unter Verwendung verschiedener Regressionsmodelle und kategorialer Verfahren, die von Philipps et al. (2018) zu diesem Zweck entwickelt wurden. Die Analysen wurden anhand von Daten durchgeführt, die überwiegend aus dem Messstellennetz gemäß Gewässerzustandsüberwachungsverordnung (GZÜV) stammen. Teilweise konnten auch Daten von Monitoringprogrammen der Bundesländer berücksichtigt werden. Die im Rahmen dieser Studie durchgeführten Berechnungen stellen die umfangreichste vergleichende Analyse allgemeiner physikalisch-chemischer Daten aus österreichischen Fließgewässern dar. Der konsolidierte Datensatz (nach Ausschluss unplausibler und unvollständiger Datensätze) umfasst rund 20.000 Probenahmeterminale von 473 Messstellen und über 900 Messstellen-Jahresdaten mit mindestens 10 Chemiemessungen und mindestens 1 Biologieaufnahme.

Die Analysen wurden typspezifisch durchgeführt, d.h. unter Berücksichtigung der Bioregionen und der saprobiellen bzw. trophischen Grundzustände, die derzeit die QZV-Klassengrenzen der Parameter Orthophosphat-P, Nitrat-N und Biologischer Sauerstoffbedarf definieren. Ergänzend wurden die Klassengrenzen für die Sauerstoffsättigung evaluiert. Nicht behandelt wurden die Wassertemperatur, der pH-Wert und die Chlorid-Konzentration.

Die wichtigsten Ergebnisse der Auswertungen sind:

- Für Orthophosphat-P konnten signifikante typspezifische Korrelationen mit dem Phytobenthos-Trophieindex nachgewiesen werden. Für Nitrat-N und den Biologischen Sauerstoffbedarf (BSB₅) wurden signifikante typspezifische Korrelationen mit dem Makrozoobenthos-Saprobienindex gefunden.
- Die anhand von Regressionsmodellen und nach der minimum-mis-match-Methode prognostizierten Klassengrenzen für den sehr guten Zustand liegen niedriger als die derzeit gültigen QZV-Grenzwerte. Das Risiko von Überschreitungen bei gleichzeitig sehr gutem Zustand in der Biologie ist demnach gering. Bei anderen kategorialen Methoden ist eine etwas bessere Übereinstimmung mit den QZV-Grenzwerten gegeben.
- Beim guten Zustand stimmen die anhand der Regressionsmodelle und der minimum-mis-match-Methode prognostizierte Klassengrenzen besser mit den QZV-Richtwerten überein. Die Bandbreite anderer kategorialen Methoden schließt alle Richtwerte ein, ist jedoch aufgrund unplausibler oberer Grenzen wenig aussagekräftig.
- Ergänzend zum Orthophosphat-P wurden Analysen zum Gesamtphosphor durchgeführt. Die Ableitung von Klassengrenzen für Gesamtphosphor ist möglich, wird jedoch in Hinblick auf die höhere Variabilität aufgrund der Korrelation mit Abfluss und Schwebstoffgehalt nicht empfohlen.
- Analysen zur Evaluierung des Jahresmittelwerts und des Medians als alternative Kenngrößen zum 90%-Perzentil ergaben keine Verbesserung in der Aussagekraft. Die Bewertung der heimischen Fließgewässer würde sich bei Umstellung vom 90%-Perzentil auf den Jahresmittelwert oder den Median nur wenig ändern.

Sollte es aufgrund neuer Vorgaben auf europäischer Ebene erforderlich sein, Grenzwerte für die allgemeinen physikalisch-chemischen Komponenten festzulegen, die in der ökologischen Gesamtbewertung im Sinne einer one-out-all-out-Entscheidung gegenüber den biologischen Komponenten schlagend werden, so wird eine Kombination von Richt- und Grenzwerten als sinnvoll erachtet. Die vorgeschlagenen Grenzwerte liegen innerhalb der möglichen Bandbreiten, die sich aus den statistischen Verfahren ergeben, führen aber zu keiner signifikant schlechteren Bewertung einer größeren Zahl an Oberflächenwasserkörpern. Es wird empfohlen, dass erst eine Überschreitung des

normierten EQR von 0,8 im 3-Jahresmittel als Zielverfehlung der physikalisch-chemischen Parameter Orthophosphat-P, Nitrat-N und BSB₅ gewertet wird. Mit dem Vorschlag von Grenzwerten wäre eine verbesserte Vergleichbarkeit mit anderen EU-Staaten gegeben. Zudem kann eine Kombination aus Richt- und Grenzwerten auch für Laien nachvollziehbar dargestellt werden. Die Grenzwerte wären vorrangig für die Zustandsbewertung, die Richtwerte – wie bereits bisher – für die Abschätzung der Auswirkungen im Bewilligungsverfahren sowie als Warnwerte für die Zustandsbewertung heranzuziehen.

Executive Summary

The aim of the present study is to evaluate the existing class boundaries of selected general physico-chemical parameters (APCP) in Austrian rivers. These are currently defined in the Qualitätszielverordnung Ökologie Oberflächengewässer (QZV) mostly with guide values for the 90th percentile at the high / good class boundary and with binding limit values at the good / moderate class boundary. In several other EU Member States, the good / moderate class boundaries are also defined as limit values, which is permissible according to the EU Water Framework Directive and the CIS Guidance Documents of the European Commission, but not mandatory.

This study reviews the existing guide values of physico-chemical quality elements in rivers by comparing them with the biological assessment. This was done using various regression models and categorical methods developed by Philipps et al. (2018) for this purpose. The analyses were performed using data predominantly from the monitoring network according to the Gewässerzustandsüberwachungsverordnung (GZÜV). In some cases, data from monitoring programs of the federal provinces were also considered. The calculations performed in this study represent the most comprehensive comparative analysis of general physico-chemical data from Austrian rivers. The consolidated dataset (after exclusion of implausible and incomplete datasets) comprises approximately 20,000 sampling dates from 473 monitoring sites and over 900 monitoring site-years with at least 10 chemistry measurements and at least 1 biological sampling.

Analyses were performed on a type-specific basis, i.e., considering the bioregions and the saprobic or trophic reference status that currently define the QZV class boundaries of the parameters orthophosphate-P, nitrate-N, and biological oxygen demand. In addition, the class boundaries for oxygen saturation were evaluated. Water temperature, pH, and chloride concentration were not addressed.

The main results of the evaluations are:

- For orthophosphate-P, significant type-specific correlations with the phytobenthos trophic index were detected. For nitrate-N and biological oxygen demand (BOD5), significant type-specific correlations were found with the macrozoobenthos saprobic index.

- The class boundaries for high status predicted using regression models and the minimum mis-match method are lower than the currently valid QZV boundaries. Accordingly, the risk of exceedance while maintaining high status in biology is low. For other categorical methods, there is slightly better agreement with QZV boundaries.
- For the good status, the class boundaries predicted using the regression models and the minimum mis-match method better match the QZV guideline values. The range of other categorical methods includes all guideline values but is not very meaningful due to implausible upper bounds.
- In addition to orthophosphate-P, analyses of total phosphorus were performed. The derivation of class boundaries for total phosphorus is possible but not recommended in view of the higher variability due to the correlation with discharge and suspended sediment content.
- Analyses evaluating the annual mean and median as alternative metrics to the 90th percentile did not result in an improvement in significance. There would be little change in the assessment of Austrian streams if the 90th percentile were changed to the annual mean or median.

If, due to new requirements at the European level, it should be necessary to define limit boundary values for the general physico-chemical components, which become decisive in the overall assessment in the sense of a one-out-all-out decision in relation to the biological components, a combination of guideline and limit values is considered appropriate. The proposed limit values are within the possible ranges resulting from the statistical analyses, but do not lead to a significantly worse assessment of a larger number of surface water bodies. It is recommended that only an exceedance of the normalized EQR of 0.8 in the 3-year average should be considered as failing the environmental objectives for the physico-chemical parameters orthophosphate-P, nitrate-N and BOD5. With the proposal of limit values, an improved comparability with other EU countries would be achieved. In addition, a combination of guide and limit values can be presented in a way that is comprehensible to laypersons. The limit values would have to be used primarily for the status assessment, the guideline values – as already in the past – for the assessment of impacts in the approval procedure and as warning values for the status assessment.

1 Einleitung

1.1 Rechtlicher Hintergrund und Aufgabenstellung

Mit der Veröffentlichung der EU-Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL) (2000) vor mehr als 20 Jahren hat die biologische Komponente der ökologischen Bewertung von Oberflächengewässern gegenüber früheren Herangehensweisen zur Bewertung der Wasserqualität an Bedeutung gewonnen. Chemische und physikalisch-chemische Qualitätskomponenten sind jedoch immer noch Teil der ökologischen Gewässerbewertung. Sie fungieren – wie auch hydro-morphologische Parameter – als unterstützende Komponenten.

Die chemischen und physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten umfassen:

- a) Allgemeine physikalisch-chemische Qualitätskomponenten (gemäß Tabelle 1.1 in Annex V der WRRL),
- b) National festgelegte spezifische nicht-prioritäre Schadstoffe, und
- c) Unionsrechtlich festgelegte spezifische prioritäre Schadstoffe (Annex X der WRRL)

Die prioritären Schadstoffe nach Annex X der WRRL bestimmen den chemischen Zustand von Oberflächenwasserkörpern, national festgelegte Schadstoffe werden in der Bewertung des ökologischen Zustands berücksichtigt. Die Bewertung der Schadstoffe erfolgt auf Basis von Umweltqualitätsnormen, die typunabhängig anzuwenden sind.

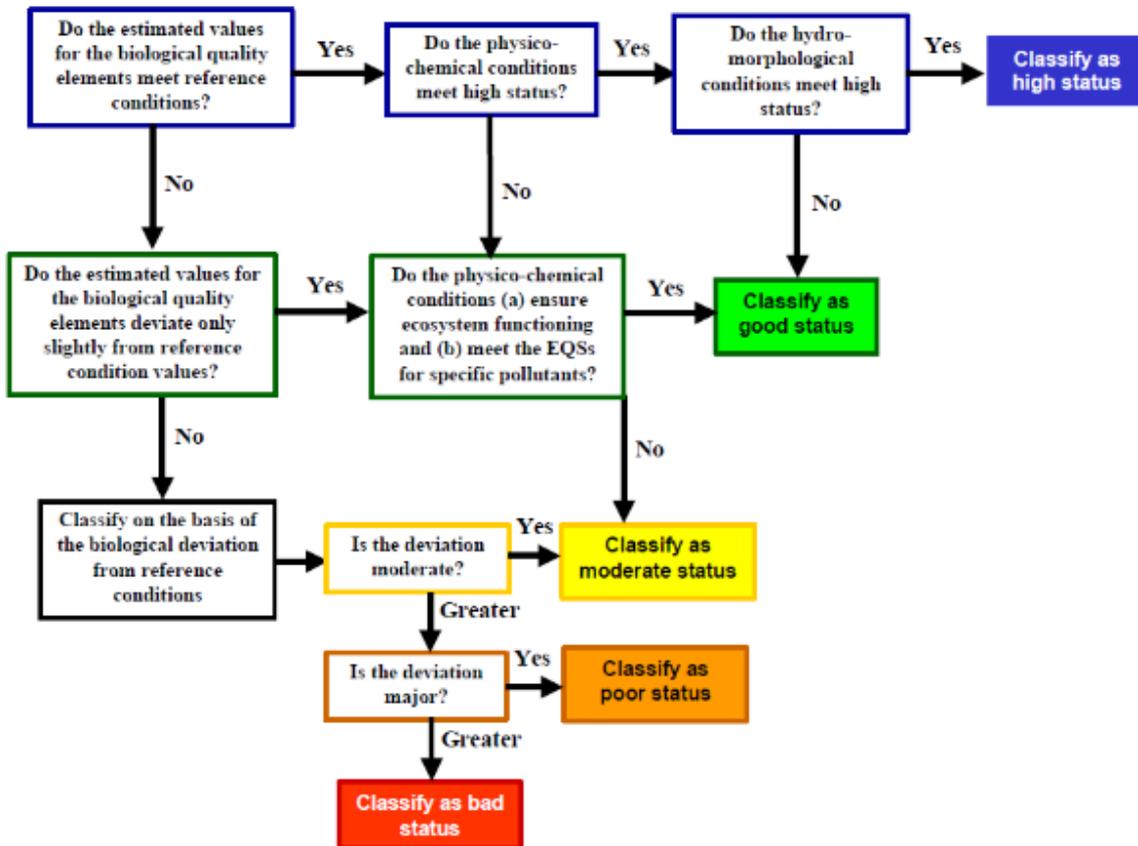
Auch die allgemeinen physikalisch-chemische Qualitätskomponenten müssen bei der Einstufung von OWK in die Klassen des sehr guten und des guten ökologischen Zustands sowie in die Klassen des maximalen und des guten ökologischen Potenzials berücksichtigt werden. Für die Zustands-/Potenzialklassen müssen die physikalisch-chemischen Komponenten Bedingungen aufweisen, die mit dem Erreichen der für die biologischen Qualitätskomponenten angegebenen Werte vereinbar sind. Daher kann die Einstufung der Wasserkörper in einen mäßigen, unbefriedigenden oder schlechten ökologischen Zustand bzw. ein mäßiges, unbefriedigendes, schlechtes ökologisches Potenzial auf der Grundlage der Monitoringergebnisse für die biologischen Qualitätskomponenten erfolgen (EU Commission 2003c).

Dieser Ansatz – nämlich, dass primär die biologischen Qualitätskomponenten den ökologischen Zustand bestimmen und eine Abweichung der allgemeinen physikalisch-chemischen Komponenten von festgelegten Werten nicht automatisch eine Zielverfehlung bedeutet – wird in einigen EU-Mitgliedsländern auch in der Bewertung des guten ökologischen Zustands verfolgt. Dies steht in Übereinstimmung mit der schematischen Darstellung zur Gewässerbewertung in den CIS-Leitfäden Nr. 3, 5 und 10 (EU Commission 2003a; b; c) (Abbildung 1). Entscheidend ist der Umstand, dass die Werte der allgemeinen physikalisch-chemischen Parameter nicht außerhalb des Bereichs liegen oder die Werte überschreiten dürfen, die festgelegt wurden, um einen guten ökologischen Zustand zu erreichen. Das bedeutet, dass

- (a) das Funktionieren des (typspezifischen) Ökosystems und
- (b) die Erreichung der für die biologischen Qualitätskomponenten festgelegten Werte

gewährleistet werden müssen.

Abbildung 1 Darstellung der Rolle der biologischen, hydro-morphologischen und physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten bei der Einstufung des ökologischen Zustands gemäß den normativen Definitionen in Anhang V der WRRL



Quelle: EU Commission (2003b)

Die unterschiedliche Handhabung der allgemeinen physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten in der ökologischen Bewertung wurde bereits früh erkannt und thematisiert. So wird im CIS-Leitfaden Nr. 23 (EU Commission 2009) ausgeführt:

In setting the value of the standard [das heißt: Klassengrenzen für physikalisch-chemische Parameterwerte], Member States are faced with a choice of selecting values anywhere on the spectrum between close to the Good/Moderate boundary for either most sensitive or the least sensitive water body in the type. The former more precautionary option has an associated low confidence in the status classification with a high risk of misclassification. However, the use of such values in practice will allow water managers to control the risk of deterioration and deliver restoration of the water body. The latter less precautionary option, while providing a status classification with higher associated confidence, is less useful in the control of the risk of

deterioration. Exceedances of nutrient standards will not in themselves determine the ecological status of the water body.“

Dementsprechend haben die EU-Mitgliedsstaaten für die allgemeinen physikalisch-chemische Parameter teilweise Grenzwerte und teilweise Richtwerte festgelegt. Überschreitungen dieser Werte führen in dem einen Fall zu einer Zielverfehlung, in dem anderen Fall kann der gute Zustand zwar auf Grundlage der biologischen Daten gegeben sein, die Überschreitung eines physikalisch-chemischen Richtwerts kann jedoch als Vorwarnstufe verstanden werden und ein investigatives Monitoring auslösen. In diesem Sinne sind die physikalisch-chemischen Parameter auch in Österreich in der Qualitätszielverordnung Ökologie Oberflächengewässer (QZV Ökologie OG, BGBl. II Nr. 461/2010 idgF) verankert: als Grenzwerte für den sehr guten Zustand und als Richtwerte für den guten Zustand.

Die vorliegende Arbeit verfolgt zwei Ziele:

1. eine Evaluierung der bestehenden Richtwerte der physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten in Fließgewässern,
2. eine Abschätzung von Alternativen zu den bestehenden Richtwerten für den guten ökologischen Zustand

Auf Basis der Datenanalysen wird in Kapitel 5 ein Vorschlag für Anpassungen der bestehenden Klassengrenzen gemäß QZV Ökologie OG unterbreitet. Für den Fall, dass aufgrund von Vorgaben auf europäischer Ebene Grenzwerte festzulegen sind, wurde dafür ein entsprechender Vorschlag ausgearbeitet.

1.2 Parameterauswahl

Gemäß Annex 5 der WRRL umfassen die allgemeinen physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten für Fließgewässer folgende Parametergruppen:

- Temperaturverhältnisse
- Sauerstoffhaushalt
- Salzgehalt
- Versauerungszustand
- Nährstoffverhältnisse

Ausgehend von diesen Gruppen wertete Kreuzinger (2005) vorhandene Daten aus dem Messnetz der Wassergütererhebungsverordnung (WGEV) für folgende Parameter aus:

- Wassertemperatur
- Leitfähigkeit
- pH-Wert
- Sauerstoffgehalt und -sättigung
- BSB₅ mit/ohne Hemmung, CSB
- DOC, TOC
- abfiltrierbare Stoffe
- Gesamthärte, Karbonathärte, Calcium, Magnesium, Natrium, Kalium
- Chlorid, Sulfat
- Ammonium, Nitrit, Nitrat
- Gesamtphosphor, gesamter gelöster Phosphor, Orthophosphat

In einer Neubewertung zwei Jahre später wurden von Kreuzinger (2007b) Klassengrenzen des guten Zustands für folgende Parameter vorgeschlagen:

- Wassertemperatur
- Sauerstoffgehalt und -sättigung
- pH-Wert
- BSB₅ mit/ohne Hemmung
- DOC
- Chlorid
- Nitrat-Stickstoff
- Orthophosphat-Phosphor

Diese Parameter wurden in der Folge auch in die QZV Ökologie OG aufgenommen, wobei der Parameter Chlorid erst mit der Novelle BGBl. II/461 23.12.2010 aus der QZV Chemie OG in die QZV Ökologie OG verlagert wurde. Der Parameter DOC (gelöster organischer Kohlenstoff) wurde mit den Monitoringdaten aus dem 2. NGP-Zyklus als nicht aussagekräftig erkannt und mit der Novelle BGBl. II/369 vom 27.12.2018 aus der QZV Ökologie OG gestrichen. Die beiden anderen Stickstofffraktionen, Ammonium und Nitrit, werden auf Grund ihrer toxikologischen Wirkung, als nationaler Schadstoff über Umweltqualitätsnormen bewertet (QZV Chemie OG).

Die aktuell gültigen Grenzwerte (Grenze sehr gut / gut) und Richtwerte (Grenze gut / mäßig) bzw. Bandbreiten sind in Anlage H der QZV Ökologie OG für die in Tabelle 1 aufgelisteten Parameter festgelegt.

Tabelle 1 Verankerung der physikalisch-chemischen Parameter in der QZV Ökologie OG

Parametergruppe	Parameter	typ-spezifisch	abhängig von				Richt-/Grenzwert
			Bioregion	Fischregion	sapr. GZ MZB	troph. GZ PHB	
Temperaturverhältnisse	Wassertemperatur	ja	+	+			Abweichung ΔT °C vom 98%-Perzentil
Sauerstoffhaushalt	Biologischer Sauerstoffbedarf ¹	ja	+		+		90%-Perzentil
	Sauerstoffsättigung	nein					Bandbreite 90%-Perzentil
Versauerungszustand	pH-Wert	nein					Bandbreite 90%-Perzentil
Nährstoffverhältnisse	Orthophosphat-Phosphor	ja	+			+	90%-Perzentil
	Nitrat-Stickstoff	ja	+			+	90%-Perzentil
Salzgehalt	Chlorid	nein					Mittelwert, zulässige Höchstkonzentration ²

¹ als BSB₅ ohne Nitrifikationshemmung durch Zugabe von Allylthioharnstoff (ATH)

² als Mittelwert über 72 Stunden

GZ = Grundzustand, MZB = Makrozoobenthos, PHB = Phytobenthos

Die vorliegende Arbeit beschränkt sich auf folgende Parameter:

- BSBS₅ (ohne ATH)
- Sauerstoffsättigung
- pH-Wert
- Orthophosphat-P, ergänzend dazu: Gesamtphosphor
- Nitrat-N, ergänzend dazu: Ammonium-N

Die Wassertemperatur und die Chloridkonzentration werden in diesem Bericht somit nicht behandelt. Zu Chlorid siehe die neueren Auswertungen in Wolfram et al. (2013), welche in die Novelle BGBl. II/369 vom 27.12.2018 eingeflossen sind. Zur Wassertemperatur liegen aus dem Monitoringmessnetz gemäß Gewässerzustandsüberwachungsverordnung (GZÜV, BGBl. II Nr. 479/2006 idgF) keine Daten vor, die eine Überprüfung des 98. Perzentil möglich machen würden.

1.3 Struktur des Berichts

Der vorliegende Bericht gliedert sich in drei Hauptkapitel:

- Datengrundlagen und verwendete statistische Methoden (Kapitel 3)
- Ergebnisse der Datenanalysen (Kapitel 4)
- Resümee und Vorschlag für Anpassungen und Alternativen der bestehenden Grenz- und Richtwerte (Kapitel 5)

Im Anschluss an die verwendete Fachliteratur und sonstige Quellen (Kapitel 5) umfasst der Anhang (Kapitel 7):

- eine Beschreibung der Datenbankstruktur und -metadaten, sowie
- ausgewählte Plots und Tabellen der durchgeführten Datenanalysen.

2 Datengrundlagen

2.1 Allgemeines

Die Auswertungen wurden auf Grundlage von Daten durchgeführt, die vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft sowie von den Ämtern der Bundesländer zur Verfügung gestellt wurden. Die übermittelten Daten stammten aus Untersuchungen an Fließgewässern im Rahmen der GZÜV und verschiedenen Landes-Monitoringprogrammen. Keine für die vorliegende Studie geeigneten Landesdaten liegen aus Niederösterreich, Salzburg und Tirol sowie dem Burgenland vor. In Wien wurden zwar Daten aus verschiedenen Fließgewässern zur Verfügung gestellt, sie umfassten aber weniger als 10 Termine pro Jahr und wurden daher nicht weiter berücksichtigt (siehe unten). Die Daten aus Oberösterreich und der Steiermark wurden leider nicht zeitgerecht übermittelt und konnten daher nicht in die Analysen aufgenommen werden. Berücksichtigung fanden daher schlussendlich nur Daten aus dem Landesmonitoring von Kärnten und Vorarlberg.

Sämtliche Messstellen der GZÜV-Untersuchungen waren bereits vorab den entsprechenden Oberflächenwasserkörpern (OWK) zugeordnet. Jene Stellen aus dem Landesmonitoring, für die kein OWK angegeben war und gesichert zugewiesen werden konnte, wurden für die Auswertungen nicht herangezogen.

Alle Daten wurden auf Vollständigkeit sowie Plausibilität geprüft und nach Ausschluss unvollständiger Datensätze in einer MS Access-Datenbank zusammengefasst (siehe Anhang Kapitel 7.1).

2.2 Untersuchungsfrequenz und Gewässertypen

Eine deutliche Reduktion des Chemie-Datensatzes ergab sich durch die zentrale Anforderung einer Mindestanzahl an Untersuchungsterminen pro Jahr. So wurden nur Datensätze mit **mindestens zehn Chemie-Untersuchungsterminen innerhalb eines Zeitraums von zwölf Monaten und einem Biologie Untersuchungstermin im gleichen Zeitraum** berücksichtigt. Vereinzelt Chemie-Termine in „angrenzenden“ Jahren wurden

dann berücksichtigt, wenn dadurch die Anzahl der Termine pro Jahr auf zumindest 10 erhöht werden konnte.

Weiters wurden Biologie-Daten, für die weder Informationen zum saprobiellen Grundzustand (SI-GZ) des Makrozoobenthos (MZB) noch zum trophischen Grundzustand (TI-GZ) des Phytobenthos (PHB) vorlagen, gestrichen. Diese Angaben sind neben der Bioregion (Tabelle 2) für die Zuordnung von Richtwerten für die Parameter BSB₅ und Nitrat-N (SI-GZ) bzw. Orthophosphat-P (TI-GZ) erforderlich (Tabelle 3).

Nicht berücksichtigt wurden auch Untersuchungsstellen in Sondertypen (Seeausrinn, Riedbach, trockenfallend), soweit dies in den übermittelten Datensätzen angegeben war.

Unter Berücksichtigung der genannten Einschränkungen wurden schlussendlich **473 Messstellen aus 14 Jahren** (2007-2020) mit Daten zu Biologie, PO₄-P, NO₃-N und BSB₅ für die Auswertungen herangezogen. Die Messstellen teilten sich auf **471 Wasserkörper** und **alle 15 Bioregionen** bzw. den 3 Sondertypen „Große Flüsse“ auf (Tabelle 2, Abbildung 2). Dabei sind jedoch vor allem die Bioregionen der Ökoregion Alpen deutlich unterrepräsentiert; der Schwerpunkt der Messstellen liegt in den Östlichen Flach- und Hügelländern, im Bayrisch-Österreichischem Alpenvorland, im Österreichisches Granit- und Gneisgebiet der Böhmisches Masse und im Grazer Feld und Grabenland (Tabelle 2). 47 Stellen sind als erheblich verändert (HMWB, *heavily modified water bodies*) ausgewiesen.

Tabelle 2 Bioregionen sowie Sondertypen „Große Flüsse“ und Anzahl der für die Auswertung herangezogenen Stellen und Oberflächenwasserkörper (OWK). Geografische Verteilung siehe Abbildung 2

Bioregion	Anzahl	
	Stellen	OWK
Alpine Molasse (AM)	8	7
Bayrisch-Österreichisches Alpenvorland (AV)	67	81
Berg Rückenlandschaft und Ausläufer der Zentralalpen (BR)	16	16
Flysch (FL)	13	13
Grazer Feld und Grabenland (GF)	49	48

Bioregion	Anzahl	
	Stellen	OWK
Helvetikum (HV)	6	5
Kalkhochalpen (KH)	11	12
Kalkvoralpen (KV)	11	12
Österreichisches Granit- und Gneisgebiet der Böhmisches Masse (GG)	56	60
Östliche Flach- und Hügelländer (FH)	127	125
Südalpen (SA)	8	6
Südliche inneralpine Becken (IB)	20	17
Unvergletscherte Zentralalpen (UZA)	27	26
Vergletscherte Zentralalpen (VZA)	2	2
Vorarlberger Alpenvorland (VAV)	19	13
Sondertyp "Großer Fluss" - Donau (DO)	7	6
Sondertyp "Großer Fluss" - Große Alpine Flüsse (AF)	19	18
Sondertyp "Großer Fluss" - March und Thaya (MT)	7	4
Summe	473	471

Tabelle 3 Saprobielle und trophische Grundzustände gemäß QZV Ökologie OG

Saprobielle Grundzustände	Trophische Grundzustände	Abkürzung
SI = 1.25	oligotroph	ot
SI = 1.50	oligo-mesotroph	om
SI = 1.75	mesotroph	mt
SI = 2.00	meso-eutroph 1	me1
	meso-eutroph 2	me2

SI = Saprobienindex

Doppelte Probenahmen in der Biologie

In einigen Fällen lagen Daten von mehreren Aufnahmen des MZB oder PHB an einer Stelle innerhalb eines Jahres vor, teilweise vom selben Probenahmetermin. Es konnte nicht sicher geklärt werden, ob es sich dabei um Fehler in den Rohdaten handelte oder ob tatsächlich mehr als eine Probenahme an derselben Messstelle durchgeführt wurde. In den Analysen wurden die Biologie-Daten dieser Stellen gemittelt.

Klassengrenzen in Großen Flüssen und bei SI-GZ = 1

Für die Große Flüsse liegen keine Grenz- und Richtwerte der allgemeinen physikalisch-chemischen Parameter vor. Für die Tool-Kit-Berechnungen wurden daher Richtwerte nach expert judgement festgelegt. Ausgangspunkt waren dabei die Richtwerte mit gleichen Grundzustandsklassen (MZB SI-GZ bzw. PHB SI-GZ) mit Rücksichtnahme auf dahinterliegende Bioregionen (siehe Tabellen weiter unten).

Für den saprobiellen Grundzustand SI-GZ = 1 beim MZB sind in der QZV Ökologie OG ebenfalls keine BSB₅- und NO₃-N-Klassengrenzen definiert. Hier wurden dieselben Grenz- und Richtwerte wie beim SI-GZ = 1,25 der gleichen Bioregion festgelegt.

2.4 Normierte EQR in der Biologie

Die Tool-Kit-Analysen werden auf Basis normierter EQR-Werte (nEQR) durchgeführt, bei denen die Klassenbreiten mit 0,2 festgelegt sind, d.h. die Klassengrenze H/G liegt bei nEQR = 0,8, die Klassengrenze G/M bei 0,6 etc. Diese EQR-Werte für den Saprobienindex des MZB, den Gesamtzustand des MZB, sowie für die Module Trophie, Saprobie und Referenzarten des PHB wurden daher entsprechend zu nEQR-Werten transformiert. Beim PHB war dabei zusätzlich auf die unterschiedlichen Grenzwerte Rücksicht zu nehmen, je nachdem ob nur die Kieselalgen oder Kieselalgen und Nicht-Kieselalgen in die Bewertung einfließen. Der Methodenwechsel beim PHB im Jahr 2019 spielt für die durchgeführten Analysen keine Rolle, da die veränderten Grenzwerte durch die Normierung des EQR aufgehoben werden. Die EQR der MMI des MZB sind bereits normiert, hier war daher keine Transformation zu nEQR erforderlich. In den Analysen sind hier letztlich nur jene mit MZB-SI und PHB-TI dargestellt. Es wurden zwar teilweise auch Berechnungen mit den anderen Metrics durchgeführt, sie erwiesen sich jedoch für die weitere Diskussion nicht relevant und wurden daher auch nicht in diesen Bericht aufgenommen.

2.5 Gesamtdatensatz

Die von Kreuzinger (2005) durchgeführten Analysen basieren auf allgemeinen physikalisch-chemischen Daten von Stellen, die nach den Gesichtspunkten „sehr gut“ und „gut“ entsprechend der jüngsten verfügbaren saprobiellen Einstufung (idR 2003 bzw. 2004) und des zugeordneten Grundzustandes klassifiziert wurden. Darüber hinaus wurden Biologie-Daten nicht berücksichtigt. Der gesamte Datensatz umfasste 2.727 Termine aus 246 Stellen (ohne Sondertypen und große Flüsse) mit jeweils 10-12 Terminen im Jahr 2003, somit in Summe rund 250 Datensätze mit vollständigen Jahren. In einer Neubewertung zwei Jahre später standen Kreuzinger (2007b) 313 Stellen (mit Chemiedaten) und 9.990 Terminen, somit in Summe rund 300 Messstellen-Jahresdaten zur Verfügung.

Für die vorliegende Auswertung, die neben den chemischen nun auch biologischen Daten miteinschließt, standen nach Ausschluss unplausibler und unvollständiger Datensätze rund 20.000 Termine aus insgesamt 901 (Orthophosphat-P), 926 (Nitrat-N) bzw. 923 (BSB₅) Jahresdatensätzen mit mindestens 10 Chemiemessungen und mindestens 1 Biologieaufnahme zur Verfügung (Tabelle 4 bis Tabelle 6). Der Datensatz ist damit hinsichtlich der Untersuchungsjahre etwa dreimal so groß wie vor 14 Jahren. Die Anzahl der Messstellen ist mit 473 um rund die Hälfte größer als bei den Auswertungen von Kreuzinger (2007b).

Tabelle 4 Anzahl der Datensätze PO₄-P (links) und PO₄-P + PHB (rechts) in den Bioregionen je trophischem Grundzustand. Die Zahlen links entsprechen Terminen, die Zahlen rechts Jahren × Messstellen mit Biologiedaten zu PHB Trophie. Bei Kombinationen, für die in der QZV Ökologie OG Grundzustände definiert sind, aber keine Datensätze vorliegen, ist entsprechend der Wert 0 angegeben; für Kombinationen ohne Angabe von Werten sind keine Grundzustände festgelegt

Bioregion	PO ₄ -P						PO ₄ -P + PHB					
	Ot	om	mt	me1	me2	Gesamt	ot	om	mt	me1	me2	Gesamt
AV		145	2.439			2.584		7	120			127
AM		184	110			294		8	5			13
BR		44	336	176		556		2	15	8		25
FH					4.754	4.754					222	222
FL	78	12	181			271	3	0	8			11
GF					1.364	1.364					62	62
GG			0	646	1.515	2.161			0	30	73	103
HV	49	114				163	2	5				7
IB			33	454		487			0	19		19
KH	400	0				400	19	0				19
KV	0	499				499	0	23				23
SA	152	8				160	5	0				5
UZA	566	417	0			983	25	17	0			42
VAV		0	721			721		0	31			31
VZA	20	40				60	1	2				3
AF		301	510	612	274	1.697		14	24	30	13	81
MT					1.200	1.200					63	63
DO					850	850					45	45
Gesamt	1.265	1.764	4.330	1.888	9.957	19.204	55	78	203	87	478	901

Tabelle 5 Anzahl der Datensätze NO₃-N (links) und NO₃-N + MZB (rechts) in den Bioregionen je nach saprobiellem Grundzustand. Zahlen links: Termine, Zahlen rechts: Jahre × Messstellen mit Biologiedaten zu MZB Saprobie. Bei Kombinationen, für die in der QZV Ökologie OG Grundzustände definiert sind, aber keine Datensätze vorliegen, ist entsprechend der Wert 0 angegeben; für Kombinationen ohne Angabe von Werten sind keine Grundzustände festgelegt

Bioregion	NO ₃ -N					NO ₃ -N + MZB				
	1.25	1.50	1.75	2.0	Gesamt	1.25	1.50	1.75	2.0	Gesamt
AV		0	2.648		2.648		0	103		103
AM		162	132		294		8	6		14
BR	0	402	154		556	0	19	7		26
FH		120	4.654	323	5.097		6	213	14	233
FL	78	168	25		271	5	9	2		16
GF		154	1.210		1.364		7	55		62
GG	0	734	1.614		2.348	0	32	64		96
HV	112	51			163	6	3			9
IB		136	351		487		9	23		32
KH	133	267			400	7	12			19
KV	0	169	330		499	0	7	15		22
SA	5	155			160	1	11			12
UZA	42	831	110		983	2	44	5		51
VAV		0	721	0	721		0	36	0	36
VZA	20	40	0		60	1	2	0		3
AF			1.697		1.697			80		80
MT				1.495	1.495				65	65
DO			440	650	1.090			19	28	47
Gesamt	390	3.389	14.086	2.468	20.333	22	169	628	107	926

Tabelle 6 Anzahl der Datensätze BSB₅ (links) und BSB₅ + MZB (rechts) in den Bioregionen je saprobiellem Grundzustand. Zahlen links: Termine, Zahlen rechts: Jahre × Messstellen mit Biologiedaten zu MZB Saprobie. Bei Kombinationen, für die in der QZV Ökologie OG Grundzustände definiert sind, aber keine Datensätze vorliegen, ist entsprechend der Wert 0 angegeben; für Kombinationen ohne Angabe von Werten sind keine Grundzustände festgelegt

Bioregion	BSB ₅					BSB ₅ + MZB				
	1.25	1.50	1.75	2.0	Gesamt	1.25	1.50	1.75	2.0	Gesamt
AV		0	2.648		2.648		0	103		103
AM		162	132		294		8	6		14
BR	0	380	132		512	0	18	6		24
FH		120	4.654	323	5.097		6	213	14	233
FL	78	168	25		271	5	9	2		16
GF		154	1.210		1.364		7	55		62
GG	0	734	1.614		2.348	0	32	64		96
HV	112	51			163	6	3			9
IB		136	351		487		9	23		32
KH	133	267			400	7	12			19
KV	0	169	330		499	0	7	15		22
SA	5	155			160	1	11			12
UZA	42	831	110		983	2	44	5		51
VAV		0	721	0	721		0	36	0	36
VZA	20	40	0		60	1	2	0		3
AF			1.676		1.676			79		79
MT				1.495	1.495				65	65
DO			440	650	1.090			19	28	47
Gesamt	390	3.367	14.043	24.68	20.268	22	168	626	107	923

Gruppierungen

Entsprechend der Forderung einer typspezifischen Bewertung wurden die Datensätze gruppiert, in einem ersten Ansatz nach Bioregionen und saprobiologischen bzw. trophischen Zuständen. Das führte bei den drei Parametern Orthophosphat-P, Nitrat-N und BSB₅ zu 39 bis 43 möglichen Kombinationen und infolgedessen zu sehr geringen Stichproben-umfängen innerhalb einiger Gruppen, was eine statistische Auswertung erschwert oder verunmöglicht hätte. Die Kombinationen wurden daher zusammengefasst, so dass innerhalb einer Auswertung für einen der drei genannten Parameter eine Anzahl von 6-9 Gruppierungen übrigblieb (Tabelle 7 bis Tabelle 9). Entsprechend der Festlegung von Richtwerten für Orthophosphat-P, Nitrat-N und BSB₅ in der QZV Ökologie OG unterscheiden sich die Gruppen der drei Parameter.

Die Anzahl der Datensätze je Gruppe und über den gesamten Zeitraum zeigen Tabelle 10 bis Tabelle 12. Wie ersichtlich liegen aus manchen Gruppen immer noch zu wenige Daten für eine abgesicherte statistische Analyse vor, z.B. bei Orthophosphat-P / Trophieindex die Gruppe F (n=5) mit Gewässern aus der Granit- und Gneisregion der Böhmisches Masse und dem trophischen Grundzustand mesotroph (mt). Auf eine Neugruppierung zur Erhöhung des Stichprobenumfanges wurde in diesen Fällen aber verzichtet, um die Variabilität innerhalb der Gruppen durch die Zusammenfassung verschiedener Gewässertypen nicht zu sehr zu erhöhen.

Tabelle 7 Gruppierungen der Datensätze nach den Richtwerten (sehr gut / gut und gut / mäßig) für Orthophosphat-P (als $\mu\text{g L}^{-1}$) gemäß Anlage H der QZV Ökologie OG

Gruppe	Bioregion	trophischer Grundzustand	PO4-P, $\mu\text{g L}^{-1}$
A	FL, HV, KH, KV, SA, UZA, VZA, AF	ot	7 / 15
B	AM, AV, BR	om	10 / 20
C	FL, HV, KV, SA, UZA, VAV, AF	om	10 / 30
	VZA	om	10 / 40
D	KH	om	20 / 40
E	AV, BR, FL, UZA, VAV, AF	mt	20 / 50
F	AM, GG	mt	30 / 60

Gruppe	Bioregion	trophischer Grundzustand	PO4-P, $\mu\text{g L}^{-1}$
G	BR	me1	30 / 80
	GG, AF	me1	40 / 80
H	GF	me2	50 / 90
	AF	me2	50 / 100
	IB	mt	50 / 100
	GG, DO	me2	60 / 100
I	IB	me1	70 / 150
	FH, MT	me2	70 / 200

Tabelle 8 Gruppierungen der Datensätze nach den Richtwerten (sehr gut / gut und gut / mäßig) für Nitrat-N (als mg L^{-1}) gemäß Anlage H der QZV Ökologie OG

Gruppe	Bioregion	saprobieller Grundzustand	NO ₃ -N, mg L^{-1}
A	BR, FL, GG, HV, KH, KV, SA, UZA, VZA,	1,25	1,0 / 3,0
B	AV, AM, FL, HV, IB, KH, KV, SA, UZA, VAV, VZA, AF	1,50	1,5 / 4,0
C	BR, FH, GF, GG	1,50	2,0 / 4,0
D	AV, AM, FL, IB, KV, UZA, VAV, VZA	1,75	2,0 / 5,5
E	BR, GF, AF, DO	1,75	2,5 / 5,5
F	FH, GG	1,75	3,0 / 5,5
G	FH, VAV, MT, DO	2,00	4,0 / 7,0

Tabelle 9 Gruppierungen der Datensätze nach den Richtwerten (sehr gut / gut und gut / mäßig) für BSB₅ (als mg L⁻¹) gemäß Anlage H der QZV Ökologie OG

Gruppe	Bioregion	saprobieller Grundzustand	BSB ₅ , mg L ⁻¹
A	KH, SA, UZA, VZA	1,25	1,0 / 2,0
B	BR, FL, KV	1,25	1,5 / 2,5
	KH, SA, UZA, VZA	1,50	
C	GG, HV	1,25	2,0 / 3,0
	BR, FL, IB, KV	1,50	
	UZA, VZA	1,75	
D	AM, FH, VAV, AF	1,50	2,0 / 3,5
	AV, GF, GG, HV	1,50	
	FL, IB, KV, AF	1,75	
E	AV, AM, BR, GF, DO	1,75	3,0 / 4,0
	GG	1,75	
	FH, VAV	1,75	
F	FH, VAV, MT, DO	2,00	4,0 / 6,0

Tabelle 10 Anzahl der vollständigen Datensätze für die Auswertungen Orthophosphat-P vs Trophieindex Phytobenthos je Gruppe (nach Tabelle 7)

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Summe
A	5			12			17			12			8	1	55
B				1			9			4			3		17
C	7			11			14			15			11	3	61
E	16			60			62			29	1		27	3	198
F	1			1			1			1			1		5
G	8			17			16		1	9	2		12	3	68
H	5	1	1	70	6	6	36	5	4	20	6	6	21	6	193
I	14		3	84	14	14	69	3	8	35	9	7	38	6	304
Summe	56	1	4	256	20	20	224	8	13	125	18	13	121	22	901

Tabelle 11 Anzahl der vollständigen Datensätze für die Auswertungen Nitrat-N vs Saprobienindex Makrozoobenthos je Gruppe (nach Tabelle 8)

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Summe
A				5			5	1	2	5		1	2	1	22
B	6			22	2		20			20		7	21	7	105
C	2			21			18		1	8	1		11	2	64
D	22	2		33	1		62			25	10	2	31	2	190
E	20	2	2	47	2	2	29	2	1	22	4	1	19	8	161
F	24	5	4	70	10	10	69	2	4	33	5	5	34	2	277
G	13	6	7	2	7	8	8	4	7	13	6	7	13	6	107
Summe	87	15	13	200	22	20	211	9	15	126	26	23	131	28	926

Tabelle 12 Anzahl der vollständigen Datensätze für die Auswertungen BSB₅ vs Saprobienindex Makrozoobenthos je Gruppe (nach Tabelle 9)

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Summe
A				1			3		1	3		1	1	1	11
B	6			12			15	1		13		6	17	4	74
C	1			18	1		10		1	12		1	6	4	54
D	23			36	2		38	1	1	27	11	2	27	7	175
E	44	9	6	131	12	12	137	3	5	58	8	6	67	4	502
F	13	6	7	2	7	8	8	4	7	13	6	7	13	6	107
Summe	87	15	13	200	22	20	211	9	15	126	25	23	131	26	923

3 Methoden

3.1 Evaluierung bestehender Richtwerte

3.1.1 Tool-kit von Philipps et al. (2017)

Anlage H der QZV Ökologie OG listet die Richtwerte physikalisch-chemischer Parameter auf. Typspezifisch unterschiedliche Richtwerte gibt es für die Parameter Wassertemperatur, Orthophosphat-P, Nitrat-N und BSB₅, während die anderen Parameter Sauerstoffsättigung und pH-Wert nur unspezifische Bandbreiten und für Chlorid nur einheitlicher Richtwert als Jahresmittelwert und als Spitzenwert (zulässige Höchstkonzentration als Mittelwert über 72 Stunden) angegeben ist.

Die Evaluierung der Richtwerte von Orthophosphat-P, Nitrat-N und BSB₅ wurden anhand verschiedener statistischer Methoden durchgeführt, die unter Mitwirkung der Autorinnen und Autoren wie auch des BML 2016 entwickelt und von Philipps et al. (2017) als sogenannte Tool-kit publiziert wurde. Der Tool-kit (Version 6c vom 15.08.2017) ermöglicht einen Vergleich und eine Anpassung von Klassengrenzen chemischer Parameter nach interkalibrierten Biologie-Klassengrenzen.

Der Tool-kit umfasst eine Reihe von statistischen Analysen, die wahlweise in MS Excel und in der Umgebung R (R Core Team 2021) durchgeführt werden können. Neben explorativen Verfahren zum Datencheck (z.B. Linearitätscheck) bietet das Statistikpaket vor allem drei verschiedene Ansätze zur Abschätzung von Klassengrenzen physikalisch-chemischer Parameter:

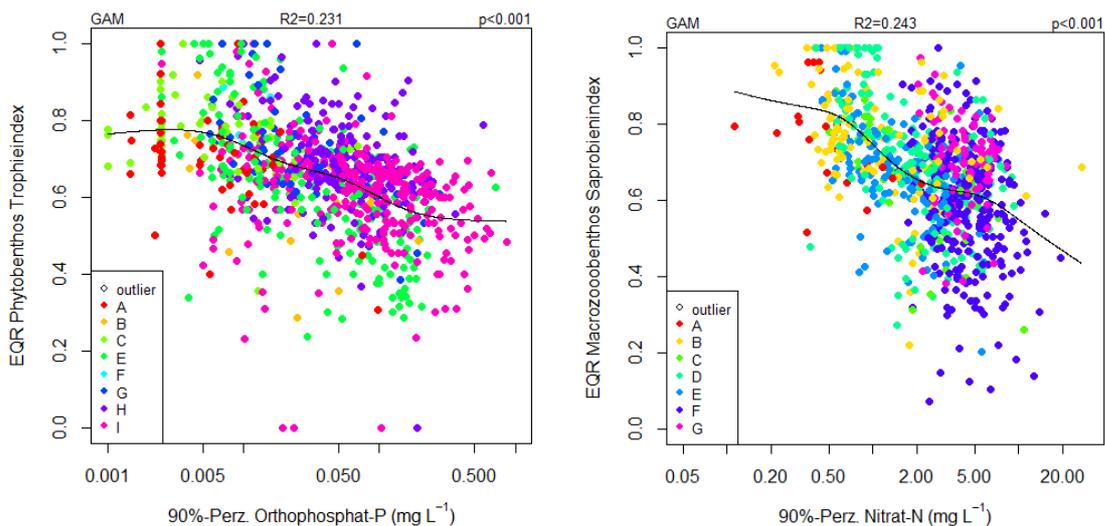
1. Die Berechnung von Regressionsmodellen zur Bestimmung der *pressure – response* Beziehungen,
2. Ein kategorialer (nicht-parametrischer) Ansatz, der die Verteilung der Nährstoffkonzentration in benachbarten biologischen Klassen vergleicht
3. Eine Methode, die die Fehlanpassung zwischen Zustandsbewertungen auf der Grundlage von Biologie und Nährstoffen minimiert (*minimum mis-match*).

Auf ergänzende Verfahren wie binomiale logistische Regressionsmodelle und *Random Forest*, für die ebenfalls R Scripts zur Verfügung stehen, wird hier nicht weiter eingegangen. Hinsichtlich der Vor- und Nachteile dieser Methoden sei auf Kelly et al. (2021) verwiesen.

Alle drei Modellansätze (Regression, kategorial, *minimum mis-match*) können zur Vorhersage von Nährstoffkonzentrationen an den Klassengrenzen gut / mäßig (G/M, nach *good / moderate*) und sehr gut / gut (H/G, nach *high / good*) verwendet werden und wurden im Folgenden berücksichtigt. Die Ergebnisse sind in Kapitel 4 zusammengefasst.

Eine Abschätzung der Klassengrenzen mäßig / unbefriedigend (M/P, nach *moderate / poor*) und unbefriedigend / schlecht (P/B, nach *poor / bad*) ist mit dem Tool-kit nicht möglich.

Abbildung 3 Linearitäts-Check der Korrelation von Orthophosphat-P (links) und Nitrat-N (rechts, beide als 90%-Perzentil) und dem normierten EQR des Phytobenthos-Trophieindex (links) und des Makrozoobenthos-Saprobienindex (rechts). Ein generalisiertes additives Modell (GAM) ist zur Darstellung einer geglätteten Anpassung als schwarze Kurve eingetragen



3.1.2 Regressionsmodelle

Der Tool-kit erlaubt die Berechnung von drei unterschiedlichen Regressionsmodellen:

Modell 1 ist eine Regression nach der Methode der kleinsten Quadrate, bei der der EQR-Wert die abhängige (y) Variable und die Nährstoffkonzentration die unabhängige (x) Variable ist. Bei diesem Modell wird davon ausgegangen, dass die Unsicherheit der Nährstoffe viel geringer ist als die der EQR. Die Unsicherheit der Nährstoffe wird bei der Anpassung des Modells minimiert.

Modell 2 ist ebenfalls eine Regression nach der Methode der kleinsten Quadrate, bei der jedoch die Nährstoffkonzentration die abhängige (y) Variable und der EQR-Wert die unabhängige (x) Variable ist. Die Steigung und der Achsenabschnitt dieses Modells werden algebraisch transformiert, damit die angepasste Linie mit umgekehrter Achse dargestellt werden kann. Bei diesem Modell wird davon ausgegangen, dass die Unsicherheit der EQR viel geringer ist als die Unsicherheit der Nährstoffkonzentration und die Unsicherheit der EQR bei der Anpassung des Modells minimiert wird.

Modell 3 ist eine orthogonale Regression (Typ 2, *ranged major axis regression RMA*), die aus dem geometrischen Mittelwert der Steigungen von Modell 1 und der algebraisch transformierten Steigung von Modell 2 berechnet wird. Dieses Modell geht davon aus, dass die Unsicherheit der Nährstoffkonzentration und der EQR ähnlich ist, und minimiert die Unsicherheit beider Werte bei der Anpassung des Modells.

Modell 1 weist eine geringere Steigung auf als die algebraisch transformierte Steigung von Modell 2. Abhängig von den Mittelwerten der EQR-Werte und der Nährstoffkonzentration führt dies zu unterschiedlichen vorhergesagten Nährstoffkonzentrationen an den EQR-Grenzen. Die Modelle 1 und 2 stellen einen Bereich möglicher wahrer Modelle dar, während Modell 3 den Durchschnitt dieser Modelle repräsentiert.

Für alle Modelle wurden die oberen und unteren Quantile der Residuen der vorhergesagten Werte (Fehlerterm) berechnet und als gestrichelte Linien in den Diagrammen dargestellt. Wenn das Quantil auf 0,75 gesetzt wird, enthält der Bereich zwischen den gepunkteten Linien 50% der Datenpunkte; diese Linien können zur Schätzung des Bereichs der vorhergesagten Werte verwendet werden.

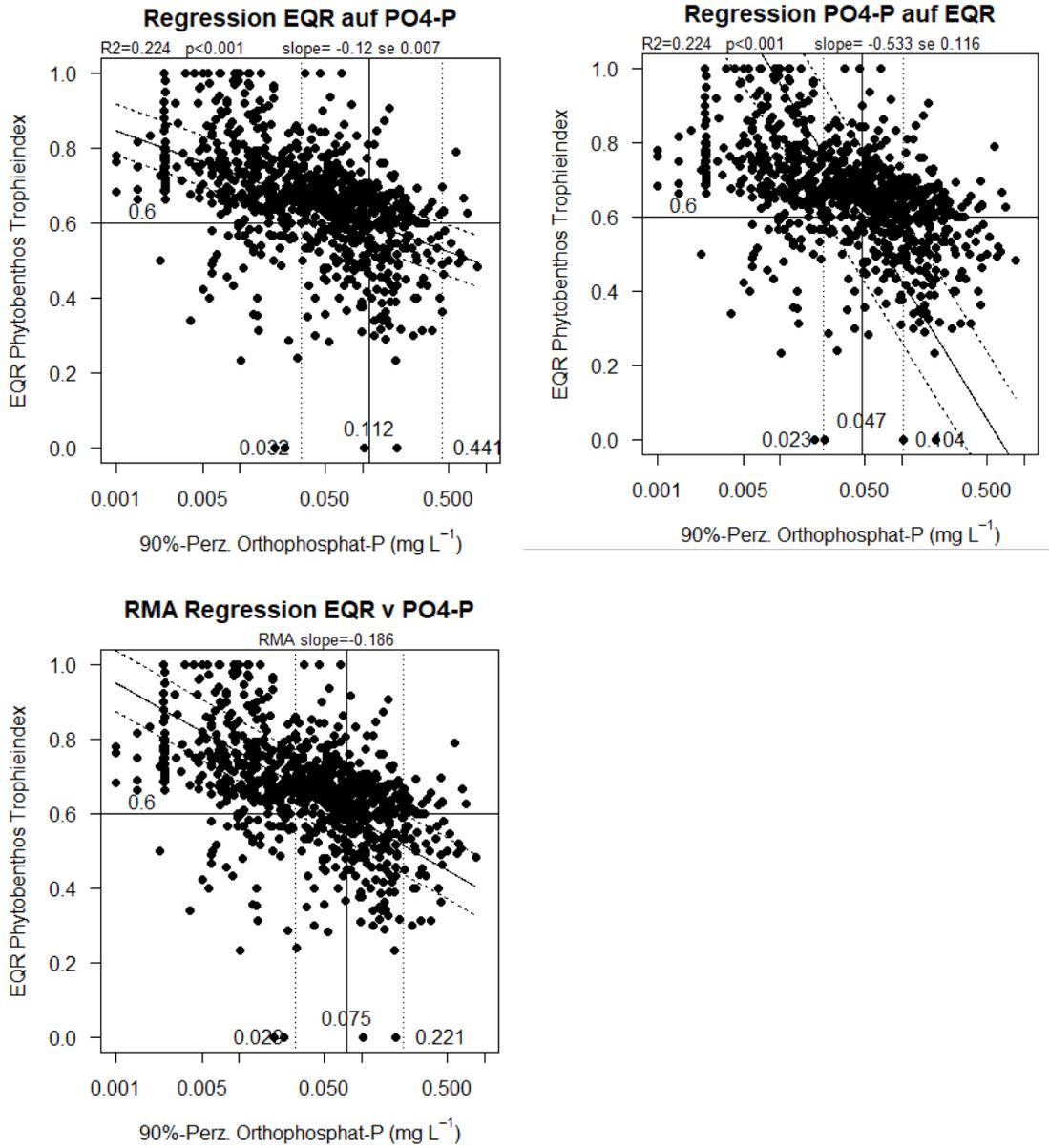
Phillipps et al. (2017) empfehlen, eindeutige Ausreißer vor der Analyse zu identifizieren und auszuschließen. Das kann nach Experteneinschätzung erfolgen. Alternativ liefert die Kalkulationstabelle Hinweise auf Ausreißer, indem jene Datensätze identifiziert werden, die über oder unter ein frei wählbares Perzentil der Residuen fallen. Das obere Quantil ist standardmäßig auf 0,975 eingestellt; jene 5% der Datenpunkte, die außerhalb der orthogonalen Regressionslinie liegen, werden als solche ausgewiesen und sollten als potenzielle Ausreißer überprüft und ggfs. aus den Modellen ausgeschlossen werden. Werte, die das 1,5-fache des Interquartilsbereichs überschreiten, werden im Allgemeinen ebenfalls als Ausreißer betrachtet. Konkret wurden die nach diesen Kriterien ermittelten Vorschläge von potenziellen Ausreißern einzeln in den Regressionsplots geprüft und nach Experteneinschätzung akzeptiert oder verworfen.

Die Ergebnisse der Regressionsanalysen sind tabellarisch (neben jenen der nicht-parametrischen Analysen) in Kapitel 4 wie folgt zusammengefasst:

- Modell 3: pred (*model3*) Bandbreite
- Modell 1 und 2: minimum – maximum [*min (mod1-2) – max (mod1-2)*]

Die grafische Auswertung zeigt die Regressionsplots der drei Regressionsmodelle, wie exemplarisch in Abbildung 4 dargestellt. Die Plots aller Kombinationen von Parametern und Gruppierungen (Bioregion + Grundzustand) finden sich im Anhang (Kapitel 7). Sie schließen auch alternative Berechnungen mit und ohne Berücksichtigung von Daten aus erheblich veränderten Wasserkörpern ein.

Abbildung 4 Exemplarische Darstellung der Plots zu den drei Regressionsmodellen zwischen Orthophosphat-P (als 90%-Perzentil) und dem normierten EQR (Phytobenthos Trophieindex) für die Gruppe A, ohne Differenzierung nach Gruppierungen gemäß Tabelle 7, zur Ableitung der Klassengrenze gut / mäßig



3.1.3 Kategoriale Analyse anhand von Perzentilen

Die kategoriale Analyse beruht auf dem Vergleich der Boxplots, gruppiert nach den Zustandsklassen auf Basis der biologischen Bewertung (nEQR). Innerhalb jeder Klasse werden das 5., 25., 50. (= Median), 75. und 95. Perzentil berechnet. Die Vorschläge für die Klassengrenzen sehr gut / gut (H/G) und gut / mäßig (G/M) werden wie folgt in drei Varianten abgeleitet:

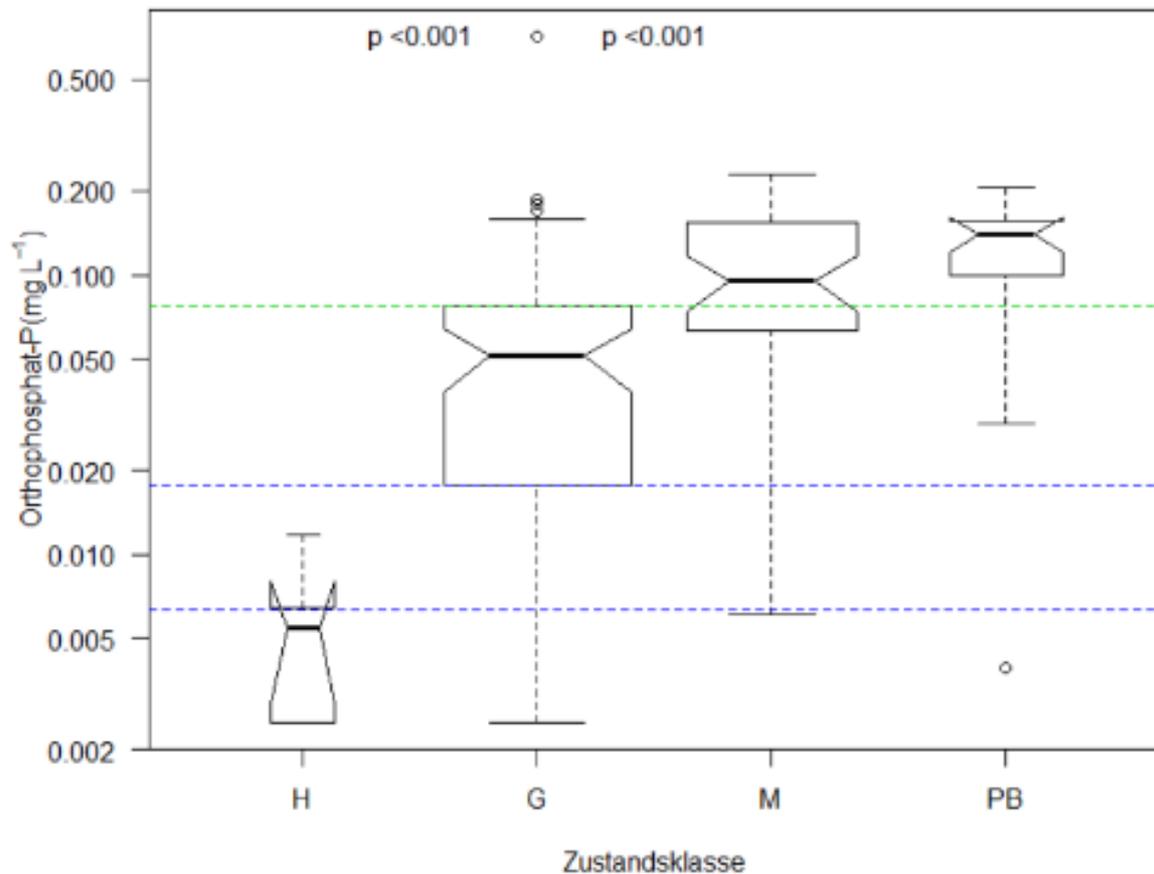
- a) H/G = 75. Perzentil der Klasse H
G/M = 75. Perzentil der Klasse G
- b) H/G = Mittelwert des 75. Perzentil der Klasse H und des 25. Perzentil der Klasse G
G/M = Mittelwert des 75. Perzentil der Klasse G und des 25. Perzentil der Klasse M
- c) H/G = Mittelwert der Mediane der Klassen H und G
G/M = Mittelwert der Mediane der Klassen G und M

Der Tool-kit bietet ergänzend die Möglichkeit eines Signifikanztests der Boxplots anhand des Wilcoxon-Mann-Whitney-Test (U-Test, Abbildung 5).

Die Bandbreite der Auswertungen wird in Kapitel 4 tabellarisch unter *min (cat) – max (cat)* dargestellt.

Die detaillierten Ergebnisse der Analysen werden nicht in diesem Bericht, sondern als **Anlage I** in Form der Excel-Files zur Verfügung gestellt.

Abbildung 5 Gekerbte Boxplots von Orthophosphat-P (als 90%-Perzentil), gruppiert nach den Zustandsklassen (Phytobenthos Trophieindex). Signifikanztest nach Wilcoxon. Die strichlierten Linien markieren die 25%- und 75%-Perzentile, die zur Berechnung von möglichen Klassengrenzen herangezogen werden



3.1.4 Minimum mis-match

Ein anderer non-parametrischer Ansatz besteht darin, einen Schwellenwert des physikalisch-chemischen Parameters festzulegen, der die Diskrepanz zwischen dem ökologischen Zustand und der physikalisch-chemischen Bewertung minimiert. Im Folgenden wird die griffigere englische Bezeichnung *minimum mis-match* verwendet.

Im R-Script des Tool-kit von Phillipps et al. (2017) werden zur Berechnung des *minimum mis-match* Bootstrap-Stichproben und eine LOESS-Kurvenanpassung verwendet. Für die vorliegende Auswertung wurde jedoch auf das Tool in Excel zurückgegriffen, welches eine manuelle Entscheidung über die Kurvenglättung erlaubt und sich bei kleineren Datensätzen als praktikabler erwiesen hat. Die Ergebnisse sind jedoch gerade dann – und

unabhängig von der verwendeten statistischen Berechnungsmethode – weniger robust (Kelly et al. 2021; Phillips et al. 2019) und jedenfalls anhand der anderen Berechnungen zu überprüfen. Abbildung 6 zeigt ein Beispiel der *minimum mis-match* Analyse in Excel, Abbildung 7 zeigt die gleiche Analyse nach dem R-Skript.

Die Ergebnisse sind in den zusammenfassenden Tabellen in Kapitel 4 unter *min.mitchmatch* angeführt, aber auch in den Excel-Files in **Anlage I** enthalten. Die Analysen nach dem R-Skript wurden exemplarisch zur Absicherung der Ergebnisse durchgeführt.

Abbildung 6 Exemplarische Darstellung der Festlegung des *minimum mis-match* (minimale Diskrepanz) zwischen der Bewertung nach der Biologie und der Nährstoffkonzentration (hier für die Grenze gut / mäßig) im Excel-Makro. Eingestellt werden die Bandbreite (Min und Max nutrient) sowie die Anzahl der ‚Bins‘. Der *Minimum mis-match* wird manuell so eingegeben, dass der Schwellenwert am Kreuzungspunkt der beiden Kurven zu liegen kommt

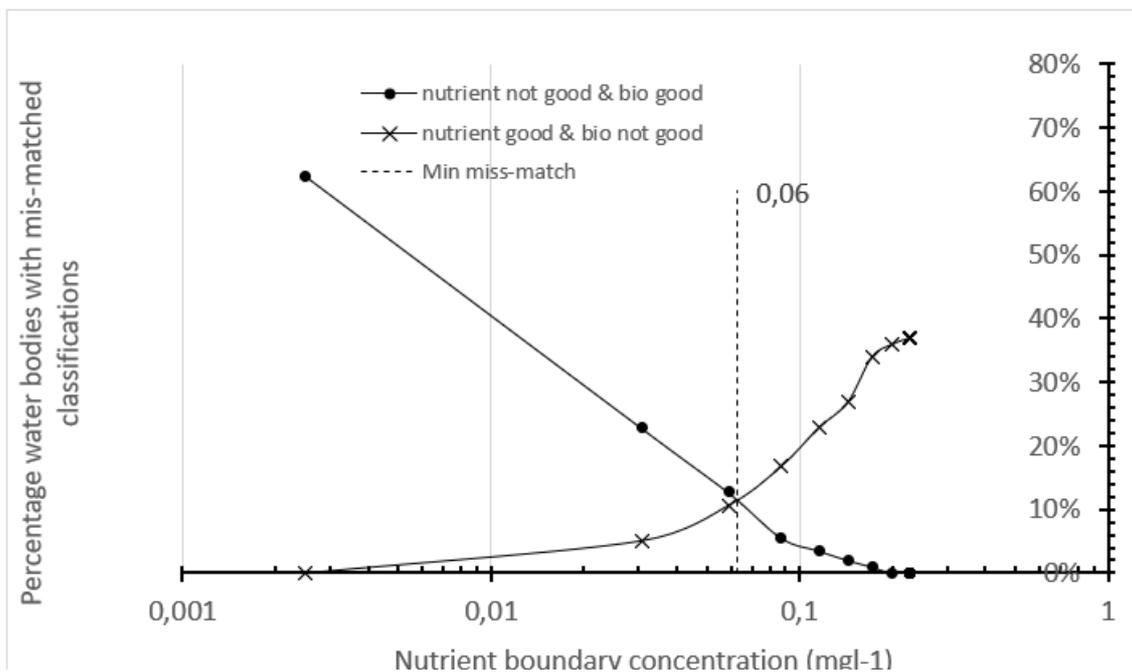
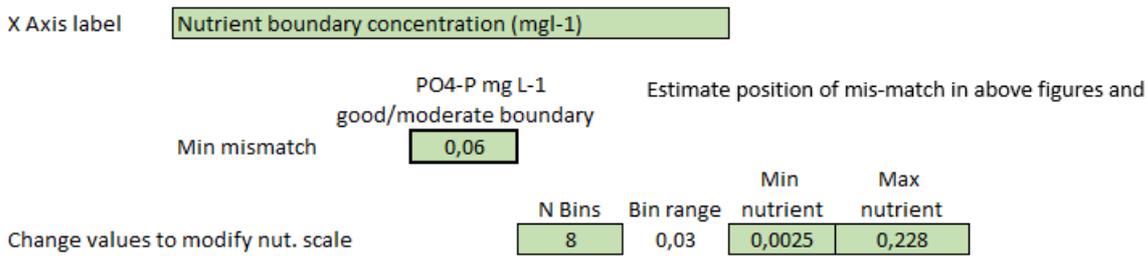
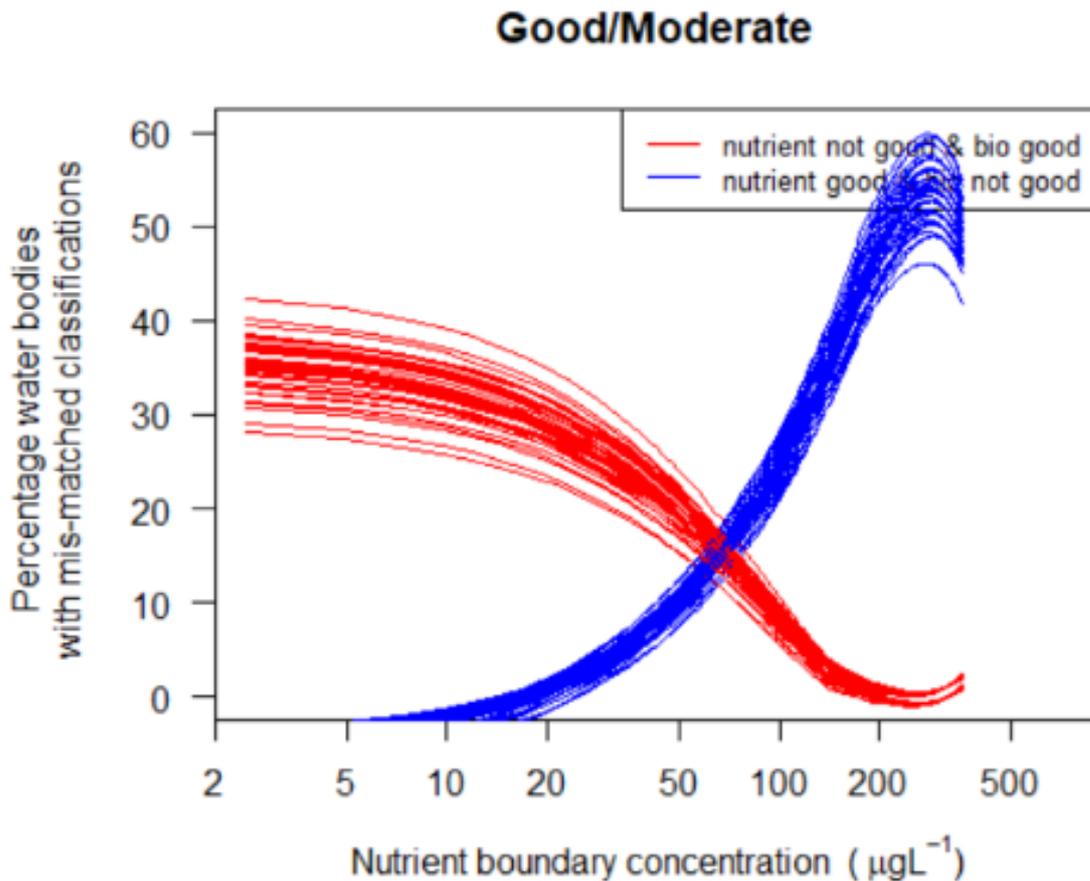


Abbildung 7 Exemplarische Darstellung der Festlegung des *minimum mis-match* (minimale Diskrepanz) zwischen der Bewertung nach der Biologie und der Nährstoffkonzentration (hier für die Grenze gut / mäßig), berechnet anhand des R Scripts. Der Mittelwert der Kreuzungspunkte in den Iterationen (n=50) beträgt $69 \mu\text{g L}^{-1} \text{PO}_4\text{-P}$



3.1.5 Abschließenden Anmerkungen

Die beschriebenen statistischen Verfahren stellen unterschiedliche Ansätze zur Abschätzung von Richt- bzw. Grenzwerten allgemeiner physikalisch-chemischer Parameter dar. Jedes Ergebnis ist mit unterschiedlichen Unsicherheiten behaftet. In Zusammenschau der vorgeschlagenen Werte, können die in der QZV Ökologie OG festgeschriebenen Richtwerte evaluiert werden. Die Verfasserinnen und Verfasser des Tool-kit legen sich nicht grundsätzlich auf die beste oder „richtigste“ Methode fest, Kelly et al. (2021) bieten jedoch einen Entscheidungsbaum, der je nach Variabilität der Daten (Bestimmtheitsmaß R^2) und der Länge des betrachteten Gradienten (Zustandsklasse sehr gut bis schlecht) der einen oder anderen Methode einen gewissen Vorrang gibt. Unabhängig davon weisen die Autorinnen und Autoren im Appendix 2 des Tool-kit auf

eine Sensitivität der kategorialen Methoden hinsichtlich des Schwerpunkts der Datenverteilung in Bezug zur betrachteten Klassengrenze hin. Die Regressionsmodelle sind diesbezüglich robuster und lassen daher plausiblere Ergebnisse erwarten („thus are probably the most reliable methods“). Das trifft auch auf die *minimum-mis-match*-Methode zu („was also little affected by data distributions compared to the other categorical methods, and is preferred to the simpler categorical methods“). Entsprechend wird auch in der vorliegenden Arbeit der Schwerpunkt auf diese beiden Methoden gelegt.

In Kombination aller beschriebenen Analysemethoden sind jedenfalls in den meisten Fällen plausible Werte abzuleiten. Wenn andere Stressoren die Beziehung zwischen Nährstoffen und Biologie stören, können die Auswertungen jedoch zu unrealistischen und wenig aussagekräftigen Ergebnissen führen. Das ist beispielsweise bei hydro-morphologischen Belastungen denkbar. Die Zustandsbewertung anhand des Makrozoobenthos hängt naturgemäß nicht nur von der organischen Belastung (ausgedrückt als BSB₅) ab. In den *pressure – response plots* kann eine solche „Störung“ zu einer keilförmigen (*wedge-shaped*) Verteilung der Datenpunkte führen. Kelly et al. (2021) schlagen in diesen Fällen die Verwendung einer Quantilsregression vor. Dabei handelt es sich um eine Variante der herkömmlichen Regressionsanalyse der kleinsten Quadrate. Während diese darauf abzielt, den Mittelwert der abhängigen Variable für einen bestimmten Wert der unabhängigen Variable vorherzusagen, zielt die Quantilsregression auf die Vorhersage verschiedener Aspekte der statistischen Streuung der Punkte ab.

Für die vorliegende Studie wurde dieser Ansatz jedoch nicht verfolgt. Es wurde jedoch in den Auswertungen zum Makrozoobenthos zwischen erheblich veränderten und natürlichen Gewässern unterschieden, um einen Einfluss signifikanter hydro-morphologischer Belastungen auf die Beziehung zu Nitrat-N und BSB₅ abschätzen zu können. Im Falle der Relation Phytobenthos – Phosphor spielen störende Faktoren eine untergeordnete Rolle.

Ebenfalls nicht verwendet wurde die Tool-kit-Option einer *segmented regression*, bei der nur die linearen Abschnitte für das Regressionsmodell verwendet werden. Dieser Ansatz erwies sich bei Analysen eines gesamteuropäischen Datensatzes als sinnvoll, bei denen ein deutlich größerer Gradient abgedeckt war (Kelly et al. 2021; Poikane et al. 2020). In den Analysen der vorliegenden Studie mit vergleichsweise kurzen Gradienten und oft einem geringen Stichprobenumfang erschien die Frage der linearen Segmente zu unsicher und wurde daher nicht weiterverfolgt.

3.2 Statistische Kenngrößen

Gemäß QZV Ökologie OG erfolgt die Bewertung von Wasserkörpern nach den allgemeinen physikalisch-chemischen Parametern Orthophosphat-P, Nitrat-N und BSB₅ auf Grundlage des 90%-Perzentils. Diese Maßzahl erwies sich in den Auswertungen von Kreuzinger (2005) als robusteste Kenngröße hinsichtlich möglicher Ausreißer. Dem 90%-Perzentil wurde daher gegenüber dem Mittelwert oder Median der Vorrang gegeben.

In der vorliegenden Studie wird eine neuerliche Evaluierung der Kenngrößen vorgenommen. Die Auswertungen erfolgten über drei Ansätze:

1. Ableitung von Klassengrenzen für Mittelwert und Median anhand des Tool-kit von Phillipps et al. (2017) analog zu den Analysen zur Evaluierung der bestehenden Richt-werte für das 90%-Perzentil
Vergleich der Bestimmtheitsmaßes (= erklärte Varianz) in den Typ-2-
Regressionsanalysen → Aussage über die Korrelation mit der biologischen Bewertung
2. Berechnung von Klassengrenzen für Mittelwert und Median über Regressionsanalysen aus Rohdaten sowie aus den prognostizierten Klassengrenzen
Vergleich des Bestimmtheitsmaßes der Regressionen → Aussage über die Variabilität der Bewertung und damit die Wahrscheinlichkeit von Abweichungen gegenüber der derzeitigen Bewertung anhand von 90%-Perzentilen
3. Bewertung ausgewählter Zeitreihen anhand des 90%-Perzentils und anhand des Mittelwerts (exemplarisch für Orthophosphat-P)
Vergleich der Bewertungsergebnisse → Aussage über Abweichungen gegenüber der derzeitigen Bewertung anhand des 90%-Perzentils

3.3 Richtwert versus Grenzwert

Als Richtwert wird eine Konzentration (im Mittel, als Median oder als 90%-Perzentil) angesehen, dessen Überschreitung nicht automatisch als Zielverfehlung anzusehen ist. Demgegenüber löst eine Überschreitung eines Grenzwerts automatisch einen mäßigen oder schlechteren Zustand aus. Gemäß QZV Ökologie OG sind nur die Klassengrenzen für den sehr guten ökologischen Zustand als Grenzwert definiert, während die Klassengrenzen für den guten ökologischen Zustand Richtwerte sind.

Überlegungen zu Klassengrenzen als Grenzwerte, deren Überschreitung zwingend eine Zielverfehlung bedeutet, beruhen wie der Tool-kit von Phillips et al. (2018) auf einem Vergleich von Abweichungen in der biologischen und physikalisch-chemischen Bewertung, verfolgt aber nicht den Ansatz des *minimum mis-match*, da dies zu einer merklichen Verschlechterung in der Bewertung vieler Oberflächenwasserkörper in Österreich führen würde. Im Detail wird die Herangehensweise in Kapitel 4.3 erläutert.

4 Datenanalysen

4.1 Evaluierung bestehender Richtwerte

4.1.1 Orthophosphat-P

Die nach dem Tool-kit berechneten Werte der drei verschiedenen Modellansätze sind in Tabelle 13 zusammengefasst. Keine Werte sind angegeben für

- die Gruppen D (n = 0) und F (n = 5) aufgrund des zu geringen Stichprobenumfangs,
- Gruppen mit nicht-signifikanten Regressionen (nur Gruppe A) und
- Gruppen, für welche die berechneten Werte außerhalb des Datenbereichs liegen

Die Gewässertypen, für die anhand des Tool-kit eine Klassengrenze H/G und G/M abgeleitet werden, reduzieren sich damit auf die größeren und besser abgedeckten Bioregionen bzw. Gruppen. Unter diesen ergeben die Berechnungen tendenziell ansteigende PO₄-P-Konzentrationen mit zunehmend höherem trophischen Grundzustand, was auch dem derzeitigen System in der QZV Ökologie OG entspricht.

Die Auswertung der drei Modelle zeigt, dass die aktuell gültigen Richtwerte für PO₄-P innerhalb der möglichen Bandbreiten, die mit den kategorialen Methoden ermittelt wurden, liegen. Da diese Bandbreiten meist sehr groß sind und teilweise auch unplausible Werte einschließen (z.B. Richtwerte für Orthophosphat-P über 1 mg L⁻¹), wird im Folgendem vorrangig auf die Regressionsmodelle und die *minimum-mis-match*-Methode verwiesen.

Auffällig ist, dass die derzeit gültigen Richtwerte gemäß QZV Ökologie OG für die Grenze sehr gut / gut zumeist höher sind als die aus dem Regressionsmodell abgeleiteten PO₄-P-Werte. Das gilt auch für die nach der *minimum-mis-match*-Methode berechneten Werte und bedeutet, dass ein sehr guter biologischer Zustand (Trophieindex Phytobenthos) nur selten mit einem guten oder schlechteren physikalisch-chemischen Zustand (Orthophosphat-P) zusammenfällt. Anders ausgedrückt: die aktuellen Richtwerte overrulen die biologische Bewertung zu selten. Sie liegen auch außerhalb der Bandbreite

der Regressionsmodelle 1 und 2, jedoch (mit einer Ausnahme) innerhalb der Bandbreite der kategorialen Methode [min (cat) – max (cat)].

Eine etwas bessere Übereinstimmung ist für die Grenze G/M in der Gruppe B gegeben, allerdings bei geringer Sicherheit des Regressionsmodells ($p=0,028$ bei $n=17$). Für die Gruppen G und H decken sich in etwa die aktuell gültigen und die Prognosewerte; die QZV-Richtwerte liegen im unteren Bereich der Bandbreite wahrscheinlicher Grenzwerte. Geringfügig zu hoch erscheinen die G/M-Richtwerte in den Gruppen E und I, wobei in letzterer Gruppe einige schwer erklärbare Datensätze (z.B. mit sehr niedrigen PO_4 -P-Konzentrationen als 90%-Perzentil und niedrigen PHB-TI-nEQR-Werten) eine hohe Variabilität und Unsicherheit des Berechnungsergebnisses bewirken. Wie bei der Analyse für die Grenze H/G passen die Ergebnisse des Typ-2-Regressionsmodells und die Ableitung nach der Methode des *minimum mis-match* mehrheitlich gut zueinander. Die Bandbreite der einfachen kategorialen Methoden [min (cat) – max (cat)] ist, wie erwähnt, sehr groß und umfasst alle derzeit gültigen Richtwerte.

Insgesamt können die Analysen *grosso modo* als Bestätigung der derzeitigen Orthophosphat-P-Werte gemäß QZV Ökologie OG angesehen werden. Der Umstand, dass die aktuellen H/G-Klassengrenzen über den berechneten Werten der Regressionsanalysen, aber im Wesentlichen innerhalb der Bandbreite der kategorialen Analyse, die G/M-Klassengrenzen aber durchaus im Bereich der berechneten Bandbreiten liegen, spiegelt das österreichische Konzept von Grenzwerten für den sehr guten und Richtwerten für den guten Zustand wider.

Eine abschließende Analyse wurde mit Ausschluss der erheblich veränderten Wasserkörper durchgeführt. Sie führte aber zu keinen signifikanten Verschiebungen der berechneten Werte und wird deshalb weder in der Tabelle 13 noch im Anhang grafisch dargestellt.

Tabelle 13 Vergleich der Richtwerte gemäß QZV Ökologie OG für die Orthophosphat-P-Konzentration (als 90%-Perzentil über mindestens 10 Termine pro Jahr, in mg L⁻¹) in den Phosphat-Gruppen A bis I (siehe Tabelle 7) mit den Berechnungen anhand des Tool-kit von Philipps et al. (2017)

Gruppe	H/G										G/M						
	r	p	n	QZV	pred (model3)	min (mod1-2)	max (mod1-2)	min (cat)	max (cat)	min.mismatch	QZV	pred (model3)	min (mod1-2)	max (mod1-2)	min (cat)	max (cat)	min.mismatch
A	0,44	<0,001	55	0,007	0,002	0,001	0,005	0,001	0,009	0,002	0,015	0,025	0,009	0,038	0,004	0,082	0,017
B	0,53	0,028	17	0,010	–	–	–	–	–	–	0,020	0,022	0,021	0,022	0,008	0,069	0,021
C	0,36	0,004	60	0,010	0,002	0,001	0,005	0,001	0,010	0,002	0,030 0,04	–	–	–	–	–	–
E	0,65	<0,001	197	0,020	0,007	0,005	0,015	0,002	0,028	0,006	0,050	0,041	0,037	0,044	0,017	0,115	0,063
G	0,57	<0,001	68	0,030 0,040	0,011	0,010	0,021	0,004	0,035	0,010	0,080	0,130	0,053	0,165	0,028	0,327	0,150
H	0,34	<0,001	191	0,050 0,060	0,010	0,005	0,039	0,002	0,063	0,009	0,090 0,100	0,216	0,064	0,397	0,041	1,211	0,130
I	0,41	<0,001	301	0,070	0,003	0,001	0,034	0,001	0,075	0,004	0,150 0,200	0,099	0,076	0,114	0,030	0,514	0,100

r = Pearson-Korrelationskoeffizient, p = Signifikanzniveau, n = Stichprobenumfang (nach Ausschluss von Aus-reißern), QZV = Richtwert nach Qualitätszielverordnung Ökologie Oberflächengewässer, H/G = Klassen-grenze sehr gut / gut, G/M Klassengrenze gut / mäßig, pred (model3) = Prognosewert nach dem Typ-2-Regressionsmodell (*ranged major axis RMA*), min / max (model 1-2) = niedrigerer / höherer Prognosewert aus den beiden Typ-1-Regressionsmodellen, min / max (cat) = niedrigster und höchster Wert aus den kategorialen Modellen, *min.mismatch* = Prognosewerte nach der *minimum mis-match*-Methode.

4.1.2 Nitrat-N

Die nach dem Tool-kit berechneten Werte sind in Tabelle 14 zusammengefasst. Wie bei Orthophosphat-P sind bei den Gruppen, für welche die berechneten Werte außerhalb des Datenbereichs zu liegen kommen, keine Werte angegeben. Die Prognosewerte an der Grenze sehr gut / gut in der Gruppe A wurden aus einem Regressionsmodell mit $p=0,088$ abgeleitet und sind aufgrund der hohen Unsicherheit in Klammer gesetzt. Plausible Werte konnten in acht Fällen (je 4 Gruppen für die Klassengrenzen H/G und G/M) berechnet werden.

Ähnlich wie beim Orthophosphat-P ist in Übereinstimmung mit der QZV Ökologie OG ein Anstieg der prognostizierten Werte für die Klassengrenze H/G mit zunehmend höherem saprobiellen Grundzustand erkennbar. Für die Klassengrenzen G/M ist das nicht der Fall.

Ebenfalls wie bei PO_4 -P sind auch für NO_3 -N die Prognosewerte der Klassengrenze H/G nach den Regressionsmodellen und nach der minimum-mis-match-Methode niedriger als die aktuell gültigen Grenzwerte, d.h. die Bewertung an dieser Klassengrenze wird in der Regel durch das Makrozoobenthos und nicht durch die allgemein physikalisch-chemischen Parameter determiniert. Die Gesamtbandbreite der kategorialen Verfahren [min (cat) – max (cat)] schließt die Klassengrenzen H/G in vier von acht Gruppen ein.

Tabelle 14 Vergleich der Richtwerte gemäß QZV Ökologie OG für die Nitrat-N-Konzentration (als 90%-Perzentil über mindestens 10 Termine pro Jahr, in mg L⁻¹) in den Nitrat-Gruppen A bis G (siehe Tabelle 7) mit den Berechnungen anhand des Tool-kit von Phillipps et al. (2017)

Gruppe	H/G										G/M						
	r	p	n	QZV	pred (model3)	min (mod1-2)	max (mod1-2)	min (cat)	max (cat)	min.mismatch	QZV	pred (model3)	min (mod1-2)	max (mod1-2)	min (cat)	max (cat)	min.mismatch
A	0,38	0,088	21	1,0	(0,36	0,32	0,46	0,17	0,70	0,43)	3,0	-	-	-	-	-	-
B	0,40	<0,001	98	1,5	0,69	0,61	0,87	0,25	1,44	0,56	4,0	-	-	-	-	-	-
B*	0,40	<0,001	91	1,5	0,70	0,62	0,89	0,25	1,67	0,60	4,0	3,69	1,30	6,42	0,80	17,2	2,70
C	0,33	0,008	63	2,0	-	-	-	-	-	-	4,0	5,57	2,83	7,28	1,57	30,6	4,20
D	0,53	<0,001	190	2,0	1,08	0,84	1,62	0,50	2,35	0,95	5,5	4,05	2,69	5,19	1,79	11,1	4,40
D*	0,64	<0,001	141	2,0	1,42	1,25	1,90	0,77	2,67	1,18	5,5	4,72	3,49	5,36	2,36	9,73	4,90
E	0,50	<0,001	161	2,5	0,55	0,42	1,17	0,23	1,74	0,67	5,5	2,94	1,97	3,39	1,30	6,83	3,00
E*	0,54	<0,001	89	2,5	0,63	0,49	1,24	0,23	1,83	0,77	5,5	2,99	2,15	3,36	1,33	7,22	4,00
F	0,27	<0,001	271	3,0	1,58	0,55	3,71	0,22	5,00	2,20	5,5	4,08	3,87	4,27	1,58	10,7	4,35
G	0,21	0,029	107	4,0	-	-	-	-	-	-	7,0	-	-	-	-	-	-

Abkürzungen siehe Tabelle 13

* ohne Daten aus erheblich veränderten Wasserkörpern

Auch bei den Klassengrenzen G/M sind die derzeit gültigen Richtwerte tendenziell zu hoch und liegen in drei von vier Fällen außerhalb der nach den OLS-(*ordinary least square*) Regressionsmodellen berechneten Bandbreiten und über dem nach der *minimum-mismatch*-Methode berechneten Prognosewert. Lediglich in der Gruppe C besteht eine gute Übereinstimmung zwischen aktuellem Richtwert und statistisch ermitteltem Prognosewert. Die sehr großen Bandbreiten nach den kategorialen Methoden [min (cat) – max (cat)] mit Obergrenzen von bis zu 30 mg L⁻¹ NO₃-N umfasst wiederum alle Richtwerte.

Hier ist allerdings zu berücksichtigen, dass andere Faktoren als die stoffliche Belastung bei niedrigen NO₃-N-Konzentrationen zu niedrigen EQR-Werten in der biologischen Bewertung führen können. In einem vereinfachten Rechenansatz wurden daher alle Daten aus erheblich veränderten Wasserkörpern, d.h. mit signifikanter hydro-morphologischer Belastung, aus der Analyse herausgenommen. In den Regressionsplots im Anhang (Kapitel 7.2) sind die erheblich veränderten Wasserkörper als rote Symbole hervorgehoben und machen deutlich, dass diese Gruppe eine „Linksverschiebung“ der Regressionsgerade bewirkt und damit zu niedrige Prognosewerte für NO₃-N ergibt (vgl. Anhang Kapitel 7.2.4, z.B. Abbildung zu Gruppe E). Die Berechnungen mit dem reduzierten Datensatz ergaben entsprechend höhere Prognosewerte (Tabelle 14).

4.1.3 BSB₅

Die berechneten Prognosewerte des dritten typspezifisch abgeleiteten Parameters sind in Tabelle 15 zusammengefasst.

Generell ist festzuhalten, dass der Zusammenhang zwischen BSB₅ und Biologie (MZB-SI) wesentlich schwächer ausgeprägt ist als bei PO₄-P vs PHB-TI und NO₃-N vs MZB-SI. Der Pearson-Korrelationskoeffizient in den vier Gruppen B, D, E und F, für die plausible Werte berechnet werden konnten, lag mit einer Ausnahme unter 0,3 (vgl. Regressionsplots im Anhang Kapitel 7.2). Zudem sind typspezifische Unterschiede undeutlicher als bei den zuvor besprochenen Nährstoffparametern.

Ungeachtet dessen fällt auf, dass vor allem die prognostizierten H/G-Klassengrenzen wie zuvor bei PO₄-P und NO₃-N unter den aktuell gültigen Grenzwerten liegen (selbst bei den kategorialen Methoden), d.h. auch hier führt die Bewertung des sehr guten Zustands im Vergleich zur Biologie nur selten zu einem guten oder schlechteren Ergebnis, wenn die Biologie einen sehr guten Zustand indiziert. Bei der Klassengrenze G/M ist die

Übereinstimmung mit den aus der Typ-2-Regression abgeleiteten Werten zumindest bei zwei Gruppen gut, bei anderen liegen die Prognosewerte – so wie generell die nach *minimum mis-match* errechneten Werte – unter den aktuell gültigen Richtwerten, ergäben also eine strengere, d.h. schlechtere Bewertung. Gerade für Richtwerte wären hier etwas strengere Klassengrenzen gerechtfertigt. Die Bandbreite der kategorialen Methoden ist wie bei PO₄-P und NO₃-N groß und schließt die derzeit gültigen Richtwerte mit ein.

Tabelle 15 Vergleich der Richtwerte gemäß QZV Ökologie OG für den BSB₅ (als 90%-Perzentil über mindestens 10 Termine pro Jahr, in mg L⁻¹) in den BSB-Gruppen A bis F (siehe Tabelle 7) mit den Berechnungen anhand des Tool-kit von Philipps et al. (2017)

Gruppe	H/G										G/M						
	r	p	n	QZV	pred (model3)	min (mod1-2)	max (mod1-2)	min (cat)	max (cat)	mis-match	QZV	pred (model3)	min (mod1-2)	max (mod1-2)	min (cat)	max (cat)	mis-match
A	0,14	0,681	11	1,0	–	–	–	–	–	–	2,0	–	–	–	–	–	–
B	0,21	0,072	74	1,5	(1,25	0,97	1,35	0,18	7,47	0,99)	2,5	–	–	–	–	–	–
B*	0,19	0,123	68	1,5	(1,31	0,94	1,44	0,16	8,72	0,95)	2,5	–	–	–	–	–	–
C	0,54	<0,001	54	2,0	–	–	–	–	–	–	3,0	2,91	1,76	3,51	1,23	5,47	2,40
D	0,28	<0,001	175	2,0 2,5	1,05	0,66	1,56	0,30	2,19	1,10	3,5	3,09	1,86	5,56	1,36	13,1	2,75
D*	0,40	<0,001	135	2,0 2,5	1,25	0,94	1,59	0,57	2,16	1,17	3,5	2,70	2,00	3,92	1,55	7,43	2,75
E	0,18	<0,001	500	3,0 3,5	1,48	0,14	2,01	0,04	2,66	1,05	4,0 4,5	2,27	2,22	2,64	0,75	10,9	2,53
E*	0,20	<0,001	406	3,0 3,5	1,33	0,15	1,95	0,04	2,68	0,95	4,0 4,5	2,19	2,18	2,19	0,59	8,69	2,48
F	0,28	0,003	107	4,0	1,34	0,99	2,34	0,61	2,78	1,95	6,0	6,00	2,80	9,10	1,70	16,5	3,45

Abkürzungen siehe Tabelle 13

* ohne Daten aus erheblich veränderten Wasserkörpern

Wie bei Nitrat-N wurden die Prognosewerte auch nach Ausschluss der Daten aus erheblich veränderten Wasserkörpern neu berechnet. Sie liegen in der Gruppe B und E über, in der Gruppe D unter den Prognosewerten auf Basis aller Daten. Das Bild ist also nicht so einheitlich wie bei Nitrat-N, d.h. die hydro-morphologische Belastung hat einen weniger deutlichen Einfluss auf die BSB₅-nEQR.SI-Relation.

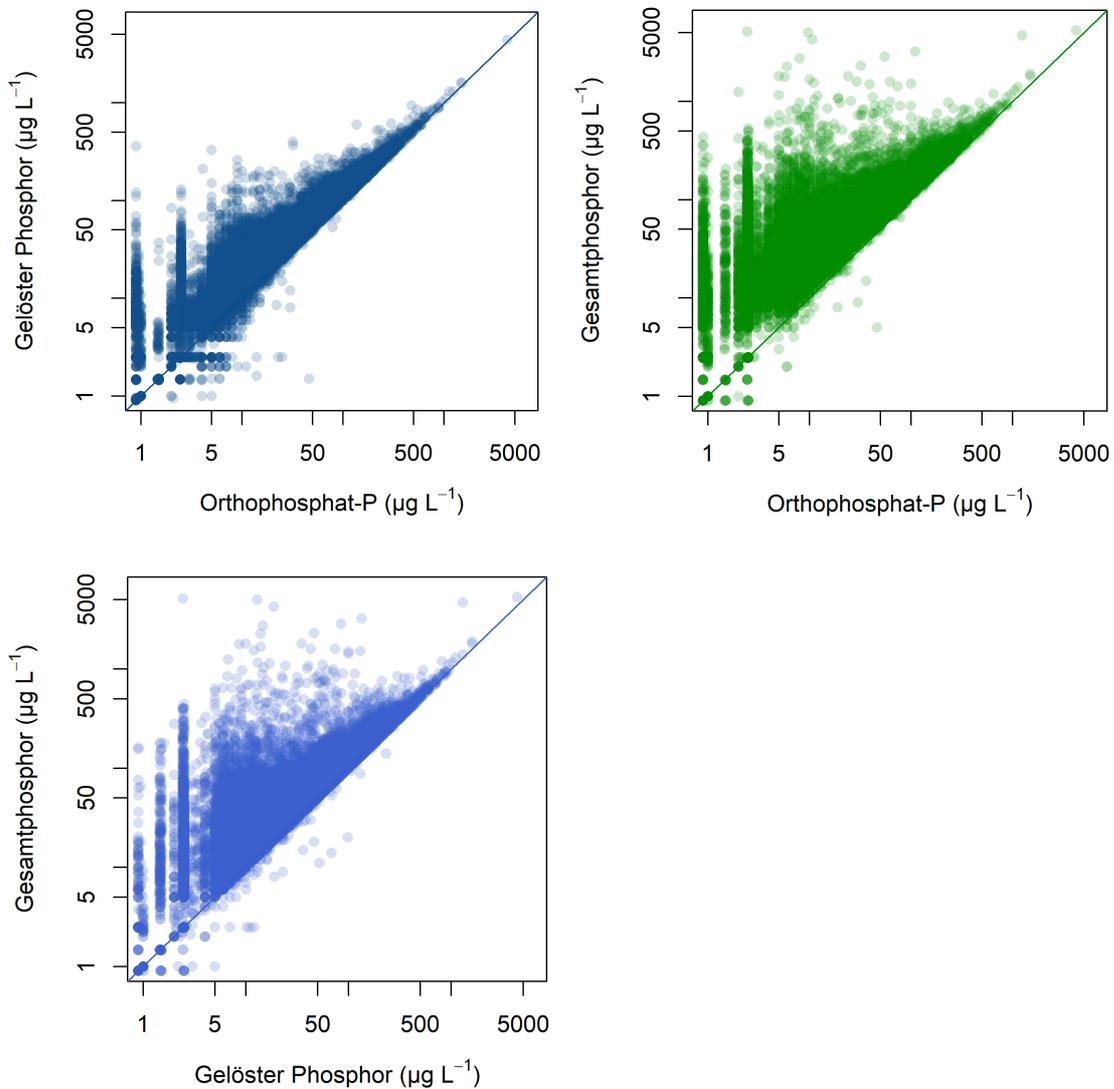
4.1.4 Gesamtphosphor

In vielen EU-Ländern wird nicht nur für Seen, sondern auch für Fließgewässer der Gesamtphosphor zur Bewertung des ökologischen Zustands herangezogen (Phillips & Pitt 2016). In Österreich hingegen wurde 2005 dem Orthophosphat-P als 90%-Perzentil der Vorrang gegeben, da der gesamte unfiltrierte Phosphor oftmals stark mit dem Schwebstoffgehalt korreliert und damit eher das Abflussgeschehen als eine Nährstoffbelastung anzeigt (Kreuzinger 2005). Mit dem erweiterten Datensatz bis 2020 wurde der Parameter Gesamtphosphor TP erneut evaluiert, zunächst anhand von Korrelationsanalysen mit den abfiltrierbaren Stoffen (PM), mit dem gesamten gelösten Phosphor (DP) und dem Orthophosphat-P (PO₄-P).

Auf Basis von Einzelterminen sind die drei Phosphorparameter TP, DP und PO₄-P deutlich miteinander korreliert. Erwartungsgemäß zeigen TP und DP jedoch schon bei niedrigen PO₄-P-Konzentrationen eine höhere Variabilität und können Werte von über 100 µg L⁻¹ erreichen (Abbildung 8). (Dass in den drei Plots bei einigen Datensätzen DP > TP und PO₄-P > DP ist als Analysen- oder Eingabefehler zu werten, hier aber nicht weiter von Bedeutung.)

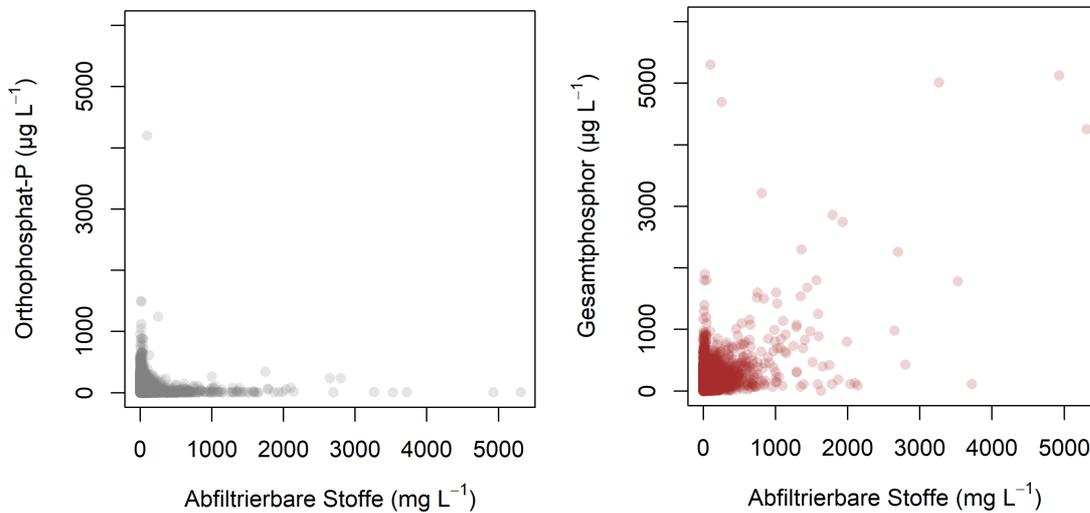
Diese hohe Variabilität spricht nicht grundsätzlich gegen die Verwendung von DP oder TP als Bewertungsparameter, erhöht aber das Risiko von Fehlbewertungen, sprich: vermeintlichen Überschreitungen, die jedoch auf einen möglicherweise nur kurzfristig erhöhten Nährstoffeintrag zurückzuführen sind. Umgekehrt kann es aber auch bei der Verwendung von PO₄-P zu einer Fehlbewertung kommen, da PO₄-P durch verstärkte Aufnahme durch Makrophyten oder Algen (in großen Fließgewässern insbesondere Phytoplankton) reduziert sein kann, was zu einer Unterschätzung der tatsächlichen Belastung führen kann.

Abbildung 8 Korrelation von Orthophosphat-P, gelöstem Phosphor und Gesamtphosphor an Einzelterminen (n=21337)



Der Einfluss des Abflusses auf die TP-Konzentration konnte im ggst. Datensatz erneut indirekt über die abfiltrierbaren Stoffe dokumentiert werden. Gesamtphosphor und abfiltrierbare Stoffe sind signifikant miteinander korreliert (Spearman-Korrelationskoeffizient $r = 0,39$, $p < 0,001$), während $\text{PO}_4\text{-P}$ mit dem Schwebstoffgehalt eine inverse Korrelation zeigt, d.h. hohe $\text{PO}_4\text{-P}$ -Konzentrationen treten bei sehr niedrigen Schwebstoffgehalten und vice versa auf (Abbildung 9).

Abbildung 9 Korrelation von Schwebstoffgehalt (abfiltrierbare Stoffe) und Orthophosphat-P (links) bzw. Gesamtphosphor (rechts) an Einzelterminen (n=21337)



In direkter Gegenüberstellung der Orthophosphat-P- und Gesamtphosphor-Konzentrationen bei Betrachtung einer Datenreihe mit zumindest 10 Terminen pro Jahr und Auswertung als 90%-Perzentil, Mittelwert und Median zeigt sich eine größere Streuung bei niedrigen $\text{PO}_4\text{-P}$ -Konzentrationen. Das Bestimmtheitsmaß R^2 des Regressionsmodells liegt im Vergleich der Mediane ($r^2 = 0,871$) geringfügig höher als im Vergleich der 90%-Perzentile ($r^2 = 0,838$) und der Mittelwerte ($r^2 = 0,857$). Offenbar machten sich bei der Berechnung des 90%-Perzentils Spitzenwerte stärker bemerkbar als bei der Berechnung des Mittelwerts und Medians (Abbildung 10); der Unterschied ist aber nicht gravierend und könnte sich noch verringern, wenn die Regression ausschließlich aus Datensätzen mit 12 Terminen und nicht auch aus solchen mit nur 11 oder 10 Terminen berechnet würde.

In Tabelle 16 sind die Ergebnisse der statistischen Analyse zur Ableitung von TP-Klassengrenzen aus der biologischen Bewertung zusammengefasst. Wie für die drei zuvor diskutierten Parameter zielen die Analysen auf eine möglichst geringe Diskrepanz zwischen (interkalibrierter) biologischer Bewertung und physikalisch-chemischer Bewertung ab. Keine plausiblen Werte konnten für die Gruppen A und C abgeleitet werden. Bei den anderen Gruppen zeigen die Prognosewerte für die Klassengrenze sehr gut / gut (H/G) einen leicht ansteigenden Trend (nach Typ-2-Regressionsmodell: 11-38 $\mu\text{g L}^{-1}$, nach der *minimum-mis-match*-Methode: 10-33 $\mu\text{g L}^{-1}$) mit zunehmendem trophischen Grundzustand, was dem erwarteten Bild entspricht. Beim Orthophosphat-P lagen die entsprechenden Werte in der RMA Regression (Typ 2) bei 2-11 $\mu\text{g L}^{-1}$. Für die

Klassengrenze gut / mäßig (G/M) wurden Werte von 50-303 $\mu\text{g L}^{-1}$ (RMA) bzw. 53-280 $\mu\text{g L}^{-1}$ (*minimum mis-match*) ermittelt. Hier lagen die Vergleichswerte beim Orthophosphat-P (nach RMA ermittelt) bei 22-216 $\mu\text{g L}^{-1}$.

Abbildung 10 OLS-Regression von Ortho-phosphat-P ($\text{PO}_4\text{-P}$) und Gesamtphosphor (TP) als 90%-Perzentil, Mittelwert MW und Median von zumindest 10 Terminen pro Jahr (n=508)

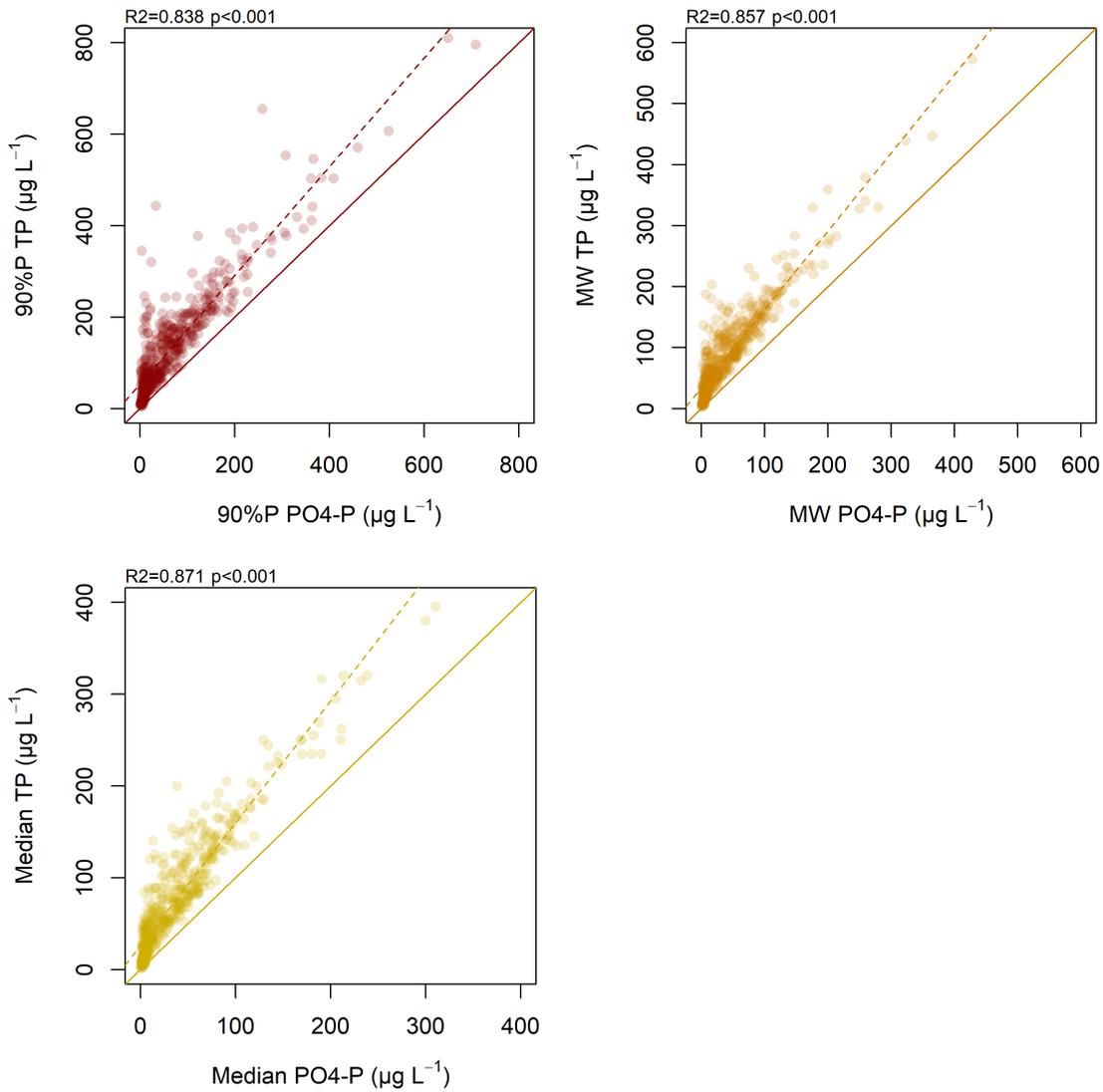


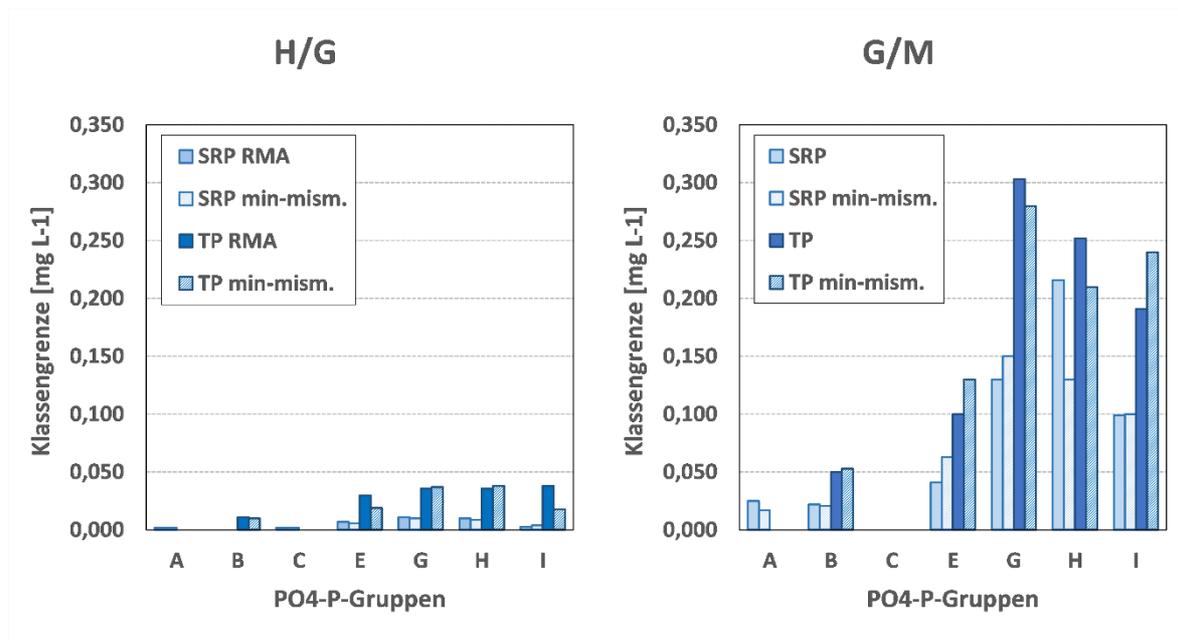
Tabelle 16 Prognostizierte Grenz- und Richtwerte von Gesamtphosphor (als 90%-Perzentil über mindestens 10 Termine pro Jahr, in mg L⁻¹) in den Orthophosphat-Gruppen A bis F (siehe Tabelle 7)

Gruppe	r	p	n	QZV	H/G						G/M						
					pred (model3)	min (mod1-2)	max (mod1-2)	min (cat)	max (cat)	mis-match	QZV	pred (model3)	min (mod1-2)	max (mod1-2)	min (cat)	max (cat)	mis-match
A	0,18	0.179	55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B	0,43	0.086	17	-	0,011	0,005	0,032	0,003	0,061	0,010	-	0,050	0,048	0,051	0,024	0,099	0,053
C	0,18	0.165	61	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E	0,60	<0.001	200	-	0,030	0,020	0,050	0,010	0,078	0,019	-	0,100	0,092	0,107	0,052	0,220	0,130
G	0,51	<0.001	69	-	0,036	0,031	0,067	0,014	0,123	0,037	-	0,303	0,127	0,367	0,078	0,673	0,280
H	0,36	<0.001	212	-	0,036	0,023	0,086	0,010	0,129	0,038	-	0,252	0,124	0,364	0,084	0,758	0,210
I	0,53	<0.001	332	-	0,038	0,019	0,091	0,010	0,134	0,018	-	0,191	0,177	0,203	0,103	0,438	0,240

Abkürzungen siehe Tabelle 13

Wollte man den Parameter Gesamtphosphor zu Bewertung der Nährstoffbelastung in Fließgewässern heranziehen, so empfiehlt es sich allerdings nicht, unkritisch die aus der statistischen Berechnung resultierenden Klassengrenzen zu verwenden. Das zeigt schon der Vergleich mit dem prognostizierten Orthophosphat-P-Klassengrenzen, die nur bedingt mit den QZV-Werten übereinstimmen (siehe Tabelle 13 sowie nachfolgendes Kapitel 4.1.5). Plausibler erscheint es, die Relation der Prognosewerte für Orthophosphat-P und TP auf die aktuell gültigen QZV-Werte für PO₄-P umzulegen. Im Median liegen die prognostizierten H/G-Klassengrenzen für TP um den Faktor 4 über jenen für PO₄-P, an der Klassengrenze G/M beträgt der Faktor etwa 2.

Abbildung 11 Vergleich der prognostizierten Klassengrenzen sehr gut / gut (H/G, Grenzwert) und gut / mäßig (G/M, Richtwert) nach dem Typ-2-Regressionsmodell (RMA) und nach der minimum-mis-match-Methode für Orthophosphat-P (SRP) und Gesamtphosphor (TP) in den Gruppen nach Tabelle 7



Diese Faktoren entsprechen auch den Werten, die sich aus dem Regressionsmodell auf Grundlage der 90%-Perzentile (Abbildung 10 links oben) errechnen lassen:

```
lm(formula = TP_90%P ~ PO4P_90%P
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) 53.16010    2.72351   19.52 <2e-16 ***
SRP_perc    1.18943    0.02328   51.10 <2e-16 ***
Residual standard error: 48.78 on 506 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.8377, Adjusted R-squared: 0.8373
F-statistic: 2611 on 1 and 506 DF, p-value: < 2.2e-1
```

Für PO₄-P-Werte von 20 bzw. 50 µg L⁻¹ errechnen sich nach diesem Regressionsmodell TP-Konzentrationen von 77 g L⁻¹ (Faktor 3,8) bzw. 113 µg L⁻¹ (Faktor 2,3).

Ausgehend von diesen Faktoren – rund 4 für die Klassengrenze H/G, rund 2 für die Klassengrenze G/M – könnten nun zwar Grenz- und Richtwerte für Gesamtphosphor analog zur Anlage H der QZV Ökologie OG abgeleitet werden, die Problematik der Korrelation mit Abfluss und Schwebstoffgehalt bliebe jedoch bestehen. Die Verwendung von TP-Klassengrenzen böte gegenüber dem aktuellen Ansatz mit der Bewertung anhand der PO₄-P-Konzentrationen keinen Mehrwert, vielmehr wäre bei einer Bewertung auf Basis der TP-Konzentration ein erhöhtes Risiko von Fehlbewertungen gegeben. Der einzige Vorteil bestünde darin, dass die Grenz- und Richtwerte gemäß QZV Ökologie OG besser mit Grenzwerten anderer Länder verglichen werden könnten.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die Analysen (insbesondere Abbildung 9) die Bedenken von Kreuzinger (2005) bzw. Kreuzinger (2007b) gegenüber der Verwendung des Gesamtphosphors zur ökologischen Bewertung einer Nährstoffbelastung in österreichischen Fließgewässern bestätigen. **Die Ableitung von Klassengrenzen analog Anlage H der QZV Ökologie OG ist für den Parameter Gesamtphosphor möglich, wird jedoch nicht empfohlen.**

4.1.5 Resümee Orthophosphat-P, Nitrat-N und BSB₅

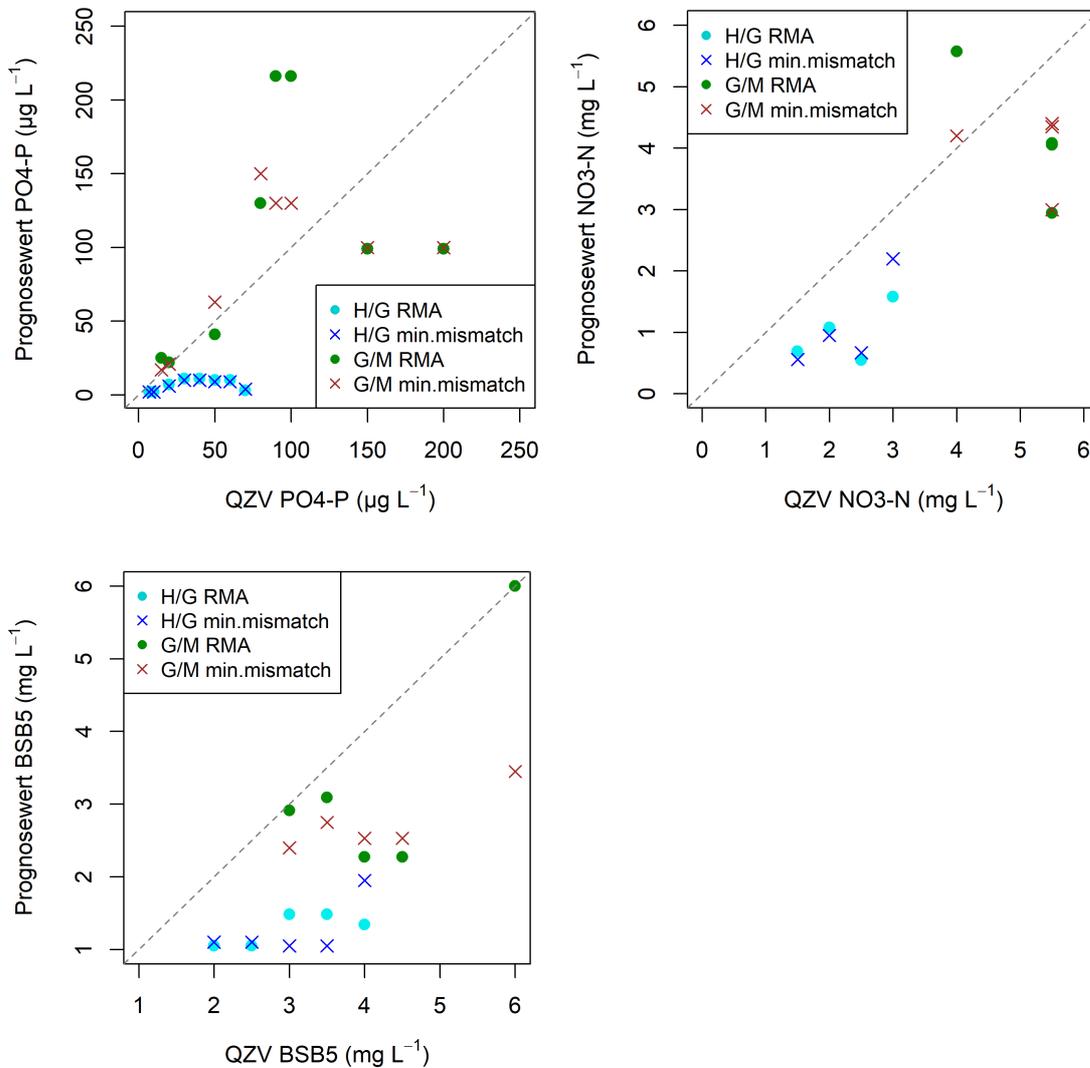
Zusammenfassend konnten für alle drei Parameter mit typspezifischen Klassengrenzen (PO₄-P, NO₃-N, BSB₅) signifikante Korrelationen mit dem Trophie- bzw. dem Saprobienindex nachgewiesen werden, wenn auch nicht für alle Gruppen, d.h. für alle Kombinationen von Bioregion und trophischem / saprobiellem Grundzustand.

Beim Orthophosphat-P (als 90%-Perzentil) war die Korrelation mit der Biologie (als normierter EQR für den Phytobenthos-Trophieindex) besser als bei Nitrat-N und deutlich

besser als bei BSB₅ in der Korrelation mit dem nEQR für den Makrozoobenthos-Saprobienindex.

Die derzeit gültigen Grenzwerte gemäß QZV Ökologie OG (Abbildung 12) für den sehr guten Zustand liegen durchwegs deutlich über den prognostizierten Klassengrenzen für den sehr guten Zustand nach dem Typ-2-Regressionsmodell wie auch nach der *minimum-mis-match*-Methode, aber überwiegend innerhalb der Bandbreite nach der kategorialen Analyse. Es ergibt sich daraus ein geringes Risiko einer Zielverfehlung anhand von PO₄-P, NO₃-N und BSB₅, wenn die Biologie einen sehr guten Zustand indiziert. Das ist insofern schlüssig, als die QZV-Grenzen für den sehr guten Zustand als Grenzwerte zu verstehen sind. Gemäß Erlass des BMLFUW vom 22.12.2011 ist bei Überschreitung der H/G-Grenzwerte eben dieser sehr gute ökologische Zustand nicht mehr gegeben, selbst wenn die Biologie dies indiziert. Die Analysen zeigen, dass dies nur sehr selten auftritt (Näheres dazu siehe Kapitel 4.3).

Abbildung 12 Vergleich der Klassengrenzen sehr gut / gut (H/G, Grenzwert) und gut / mäßig (G/M, Richtwert) gemäß QZV, nach dem Typ-2-Regressionsmodell (RMA) und nach der *minimum-mis-match*-Methode. Die verschiedenen Symbole repräsentieren unterschiedliche Gruppen von Gewässertypen



Zur Veranschaulichung dieses Risikos einer Abweichung wurde der gesamte Datensatz sowohl nach dem jeweils relevanten EQR (PHB-TI und MZB-SI) als auch nach dem entsprechenden physikalisch-chemischen Parameter bewertet. Der Anteil der Datensätze (Messstelle-Jahr) mit sehr gutem ökologischen Zustand gemäß Biologie und schlechterem ökologischen Zustand gemäß Chemie beträgt je nach Parameter 12-23% ohne Berücksichtigung der großen Flüsse und 4-16% bei ausschließlicher Berücksichtigung der großen Flüsse (Tabelle 17 bis Tabelle 20). Berücksichtigt man bei den biologischen Bewertungen jeweils die Gesamtbewertung, d.h. bei den Algen neben dem Trophieindex

auch noch den Referenzartenindex und Saprobienindex und beim Makrozoobenthos die Multimetrischen Indices zeigen sich beim Orthophosphat-P Unterschiede. Der Anteil der Datensätze mit sehr gutem ökologischen Zustand gemäß Biologie und schlechterem ökologischen Zustand gemäß Chemie reduziert sich auf 7% (Tabelle 20).

An der Klassengrenze gut /mäßig (G/M) zeigen die Analysen zumindest eine grobe Übereinstimmung von QZV- und Prognosewerten (Abbildung 12). Es kann demnach öfters vorkommen, dass ein von der Biologie als gut ausgewiesener Wasserkörper nach den physikalisch-chemischen Parametern als mäßig oder schlechter bewertet wird. Auch das ist insofern schlüssig, als es sich hier um Richtwerte handelt, d.h. eine Überschreitung der physikalisch-chemischen Parametern an der Klassengrenze G/M kann toleriert werden und ist nicht automatisch als Zielverfehlung anzusehen.

In der vergleichenden Auswertung des gesamten Datensatzes beträgt der Anteil der Messstellen-Jahre mit zumindest gutem ökologischen Zustand gemäß Biologie und schlechterem ökologischen Zustands gemäß Chemie beim Orthophosphat-P 10% (große Flüsse) bzw. 23% (sonstige Fließgewässer) und liegt damit erwartungsgemäß über dem zuvor genannten Anteil an der Klassengrenze H/G. Bei Nitrat-N und BSB₅ ist der Anteil hingegen niedriger (Tabelle 17 bis Tabelle 20). Diese Zahlen beziehen sich auf den Vergleich der physikalisch-chemischen Bewertung mit dem Trophie- bzw. Saprobienindex. Stellt man die Bewertung anhand der physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten der biologischen Gesamtbewertung gegenüber, so ist der Anteil der Abweichungen zumeist geringer. Fasst man alle drei betrachteten physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten und beide biologische Qualitätskomponenten zusammen, so ergeben erstere bei den großen Flüssen in 2% der Fälle einen mäßigen Zustand, während die Biologie einen guten Zustand indiziert. Bei den übrigen Fließgewässern ist die Abweichung mit 14% (Biologie sieht gut, PhysChem gut) bzw. 20% (Biologie gut, PhysChem mäßig) größer.

Der Unterschied im Bewertungsansatz für den sehr guten und guten ökologischen Zustand würde eine Anpassung der aktuell gültigen QZV-Richtwerte, d.h. der Klassengrenzen gut /mäßig durchaus rechtfertigen. Andererseits ist die Bandbreite der Ergebnisse in den verschiedenen Modellansätzen zumeist groß genug, um die bestehenden Richtwerte einzuschließen; auch sind die relativ großen Konfidenzintervalle der Regressionsmodelle zu berücksichtigen. Es erscheint daher nicht gerechtfertigt, die bestehenden Klassengrenzen – die zudem in Österreich gut etabliert sind – auf Grundlage der geführten Datenanalysen mit einem deutlich erweiterten Datensatz zu verändern. **Sofern weiterhin**

das 90%-Perzentil als Bewertungskenngröße verwendet werden soll (siehe dazu Kapitel 4.2) und die Klassengrenze gut / mäßig als Richtwert verstanden wird (siehe dazu Kapitel 4.3), können die bestehenden Klassengrenzen für die drei Parameter Orthophosphat-P, Nitrat-N und BSBS5 beibehalten bleiben.

Tabelle 17 Übereinstimmung von Zustandsbewertungen anhand der Biologie (EQR PHB-TI) und des 90%-Perzentils der Orthophosphat-P-Konzentration gemäß den aktuell gültigen typspezifischen Grenzwerten (sehr gut/gut) bzw. Richtwerten (gut/mäßig)

Ohne große Flüsse		Ökologischer Zustand Biologie (EQR PHB-TI)				
		sehr gut	gut	mäßig	unbefriedigend	schlecht
Ökologischer Zustand 90%-Perz. PO ₄ -P	sehr gut	71	201	45	5	2
	gut	10	124	45	5	1
	mäßig – schlecht	5	95	78	25	

Ohne große Flüsse		Ökologischer Zustand Biologie (EQR PHB-TI)				
		sehr gut	gut	mäßig	unbefriedigend	schlecht
Ökologischer Zustand 90%-Perz. PO ₄ -P	sehr gut	27	88	5		
	gut	1	30	16		1
	mäßig – schlecht		13	8		

Die Schattierung zeigt an, ob die Bewertung nach physikalisch-chemischen Parametern besser (hellblau), gleich (hellgrün) oder schlechter (hellorange) als nach der Biologie ausfällt.

Tabelle 18 Übereinstimmung von Zustandsbewertungen anhand der Biologie (EQR MZB-SI) und des 90%-Perzils der Nitrat-N-Konzentration gemäß den aktuell gültigen typspezifischen Grenzwerten (sehr gut/gut) bzw. Richtwerten (gut/mäßig)

Ohne große Flüsse		Ökologischer Zustand Biologie (EQR MZB-SI)				
		sehr gut	gut	mäßig	unbefriedigend	schlecht
Ökologischer Zustand 90%-Perz. NO ₃ -N	sehr gut	96	162	35	8	2
	gut	23	149	87	24	1
	mäßig – schlecht	6	67	55	16	3

Große Flüsse		Ökologischer Zustand Biologie (EQR MZB-SI)				
		sehr gut	gut	mäßig	unbefriedigend	schlecht
Ökologischer Zustand 90%-Perz. NO ₃ -N	sehr gut	31	82	10		
	gut	6	48	11	1	
	mäßig – schlecht		3			

Die Schattierung zeigt an, ob die Bewertung nach physikalisch-chemischen Parametern besser (hellblau), gleich (hellgrün) oder schlechter (hellorange) als nach der Biologie ausfällt.

Tabelle 19 Übereinstimmung von Zustandsbewertungen anhand der Biologie (EQR MZB-SI) und des 90%-Perzils des BSB₅ gemäß den aktuell gültigen typspezifischen Grenzwerten (sehr gut/ gut) bzw. Richtwerten (gut/mäßig)

Ohne große Flüsse		Ökologischer Zustand Biologie (EQR MZB-SI)				
		sehr gut	gut	mäßig	unbefriedigend	schlecht
Ökologischer Zustand 90%-Perz. BSB ₅	sehr gut	110	312	124	35	5
	gut	13	54	38	6	
	mäßig – schlecht	2	10	15	7	1

Große Flüsse		Ökologischer Zustand Biologie (EQR MZB-SI)				
		sehr gut	gut	mäßig	unbefriedigend	schlecht
Ökologischer Zustand 90%-Perz. BSB ₅	sehr gut	34	124	18	1	
	gut	3	8	2		
	mäßig – schlecht			1		

Die Schattierung zeigt an, ob die Bewertung nach physikalisch-chemischen Parametern besser (hellblau), gleich (hellgrün) oder schlechter (hellorange) als nach der Biologie ausfällt.

Tabelle 20 Anteile der Datensätze (Jahre), in denen eine Bewertung anhand der allgemeinen physikalisch-chemischen Parameter (PhysChem) nach den derzeit gültigen Grenz- und Richtwerten gemäß QZV Ökologie OG eine schlechtere Bewertung ergab als nach der biologischen Zustandsbewertung

Zustandsklassen	PO ₄ -P		NO ₃ -N		BSB ₅		Biologie / PhysChem gesamt	
	o GrFI	GrFI	o GrFI	GrFI	o GrFI	GrFI	o GrFI	GrFI
Biologie 1 (PHB-TI bzw. MZB-SI) und PhysChem 2–5	17%	4%	23%	16%	12%	8%		
Biologie 1 (PHB gesamt bzw. MZB gesamt) und PhysChem 2–5	7%	0%	24%	24%	13%	4%	14%	
Biologie 2 (PHB-TI bzw. MZB-SI) und PhysChem 3–5	23%	10%	18%	2%	3%	0%		
Biologie 2 (PHB gesamt bzw. MZB gesamt) und PhysChem 3–5	17%	1%	12%	2%	2%	0%	20%	2%

o GrFI ... ohne große Flüsse, GrFI ... nur große Flüsse

4.1.6 Sauerstoffsättigung und pH-Wert

Im Gegensatz zu Orthophosphat-P, Nitrat-N und BSB₅ sind für die Sauerstoffsättigung und den pH-Wert keine typspezifischen Grenzwerte für den sehr guten und Richtwerte für den guten ökologischen Zustand definiert, sondern Bandbreiten, die beide Zustandsklassen abdecken, gewissermaßen „Richt-Bandbreiten“.

Bei beiden Parametern muss gemäß QZV Ökologie OG das 90%-Perzentil der Messwerte einer Jahresreihe mit monatlichen Terminen innerhalb einer vorgegebenen Bandbreite liegen. Im Falle der Sauerstoffsättigung ist das der Bereich von 80-120%, beim pH-Wert umfasst die Bandbreite die Werte 6-9.

Im vorliegenden Datensatz lag das 90%-Perzentil der **Sauerstoffsättigung** nur in 40 von 914 Fällen (davon 9 in großen Flüssen) außerhalb der Bandbreite für den guten

ökologischen Zustand (Tabelle 21); das sind rund 4% aller Messstellen-Jahre. Die meisten dieser Messstellen liegen in der Bioregion Östliche Flach- und Hügelländer (FH) und Bayrisch-Österreichisches Alpenvorland (AV), einige auch in der March und Thaya bzw. im Vorarlberger Alpenvorland (VAV). Unterschreitungen des 80%-Richtwerts traten nur in zwei Fällen im Vorarlberger Alpenvorland auf. Die entsprechenden nEQR-Werte auf Basis des Saprobienindex des Makrozoobenthos lagen bei 0,66 (= gut) und 0,48 (= mäßig).

Die meisten Abweichungen vom Richtwert waren demnach Übersättigungen, die auf eine erhöhte Primärproduktion schließen lassen. Alternativ wurde die Sauerstoffsättigung daher auch dem Phytobenthos-Trophieindex gegenübergestellt. Die Verteilung der nEQR-Werte des PHB-TI deutet auf eine schlechtere biologische Bewertung für jene Messstellen-Jahre hin, bei denen das 90%-Perzentil der Sauerstoffsättigung außerhalb der Bandbreite für den guten ökologischen Zustand lag. Der Unterschied der nEQR-Verteilungen in Abbildung 13 erwies sich im Kolmogorov-Smirnov-Test (KS-Test) als signifikant ($p = 0,0039$).

Versuchsweise wurden die Verteilungen auch unter Annahme anderer Grenzen der Bandbreite analysiert und statistisch verglichen. Dabei ergaben sich im KS-Test bei einer höheren Annahme der Untergrenze der Bandbreite (85-95%) Unterschiede mit höherer Signifikanz der Verteilung. Vermutlich ist dies aber eher dem steigenden Stichprobenumfang und damit einer besseren Absicherung der Verteilung der Zielverfehlungen geschuldet als einer tatsächlichen verbesserten Übereinstimmung von biologischer und physikalisch-chemischer Bewertung. Eine Herabsetzung der oberen Grenze der Bandbreite ergibt für 115% zwar noch einen signifikanten Unterschied der Verteilungen (mit geringerer Signifikanz), für 110% ist eine so große Überlappung der Verteilungen gegeben, dass sie im KS-Test nicht mehr signifikant unterschiedlich waren.

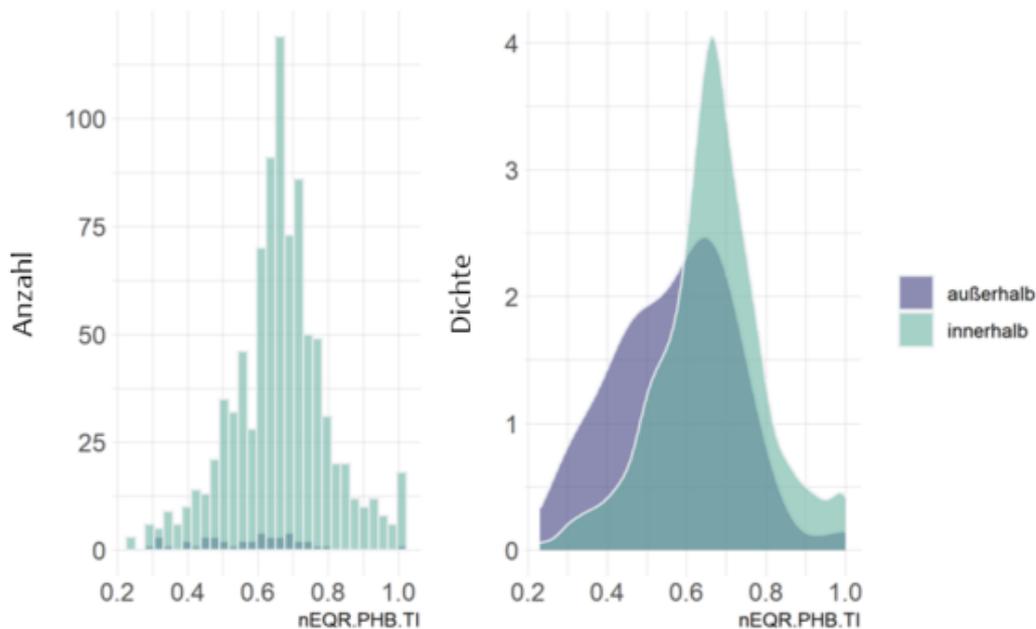
Tabelle 21 Übereinstimmung von Zustandsbewertungen anhand der Biologie (EQR MZB-SI) und des 90%-Perzentils der Sauerstoffsättigung gemäß QZV Ökologie OG (Bandbreite Richtwert gut / mäßig)

Ohne große Flüsse		Ökologischer Zustand Biologie (EQR PMZ-SI)				
		sehr gut	gut	mäßig	unbefriedigend	schlecht
Ökolog. Zust. O2-Sättigung	sehr gut – gut	120	366	161	44	
	mäßig – schlecht	4	8	14	4	1

Große Flüsse		Ökologischer Zustand Biologie (EQR MZB-SI)				
		sehr gut	gut	mäßig	unbefriedigend	schlecht
Ökolog. Zust. O2-Sättigung	sehr gut – gut	38	124	20	1	
	mäßig – schlecht		8	1		

Die Schattierung zeigt an, ob die Bewertung nach physikalisch-chemischen Parametern besser (hellblau), gleich (hellgrün) oder schlechter (hellorange) als nach der Biologie ausfällt.

Abbildung 13 Histogramm (links) und Density-Plot (rechts) der nEQR-Werte auf Basis des PHB-TI für Messstellen mit 90%-Perzentil der Sauerstoffsättigung innerhalb und außerhalb der Bandbreite des guten ökologischen Zustands gemäß QZV Ökologie OG



Die Sauerstoffsättigung mit der bestehenden Bandbreite eignet sich demnach als Parameter nur eingeschränkt zur Bewertung des guten ökologischen Zustands. Auch mit verschobenen Grenzen der Bandbreite ist keine merkliche Verbesserung in der Übereinstimmung zwischen biologischer und physikalisch-chemischer Bewertung des ökologischen Zustands zu erreichen. Das könnte an den hohen tageszeitlichen Schwankungen des Sauerstoffgehalts liegen (bedingt durch geänderte Temperaturlöslichkeit und biologische Aktivität), auch kleinräumige Veränderungen der Sauerstoffsättigung infolge des Austauschs mit der Atmosphäre (Turbulenzen bei hoher Sohlrauigkeit oder stromab von Sohlschwellen) könnten eine Rolle spielen. Beide Faktoren bedingen eine hohe Variabilität dieses Parameters.

Letztlich hat somit die bestehende Bandbreite keinen Mehrwert gegenüber den Bewertungen anhand der Biologie sowie anderer physikalisch-chemischer Parameter, sie erfüllt aber zumindest das Formalerfordernis der EU-WRRL und könnte ebenso als Grenzwert für den guten ökologischen Zustand verstanden werden, ohne eine erhebliche Verschiebung in der Bewertung der OWK in Österreich zu bewirken.

Die Festlegung von Grenzen für den sehr guten Zustand zusätzlich zu bestehenden Bandbreite des guten ökologischen Zustands ist aus den Daten nicht gesichert abzuleiten. Sie wäre nach Einschätzung der Autorinnen und Autoren nur auf Basis von zeitlich deutlich intensivierten Messreihen (z.B. Tagesmessreihe) oder über eine Standardisierung des Messzeitpunkts (z.B. in der Früh am Beginn der Sauerstoffproduktion durch Algen und Makrophyten und/oder am Nachmittag am Höhepunkt der Primärproduktion im Gewässer). Ohne eine solche Reduktion der tageszeitlichen Variabilität kann die Sauerstoffsättigung weiterhin in der vorliegenden Form als schwaches Vorwarnkriterium verwendet werden. Das bedeutet nicht, dass nicht auch detaillierte Festlegungen möglich wären, z.B. engere Grenzen für hochalpine Fließgewässer. Für eine solche Differenzierung, auch für die separate Festlegung von Grenz- und Richtwerten, braucht es jedoch eine andere Datengrundlage, die verstärkt auf die hohe zeitlich-räumliche Variabilität Rücksicht nimmt. Auf der Basis monatlichen Einzelmessungen ist die Festlegung von detaillierteren und typspezifischen Klassengrenzen nicht sinnvoll.

Für die Bewertung der **Versauerung** von Oberflächengewässern beinhaltet die österreichische Methode nach Ofenböck et al. (2019) das Versauerungsmodul, das auf Säure-index-Einstufungen nach Braukmann & Biss (2004) beruht. Es wird dann eingesetzt, wenn ein begründeter Verdacht auf sehr niedrige pH-Werte und einen potenziellen Einfluss auf die benthische Lebensgemeinschaft besteht. Dies war in dem zur Verfügung stehenden Datensatz bei keiner Messstelle der Fall, sodass dazu keine Aussage möglich ist. Die chemischen Messungen bestätigen das: in keinem einzigen Fall unterschritt das 90%-Perzentil der Einzelmessungen einen pH-Wert von 6. Umgekehrt lag der pH-Wert nur in zwei Fällen (Ambacher Graben / Wölbling 2010, Thaya / Hardegg 2009) bei bzw. über 9.

Das stellt die Sinnhaftigkeit des pH-Werts als Bewertungsparameter keinesfalls in Frage. Es gibt versauerungsgefährdete Gewässer, beispielsweise im Mühlviertel oder in den Zentralalpen, die lediglich im GZÜV-Datensatz nicht repräsentiert sind (vgl. Abbildung 2). Eine Evaluierung der Bandbreite des pH-Werts müsste daher auf Daten aufbauen, die nicht aus dem Routine-Monitoring, sondern aus Sonderprogrammen in den genannten Regionen entstammen.

4.2 Perzentil vs Mittelwert vs Median

4.2.1 Berechnungen nach Phillipps et al. (2017)

Die derzeitigen Grenz- und Richtwerte gemäß QZV Ökologie beruhen auf dem 90%-Perzentil aus mindestens 12 Terminen; in der vorliegenden Studie wurde die Untergrenze mit 10 Terminen festgesetzt, da sich auch hier das 90%-Perzentil berechnen lässt. In anderen Ländern wird mehrheitlich der Mittelwert oder Median einer Messreihe (teilweise auch eine Einzelmessung) der Bewertung zugrunde gelegt.

In den nachfolgenden Tabellen wurden mögliche / wahrscheinliche Klassengrenzen für den Mittelwert und den Median der Orthophosphat-P-Konzentration (Tabelle 22), der Nitrat-N-Konzentration (Tabelle 23) und des BSB₅ (Tabelle 24) anhand der von Phillipps et al. (2017) vorgeschlagenen statistischen Verfahren berechnet. Wie zuvor bei den Berechnungen für das 90%-Perzentil konnten nicht für alle Kombinationen von Parameter und Bioregion / Grundzustand plausible Werte ermittelt werden. Rechenergebnisse für Klassengrenzen, die außerhalb des Datenbereichs lagen, sowie nicht-signifikante Regressionsmodelle wurden nicht berücksichtigt.

Die erklärte Varianz der Regressionsmodelle für Mittelwert und Median liegt beim Orthophosphat-P nahezu gleich groß wie in den Analysen mit dem 90%-Perzentil (im Mittel 46,6-47,1%), beim Nitrat-N bzw. beim BSB₅ ist die erklärte Varianz bei Verwendung des 90%-Perzentils im Mittel etwas höher (37,4 bzw. 27,2%) als bei Verwendung des Mittelwerts (34,1 bzw. 26,2%) und des Medians (30,1% bzw. 22,2%). Das 90%-Perzentil als Bewertungskenngröße korreliert demnach etwas besser mit der biologischen Bewertung als der Mittelwert und der Median, was für die Beibehaltung des 90%-Perzentils in der Bewertung anhand der drei betrachteten physikalisch-chemischen Parameter spricht.

Tabelle 22 Berechnungen von Grenz- und Richtwerten der Orthophosphat-P-Konzentration als Mittelwert (MW) und Median (Med) über mindestens 10 Termine pro Jahr (in mg L⁻¹) in den Phosphat-Gruppen A bis I (siehe Tabelle 7) anhand des Tool-kit von Phillipps et al. (2017)

Gruppe	H/G									G/M					
	r	p	n	pred (model3)	min (mod1-2)	max (mod1-2)	min (cat)	max (cat)	min.mismatch	pred (model3)	min (mod1-2)	max (mod1-2)	min (cat)	max (cat)	min.mismatch
A MW	0,38	0,004	55	0,001	0,001	0,003	0,000	0,005	0,001	0,014	0,005	0,028	0,003	0,088	0,008
A Med	0,44	<0,001	55	0,001	0,001	0,002	0,000	0,004	0,002	0,009	0,004	0,014	0,003	0,032	0,008
B MW	0,49	0,048	17	–	–	–	–	–	0,004	0,014	0,014	0,014	0,006	0,047	0,012
B Med	0,51	0,036	17	0,002	0,001	0,006	0,000	0,012	0,002	0,012	0,012	0,012	0,005	0,045	0,013
C MW	0,41	0,001	58	0,002	0,001	0,004	0,000	0,006	0,002	–	–	–	–	–	0,033
C Med	0,42	<0,001	60	0,001	0,001	0,003	0,000	0,005	0,001	–	–	–	–	–	0,035
E MW	0,64	<0,001	198	0,005	0,003	0,009	0,001	0,017	0,001	0,026	0,024	0,029	0,012	0,080	0,045
E Med	0,62	<0,001	198	0,003	0,002	0,008	0,001	0,016	0,001	0,024	0,020	0,025	0,009	0,076	0,045
G MW	0,61	<0,001	68	0,007	0,006	0,013	0,003	0,021	0,006	0,079	0,035	0,094	0,018	0,183	0,094
G Med	0,63	<0,001	68	0,006	0,005	0,010	0,002	0,018	0,005	0,066	0,030	0,079	0,016	0,159	0,066
H MW	0,33	<0,001	191	0,006	0,003	0,025	0,001	0,042	0,012	–	–	–	–	–	0,080
H Med	0,25	<0,001	192	–	–	–	–	–	0,013	–	–	–	–	–	0,066
I MW	0,41	<0,001	301	–	–	–	–	–	0,003	0,062	0,046	0,069	0,020	0,313	0,055
I Med	0,39	<0,001	301	–	–	–	–	–	0,004	0,055	0,038	0,060	0,014	0,322	0,068

Abkürzungen siehe Tabelle 13. Der Pearson-Korrelationskoeffizient r entspricht der Wurzel des Bestimmtheitsmaßes und, ausgedrückt in Prozent, dem Anteil der erklärten Varianz.

Tabelle 23 Berechnungen von Grenz- und Richtwerten der Nitrat-N-Konzentration als Mittelwert (MW) und Median (Med) über mindestens 10 Termine pro Jahr (in mg L⁻¹) in den Nitrat-Gruppen A bis G (siehe Tabelle 7) anhand des Tool-kit von Phillipps et al. (2017)

Gruppe	H/G									G/M						
	r	p	n	pred (model3)	min (mod1-2)	max (mod1-2)	min (cat)	max (cat)	min.mismatch	pred (model3)	min (mod1-2)	max (mod1-2)	min (cat)	max (cat)	min.mismatch	
A MW	0,37	0,103	21	0,36	0,32	0,46	0,17	0,70	0,43	–	–	–	–	–	–	
A Med	0,27	0,240	21	0,29	0,27	0,37	0,15	0,48	0,34	–	–	–	–	–	–	
B MW	0,41	<0,001	98	0,25	0,22	0,34	0,08	0,48	0,31	–	–	–	–	–	–	
B Med	0,42	<0,001	98	0,69	0,61	0,87	0,25	1,44	0,56	–	–	–	–	–	–	
C MW	0,25	0,050	63	0,53	0,47	0,66	0,19	1,08	0,50	–	–	–	–	–	–	
C Med	0,20	0,108	63	0,51	0,45	0,63	0,18	1,13	0,47	2,69	0,96	4,86	0,61	12,32	2,05	
D MW	0,52	<0,001	190	–	–	–	–	–	–	5,57	2,83	7,28	1,57	30,62	4,20	
D Med	0,50	<0,001	190	–	–	–	–	–	–	5,15	2,10	7,58	1,20	44,21	3,30	
E MW	0,50	<0,001	160	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
E Med	0,48	<0,001	160	1,08	0,84	1,62	0,50	2,35	0,95	4,05	2,69	5,19	1,79	11,05	4,40	
F MW	0,19	0,002	273	0,84	0,65	1,28	0,37	1,88	0,77	3,23	2,11	4,17	1,37	9,75	3,40	
F Med	0,14	0,017	273	0,80	0,60	1,23	0,33	1,90	0,70	3,07	1,99	4,08	1,28	9,53	3,20	
G MW	0,15	0,135	107	0,55	0,42	1,17	0,23	1,74	0,67	2,94	1,97	3,39	1,30	6,83	3,00	
G Med	0,10	0,301	107	0,42	0,32	0,87	0,17	1,27	0,51	2,08	1,41	2,38	0,93	4,56	2,15	

Abkürzungen siehe Tabelle 13

Tabelle 24 Berechnungen von Grenz- und Richtwerten des BSB₅ als Mittelwert (MW) und Median (Med) über mindestens 10 Termine pro Jahr (in mg L⁻¹) in den BSB-Gruppen A bis F (siehe Tabelle 7) anhand des Tool-kit von Phillipps et al. (2017)

Gruppe	L	p	n	H/G						G/M						
				pred (model3)	min (mod1-2)	max (mod1-2)	min (cat)	max (cat)	min.mismatch	pred (model3)	min (mod1-2)	max (mod1-2)	min (cat)	max (cat)	min.mismatch	
A MW	0,13	0,702	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A Med	0,05	0,873	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B MW	0,12	0,323	74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B Med	0,08	0,475	74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C MW	0,58	<0,001	54	0,57	0,52	0,76	0,37	0,96	0,70	1,97	1,24	2,30	0,91	3,52	1,80	
C Med	0,52	<0,001	54	0,49	0,44	0,71	0,26	0,96	0,70	2,05	1,13	2,44	0,86	3,91	1,60	
D MW	0,29	<0,001	175	0,66	0,41	1,02	0,19	1,43	0,75	2,13	1,23	3,92	0,90	8,09	1,90	
D Med	0,30	<0,001	175	0,58	0,34	0,92	0,14	1,35	0,71	2,05	1,14	3,94	0,81	8,53	1,75	
E MW	0,19	<0,001	500	0,73	0,10	1,38	0,03	1,92	0,77	1,59	1,53	1,81	0,50	6,95	1,80	
E Med	0,14	0,002	500	0,40	0,03	1,29	0,01	1,84	0,75	1,50	1,39	1,76	0,28	11,46	1,70	
F MW	0,26	0,007	107	0,72	0,54	1,67	0,28	2,20	1,30	-	-	-	-	-	-	
F Med	0,24	0,012	107	0,54	0,41	1,58	0,21	2,15	1,15	-	-	-	-	-	-	

Abkürzungen siehe Tabelle 13

4.2.2 Weitere Regressionsanalysen

In Abbildung 14 werden die für alle Messstellen berechneten Mittelwerte, Mediane und 90%-Perzentile exemplarisch für Orthophosphat-P gegeneinander aufgetragen.

Grundsätzlich und erwartungsgemäß besteht zwischen den drei Kenngrößen eine sehr hohe und signifikante Korrelation. In den allermeisten Fällen liegt das 90%-Perzentil über dem Mittelwert und zwangsläufig natürlich auch über dem Median, der ja als 50%-Perzentil definiert ist. Ebenso überschreitet in der Regel der Mittelwert den Median, da einzelne „Ausreißer“ zwar das arithmetische Mittel beeinflussen, für die Berechnung des Medians aber keine Bedeutung haben. Aus der einfachen Gegenüberstellung lässt sich festhalten: Um vergleichbare Bewertungen von Oberflächenwasserkörpern auf Basis der physikalisch-chemischen Messungen zu erzielen, müssen Richt- oder Grenzwerte auf Basis des 90%-Perzentils höher festgelegt werden als solche auf Basis von Mittelwerten; diese wiederum sind höher anzusetzen als Richt- oder Grenzwerte auf Basis von Medianen. Das zeigt sich auch im Vergleich der nach dem Typ-2-Regressionsmodell und der *minimum-mismatch*-Methode prognostizierten Klassengrenzen (Abbildung 15).

Abbildung 14 Regressionen von 90%-Perzentil, Mittelwert und Median der Orthophosphat-Konzentrationen im gesamten Datensatz aller Jahreswerte (n=825)

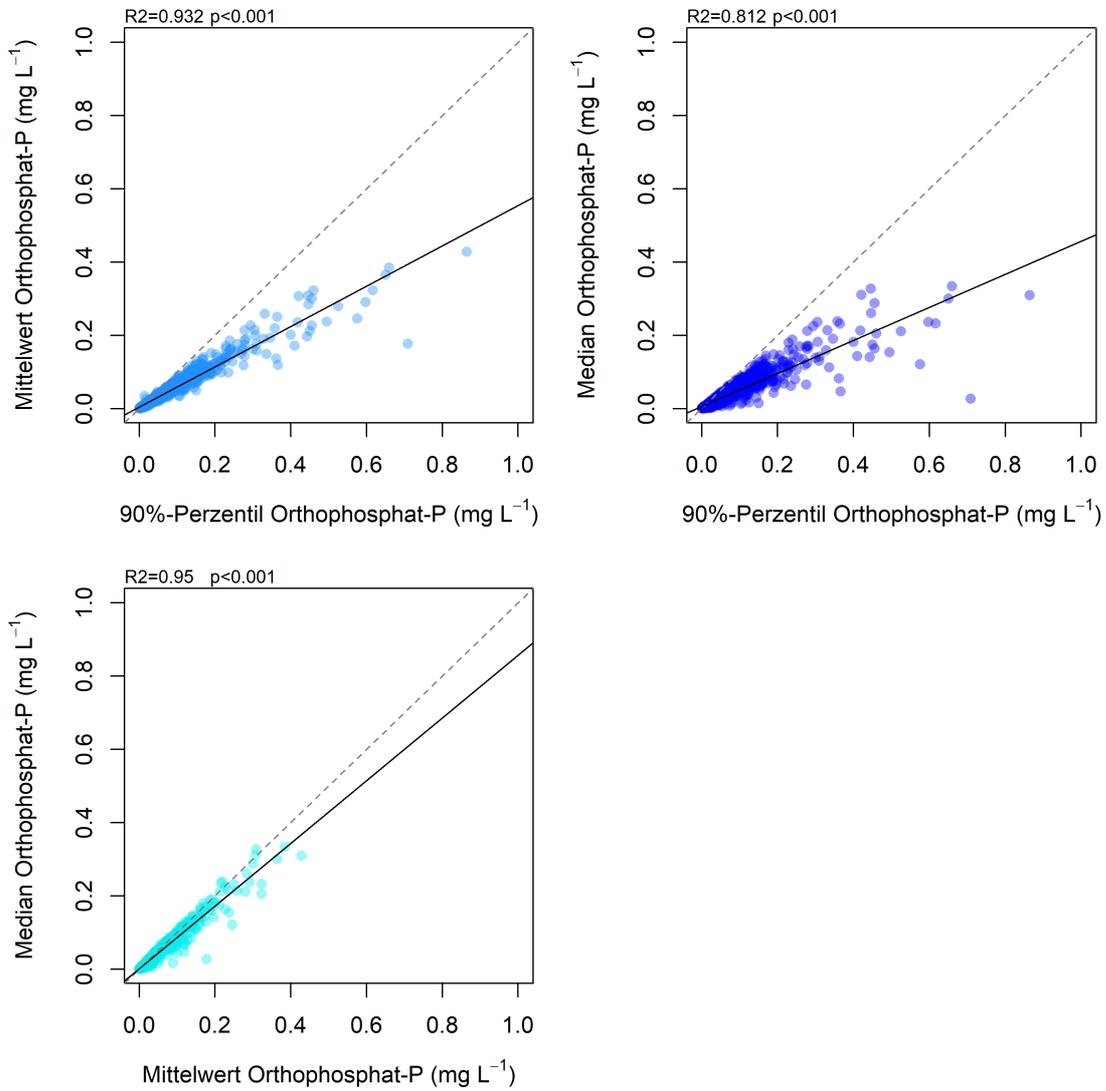
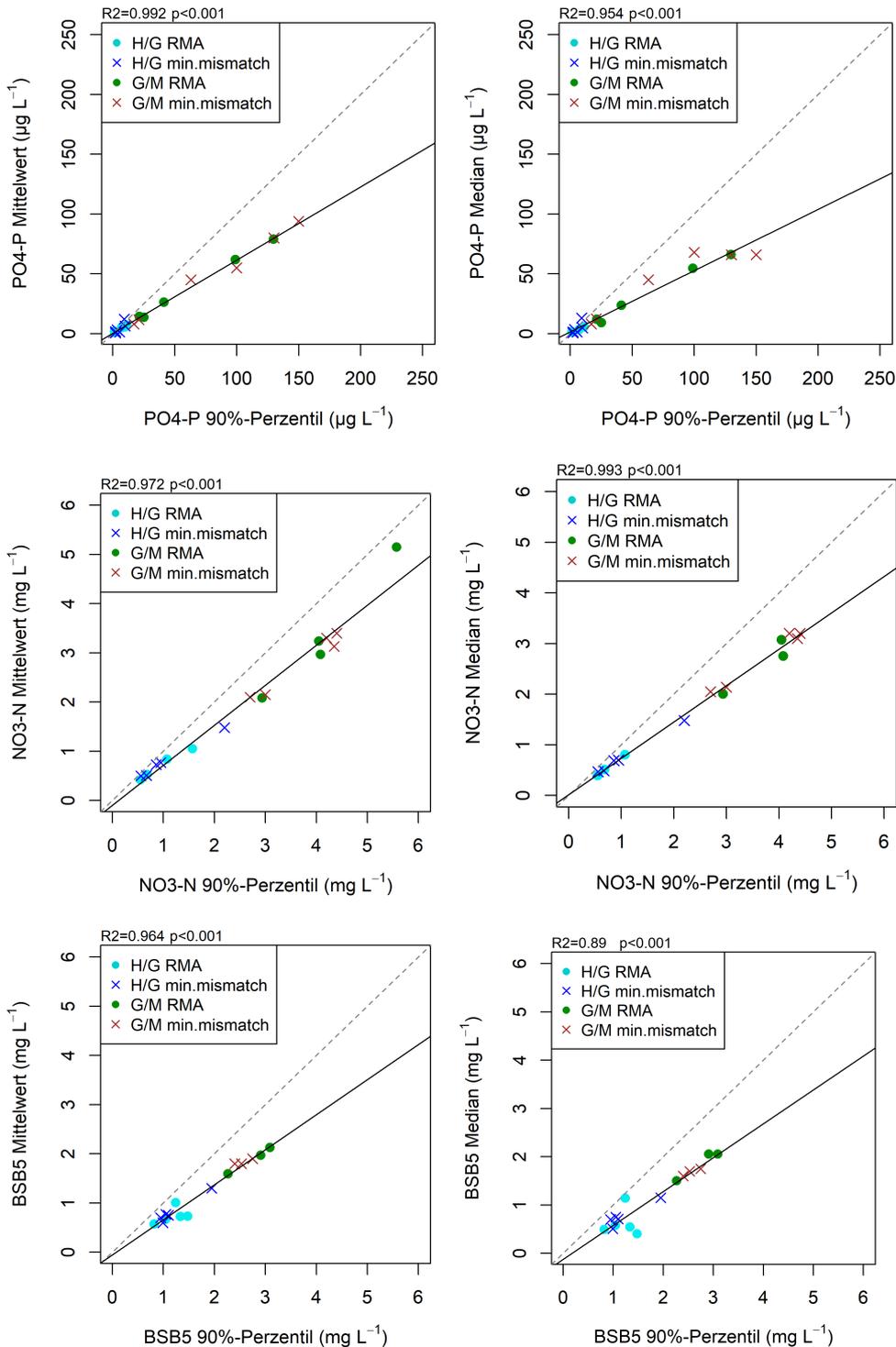


Abbildung 15 Vergleich der Klassengrenzen sehr gut / gut (H/G, Grenzwert) und gut / mäßig (G/M, Richtwert) nach dem Typ-2-Regressionsmodell (RMA) und nach der minimum-mis-match-Methode, berechnet auf Basis des 90%-Perzentil versus Mittelwert (linke Plots) und Median (rechte Plots)



Auf Basis der Regressionsmodelle für die Rohdaten (Abbildung 14) und für die prognostizierten Klassengrenzen (Abbildung 15) können Bandbreiten von Grenz- und Richtwerten für typspezifische Jahresmittelwerte und -mediane abgeleitet werden (Anhang Kapitel 7.3). Ausgehend von diesen wurden – unter Berücksichtigung der direkt über das Tool-kit berechnete Klassengrenzen (Kapitel 4.2.1) – in Tabelle 25 exemplarisch Jahresmittelwerte der Orthophosphat-P-Konzentration typspezifisch je Bioregion und trophischem Grundzustand zusammengefasst.

Tabelle 25 Option für typspezifische Grenz- und Richtwerte der Orthophosphat-P-Konzentration, berechnet als Jahresmittelwert (in mg L⁻¹)

PO ₄ -P	H/G					G/M				
	ot	om	mt	me1	me2	ot	om	mt	me1	me2
AV		0,007	0,012				0,014	0,035		
AM		0,007	0,020				0,014	0,040		
BR		0,007	0,012	0,020			0,014	0,035	0,055	
FH					0,040					0,120
FL	0,005	0,007	0,012			0,010	0,020	0,035		
GF					0,030					0,060
GG			0,020	0,025	0,035			0,040	0,055	0,070
HV	0,005	0,007				0,010	0,025			
IB			0,030	0,040				0,080	0,090	
KH	0,005	0,012				0,010	0,030			
KV	0,005	0,007				0,010	0,025			
SA	0,005	0,007				0,010	0,025			
UZA	0,005	0,007	0,012			0,010	0,025	0,035		
VAV		0,007	0,012				0,025	0,035		
VZA	0,005	0,007				0,010	0,030			
AF	0,005	0,007	0,012	0,025	0,030	0,010	0,025	0,035	0,055	0,070
MT					0,040					0,120
DO					0,035					0,070

Analog dazu ließen sich auch Tabellen mit Klassengrenzen für die beiden anderen, typspezifisch definierten Parameter Nitrat-N und BSB₅ als Jahresmittelwerte ableiten, ebenso für alle drei Parameter als Mediane. Dies wurde hier allerdings nicht weiter ausgeführt.

Insgesamt zeigen die Regressionsmodelle eine hohe Korrelation der drei Kenngrößen untereinander. Das lässt keine großen Abweichungen in der Bewertung gegenüber dem Status quo mit den 90%-Perzentilen erwarten. Es ist daher auf Basis der durchgeführten Analysen nicht möglich, einer der drei Optionen (90%-Perzentil, Mittelwert oder Median) einen klaren Vorrang zu geben.

4.2.3 Vergleich der Bewertungsergebnisse an ausgewählten Zeitreihen

In dem ausgewerteten Datensatz gibt es einige Messstellen, für die physikalisch-chemische Messungen aus mehreren Jahren vorliegen. Dieser Teildatensatz wurde für den Vergleich der Bewertungsergebnisse für den Parameter Orthophosphat-P anhand der 90%-Perzentile gemäß QZV Ökologie OG und anhand der Mittelwerte gemäß Tabelle 25 verwendet. Die Zeitreihen umfassten für diesen Parameter zwischen 3 und 11 Jahren, der Stichprobenumfang dieses Teildatensatzes betrug 437 Messstellen-Jahre. Zu berücksichtigen ist dabei, dass der Teildatensatz mehrheitlich größere bzw. „bedeutende“ Gewässer und Messstellen enthält, die teilweise jährlich untersucht wurden (Grenzwässer, Große Flüsse). Kleinere Gewässer sind unterrepräsentiert.

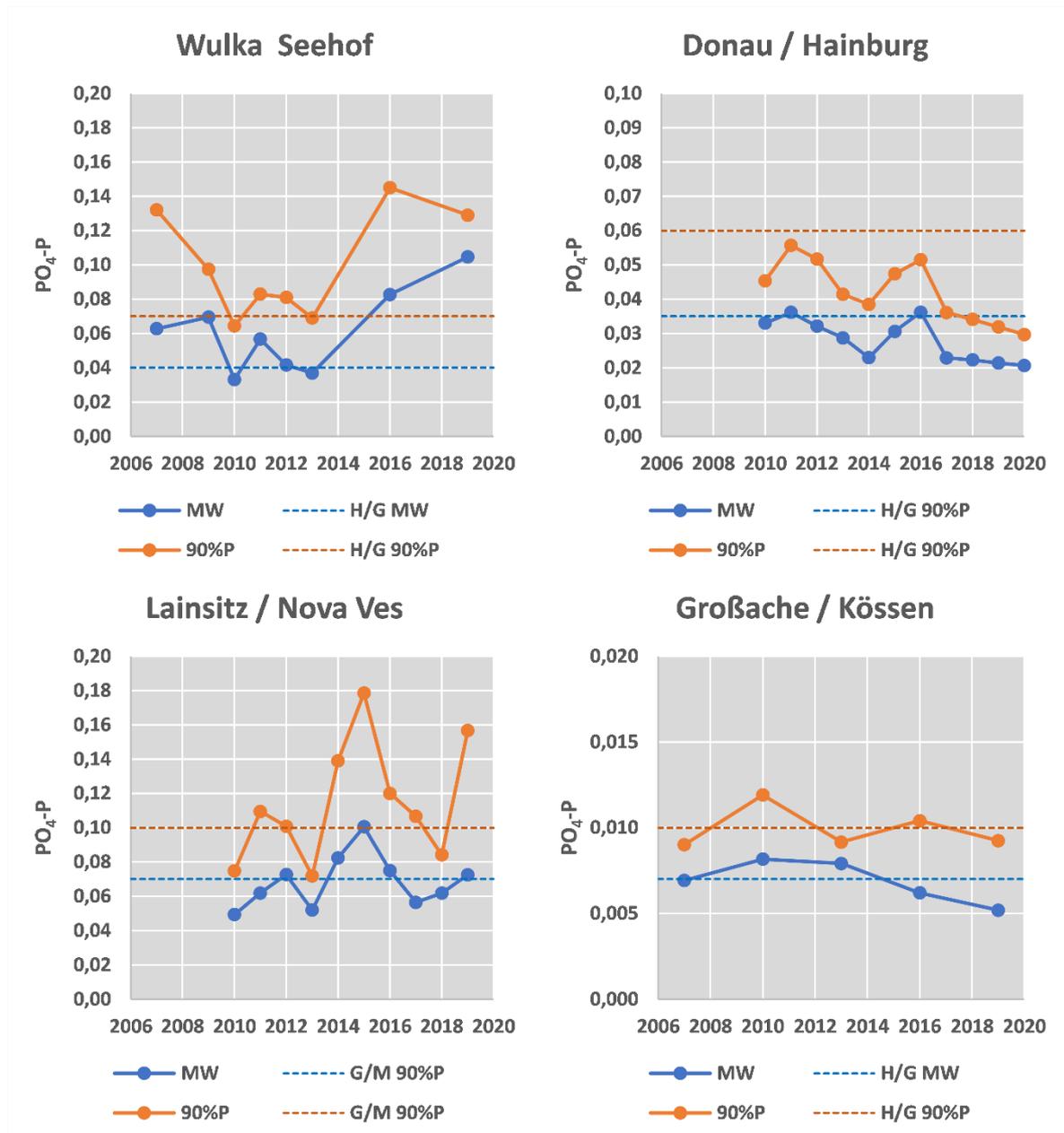
In 91% der Fälle ergab die Verwendung des Mittelwerts das gleiche Bewertungsergebnis wie die Verwendung des 90%-Perzentils. In 3% war das Bewertungsergebnis besser, in 5% schlechter. Dabei ist keine Tendenz zu vermehrten Abweichungen in bestimmten Bioregionen erkennbar (Tabelle 26).

Tabelle 26 Vergleich der Bewertung anhand des Mittelwerts (MW) der Orthophosphat-P-Konzentrationen gegenüber der Bewertung anhand des 90%-Perzentsils. Datengrundlage: Teildatensatz mit Zeitreihen von 3 oder mehr Jahren. Die erste Spalte gibt die Kombination aus Bioregion und trophischem Grundzustand an

Typ	Bewertung ident	MW besser als 90%-Perz.	MW schlechter als 90%-Perz.
AF me1	29	–	1
AF me2	8	–	–
AF mt	25	–	–
AF om	13	1	–
AM mt	5	–	–
AV mt	35	1	2
BR me1	3	–	2
DO me2	38	1	6
FH me2	91	2	3
GF me2	10	–	–
GG me2	23	2	2
IB me1	14	1	–
KH ot	5	–	–
KV om	3	1	1
MT me2	58	2	3
SA ot	2	1	2
UZA om	10	–	–
UZA ot	12	3	–
VAV mt	16	–	1

Die nachfolgenden vier Zeitreihenplots zeigen exemplarisch, dass die beiden Kenngrößen 90%-Perzentil und Mittelwert zumeist parallel verlaufen (wie das aus den Regressionsanalysen zu erwarten war) und Über- bzw. Unterschreitungen von Klassengrenzen in der Regel in denselben Jahren erfolgen (Abbildung 16).

Abbildung 16 Zeitreihen der 90%-Perzentile und Jahresmittelwerte der Orthophosphat-P-Konzentration an vier Messstellen in vier verschiedenen Bioregionen. Die strichlierten Linien geben die jeweils festgelegten (QZV) bzw. vorgeschlagenen (Tabelle 25) Klassengrenzen sehr gut / gut (links unten Lainsitz / Nova Ves: gut / mäßig)



Analysiert man die Variabilität der Bewertungen innerhalb der Zeitreihen (wobei hier nur solche mit mindestens 5 Monitoringjahren berücksichtigt wurden), so ergab sich in rund der Hälfte der Fälle in allen Jahren das gleiche Bewertungsergebnis, unabhängig davon, ob der Bewertung der Mittelwert oder das 90%-Perzentil zugrunde gelegt wurde. In der anderen Hälfte, führte die Verwendung des Jahresmittelwerts zu keiner signifikant

höheren Variabilität der Bewertung. Der mittlere Variationskoeffizient (bei n=30 Messstellen mit 5-14 Monitoringjahren) betrug bei Verwendung des 90%-Perzentils 22%, bei Verwendung des Jahresmittelwerts 20%.

Auch anhand der Zeitreihen sind die Bewertungen auf Basis eines Jahresmittelwerts demnach durchaus den Bewertungen auf Basis des 90%-Perzentils ebenbürtig und vergleichbar. Testweise durchgeführte Analysen für den Median kommen zum gleichen Befund.

4.2.4 Resümee

Zusammenfassend lässt sich aus den RMA Regressionen zwischen Biologie und Chemie ein leichter Vorteil des 90%-Perzentils gegenüber der Verwendung von Mittelwert und Median ableiten. Mit den aus weiteren Regressionsanalysen abgeleiteten Klassengrenzen und in der Analyse von ausgewählten Zeitreihen ist kein signifikanter Unterschied der Aussagekraft zwischen den drei betrachteten Kenngrößen gegeben. Letztlich würde sich also in der Bewertung der Oberflächenwasserkörper österreichischer Fließgewässer wenig ändern, würde die Bewertung von 90%-Perzentil auf Mittelwert oder Median umgestellt. Allein aus diesem Grund erscheint es aber zielführend, den Ansatz der Perzentil-Bewertung beizubehalten. Die Tatsache, dass die Verwendung des 90%-Perzentils in Österreich etabliert ist, wiegt den Vorteil einer besseren Vergleichbarkeit von Jahresmittelwerten mit anderen EU-Mitgliedstaaten auf. **Es wird daher vorgeschlagen, die Fließgewässerbewertung weiterhin auf Grundlage der 90%-Perzentile durchzuführen und nicht auf Mittelwert oder Median umzusteigen.**

4.3 Richtwert versus Grenzwert

Wie in der QZV Ökologie OG festgehalten, kommt den physikalisch-chemischen Parametern in der Bewertung des sehr guten und des guten ökologischen Zustands ein unterschiedliches Gewicht zu. Im Erlass zur QZV Ökologie OG (BMLFUW 2011) sind die beiden Zustände wie folgt definiert:

Ein Gewässer befindet sich in einem **sehr guten ökologischen Zustand**, wenn die für den sehr guten Zustand festgelegten Werte für die

- i) biologischen,
- ii) hydromorphologischen und
- iii) **allgemeinen physikalisch-chemischen** Qualitätskomponenten

eingehalten werden und § 7 Abs 2 der Qualitätszielverordnung Chemie Oberflächengewässer (QZV Chemie OG), BGBl. II Nr. 96/2006, **eingehalten** wird.

Im **guten ökologischen Zustand** sind für

die allgemeinen physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten **Richtwerte** festgelegt. Diese Richtwerte können überschritten werden, wenn dennoch die Einhaltung der Werte für die biologischen Qualitätskomponenten gewährleistet ist und deren Einhaltung auch langfristig sichergestellt ist.

Es ist an dieser Stelle nochmals zu betonen, dass dieser Ansatz in Übereinstimmung mit den Anforderungen der EU-WRRL steht.

Die im folgenden dargelegten Überlegungen auch für den guten Zustand mögliche Grenzwerte festzulegen begründen sich neben möglichen neuen Anforderungen auf europäischer Ebene auch darin, dass damit eine höhere Vergleichbarkeit mit anderen EU-Mitgliedsstaaten gegeben wäre. Zum anderen lehrt die Erfahrung aus Wasserrechtsverfahren und Umweltverträglichkeitsprüfungen, dass die Sinnhaftigkeit von bloßen Richtwerten oft schwer verständlich zu machen ist. Vor allem im Rahmen einer Öffentlichkeitsbeteiligung stößt es oft auf Unverständnis, wenn Überschreitungen von berechneten Immissionen als zulässig und umweltverträglich qualifiziert werden.

Ziel der Festlegung von Grenzwerten ist eine möglichst gute Übereinstimmung zwischen den biologischen und den unterstützenden allgemeinen physikalisch-chemischen Parametern. Um das zu erreichen, müssen die Grenzwerte höher angesetzt werden als die Richtwerte, da eine Überschreitung im Gegensatz zu Richtwerten zwingend eine Zielverfehlung bedeuten würde. Die Richtwerte dienen u.a. auch der Prognose von Auswirkungen sowie als Vorwarnwerte. Die Klassengrenzen müssten also so festgelegt werden, dass es möglichst wenige (oder gar keine) Überschreitungen der physikalisch-chemischen Parameter gibt, wenn die biologische Bewertung den Zielzustand erreicht. Das würde aber den kombinierten Ansatz von biologischer und physikalisch-chemischer

Bewertung *ad absurdum* führen bzw. die Verwendung von zahnlosen Grenzwerten, die so gut wie nie überschritten werden, obsolet machen.

Der alternative Ansatz nutzt die von Phillips et al. (2018) entwickelten Methoden, um über parametrische (Typ-2-) Regressionsmodelle oder kategoriale Verfahren wie die *minimum-mis-match*-Methode Klassengrenzen zu ermitteln, in denen abweichende Bewertungen bei Biologie und Chemie möglichst gleich verteilt werden. Nachdem bereits die Richtwerte diese Anforderung nur teilweise erfüllen (vgl. dazu Tabelle 17 bis Tabelle 20), wäre dies bei – höher anzusetzenden – Grenzwerten noch weniger zu erwarten. Man müsste daher die Grenzwerte deutlich niedriger ansetzen, um zumindest eine gewisse Balance zwischen biologischer und physikalisch-chemischer Bewertung zu erreichen. Die Folge bei Verwendung von Grenzwerten wäre – zumindest für Oberflächenwasserkörper im Grenzbereich von gut/mäßig – tendenziell eine schlechtere Bewertung.

Zwischen diesen beiden Extremen – hohe Grenzwerte, die kaum schlagend werden, und niedrige Grenzwerte, die zu einer schlechteren Bewertung von zahlreichen OWK im Grenzbereich gut / mäßig führen – soll im Folgenden ein Kompromiss gesucht werden. Folgende Optionen für eine Bewertung unter Verwendung von Grenzwerten sind denkbar:

1. Festlegung von Grenzwerten, die erst bei wiederholter Überschreitung schlagend werden

Dieser Ansatz würde entsprechende Messreihen über mehrere Jahre erfordern, die meist nur bei größeren Flüssen und Grenzgewässern vorliegen. Als Nachteil ist eine solche „weiche“ Verwendung von Grenzwerten die eingeschränkte Vergleichbarkeit mit den Bewertungen in Nachbarstaaten zu sehen. In wasserrechtlichen Bewilligungsverfahren könnten sich zudem bei prognostizierten Überschreitungen rechtliche Unsicherheiten ergeben, die zwar durch Berücksichtigung von Überschreitungsstatiken technisch beseitigt werden könnten, die Nachvollziehbarkeit aber vermutlich ein-schränken würden.

Dennoch ist dieser Ansatz für Messstellen mit regelmäßigen Messreihen denkbar. Eine einfache Möglichkeit wäre die Berechnung von Grenzwerten als 90%-Perzentil über eine längere Zeitreihe (n=36). Alternativ könnte die Festlegung einer zumindest zweimaligen Überschreitung in 3 Jahren als Kriterium festgelegt werden. Eine ähnliche Variante wäre die Berechnung von EQR- bzw. nEQR-Werten und die Festlegung von Grenzwerten als 3-Jahresmittel des nEQR (analog der biologischen Bewertung von Seen anhand des Phytoplankton).

2. Verwendung einer **Kombination aus Richtwerten und Grenzwerten**

Eine solcher Weg wäre für Laien gut nachvollziehbar und auch in wasserrechtlichen Bewilligungsverfahren praktikabel anwendbar. Im Monitoring käme den Richtwerten die Funktion einer Vorwarnstufe zu, während die Grenzwerte für die Einstufung entscheidend wäre. Die Grenzwerte sollten jedenfalls noch im Bereich der möglichen oder wahrscheinlichen Bandbreite nach Phillips et al. (2018) liegen und ihre Anwendung sollte zumindest keine gravierenden Verschiebungen in der Bewertung heimischer Fließgewässer zur Folge haben.

3. Verwendung einer **Kombination** der verschiedenen physikalisch-chemischen **Parameter, die nicht zwangsläufig** nach dem **One-out-all-out-Prinzip** (OOAO-Prinzip) zusammengefasst werden müssen.

In Hinblick auf die Definition von Maßnahmen ist die Zusammenfassung unterschiedlicher Stressoren kritisch zu sehen. Die unterschiedliche Wirkung z.B. von Orthophosphat (Stressor Eutrophierung, Wirkung auf das Phytobenthos) und des BSB₅ (Stressor organische Belastung, Wirkung auf das Makrozoobenthos) sollte daher getrennt betrachtet werden. Dieser Ansatz stünde auch in Übereinstimmung mit dem OOAO-Prinzip in der biologischen Bewertung, wo bei Vorliegen von MZB- und PHB-Bewertungen der jeweils schlechtere Zustand schlagend wird. Argumentierbar wäre allenfalls die Zusammenfassung von physikalisch-chemischen Parametern, die vorrangig auf dasselbe biologische Qualitätselement wirken, z.B. Sauerstoff und BSB₅. Für die Gewässerbewertung insgesamt brächte dies aber keine nennenswerte Änderung.

4. Wertung von Überschreitungen von Grenzwerten erst nach einer **vertieften Prüfung** im Sinne eines investigativen Monitorings

Dieser Ansatz ähnelt der Option 1, würde aber neben der reinen Datenanalyse eine vertiefte Prüfung möglicher Ursachen einschließen. Die Grenzwerte wären dann auch als „weiche“ Grenzwerte zu sehen, deren Überschreitung im Rahmen des Überblicks- oder operativen Monitoring nicht automatisch eine Zielverfehlung bedeuten würde. In Bewilligungsverfahren müssten sie jedoch als harte Grenzwerte verwendet werden.

Am vielversprechendsten sind die Varianten 1 und 2. Sie werden im nachfolgenden Kapitel im Gesamtorschlag berücksichtigt.

5 Resümee

5.1 Ergebnisse der Datenanalysen

Die im Rahmen dieser Studie durchgeführten Berechnungen stellen die umfangreichste vergleichende Analyse allgemeiner physikalisch-chemischer Daten aus österreichischen Fließgewässern dar. Der konsolidierte Datensatz (nach Ausschluss unplausibler und unvollständiger Datensätze) umfasst rund 20.000 Probenahmeterminale von über 473 Messstellen und über 900 Messstellen-Jahren mit mindestens 10 Chemiemessungen und mindestens 1 Biologieaufnahme.

Die Analysen wurden typspezifisch durchgeführt, d.h. unter Berücksichtigung der Bioregionen und der saprobiellen bzw. trophischen Grundzustände, die derzeit die QZV-Klassengrenzen der Parameter Orthophosphat-P, Nitrat-N und BSB₅ definieren. Auf diesen drei Parametern lag auch der Schwerpunkt der Datenanalyse. Ergänzend wurden die Klassengrenzen für die Sauerstoff-Sättigung evaluiert. Nicht behandelt wurden die Wassertemperatur, der pH-Wert und die Chlorid-Konzentration. Für die Wassertemperatur, die anhand des 98%-Perzentils bewertet wird, sind Messreihen mit monatlichen Messungen nicht geeignet. Der pH-Wert ist abgesehen von den alkalischen Gewässern der Neusiedler-See-Seewinkel-Region (vgl. Schagerl & Wolfram (2006), Wolfram et al. (2020)) – nur in wenigen silikatisch geprägten Gewässern der Böhmisches Masse und der Zentralalpen relevant, die jedoch im vorliegenden Datenbestand nicht enthalten waren. Zudem wären hier spezifische Auswertungen zum Versauerungsindex erforderlich, die in den zur Verfügung gestellten GZÜV-Daten nicht enthalten waren. Chlorid schließlich wurde erst kürzlich im Detail untersucht (Wolfram et al. 2013) und eine Anpassung in der letzten Novelle der QZV Ökologie OG vorgenommen. Für Bewilligungsverfahren im höherrangigen Straßennetz steht hier auch ein aktueller Leitfaden zur Bewertung zur Verfügung (Atanasoff et al. 2019).

Die wichtigsten Ergebnisse der Auswertungen sind:

- Für alle drei Parameter $\text{PO}_4\text{-P}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ und BSB_5 konnten **signifikante Korrelationen** mit dem Phytobenthos-Trophieindex bzw. dem Makrozoobenthos-Saprobienindex nachgewiesen werden.
- Die **höchste Korrelation** war beim **PO4-P** (als 90%-Perzentil versus PHB-TI als nEQR) gegeben, die niedrigste beim BSB_5 (versus MZB-SI als nEQR).
- Die **prognostizierten Klassengrenzen** für den **sehr guten Zustand** – berechnet für das 90%-Perzentil anhand des Typ-2-Regressionsmodell und der *minimum-mis-match*-Methode – liegen **deutlich niedriger als die derzeit gültigen Grenzwerte** gemäß QZV Ökologie OG. Diese wurden demnach mit sehr viel „Spielraum“ festgelegt; das Risiko von Überschreitungen bei gleichzeitig sehr gutem Zustand in der Biologie ist gering. Die QZV-Grenzwerte liegen mehrheitlich außerhalb der wahrscheinlichen Bandbreite (nach den Typ-1-Regressionsmodellen), aber innerhalb der möglichen Bandbreite (nach den kategorialen Methoden).
- Bei den Klassengrenzen für den **guten Zustand** ist eine **bessere Übereinstimmung** gegeben. Die derzeit gültigen Werte gemäß QZV Ökologie OG liegen bei einigen Bioregionen bzw. Gewässertypen im Bereich der Prognosewerte, bei $\text{NO}_3\text{-N}$ und BSB_5 in den Gruppen mit höherem saprobiellen Grundzustand tendenziell über den Prognosewerten.
- Noch seltener als bei $\text{PO}_4\text{-P}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ und BSB_5 kommt es bei der **Sauerstoffsättigung** zu schlechteren Bewertungen als anhand der Biologie (MZB-SI). Die bestehende Bandbreite ist derzeit **für die ökologische Bewertung kaum relevant**. Alternative Klassengrenzen führten zu keiner besseren Übereinstimmung mit der Biologie, wobei hier die hohe zeitliche Variabilität der O_2 -Sättigung ein zusätzliches Problem darstellt.
- Beim Phosphor wurden ergänzend zum Orthophosphat-P auch Analysen zum **Gesamtposphor** durchgeführt. Die Bedenken früheren Analysen (Kreuzinger 2005; 2007a) wurden bestätigt. Die Ableitung von Klassengrenzen für Gesamtposphor ist möglich, wird jedoch in Hinblick auf die höhere Variabilität aufgrund der Korrelation mit Abfluss und Schwebstoffgehalt **nicht empfohlen**.

- Analysen zur Evaluierung des **Jahresmittelwerts** und des **Medians** als alternative Kenngrößen zum 90%-Perzentil ergaben **keine Verbesserung in der Aussagekraft**. Die Bewertung der heimischen Fließgewässer würde sich bei Umstellung vom 90%-Perzentil auf den Jahresmittelwert oder den Median nur wenig ändern.

Es wurden abschließend Überlegungen zu möglichen Grenzwerten nicht nur für den sehr guten, sondern auch den **guten ökologischen Zustand** angestellt. Es gibt dazu verschiedene Optionen, z.B. die Kombination von Grenz- und Richtwerten oder die Anwendung von Grenzwerten als 3-Jahresmittel von physikalisch-chemisch festzulegenden EQR-Werten.

Ausgehend von diesen Überlegungen und auf Basis der Ergebnisse kann das nachfolgende Bewertungssystem von allgemein physikalisch-chemischen Parametern eine mögliche Option darstellen.

5.2 Vorschlag für Klassengrenzen der Parameter Orthophosphat-P, Nitrat-N und BSB₅

Der Vorschlag sieht einerseits geringfügige Änderungen der bestehenden Grenzwerte für den sehr guten Zustand, Anpassungen der Richtwerte für den guten Zustand und – falls erforderlich – neue Grenzwerte für den guten Zustand vor:

- Die Grenzwerte sehr gut / gut für PO₄-P bleiben unverändert. Für NO₃-N und BSB₅ werden bei den Gruppen mit höherem saprobiellem Grundzustand (Nitrat-Gruppen F und G, BSB₅-Gruppen E und F) etwas niedrigere Grenzwerte vorgeschlagen.
- Die Richtwerte gut / mäßig für PO₄-P bleiben unverändert. Für NO₃-N werden bei den Gruppen mit mittlerem bis höherem saprobiellem Grundzustand (Nitrat-Gruppen E bis G) etwas niedrigere Klassengrenzen vorgeschlagen. Beim BSB₅ (fast alle Gruppen) sind um 0,5-1 mg L⁻¹ niedrigere Klassengrenzen plausibel.
- Für die Klassengrenze gut / mäßig werden Grenzwerte vorgeschlagen, die um den Faktor 2 (PO₄-P) bzw. 1,5 (NO₃-N, BSB₅) über den Richtwerten liegen; das ist überwiegend noch im Bereich der prognostizierten Bandbreite.

Die nachfolgenden Tabellen fassen die bestehenden und geänderten Klassengrenzen für die drei Parameter zusammen (Tabelle 27 bis Tabelle 29). **Änderungen** und **neue Vorschläge** sind **fett gedruckt**.

Tabelle 27 Vorschlag für typspezifische Richt- und mögliche Grenzwerte des 90%-Perzentils der Orthophosphat-P-Konzentration (in mg L⁻¹) in den 15 Bioregionen und den drei Gruppen großer Flüsse

	Grenzwerte sehr gut / gut					Richtwerte gut / mäßig					Mögliche Grenzwerte gut / mäßig				
	ot	om	mt	me1	me2	ot	om	mt	me1	me2	ot	om	mt	me1	me2
AV		0,010	0,020				0,020	0,050				0,040	0,100		
AM		0,010	0,030				0,020	0,060				0,040	0,120		
BR		0,010	0,020	0,030			0,020	0,050	0,080			0,040	0,100	0,160	
FH					0,070					0,200					0,400
FL	0,007	0,010	0,020			0,015	0,030	0,050			0,030	0,060	0,100		
GF					0,050					0,090					0,180
GG			0,030	0,040	0,060			0,060	0,080	0,100			0,120	0,160	0,200
HV	0,007	0,010				0,015	0,030				0,030	0,060			
IB			0,050	0,070				0,100	0,150				0,200	0,300	
KH	0,007	0,020				0,015	0,040				0,030	0,080			
KV	0,007	0,010				0,015	0,030				0,030	0,060			
SA	0,007	0,010				0,015	0,030				0,030	0,060			
UZA	0,007	0,010	0,020			0,015	0,030	0,050			0,030	0,060	0,100		
VAV		0,010	0,020				0,030	0,050				0,060	0,100		
VZA	0,007	0,010				0,015	0,040				0,030	0,080			
AF	0,007	0,010	0,020	0,040	0,050	0,015	0,030	0,050	0,080	0,100	0,030	0,060	0,100	0,160	0,200
MT					0,070					0,200					0,400
DO					0,060					0,100					0,200

Normale Schrift = bestehende Klassengrenzen gemäß QZV Ökologie OG, **fett gedruckte Schrift = neuer Vorschlag.**

Abkürzungen der Bioregionen siehe Tabelle 2, Abkürzungen des trophischen Grundzustands (2. Zeile) siehe Tabelle 3

Tabelle 28 Vorschlag für typspezifische Richt- und mögliche Grenzwerte des 90%-Perzentils der Nitrat-N-Konzentration (in mg L⁻¹) in den 15 Bioregionen und den drei Gruppen großer Flüsse

	Grenzwerte H/G				Richtwerte G/M				Mögliche Grenzwerte G/M			
	GZ 1.25	GZ 1.50	GZ 1.75	GZ 2,00	GZ 1.25	GZ 1.50	GZ 1.75	GZ 2,00	GZ 1.25	GZ 1.50	GZ 1.75	GZ 2,00
AV		1,500	2,000			4,000	4,500			6,000	6,750	
AM		1,500	2,000			4,000	4,500			6,000	6,750	
BR	1,000	2,000	2,500		3,000	4,000	5,000		4,500	6,000	7,500	
FH		2,000	2,500	3,000		4,000	5,000	6,000		6,000	7,500	9,000
FL	1,000	1,500	2,000		3,000	4,000	4,500		4,500	6,000	6,750	
GF		2,000	2,500			4,000	5,000			6,000	7,500	
GG	1,000	2,000	2,500		3,000	4,000	5,000		4,500	6,000	7,500	
HV	1,000	1,500			3,000	4,000			4,500	6,000		
IB		1,500	2,000			4,000	4,500			6,000	6,750	
KH	1,000	1,500			3,000	4,000			4,500	6,000		
KV	1,000	1,500	2,000		3,000	4,000	4,500		4,500	6,000	6,750	
SA	1,000	1,500			3,000	4,000			4,500	6,000		
UZA	1,000	1,500	2,000		3,000	4,000	4,500		4,500	6,000	6,750	
VAV		1,500	2,000	3,000		4,000	4,500	6,000		6,000	6,750	9,000
VZA	1,000	1,500	2,000		3,000	4,000	4,500		4,500	6,000	6,750	
AF		1,500	2,500			4,000	5,000			6,000	7,500	
MT				3,000				6,000				9,000
DO			2,500	3,000			5,000	6,000			7,500	9,000

Normale Schrift = bestehende Klassengrenzen gemäß QZV Ökologie OG, **fett gedruckte Schrift = neuer Vorschlag**

Abkürzungen der Bioregionen siehe Tabelle 2, Abkürzungen des trophischen Grundzustands (2. Zeile) siehe Tabelle 3

Tabelle 29 Vorschlag für typspezifische Richt- und mögliche Grenzwerte des 90%-Perzentils des BSB₅ (in mg L⁻¹) in den 15 Bioregionen und den drei Gruppen großer Flüsse

	Grenzwerte H/G				Richtwerte G/M				Mögliche Grenzwerte G/M			
	GZ 1.25	GZ 1.50	GZ 1.75	GZ 2,00	GZ 1.25	GZ 1.50	GZ 1.75	GZ 2,00	GZ 1.25	GZ 1.50	GZ 1.75	GZ 2,00
AV		2,500	3,000			3,000	3,500			4,500	5,250	
AM		2,000	3,000			3,000	3,500			4,500	5,250	
BR	1,500	2,000	3,000		2,000	2,500	3,500		3,000	3,750	5,250	
FH		2,000	3,500	4,000		3,000	4,000	5,000		4,500	6,000	7,500
FL	1,500	2,000	2,500		2,000	2,500	3,500		3,000	3,750	5,250	
GF		2,500	3,000			3,000	3,500			4,500	5,250	
GG	2,000	2,500	3,000		2,500	3,000	4,000		3,750	4,500	6,000	
HV	2,000	2,500			2,500	3,000			3,750	4,500		
IB		2,000	2,500			2,500	3,000			3,750	4,500	
KH	1,000	1,500			1,500	2,000			2,250	3,000		
KV	1,500	2,000	2,500		2,000	2,500	3,000		3,000	3,750	4,500	
SA	1,000	1,500			1,500	2,000			2,250	3,000		
UZA	1,000	1,500	2,000		1,500	2,000	2,500		2,250	3,000	3,750	
VAV		2,000	3,500	4,000		3,000	4,000	5,000		4,500	6,000	7,500
VZA	1,000	1,500	2,000		1,500	2,000	2,500		2,250	3,000	3,750	
AF		2,000	2,500			3,000	3,000			4,500	4,500	
MT				4,000				5,000				7,500
DO			3,000	4,000			3,500	5,000		5,250	7,500	

Normale Schrift = bestehende Klassengrenzen gemäß QZV Ökologie OG, **fett gedruckte Schrift = neuer Vorschlag**

Abkürzungen der Bioregionen siehe Tabelle 2, Abkürzungen des trophischen Grundzustands (2. Zeile) siehe Tabelle 3

Durch die Änderungen steigt der Anteil der Datensätze (Messstellen-Jahre), in denen eine Bewertung anhand der allgemeinen physikalisch-chemischen Parameter eine schlechtere Bewertung ergibt als nach der biologischen Zustandsbewertung (Tabelle 30 bis Tabelle 32). Die Abweichungen im biologisch sehr guten Zustand (Biologie nEQR $\geq 0,8$) betragen in den großen Flüssen 4-19%, in den übrigen Fließgewässern 12-27%. Im biologisch guten Zustand werden bis 5% der Datensätze anhand der drei physikalisch-chemischen Parameter schlechter als gut.

Beschränkt man den Vergleich nicht auf den PHB-TI bzw. den MZB-SI, sondern berücksichtigt die Gesamtbewertung auf Basis der beiden biologischen Qualitätselemente, liegt die Abweichung vom biologisch sehr guten Zustand bei 0-28% (große Flüsse) bzw. 7-27% (übrige Fließgewässer), vom biologisch guten Zustand maximal bei 1%. Die größte Abweichung wird durch die neuen Grenzwerte für Nitrat-N hervorgerufen. Die Änderungen bei BSB₅ ist bei Anwendung der neuen Grenzwerte geringer und vergleichbar mit der aktuellen Bewertung anhand des PO₄-P.

Anmerkung: Die nachfolgenden Tabellen sind **nicht** direkt mit Tabelle 17 bis Tabelle 20 vergleichbar, da dort die Bewertungen auf Basis der Richtwerte gut / mäßig, hier aber die neu vorgeschlagenen Grenzwerte mit den biologischen Bewertungen verglichen wurden.

Tabelle 30 Übereinstimmung von Zustandsbewertungen anhand der Biologie (EQR PHB-TI) und des 90%-Perzentils der Orthophosphat-P-Konzentration gemäß dem neuen Vorschlag für typ-spezifische Grenzwerte

Ohne große Flüsse		Ökologischer Zustand Biologie (EQR PHB-TI)				
		sehr gut	gut	mäßig	unbefriedigend	schlecht
Ökologischer Zustand 90%-Perz. PO ₄ -P	sehr gut	71	201	45	5	2
	gut	15	215	115	29	1
	mäßig – schlecht		4	8	1	

Große Flüsse		Ökologischer Zustand Biologie (EQR PHB-TI)				
		sehr gut	gut	mäßig	unbefriedigend	schlecht
Ökologischer Zustand 90%-Perz. PO ₄ -P	sehr gut	27	88	5		
	gut	1	40	20		1
	mäßig – schlecht		3	4		

Die Schattierung zeigt an, ob die Bewertung nach physikalisch-chemischen Parametern besser (hellblau), gleich (hellgrün) oder schlechter (hellorange) als nach der Biologie ausfällt.

Tabelle 31 Übereinstimmung von Zustandsbewertungen anhand der Biologie (EQR MZB-SI) und des 90%-Perzils der Nitrat-N-Konzentration gemäß dem neuen Vorschlag für typspezifische Grenzwerte

Ohne große Flüsse		Ökologischer Zustand Biologie (EQR MZB-SI)				
		sehr gut	gut	mäßig	unbefriedigend	schlecht
Ökologischer Zustand 90%-Perz. NO ₃ -N	sehr gut	91	142	23	7	1
	gut	33	217	131	33	3
	mäßig – schlecht	1	19	23	8	2

Große Flüsse		Ökologischer Zustand Biologie (EQR MZB-SI)				
		sehr gut	gut	mäßig	unbefriedigend	schlecht
Ökologischer Zustand 90%-Perz. NO ₃ -N	sehr gut	30	69	7		
	gut	7	64	14	1	
	mäßig – schlecht					

Die Schattierung zeigt an, ob die Bewertung nach physikalisch-chemischen Parametern besser (hellblau), gleich (hellgrün) oder schlechter (hellorange) als nach der Biologie ausfällt.

Tabelle 32 Übereinstimmung von Zustandsbewertungen anhand der Biologie (EQR MZB-SI) und des 90%-Perzils des BSB₅ gemäß dem neuen Vorschlag für typspezifische Grenzwerte

Ohne große Flüsse		Ökologischer Zustand Biologie (EQR MZB-SI)				
		sehr gut	gut	mäßig	unbefriedigend	schlecht
Ökologischer Zustand 90%-Perz. BSB ₅	sehr gut	110	312	124	35	5
	gut	15	60	50	10	1
	mäßig – schlecht		4	3	3	

Große Flüsse		Ökologischer Zustand Biologie (EQR MZB-SI)				
		sehr gut	gut	mäßig	unbefriedigend	schlecht
Ökologischer Zustand 90%-Perz. BSB ₅	sehr gut	34	124	18	1	
	gut	3	8	3		
	mäßig – schlecht					

Die Schattierung zeigt an, ob die Bewertung nach physikalisch-chemischen Parametern besser (hellblau), gleich (hellgrün) oder schlechter (hellorange) als nach der Biologie ausfällt.

Tabelle 33 Anteile der Datensätze (Jahre), in denen eine Bewertung anhand der allgemeinen physikalisch-chemischen Parameter (PhysChem) nach den neu vorgeschlagenen Grenzwerten auch für die Klassengrenze gut / mäßig eine schlechtere Bewertung ergab als nach der biologischen Zustandsbewertung

Zustandsklassen	PO ₄ -P		NO ₃ -N		BSB ₅		Biologie / PhysChem gesamt	
	o GrFI	GrFI	o GrFI	GrFI	o GrFI	GrFI	o GrFI	GrFI
Biologie 1 (PHB-TI bzw. MZB-SI) und PhysChem 2-5	17%	4%	27%	19%	12%	8%		
Biologie 1 (PHB gesamt bzw. MZB gesamt) und PhysChem 2-5	7%	0%	27%	28%	13%	4%	14%	na
Biologie 2 (PHB-TI bzw. MZB-SI) und PhysChem 3-5	1%	2%	5%	0%	1%	0%		
Biologie 2 (PHB gesamt bzw. MZB gesamt) und PhysChem 3-5	0%	0%	3%	0%	1%	0%	2%	0%

o GrFI ... ohne große Flüsse, GrFI ... nur große Flüsse, na = nicht auswertbar, da keine Bewertungen in großen Flüssen mit Biologie im sehr guten Zustand

5.3 Algorithmus

Wie oben ausgeführt, spricht einiges gegen eine Zusammenfassung von Parametern, die unterschiedliche Stressoren repräsentieren. Einzige Ausnahme ist die Kombination von Sauerstoff und BSB₅, die hier aber auch nicht weiterverfolgt und vorgeschlagen wird, da der Parameter Sauerstoffsättigung aufgrund der starken Schwankungen mit zu viel Unsicherheit behaftet ist.

Sehr wohl erscheint aber die Einbeziehung einer zeitlichen Komponente in der Bewertung sinnvoll, wenn sie an der Klassengrenze gut / mäßig nicht auf Richtwerten, sondern Grenzwerten beruht. Um das zu ermöglichen, wird die Berechnung von normierten EQR-Werten für die physikalisch-chemischen Parametern analog zur Berechnung der nEQR-Werte für die biologischen Metrics vorgeschlagen. Dazu wird ein fiktiver Referenzwert mit 50% der Klassengrenze sehr gut / gut festgelegt. Für die Klassengrenzen mäßig / unbefriedigend und unbefriedigend / schlecht werden Konzentrationen

angenommen, die jeweils doppelt so hoch wie die nächstniedrigen Klassengrenzen liegen. Daraus können für alle Klassengrenzen wie auch Messwerte (als 90%-Perzentil) die EQR-Werte und durch lineare Interpolation innerhalb der Klassengrenzen die normierten EQR-Werte (nEQR) berechnet werden.

Analog zur Bewertung von Seen anhand des Phytoplanktons, wird eine Überschreitung von Grenzwerten an der Grenze gut / mäßig erst dann als solche gewertet, wenn ein nEQR-Wert von 0,8 im Drei-Jahres-Mittel überschritten wird. Für Einzel-Messserien ist diese Bewertung nicht möglich; hier wäre eine Überschreitung bereits nach einem Jahr als solche zu werten. Bei Datenreihen, die über ein Jahr hinausgehen, kann über diesen Algorithmus aber die Unsicherheit von zeitlichen Schwankungen verringert werden.

Damit ergibt sich ein abgestimmtes System aus Richtwerten und Grenzwerten, wie in Tabelle 34 zusammengefasst. An der Klassengrenze gut / mäßig hätten die Richtwerte eine Vorwarnfunktion, während die Grenzwerte (PO₄-P, NO₃-N, BSB₅) bei Überschreitung im 3-Jahresmittel gleich wie die Biologie eine Zielverfehlung anzeigen würden. Auch wenn dieser Ansatz auf den ersten Blick komplizierter aussieht, wäre damit eine verbesserte Vergleichbarkeit mit anderen EU-Staaten gegeben. Zudem kann eine Kombination aus Richt- und Grenzwerten auch für Laien nachvollziehbar dargestellt werden. Die Grenzwerte wären vorrangig für die Zustandsbewertung, die Richtwerte – wie bereits bisher – für die Abschätzung der Auswirkungen im Bewilligungsverfahren sowie als Warnwerte für die Zustandsbewertung heranzuziehen. Die zu erwartende Tendenz zu etwas schlechteren Bewertungen einiger OWK wäre fachlich gerechtfertigt, da die Grenzwerte aus der biologischen Bewertung abgeleitet wurden. Insgesamt sollte es jedoch zu keinen gravierenden Verschiebungen in der Bewertung österreichischer Fließgewässer kommen.

Tabelle 34 Verwendung von Richtwerten (RW) und Grenzwerten (GW) an den Klassengrenzen sehr gut / gut und gut / mäßig für die sieben in der QZV Ökologie OG berücksichtigten allgemeinen physikalisch-chemischen Parameter

Parameter	Klassengrenze sehr gut / gut		Klassengrenze gut / mäßig	
	RW	GW	RW	GW
Wassertemperatur (98%-Perzentil)		Einzeljahr	+	
Sauerstoff-Sättigung (Bandbreite 90%-Perzentil)			+	
pH-Wert (Bandbreite 90%-Perzentil)			+	
Orthophosphat-P (90%-Perzentil)		Einzeljahr	+	3-Jahresmittel nEQR
Nitrat-N (90%-Perzentil)		Einzeljahr	+	3-Jahresmittel nEQR
BSB₅ (90%-Perzentil)		Einzeljahr	+	3-Jahresmittel nEQR
Chlorid (Mittelwert, Zulässige Höchstkonzentration)			+	

6 Literaturverzeichnis

Atanasoff, K., B. Lindner, W. Stundner, G. Wolfram & O. Vollhofer, 2019. Leitfaden Einleitung chloridbelasteter Straßenwässer in Fließgewässer. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien.

BMLFUW, 2011. Qualitätszielverordnung Ökologie Oberflächengewässer – Erlass vom 22.12.2011 (GZ: BMLFUWUW.4.1.4/0002-I/4/2011). BMLFUW, Wien.

Braukmann, U. & R. Biss, 2004. Conceptual study – An improved method to assess acidification in German streams by using benthic macroinvertebrates. *Limnologica* 34:433-450.

EU-Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL), 2000. Richtlinie 2000/60 EG des europäischen Parlaments und des Rates zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (Amtsblatt der EG vom 22.12.2000, C 343/2001).

EU Commission, 2003a. CIS Guidance Document No. 5: Transitional and Coastal Waters. Typology, Reference Conditions and Classification Systems. Produced by Working Group 2.4 - COAST.

EU Commission, 2003b. CIS Guidance document No 10: River and lakes – Typology, reference conditions and classification systems. Produced by Working Group 2.3 – REFCOND, Luxemburg.

EU Commission, 2003c. CIS Guidance Document No. 3: Analysis of Pressures and Impacts. Produced by Working Group 2.1 - IMPRESS.

EU Commission, 2009. CIS Guidance Document No. 23: Eutrophication assessment in the context of European water policies.

Kelly, M., G. Phillips, H. Teixeira, G. Varbiro, F. Salas, N. Willby & S. Poikane, 2021. Establishing ecologically-relevant nutrient thresholds: A tool-kit with guidance on its use. *Science of The Total Environment*:150977 doi:10.1016/j.scitotenv.2021.150977.

Kreuzinger, N., 2005. Erarbeitung und Anwendung eines typspezifischen chemischen Bewertungsschemas für Fließgewässer in Österreich. Studie i.A. des BMLFUW, Wien.

Kreuzinger, N., 2007a. Grundlagen des guten Zustands nach WRG – Qualitätselement allgemein chemische Parameter. Wiener Mitteilungen 201:133-180.

Kreuzinger, N., 2007b. Überprüfung der Qualitätsziele für allgemein chemische Parameter unter Berücksichtigung der aktuellsten WGEV Daten (Link Chemie – Saprobie + Trophie). Studie i.A. des BMLFUW, Wien.

Ofenböck, T., O. Moog, A. Hartmann, I. Schwarzinger & P. Leitner, 2019. Leitfaden zur Erhebung der biologischen Qualitätselemente Teil A2 – Makrozoobenthos (Version A2-01j_MZB). BMNT.

Phillips, G., M. Kelly, H. Teixeira, F. Salas, G. Free, W. Leujak, A. L. Solheim & G. Várбірó, 2017. Best Practice Guide on establishing nutrient concentrations to support good ecological status. unpubl. report, JRC, Ispra.

Phillips, G., M. Kelly, H. Teixeira, F. Salas, G. Free, W. Leujak, J.-A. Pitt, A. L. Solheim, G. Várбірó & S. Poikane, 2018. Best practice for establishing nutrient concentrations to support good ecological status. EUR 29329 EN, Publications Office of the European Union (JRC112667).

Phillips, G. & J. Pitt, 2016. A comparison of European freshwater nutrient boundaries: A report to ECOSTAT, October 2015.

Phillips, G., H. Teixeira, S. Poikane, F. Salas & M. Kelly, 2019. Establishing nutrient thresholds in the face of uncertainty and multiple stressors: a comparison of approaches using simulated data sets. *Sci Total Environ* 684:425-433.

Poikane, S., G. Varbiro, M. Kelly, S. Birk & G. Phillips, 2020. Estimating river nutrient concentrations consistent with good ecological condition: More stringent nutrient thresholds needed. 1470-160 doi:10.1016/j.ecolind.2020.107017.

R Core Team, 2021. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. URL: <http://www.R-project.org>, Vienna, Austria.

Schagerl, M. & G. Wolfram, 2006. Der Chemismus der Salzwässer. In Oberleitner, I., G. Wolfram & A. Achatz-Blab (eds) Salzlebensräume in Österreich. Umweltbundesamt, Wien, 71-76.

Wolfram, G., A. P. Blaschke, R. Hainz, P. Riedler, M. Zessner & O. Zoboli, 2020. Synthese. Teilbericht Nr. 7 im Rahmen der angewandten hydrologischen und limnologischen Basisuntersuchungen zum Projekt REBEN – Reed Belt Neusiedler See/Fertő (Interreg-Projekt AT-HU 2014-20). Studie im Auftrag des Amts der Bgld. Landesregierung, Abt. 5 – Baudirektion, Wien.

Wolfram, G., J. Römer, C. Hörl, W. Stockinger, K. Ruzicska & A. Munteanu, 2013. Chlorid-Studie. Auswirkungen auf die aquatische Flora und Fauna, mit besonderer Berücksichtigung der vier biologischen Qualitätselemente gemäß EU-WRRL. Studie i.A. des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Sektion IV – Wasserwirtschaft und Wasserbau, Wien.

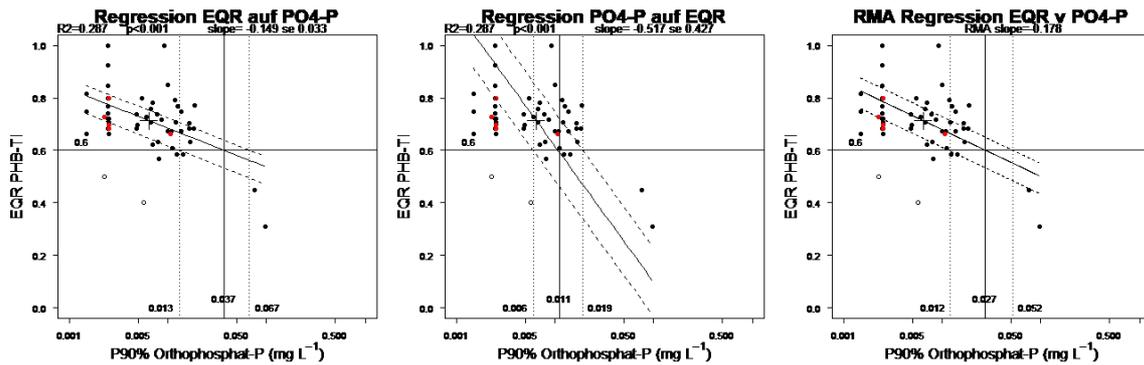
Tabelle	Spaltenüberschrift	Erklärung für Spaltenüberschrift	Beispiel 1	Beispiel 2	Beispiel 3
Messwert	MesswertIdForJahr	Verknüpfung aus Stelle und Auswertejahr, wenn Auswertejahr zutrifft, sonst St99999999	St004952011	St999999999	St001602011
	IdParameter	Id Parameter	F126	F177	F304
	MesswertOrig	Originalangabe des erhobenen Messwerts (z.T. Text!)	<0,2	2.27	unbefriedigend (poor)
	MesswertWert	Messwert als Zahl (keine Textangaben: <BG->1/2 Messwert; [...]>0; dzt. keine Bewertung->999999; sehr gut->1; gut->2; mäßig->3; befriedigend->4; schlecht->5)	0.1	2.27	
	MesswertBioDoppelt	WAHR/FALSCH - WAHR, wenn ein Biologie-Parameter mehr als einmal im Jahr erhoben wurde, sonst FALSCH	FALSCH	FALSCH	WAHR
	MesswertKommentar	Kommentar ggf			
KalkMesswert	IdMesswCalc	Id Messwert kalkuliert	Kalk043193	Kalk024975	
	IdStelle	Id Stelle	St00498	St00352	
	MesswertIdForJahr	Verknüpfung aus Stelle und Auswertejahr	St004982018	St003522019	
	IdParameter	Id Parameter	F183_Perz	F173_Med	
	MesswCalcMesswert	kalkulierter Messwert der Chemie-Parameter (Anzahl, Median, Mittelwert, 90%-Perzentil)	0.002445	0	
	MesswCalcMesswert Ohne	wenn Median oder 90%-Perzentil 0, dann 0.001	0.002445	0.001	
Wasserkörper	IdDwk	Id Detailwasserkörper	302370013	410210041	305410002
	DwkLandId	Id Bundesland	7	4	
	DwkGewässername	Name des Gewässers	Lech	Kleine Gusen	Pfundser Tscheybach
	DwkBioregion	Bioregion	Kalkhochalpen (KH)	Österreichisches Granit- und Gneisgebiet der Böhmisches Masse (GG)	Unvergletscherte Zentralalpen (UZA)
	DwkEzgKlasse	Einzugsgebietsklasse	101-1000km ²	101-1000km ²	10-100km ²
	DwkInnereDifferenzierung MZB	Innere Differenzierung des MZB nach Einzugsgebiet, Seehöhenklasse, Fischregion oder Fluss	EZ-KI 3	SH-KI ≤ 3	Traun
	DwkHöhenstufenklasse Phb	Höhenstufenklasse für PHB	3 (> 800 m)	1 (< 500 m)	
	DwkHöhenstufenklasse Mzb	Seehöhenklasse für MZB	800 - 1599 m (Höhenklasse 4)	200 - 499 m (Höhenklasse 2)	
	DwkFischregion	Fischregion	Kalkvoralpen und nörlichen Kalkhochalpen (M)	Granit und Gneisgebiet (K)	
	DwkFischbioregion	Fischbioregion	Untere Forellenregion/Metarhithral (30)	Untere Forellenregion/Metarhithral (30)	
	DwkFischbioregion RelevantFürO2	Fischbioregion relevant für den Parameter Sauerstoffsättigung	Metarhithral	Metarhithral	
	DwkMzbSIGz	Saprobielle Grundzustandsklasse des MZB	2	1,75	1,5
	DwkMZBSISommer	Saprobielle Grundzustandsklasse des MZB bei Aufnahmen im Sommer 1.6.-23.9. (nur bei Bioregion FH)	2	1,75	1,5
	DwkPhbSIGz	Saprobielle Grundzustandsklasse des PHB	I-II A	II	
	DwkPhbTIGZ	Trophische Grundzustandsklasse des PHB	ot	me2	
	DwkPhbBioregionstyp	Bioregionstyp - Grundzustand für Referenzarten des PHB	alpin	H1	H2
	DwkHmwb	Heavly Modified Waterbody - Erheblich veränderter Wasserkörper	FALSCH	WAHR	
	DwkKünstlich	Künstliches Gewässer	FALSCH	WAHR	
	DwkTrockenfallend	Trockenfallendes Gewässer	FALSCH	WAHR	
	DwkKommentar	Kommentar ggf			
DwkGroupCombMZB	Gruppierung der Bioregion & der Saprobiellen Grundzustandsklasse des MZBs für die Auswertung Nitrat und BSB5	Kalkhochalpen (KH) 1,5	Österreichisches Granit- und Gneisgebiet der Böhmisches Masse (GG) 1,75	Unvergletscherte Zentralalpen (UZA) 1,5	
DwkGroupClassNO3	Gruppenzuordnung für Nitrat	B	F	B	
DwkGroupNClassBSB5	Gruppenzuordnung für BSB5	B	E	B	
DwkGroupCombPHB	Gruppierung der Bioregion & der Trophischen Grundzustandsklasse des PHBs für die Auswertung Orthophosphat	Kalkhochalpen (KH) ot	Österreichisches Granit- und Gneisgebiet der Böhmisches Masse (GG) me2		
DwkGroupNClassPO4	Gruppenzuordnung für Orthophosphat	A	H		

7.2 Regressionsplots

7.2.1 90%-Perzentil Orthophosphat-P vs EQR Phytobenthos-Trophieindex

Gruppe A

Bioregionen FL, HV, KH, SA, UZA & VZA | trophischer Grundzustand = ot

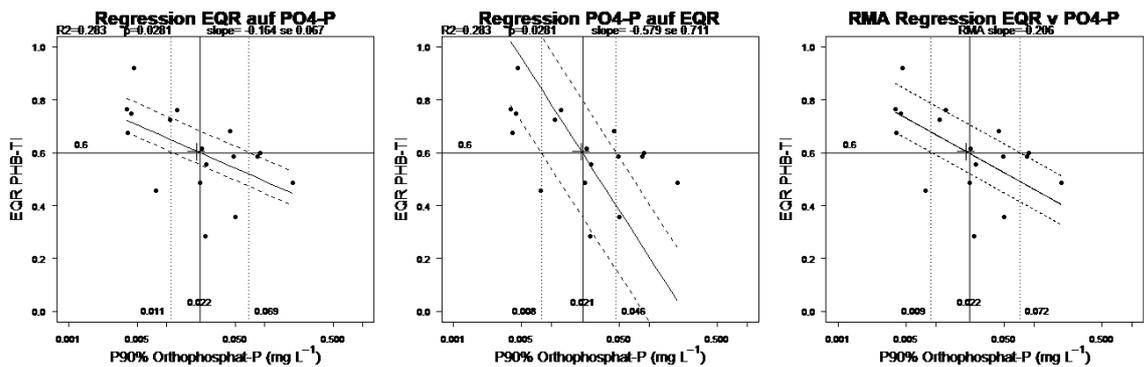


rote Symbole • ... Messstellen in erheblich veränderten Wasserkörpern

offene Symbole ○ ... Ausreißer bzw. im Regressionsmodell nicht berücksichtigte Messstellen

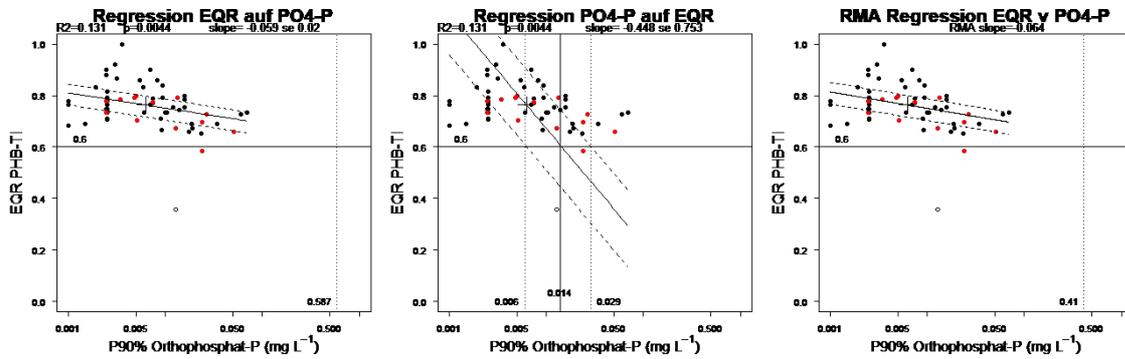
Gruppe B

Bioregionen AM, AV & BR | trophischer Grundzustand = om



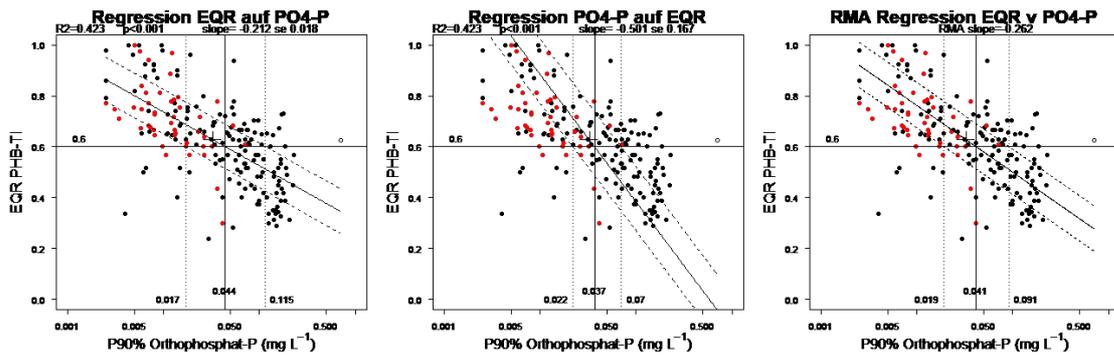
Gruppe C

Bioregionen AF, HV, KV, UZA & VZA | trophischer Grundzustand = om



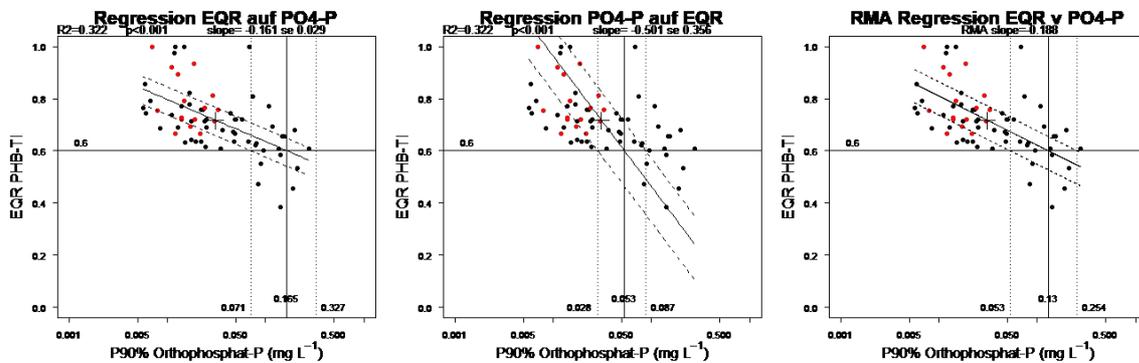
Gruppe E

Bioregionen AF, AV, BR, FL & VAV | trophischer Grundzustand = mt



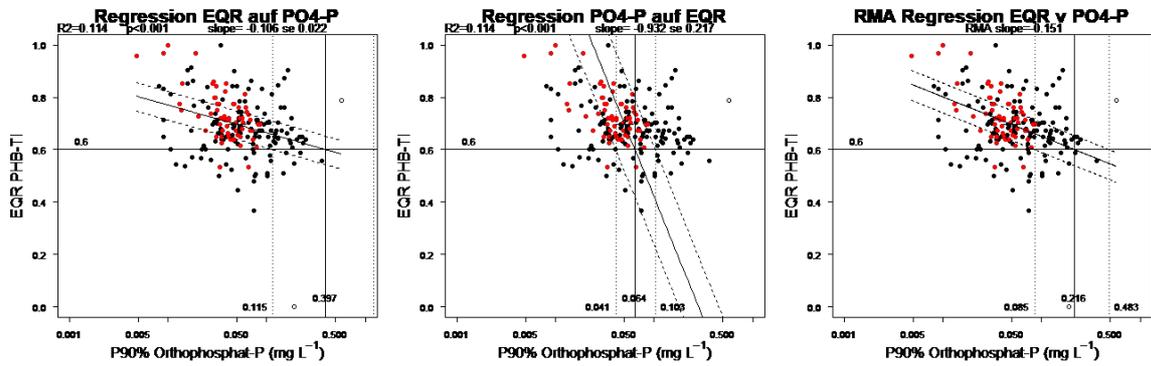
Gruppe G

Bioregionen AF, BR & GG | trophischer Grundzustand = me1



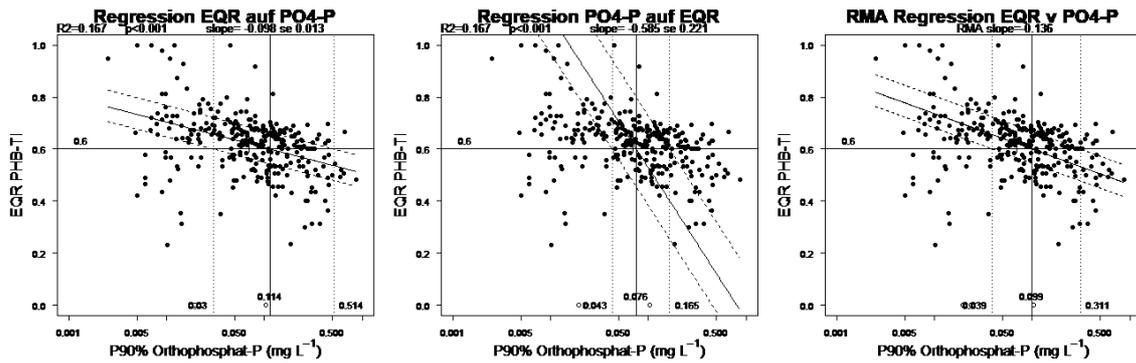
Gruppe H

Bioregionen AF, DO, GF, GG & IB | trophischer Grundzustand = mt (IB) und me2 (andere)



Gruppe I

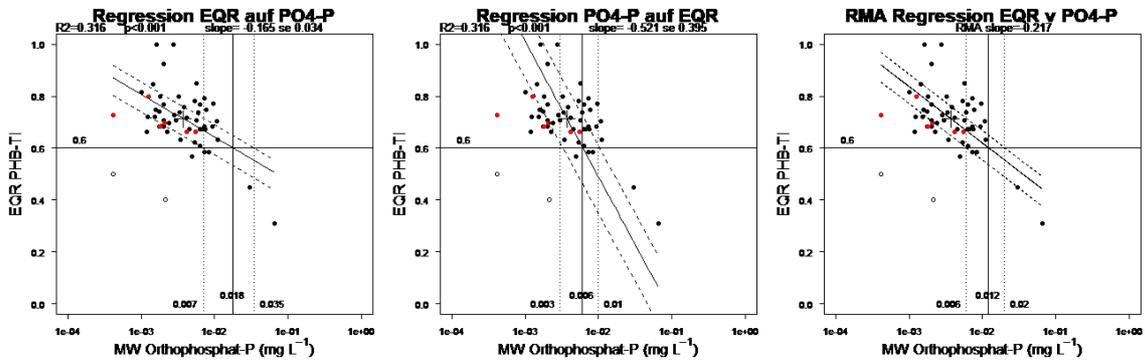
Bioregionen FH, MT & IB | trophischer Grundzustand = me1 (IB) und me2 (FH, MT)



7.2.2 Mittelwert Orthophosphat-P vs EQR Phytobenthos-Trophieindex

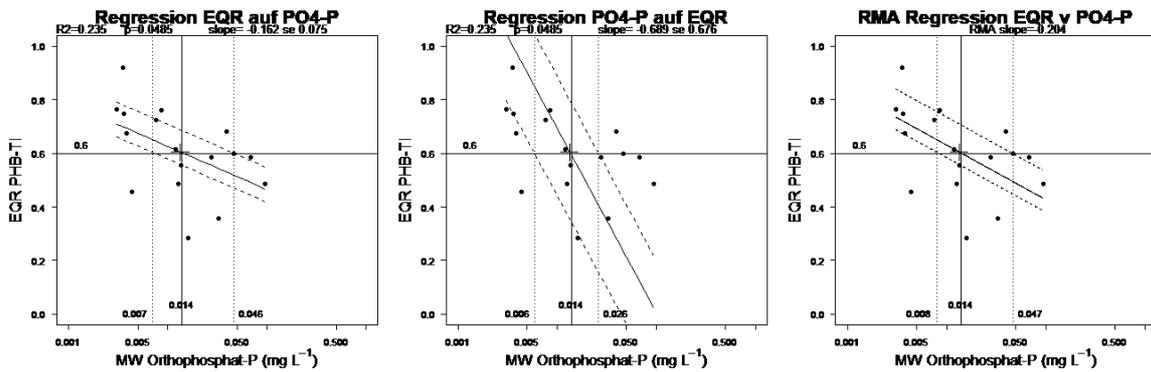
Gruppe A

Bioregionen FL, HV, KH, SA, UZA & VZA | trophischer Grundzustand = ot



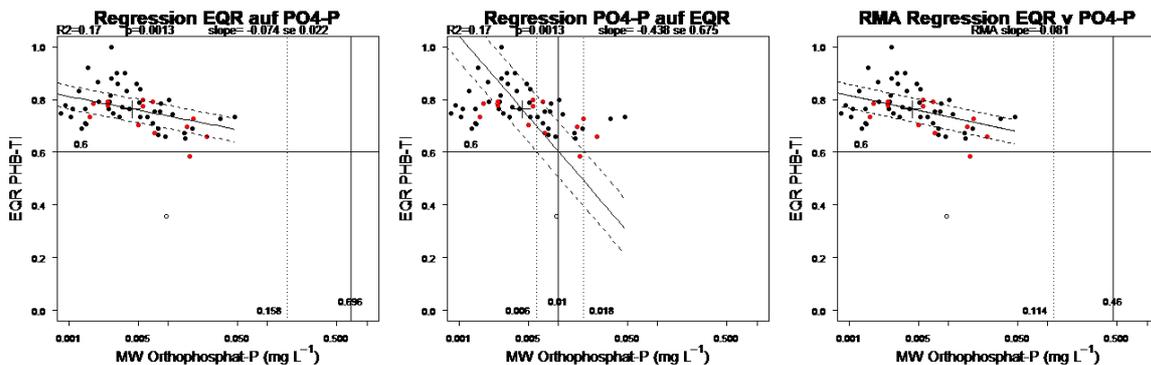
Gruppe B

Bioregionen AM, AV & BR | trophischer Grundzustand = om



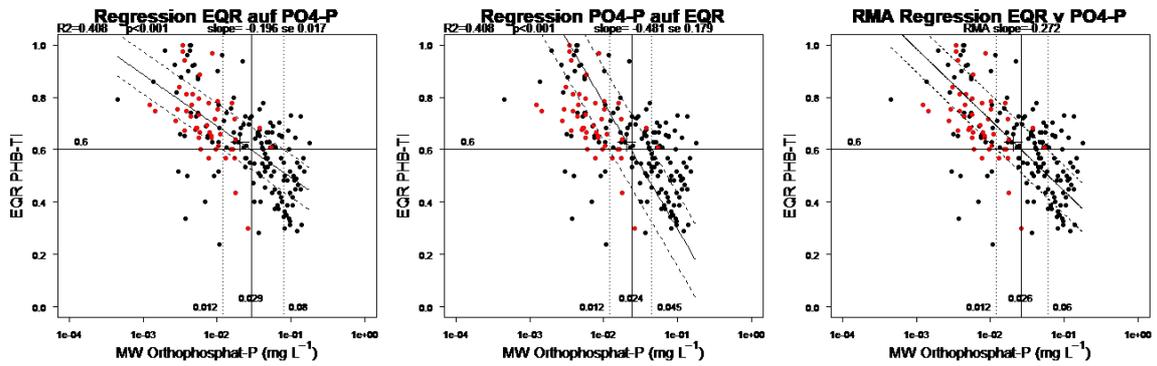
Gruppe C

Bioregionen AF, HV, KV, UZA & VZA | trophischer Grundzustand = om



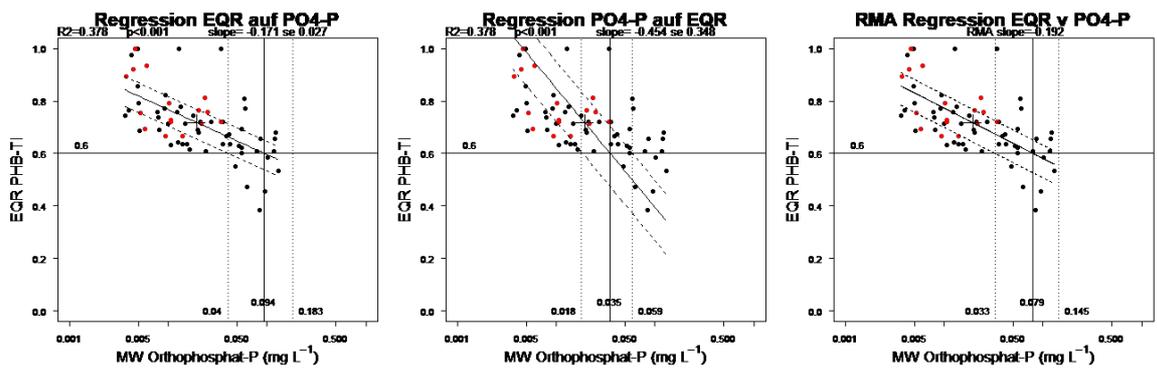
Gruppe E

Bioregionen AF, AV, BR, FL & VAV | trophischer Grundzustand = mt



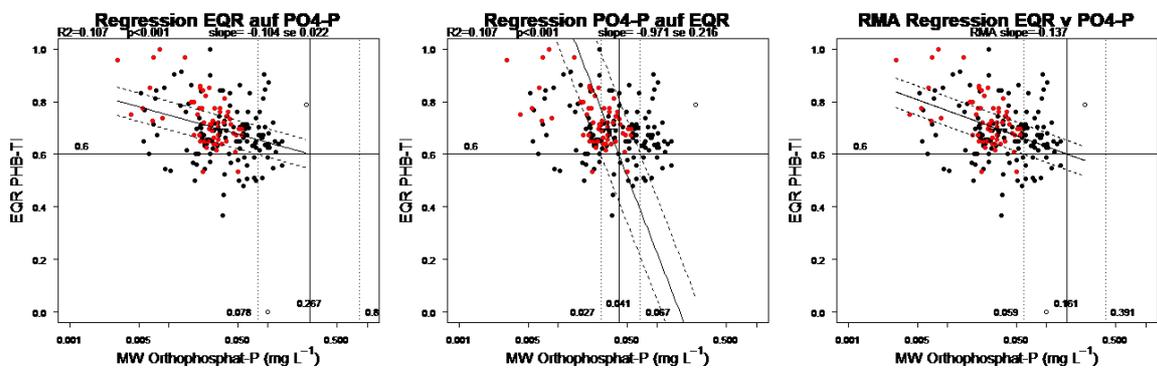
Gruppe G

Bioregionen AF, BR & GG | trophischer Grundzustand = me1



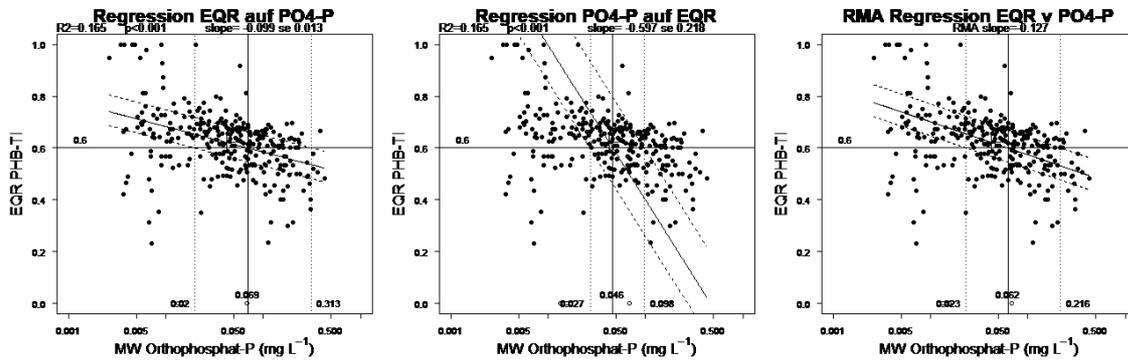
Gruppe H

Bioregionen AF, DO, GF, GG & IB | trophischer Grundzustand = mt (IB) und me2 (andere)



Gruppe I

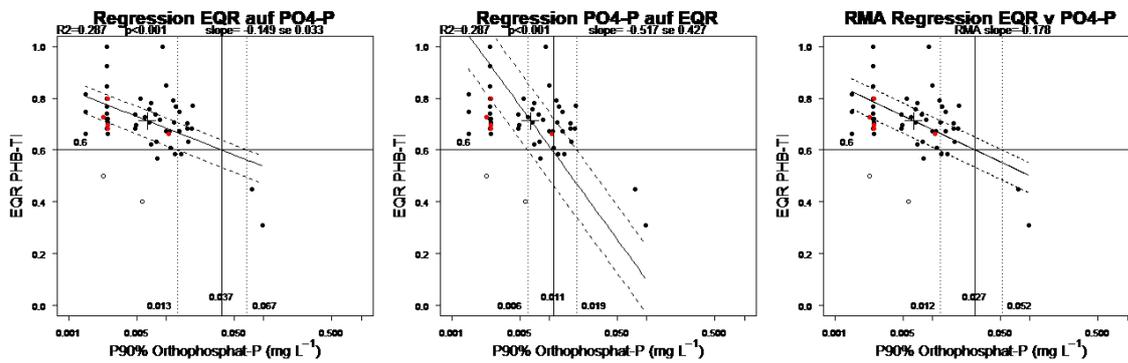
Bioregionen FH, MT & IB | trophischer Grundzustand = me1 (IB) und me2 (FH, MT)



7.2.3 Median Orthophosphat-P vs EQR Phytobenthos-Trophieindex

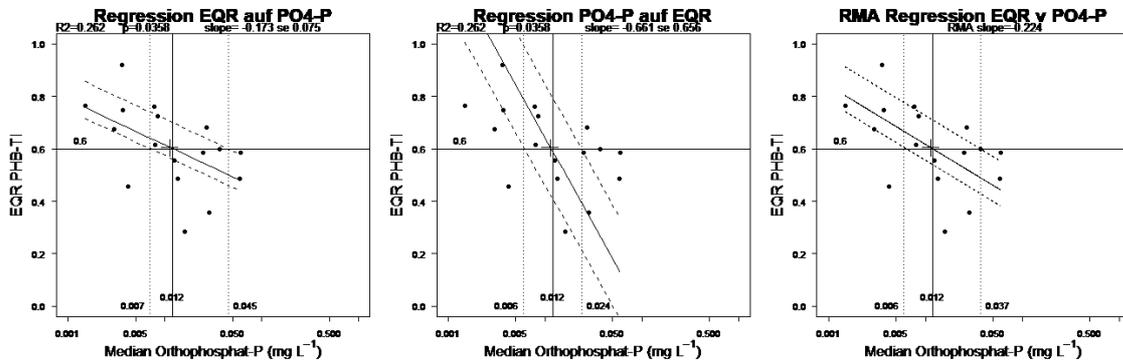
Gruppe A

Bioregionen FL, HV, KH, SA, UZA & VZA | trophischer Grundzustand = ot



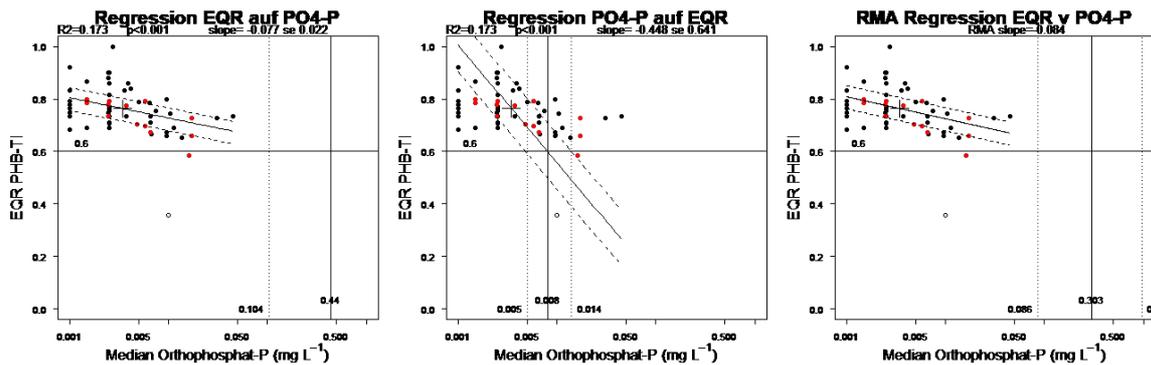
Gruppe B

Bioregionen AM, AV & BR | trophischer Grundzustand = om



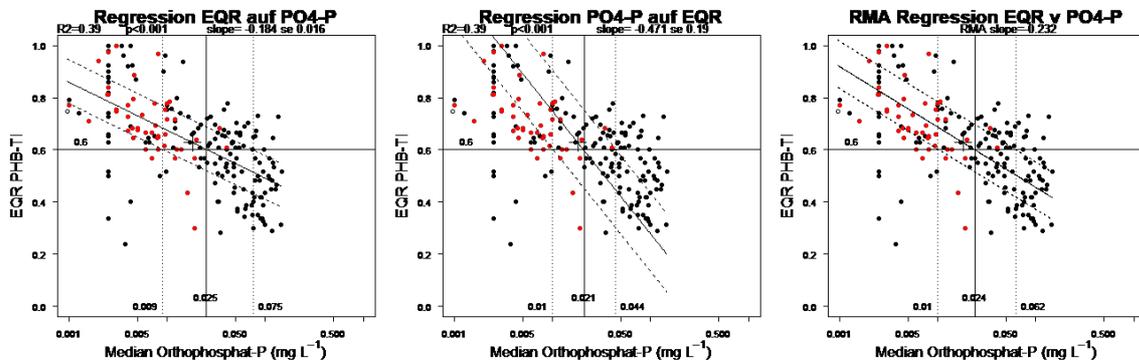
Gruppe C

Bioregionen AF, HV, KV, UZA & VZA | trophischer Grundzustand = om



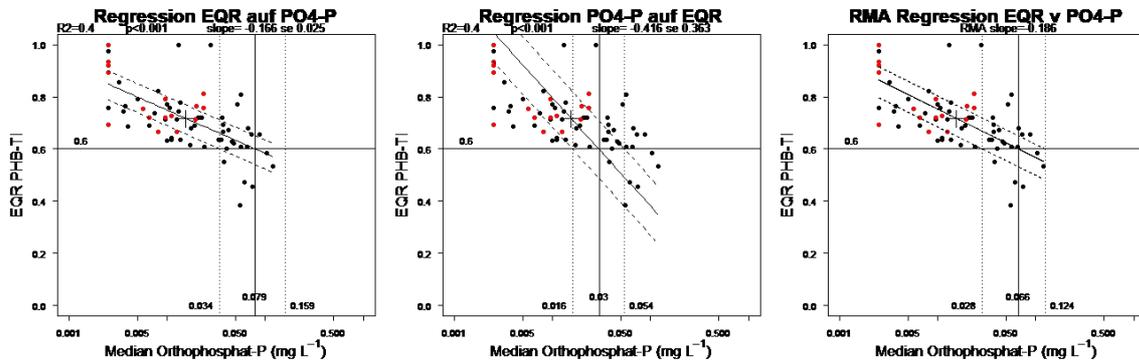
Gruppe E

Bioregionen AF, AV, BR, FL & VAV | trophischer Grundzustand = mt



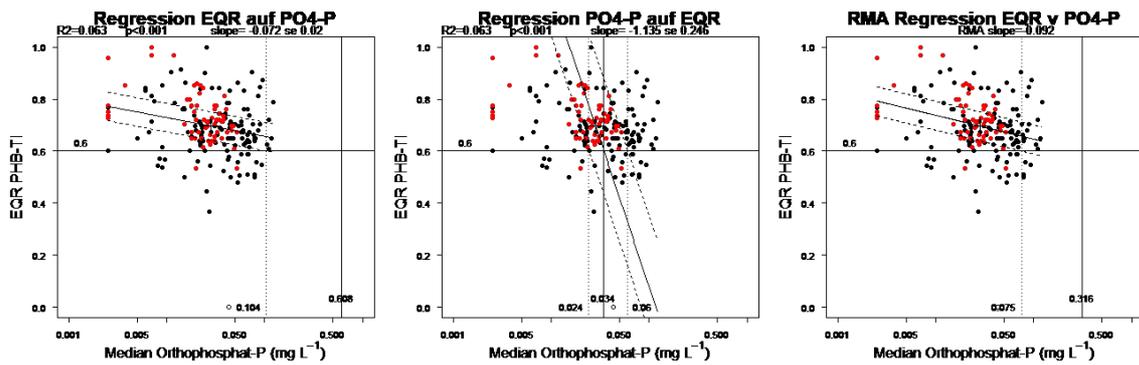
Gruppe G

Bioregionen AF, BR & GG | trophischer Grundzustand = me1



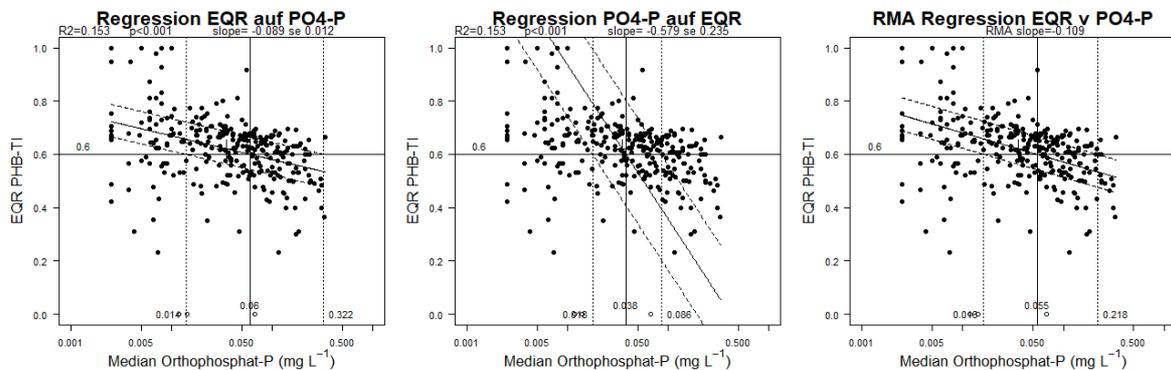
Gruppe H

Bioregionen AF, DO, GF, GG & IB | trophischer Grundzustand = mt (IB) und me2 (andere)



Gruppe I

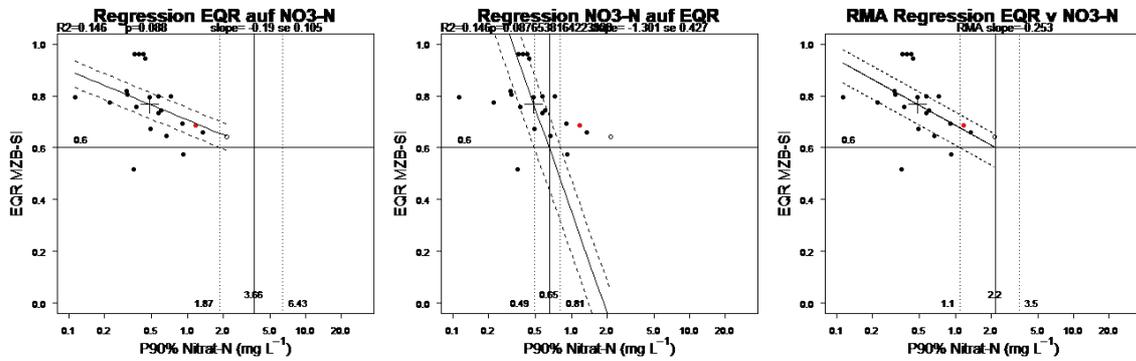
Bioregionen FH, MT & IB | trophischer Grundzustand = me1 (IB) und me2 (FH, MT)



7.2.4 90%-Perzentil Nitrat-N vs EQR Makrozoobenthos-Saprobienindex

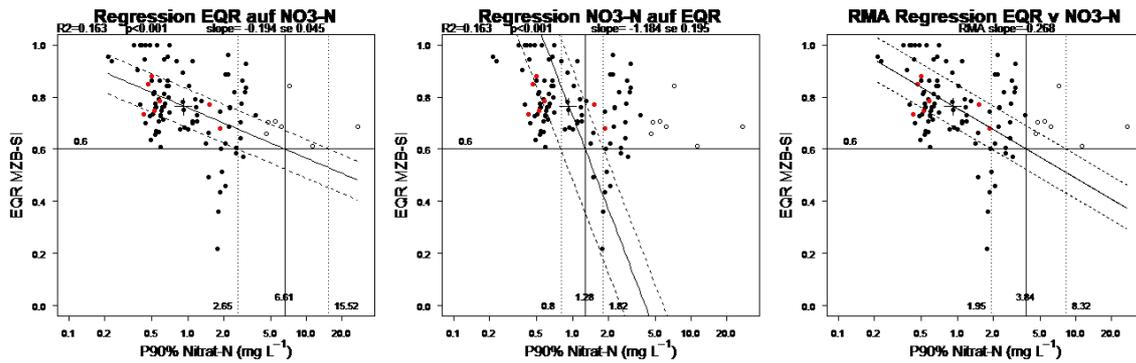
Gruppe A

Bioregionen FL, HV, KH, SA, UZA & VZA | saprobieller Grundzustand = 1,25



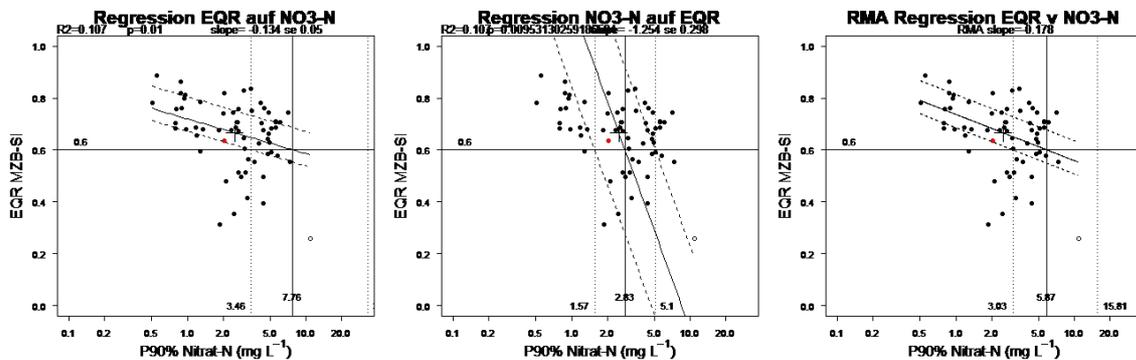
Gruppe B

Bioregionen AM, FL, HV, KH, KV, SA, IB, UZA & VZA | saprobieller Grundzustand = 1,5



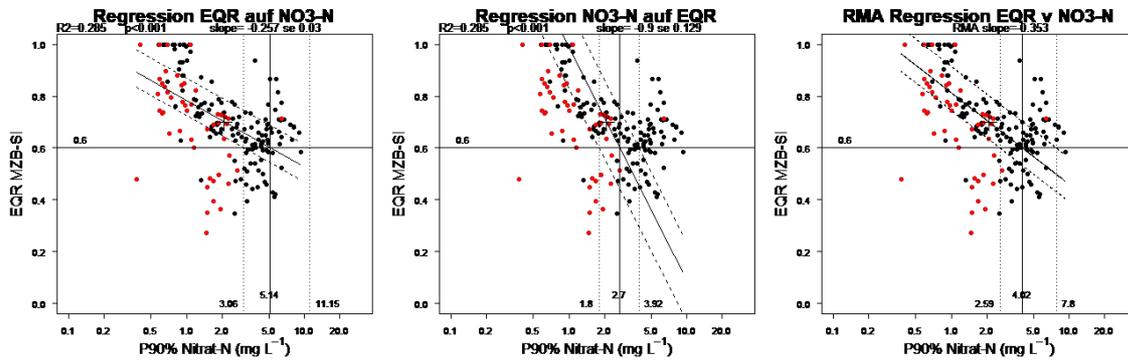
Gruppe C

Bioregionen BR, FH, GF & GG | saprobieller Grundzustand = 1,5



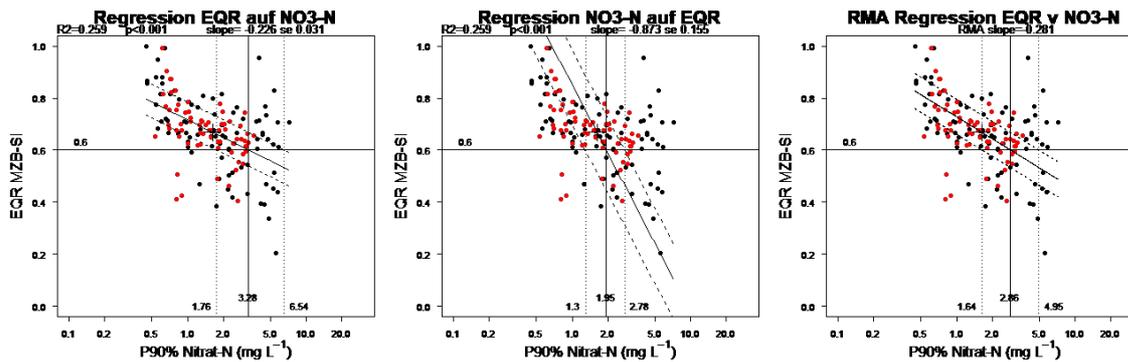
Gruppe D

Bioregionen AM, AV, FL, KV, IB, UZA & VAV | saprobieller Grundzustand = 1,75



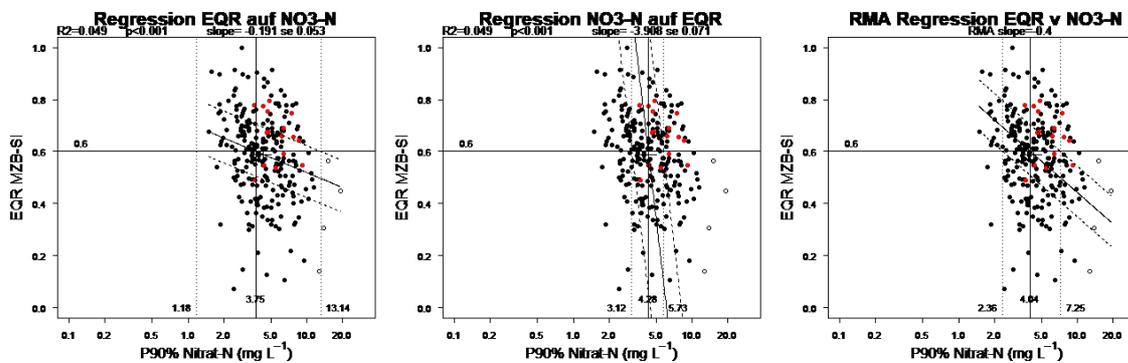
Gruppe E

Bioregionen AF, BR, DO & GF | saprobieller Grundzustand = 1,75



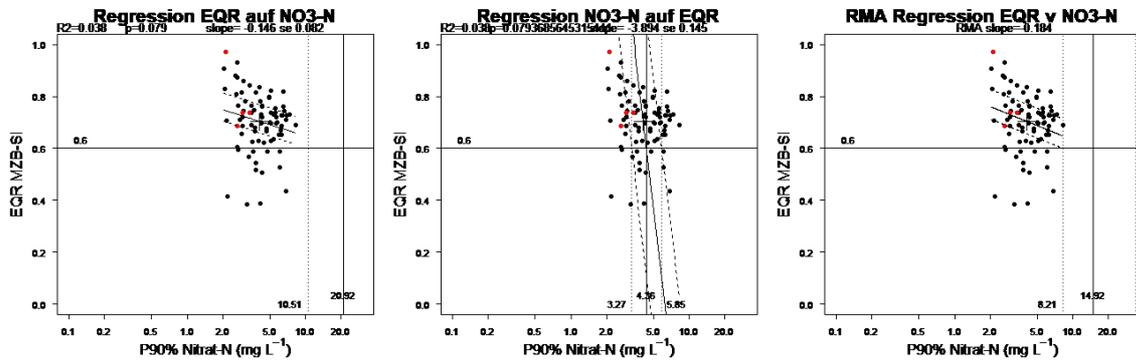
Gruppe F

Bioregionen FH & GG | saprobieller Grundzustand = 2,0



Gruppe G

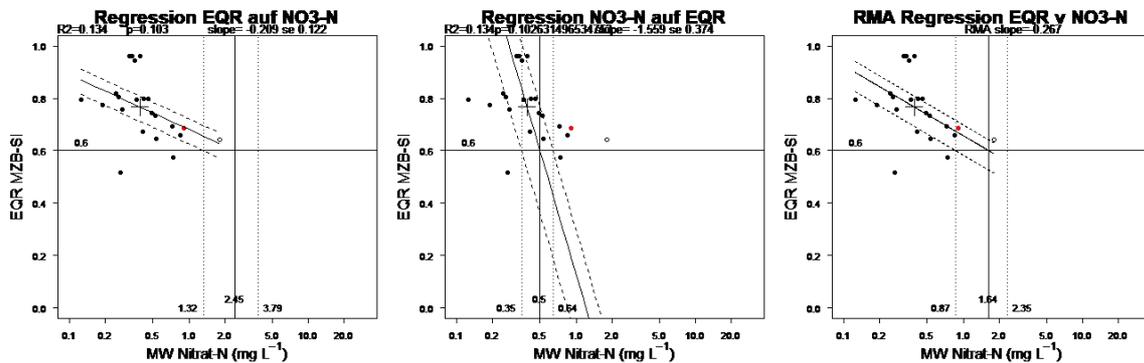
Bioregionen DO, FH & MT | saprobieller Grundzustand = 2,0



7.2.5 Mittelwert Nitrat-N vs EQR Makrozoobenthos-Saprobienindex

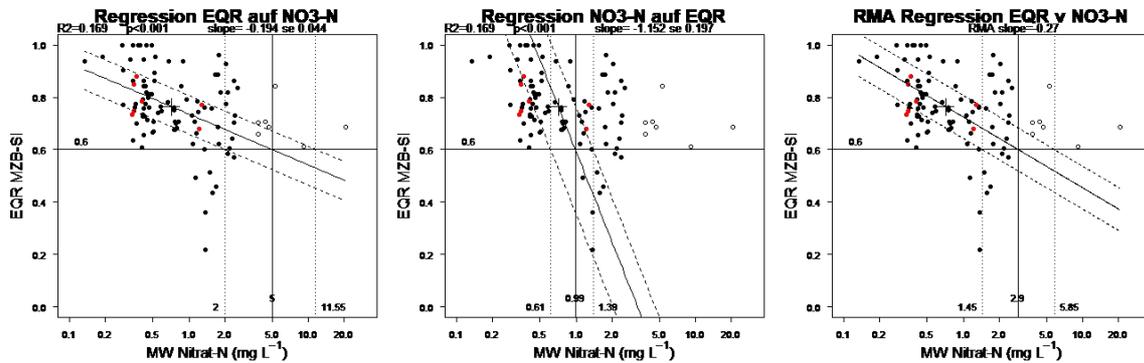
Gruppe A

Bioregionen FL, HV, KH, SA, UZA & VZA | saprobieller Grundzustand = 1,25



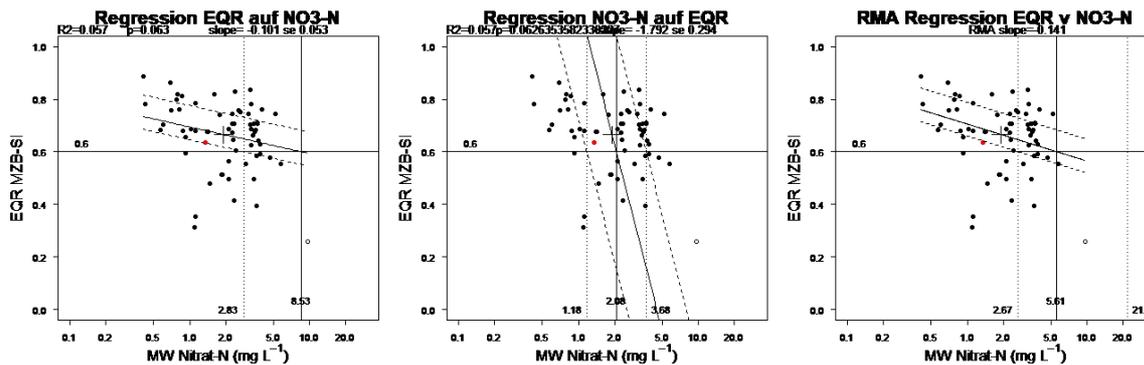
Gruppe B

Bioregionen AM, FL, HV, KH, KV, SA, IB, UZA & VZA | saprobieller Grundzustand = 1,5



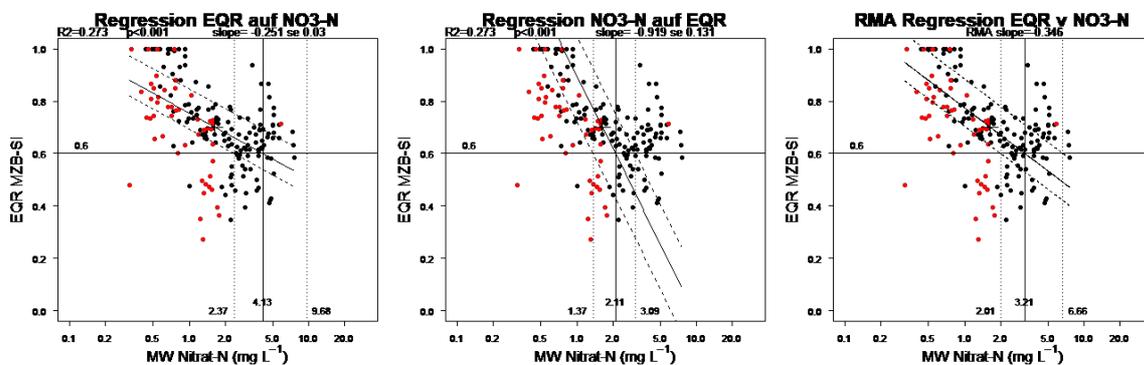
Gruppe C

Bioregionen BR, FH, GF & GG | saprobieller Grundzustand = 1,5



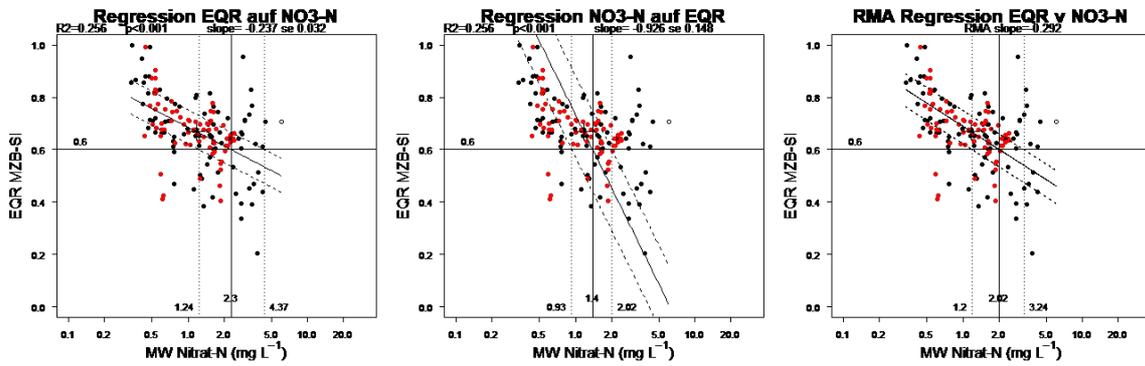
Gruppe D

Bioregionen AM, AV, FL, KV, IB, UZA & VAV | saprobieller Grundzustand = 1,75



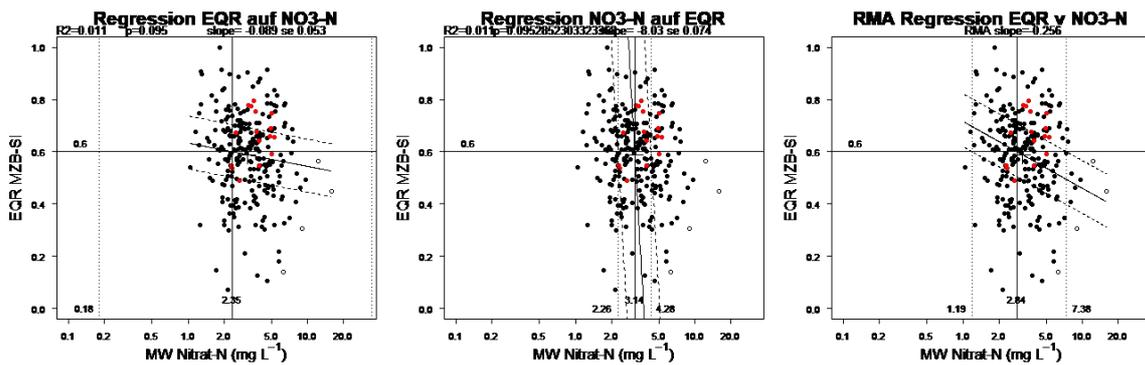
Gruppe E

Bioregionen AF, BR, DO & GF | saprobieller Grundzustand = 1,75



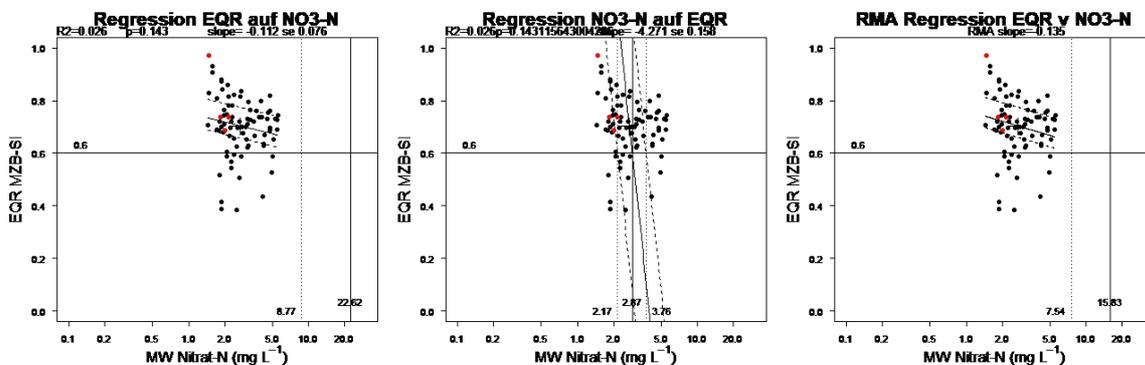
Gruppe F

Bioregionen FH & GG | saprobieller Grundzustand = 2,0



Gruppe G

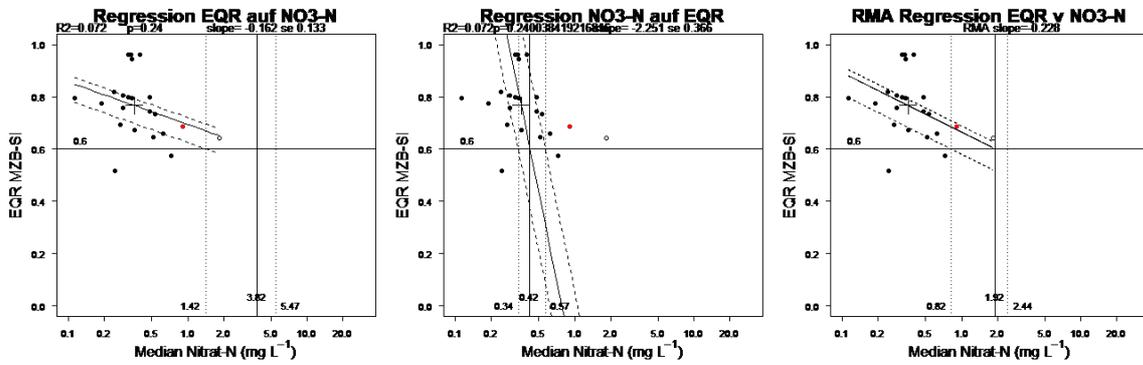
Bioregionen DO, FH & MT | saprobieller Grundzustand = 2,0



7.2.6 Median Nitrat-N vs EQR Makrozoobenthos-Saprobienindex

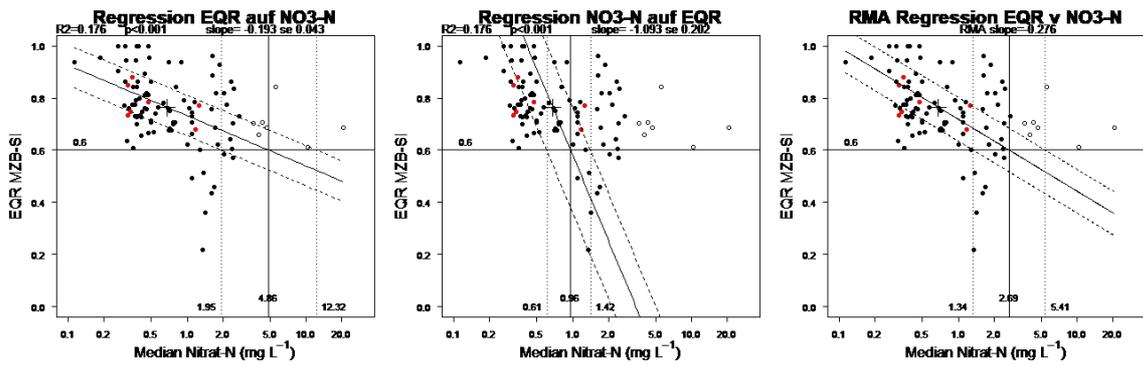
Gruppe A

Bioregionen FL, HV, KH, SA, UZA & VZA | saprobieller Grundzustand = 1,25



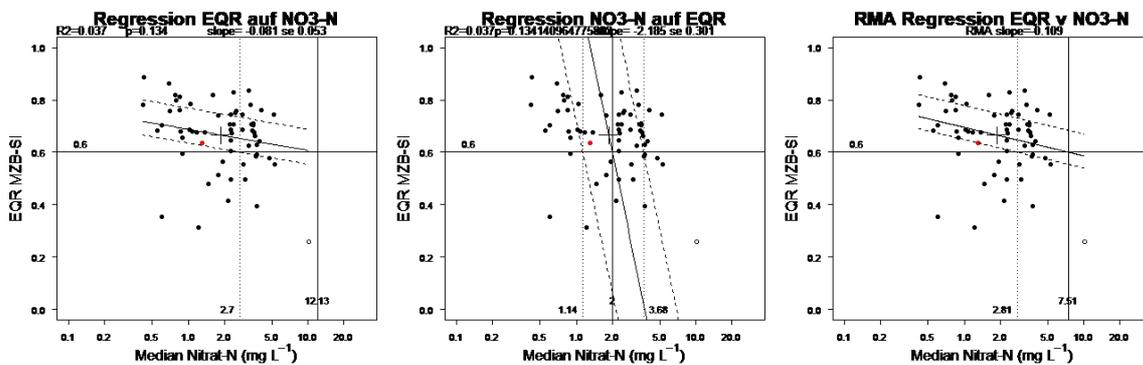
Gruppe B

Bioregionen AM, FL, HV, KH, KV, SA, IB, UZA & VZA | saprobieller Grundzustand = 1,5



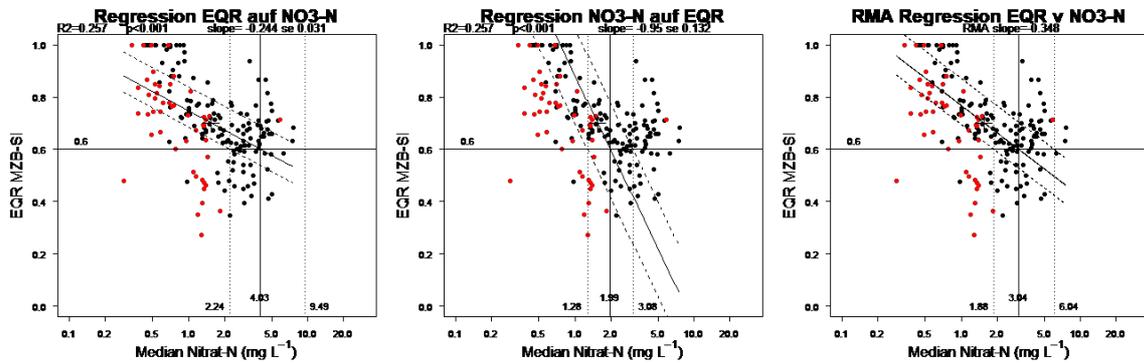
Gruppe C

Bioregionen BR, FH, GF & GG | saprobieller Grundzustand = 1,5



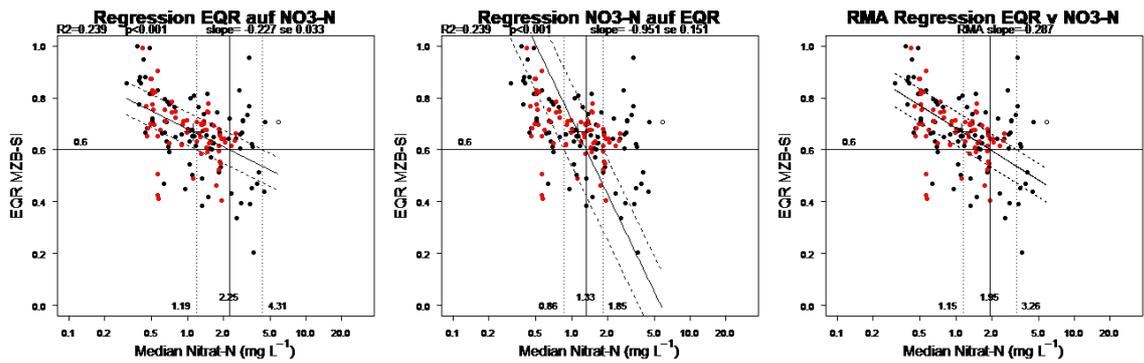
Gruppe D

Bioregionen AM, AV, FL, KV, IB, UZA & VAV | saprobieller Grundzustand = 1,75



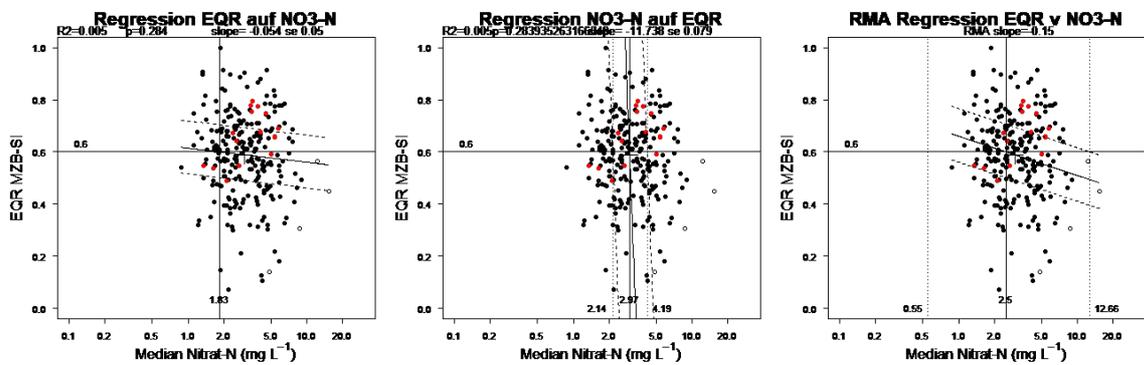
Gruppe E

Bioregionen AF, BR, DO & GF | saprobieller Grundzustand = 1,75



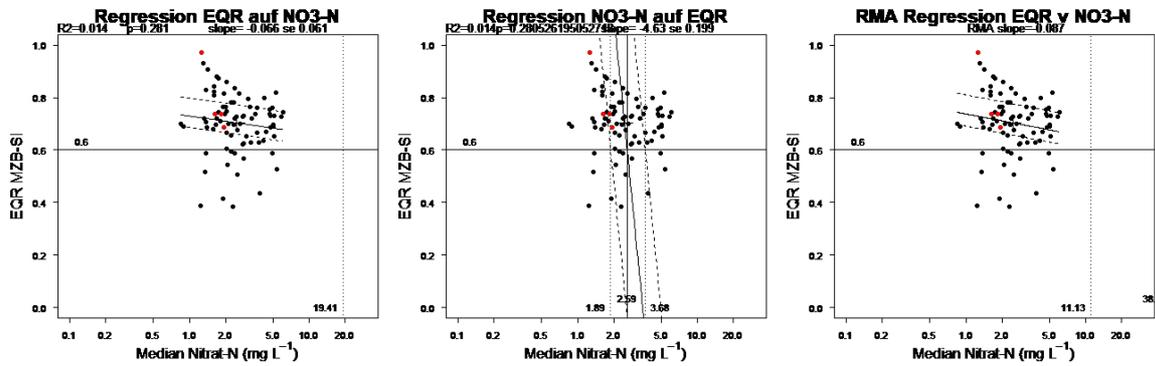
Gruppe F

Bioregionen FH & GG | saprobieller Grundzustand = 2,0



Gruppe G

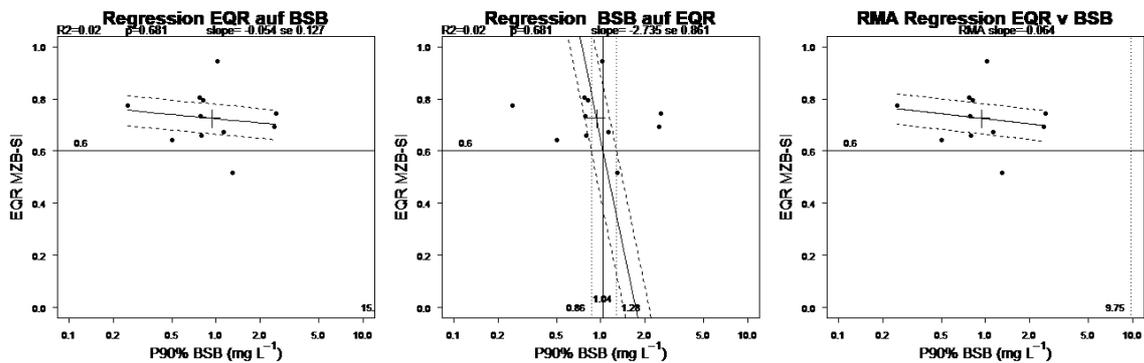
Bioregionen DO, FH & MT | saprobieller Grundzustand = 2,0



7.2.7 90%-Perzentil BSB₅ vs EQR Makrozoobenthos-Saprobienindex

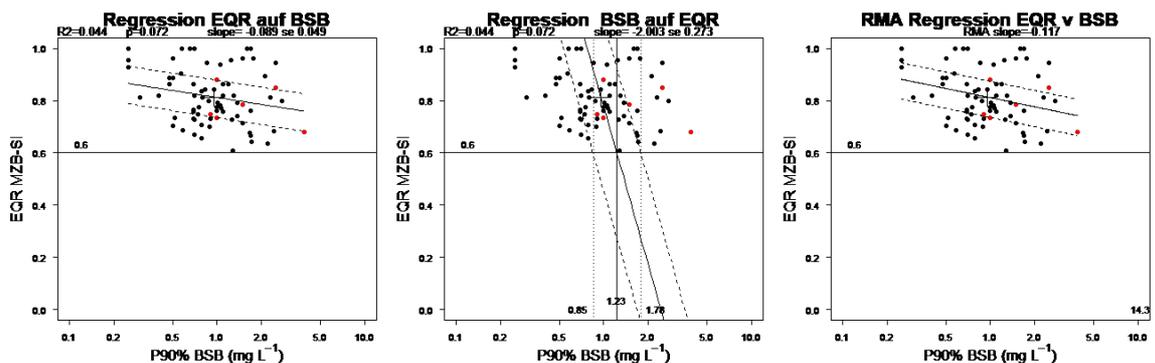
Gruppe A

Bioregionen KH, SA, UZA & VZA | saprobieller Grundzustand = 1,25



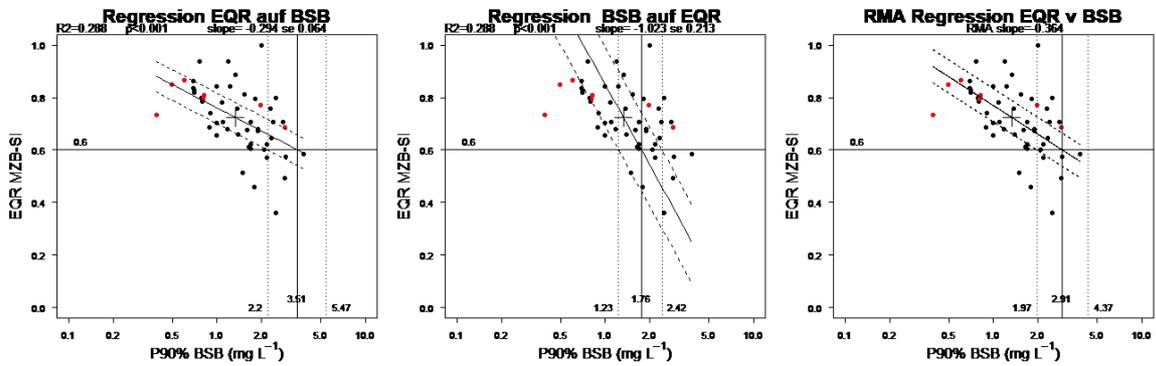
Gruppe B

Bioregionen FL, KH, SA, UZA & VZA | saprobieller Grundzustand = 1,25-1,5



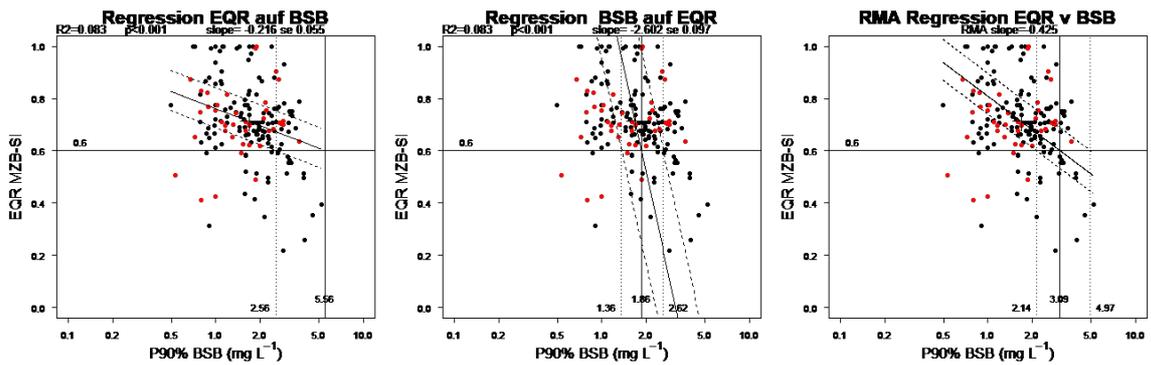
Gruppe C

Bioregionen HV, BR, FL, IB, KV & UZA | saprobieller Grundzustand = 1,25-1,75



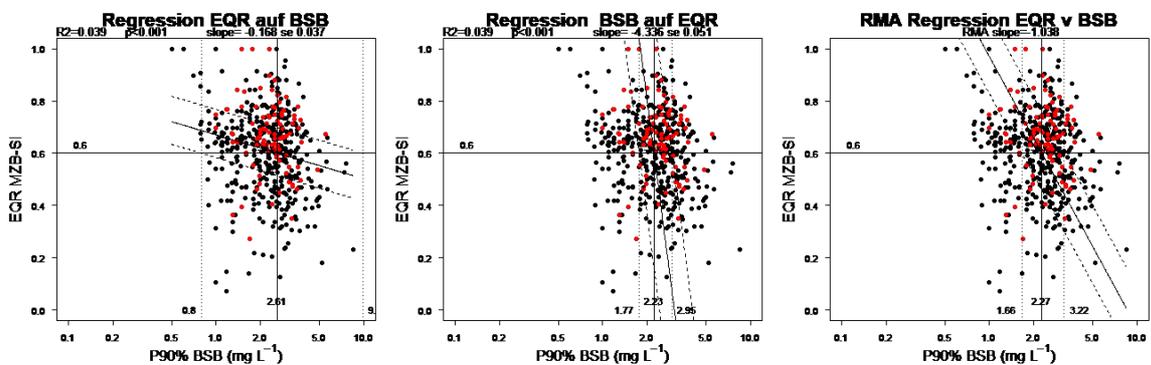
Gruppe D

Bioregionen AM, FH, GF, GG, HV, AF, FL, KV, IB | saprobieller Grundzustand = 1,5-1,75



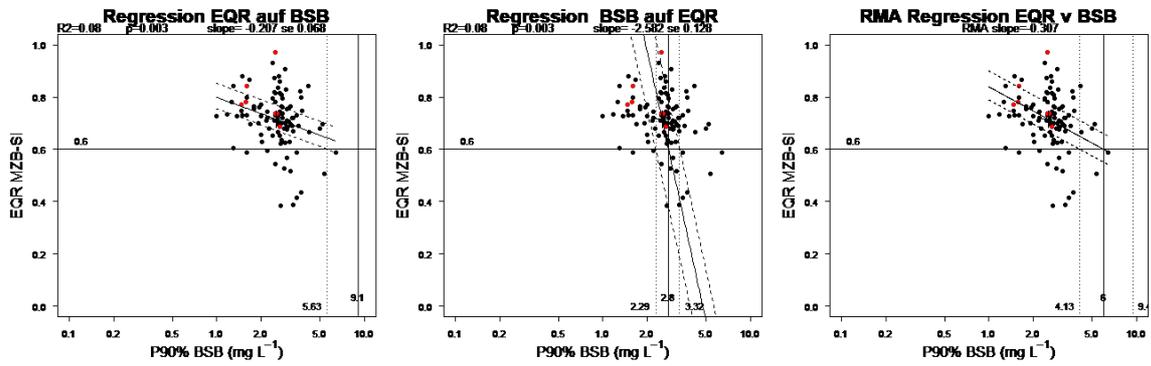
Gruppe E

Bioregionen AM, AV, BR, DO, FH, GF, GG & VAV | saprobieller Grundzustand = 1,25



Gruppe F

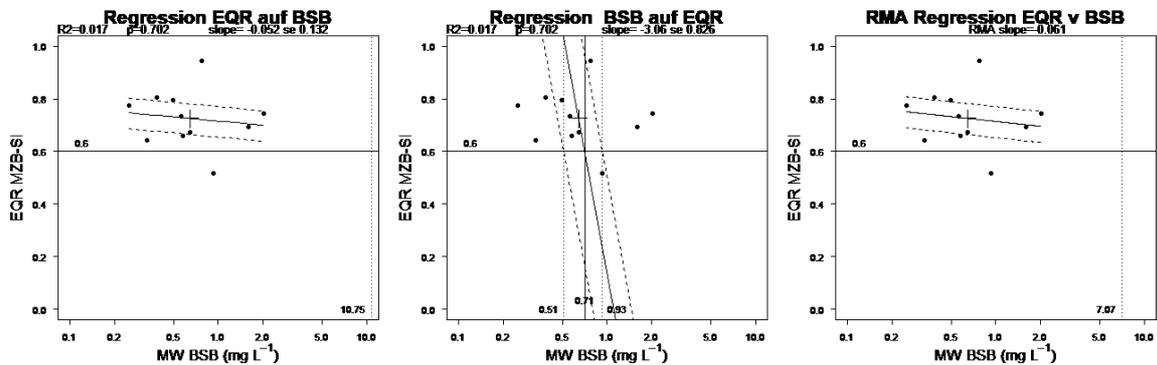
Bioregionen DO, FH & MT | saprobieller Grundzustand = 1,25



7.2.8 Mittelwert BSB₅ vs EQR Makrozoobenthos-Saprobienindex

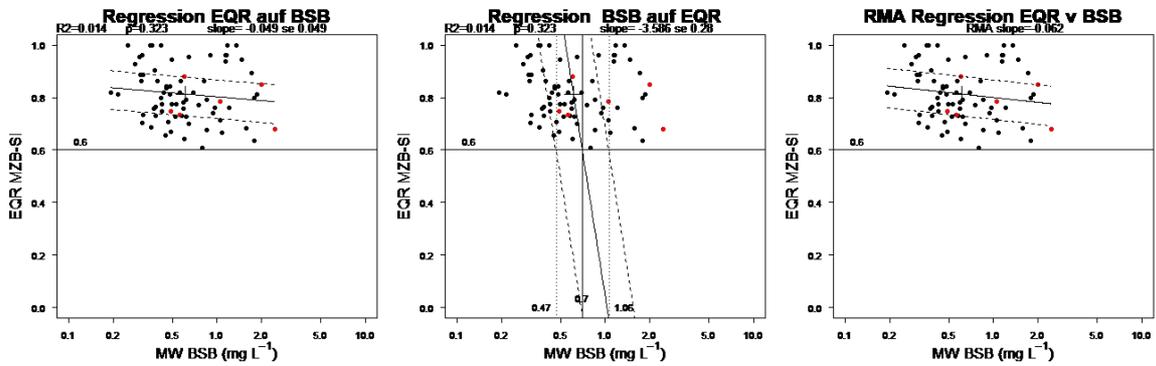
Gruppe A

Bioregionen KH, SA, UZA & VZA | saprobieller Grundzustand = 1,25



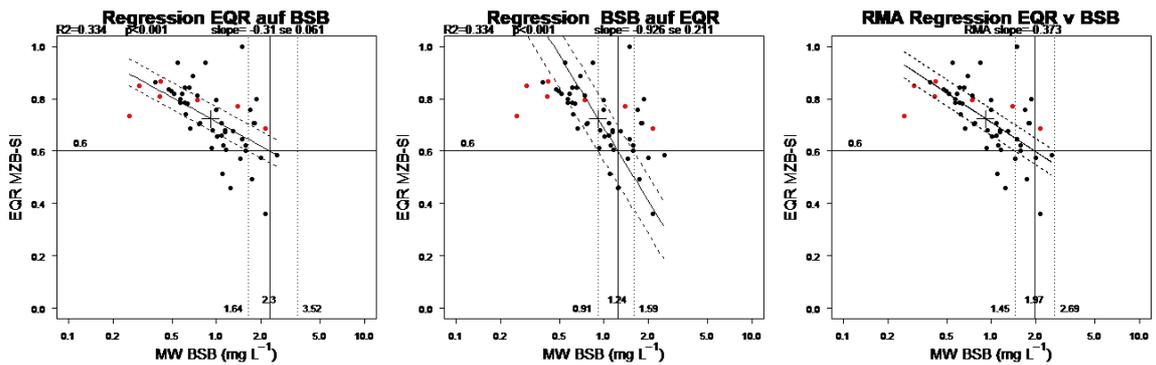
Gruppe B

Bioregionen FL, KH, SA, UZA & VZA | saprobieller Grundzustand = 1,25–1,5



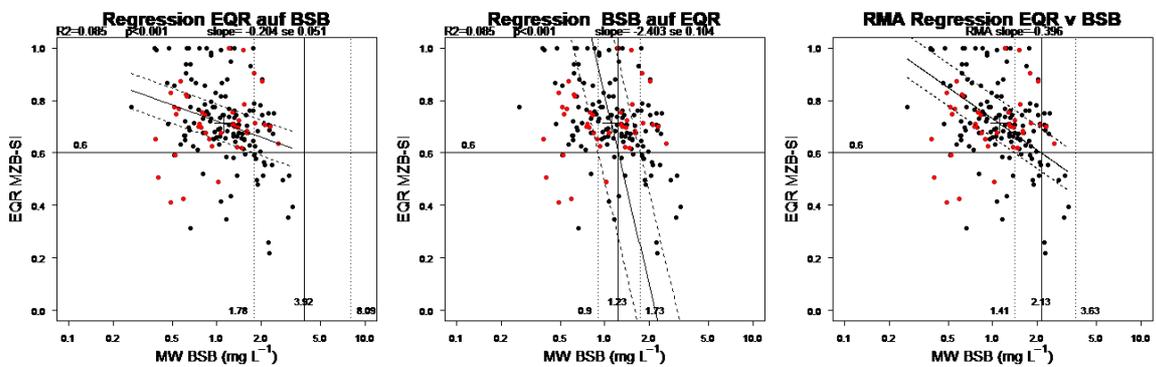
Gruppe C

Bioregionen HV, BR, FL, IB, KV & UZA | saprobieller Grundzustand = 1,25–1,75



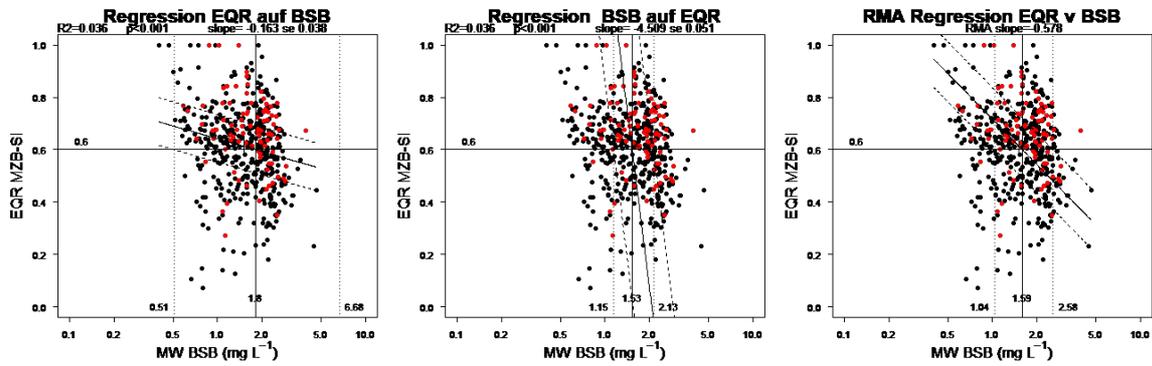
Gruppe D

Bioregionen AM, FH, GF, GG, HV, AF, FL, KV, IB | saprobieller Grundzustand = 1,5–1,75



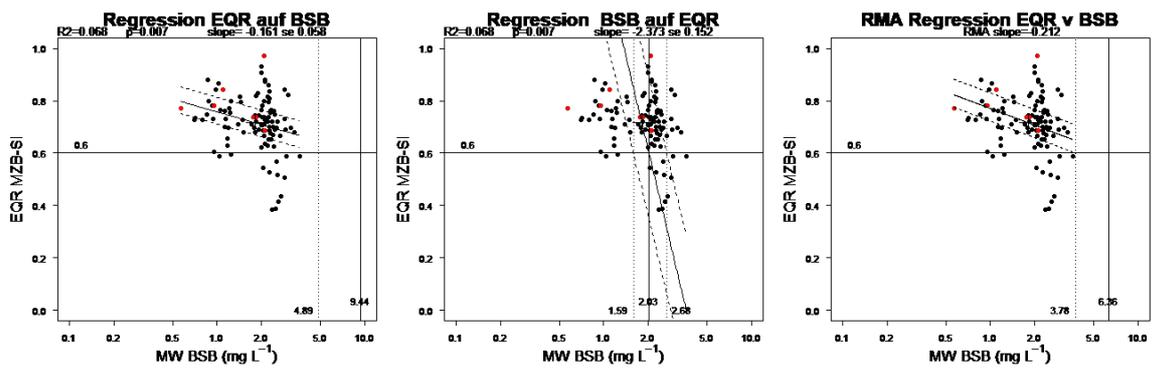
Gruppe E

Bioregionen AM, AV, BR, DO, FH, GF, GG & VAV | saprobieller Grundzustand = 1,25



Gruppe F

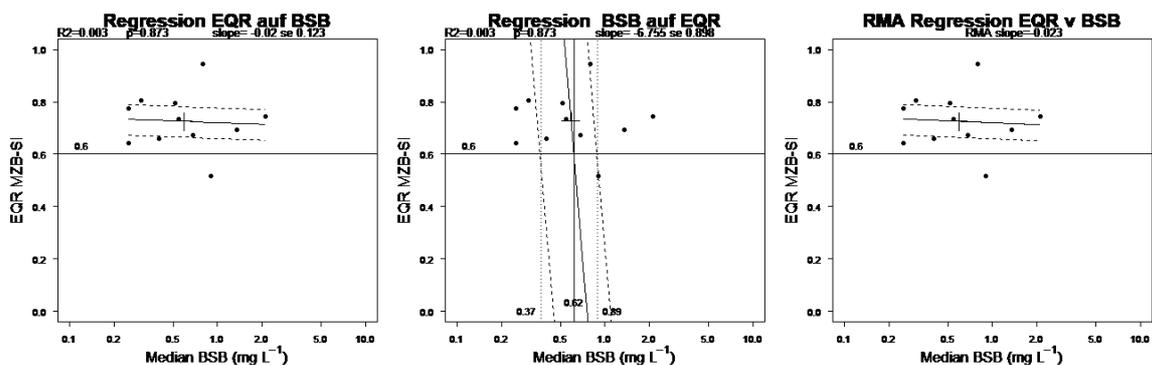
Bioregionen DO, FH & MT | saprobieller Grundzustand = 1,25



7.2.9 Median BSB₅ vs EQR Makrozoobenthos-Saprobienindex

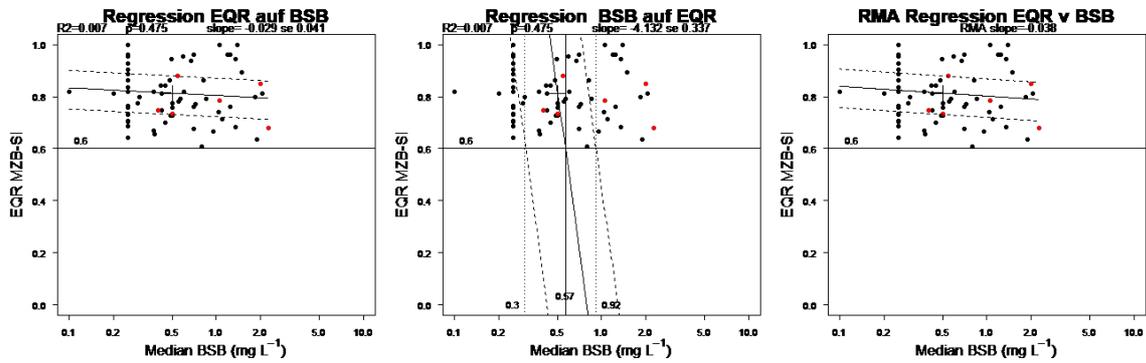
Gruppe A

Bioregionen KH, SA, UZA & VZA | saprobieller Grundzustand = 1,25



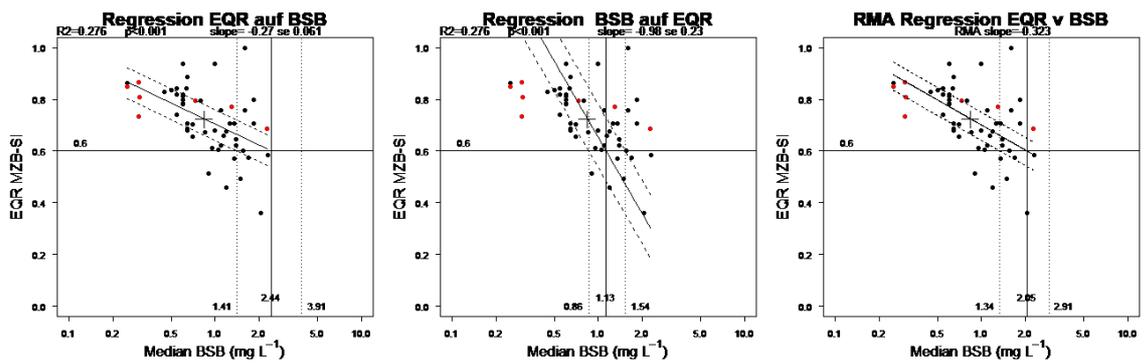
Gruppe B

Bioregionen FL, KH, SA, UZA & VZA | saprobieller Grundzustand = 1,25–1,5



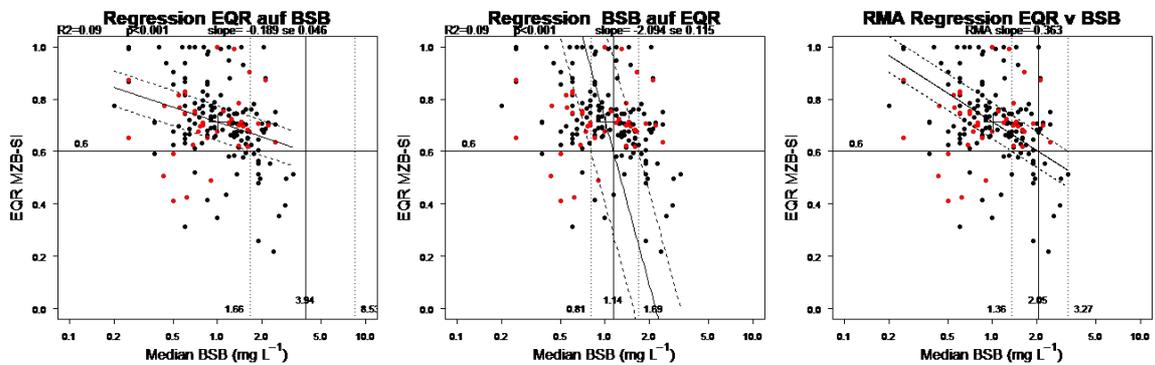
Gruppe C

Bioregionen HV, BR, FL, IB, KV & UZA | saprobieller Grundzustand = 1,25–1,75



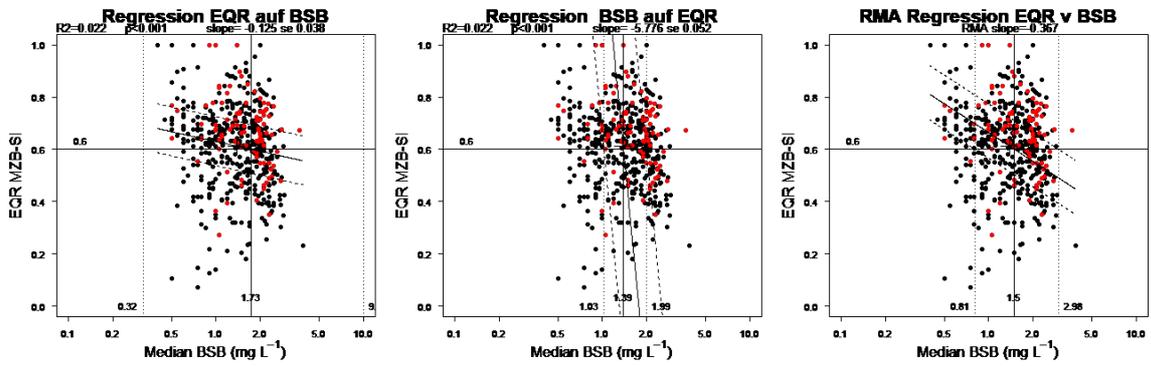
Gruppe D

Bioregionen AM, FH, GF, GG, HV, AF, FL, KV, IB | saprobieller Grundzustand = 1,5–1,75



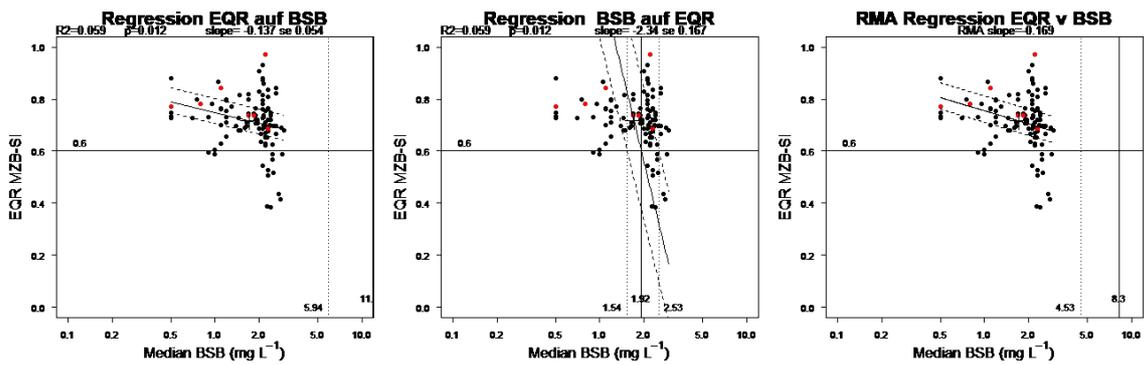
Gruppe E

Bioregionen AM, AV, BR, DO, FH, GF, GG & VAV | saprobieller Grundzustand = 1,25



Gruppe F

Bioregionen DO, FH & MT | saprobieller Grundzustand = 1,25



7.3 Ableitung möglicher Klassengrenzen für Orthophosphat-P aus OLS Regressionsanalysen

Tabelle 35 Mögliche Klassengrenzen sehr gut / gut für Orthophosphat-P (als mg L⁻¹), abgeleitet aus der Regression zwischen 90%-Perzentil und Jahresmittelwert. Die Bandbreite ergibt sich aus den unterschiedlichen Ergebnissen basierend auf der OLS Regression mit Jahreswerten (Abbildung 14) und den Ergebnissen der RMA Typ-2-Regression mit biologischen Bewertungen (Abbildung 15)

	ot	om	mt	me1	me2
AV		0,006–0,010	0,013–0,015		
AM		0,006–0,010	0,019–0,021		
BR		0,006–0,010	0,013–0,015	0,019–0,021	
FH					0,043–0,043
FL	0,005–0,008	0,006–0,010	0,013–0,015		
GF					0,031–0,032
GG			0,019–0,021	0,025–0,026	0,037–0,037
HV	0,005–0,008	0,006–0,010			
IB			0,031–0,032	0,043–0,043	
KH	0,005–0,008	0,013–0,015			
KV	0,005–0,008	0,006–0,010			
SA	0,005–0,008	0,006–0,010			
UZA	0,005–0,008	0,006–0,010	0,013–0,015		
VAV		0,006–0,010	0,013–0,015		
VZA	0,005–0,008	0,006–0,010			
AF	0,005–0,008	0,006–0,010	0,013–0,015	0,025–0,026	0,031–0,032
MT					0,043–0,043
DO					0,037–0,037

Tabelle 36 Mögliche Klassengrenzen gut / mäßig für Orthophosphat-P (als mg L⁻¹),
 abgeleitet aus der Regression zwischen 90%-Perzentil und Jahresmittelwert

	ot	om	mt	me1	me2
AV		0,013–0,015	0,031–0,032		
AM		0,013–0,015	0,037–0,037		
BR		0,013–0,015	0,031–0,032	0,048–0,049	
FH					0,114–0,123
FL	0,009–0,013	0,019–0,021	0,031–0,032		
GF					0,054–0,055
GG			0,037–0,037	0,048–0,049	0,059–0,061
HV	0,009–0,013	0,019–0,021			
IB			0,059–0,061	0,087–0,092	
KH	0,009–0,013	0,025–0,026			
KV	0,009–0,013	0,019–0,021			
SA	0,009–0,013	0,019–0,021			
UZA	0,009–0,013	0,019–0,021	0,031–0,032		
VAV		0,019–0,021	0,031–0,032		
VZA	0,009–0,013	0,025–0,026			
AF	0,009–0,013	0,019–0,021	0,031–0,032	0,048–0,049	0,059–0,061
MT					0,114–0,123
DO					0,059–0,061

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Verankerung der physikalisch-chemischen Parameter in der QZV Ökologie OG.....	15
Tabelle 2	Bioregionen sowie Sondertypen „Große Flüsse“ und Anzahl der für die Auswertung herangezogenen Stellen und Oberflächenwasserkörper (OWK). Geografische Verteilung siehe Abbildung 2.....	18
Tabelle 3	Saprobienle und trophische Grundzustände gemäß QZV Ökologie OG	19
Tabelle 4	Anzahl der Datensätze PO ₄ -P (links) und PO ₄ -P + PHB (rechts) in den Bioregionen je trophischem Grundzustand. Die Zahlen links entsprechen Terminen, die Zahlen rechts Jahren × Messstellen mit Biologiedaten zu PHB Trophie. Bei Kombinationen, für die in der QZV Ökologie OG Grundzustände definiert sind, aber keine Datensätze vorliegen, ist entsprechend der Wert 0 angegeben; für Kombinationen ohne Angabe von Werten sind keine Grundzustände festgelegt.....	23
Tabelle 5	Anzahl der Datensätze NO ₃ -N (links) und NO ₃ -N + MZB (rechts) in den Bioregionen je nach saprobiellem Grundzustand. Zahlen links: Termine, Zahlen rechts: Jahre × Messstellen mit Biologiedaten zu MZB Saprobie. Bei Kombinationen, für die in der QZV Ökologie OG Grundzustände definiert sind, aber keine Datensätze vorliegen, ist entsprechend der Wert 0 angegeben; für Kombinationen ohne Angabe von Werten sind keine Grundzustände festgelegt.....	24
Tabelle 6	Anzahl der Datensätze BSB ₅ (links) und BSB ₅ + MZB (rechts) in den Bioregionen je saprobiellem Grundzustand. Zahlen links: Termine, Zahlen rechts: Jahre × Messstellen mit Biologiedaten zu MZB Saprobie. Bei Kombinationen, für die in der QZV Ökologie OG Grundzustände definiert sind, aber keine Datensätze vorliegen, ist entsprechend der Wert 0 angegeben; für Kombinationen ohne Angabe von Werten sind keine Grundzustände festgelegt	25
Tabelle 7	Gruppierungen der Datensätze nach den Richtwerten (sehr gut / gut und gut / mäßig) für Orthophosphat-P (als µg L ⁻¹) gemäß Anlage H der QZV Ökologie OG.....	26
Tabelle 8	Gruppierungen der Datensätze nach den Richtwerten (sehr gut / gut und gut / mäßig) für Nitrat-N (als mg L ⁻¹) gemäß Anlage H der QZV Ökologie OG.....	27
Tabelle 9	Gruppierungen der Datensätze nach den Richtwerten (sehr gut / gut und gut / mäßig) für BSB ₅ (als mg L ⁻¹) gemäß Anlage H der QZV Ökologie OG.....	28
Tabelle 10	Anzahl der vollständigen Datensätze für die Auswertungen Orthophosphat-P vs Trophieindex Phytobenthos je Gruppe (nach Tabelle 7).....	29

Tabelle 11 Anzahl der vollständigen Datensätze für die Auswertungen Nitrat-N vs Saprobienindex Makrozoobenthos je Gruppe (nach Tabelle 8)	29
Tabelle 12 Anzahl der vollständigen Datensätze für die Auswertungen BSB ₅ vs Saprobienindex Makrozoobenthos je Gruppe (nach Tabelle 9)	30
Tabelle 13 Vergleich der Richtwerte gemäß QZV Ökologie OG für die Orthophosphat-P-Konzentration (als 90%-Perzentil über mindestens 10 Termine pro Jahr, in mg L ⁻¹) in den Phosphat-Gruppen A bis I (siehe Tabelle 7) mit den Berechnungen anhand des Tool-kit von Phillipps et al. (2017)	45
Tabelle 14 Vergleich der Richtwerte gemäß QZV Ökologie OG für die Nitrat-N-Konzentration (als 90%-Perzentil über mindestens 10 Termine pro Jahr, in mg L ⁻¹) in den Nitrat-Gruppen A bis G (siehe Tabelle 7) mit den Berechnungen anhand des Tool-kit von Phillipps et al. (2017)	47
Tabelle 15 Vergleich der Richtwerte gemäß QZV Ökologie OG für den BSB ₅ (als 90%-Perzentil über mindestens 10 Termine pro Jahr, in mg L ⁻¹) in den BSB-Gruppen A bis F (siehe Tabelle 7) mit den Berechnungen anhand des Tool-kit von Phillipps et al. (2017)	50
Tabelle 16 Prognostizierte Grenz- und Richtwerte von Gesamtphosphor (als 90%-Perzentil über mindestens 10 Termine pro Jahr, in mg L ⁻¹) in den Orthophosphat-Gruppen A bis F (siehe Tabelle 7)	55
Tabelle 17 Übereinstimmung von Zustandsbewertungen anhand der Biologie (EQR PHB-TI) und des 90%-Perzentils der Orthophosphat-P-Konzentration gemäß den aktuell gültigen typspezifischen Grenzwerten (sehr gut/gut) bzw. Richtwerten (gut/mäßig)	61
Tabelle 18 Übereinstimmung von Zustandsbewertungen anhand der Biologie (EQR MZB-SI) und des 90%-Perzentils der Nitrat-N-Konzentration gemäß den aktuell gültigen typspezifischen Grenzwerten (sehr gut/gut) bzw. Richtwerten (gut/mäßig)....	62
Tabelle 19 Übereinstimmung von Zustandsbewertungen anhand der Biologie (EQR MZB-SI) und des 90%-Perzentils des BSB ₅ gemäß den aktuell gültigen typspezifischen Grenzwerten (sehr gut/ gut) bzw. Richtwerten (gut/mäßig)	63
Tabelle 20 Anteile der Datensätze (Jahre), in denen eine Bewertung anhand der allgemeinen physikalisch-chemischen Parameter (PhysChem) nach den derzeit gültigen Grenz- und Richtwerten gemäß QZV Ökologie OG eine schlechtere Bewertung ergab als nach der biologischen Zustandsbewertung	64
Tabelle 21 Übereinstimmung von Zustandsbewertungen anhand der Biologie (EQR MZB-SI) und des 90%-Perzentils der Sauerstoffsättigung gemäß QZV Ökologie OG (Bandbreite Richtwert gut / mäßig)	66

Tabelle 22 Berechnungen von Grenz- und Richtwerten der Orthophosphat-P-Konzentration als Mittelwert (MW) und Median (Med) über mindestens 10 Termine pro Jahr (in mg L ⁻¹) in den Phosphat-Gruppen A bis I (siehe Tabelle 7) anhand des Tool-kit von Phillipps et al. (2017).....	70
Tabelle 23 Berechnungen von Grenz- und Richtwerten der Nitrat-N-Konzentration als Mittelwert (MW) und Median (Med) über mindestens 10 Termine pro Jahr (in mg L ⁻¹) in den Nitrat-Gruppen A bis G (siehe Tabelle 7) anhand des Tool-kit von Phillipps et al. (2017).....	71
Tabelle 24 Berechnungen von Grenz- und Richtwerten des BSB ₅ als Mittelwert (MW) und Median (Med) über mindestens 10 Termine pro Jahr (in mg L ⁻¹) in den BSB-Gruppen A bis F (siehe Tabelle 7) anhand des Tool-kit von Phillipps et al. (2017)	72
Tabelle 25 Option für typspezifische Grenz- und Richtwerte der Orthophosphat-P-Konzentration, berechnet als Jahresmittelwert (in mg L ⁻¹).....	76
Tabelle 26 Vergleich der Bewertung anhand des Mittelwerts (MW) der Orthophosphat-P-Konzentrationen gegenüber der Bewertung anhand des 90%-Perzentils. Datengrundlage: Teildatensatz mit Zeitreihen von 3 oder mehr Jahren. Die erste Spalte gibt die Kombination aus Bioregion und trophischem Grundzustand an	78
Tabelle 27 Vorschlag für typspezifische Richt- und mögliche Grenzwerte des 90%-Perzentils der Orthophosphat-P-Konzentration (in mg L ⁻¹) in den 15 Bioregionen und den drei Gruppen großer Flüsse.....	87
Tabelle 28 Vorschlag für typspezifische Richt- und mögliche Grenzwerte des 90%-Perzentils der Nitrat-N-Konzentration (in mg L ⁻¹) in den 15 Bioregionen und den drei Gruppen großer Flüsse	88
Tabelle 29 Vorschlag für typspezifische Richt- und mögliche Grenzwerte des 90%-Perzentils des BSB ₅ (in mg L ⁻¹) in den 15 Bioregionen und den drei Gruppen großer Flüsse	89
Tabelle 30 Übereinstimmung von Zustandsbewertungen anhand der Biologie (EQR PHB-TI) und des 90%-Perzentils der Orthophosphat-P-Konzentration gemäß dem neuen Vorschlag für typ-spezifische Grenzwerte	91
Tabelle 31 Übereinstimmung von Zustandsbewertungen anhand der Biologie (EQR MZB-SI) und des 90%-Perzentils der Nitrat-N-Konzentration gemäß dem neuen Vorschlag für typspezifische Grenzwerte	92
Tabelle 32 Übereinstimmung von Zustandsbewertungen anhand der Biologie (EQR MZB-SI) und des 90%-Perzentils des BSB ₅ gemäß dem neuen Vorschlag für typspezifische Grenzwerte.....	93

Tabelle 33	Anteile der Datensätze (Jahre), in denen eine Bewertung anhand der allgemeinen physikalisch-chemischen Parameter (PhysChem) nach den neu vorgeschlagenen Grenzwerten auch für die Klassengrenze gut / mäßig eine schlechtere Bewertung ergab als nach der biologischen Zustandsbewertung.	94
Tabelle 34	Verwendung von Richtwerten (RW) und Grenzwerten (GW) an den Klassengrenzen sehr gut / gut und gut / mäßig für die sieben in der QZV Ökologie OG berücksichtigten allgemeinen physikalisch-chemischen Parameter.....	96
Tabelle 35	Mögliche Klassengrenzen sehr gut / gut für Orthophosphat-P (als mg L ⁻¹), abgeleitet aus der Regression zwischen 90%-Perzentil und Jahresmittelwert. Die Bandbreite ergibt sich aus den unterschiedlichen Ergebnissen basierend auf der OLS Regression mit Jahreswerten (Abbildung 14) und den Ergebnissen der RMA Typ-2-Regression mit biologischen Bewertungen (Abbildung 15) ..	124
Tabelle 36	Mögliche Klassengrenzen gut / mäßig für Orthophosphat-P (als mg L ⁻¹), abgeleitet aus der Regression zwischen 90%-Perzentil und Jahresmittelwert	125

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Darstellung der Rolle der biologischen, hydro-morphologischen und physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten bei der Einstufung des ökologischen Zustands gemäß den normativen Definitionen in Anhang V der WRRL.....	12
Abbildung 2	Verteilung der für die vorliegenden Studien verwendeten Untersuchungsstellen und Oberflächenwasserkörper (Detailwasserkörper) in Österreich	20
Abbildung 3	Linearitäts-Check der Korrelation von Orthophosphat-P (links) und Nitrat-N (rechts, beide als 90%-Perzentil) und dem normierten EQR des Phytobenthos-Trophieindex (links) und des Makrozoobenthos-Saprobienindex (rechts). Ein generalisiertes additives Modell (GAM) ist zur Darstellung einer geglätteten Anpassung als schwarze Kurve eingetragen .	32
Abbildung 4	Exemplarische Darstellung der Plots zu den drei Regressionsmodellen zwischen Orthophosphat-P (als 90%-Perzentil) und dem normierten EQR (Phytobenthos Trophieindex) für die Gruppe A, ohne Differenzierung nach Gruppierungen gemäß Tabelle 7, zur Ableitung der Klassengrenze gut / mäßig	35
Abbildung 5	Gekerbte Boxplots von Orthophosphat-P (als 90%-Perzentil), gruppiert nach den Zustandsklassen (Phytobenthos Trophieindex). Signifikanztest nach Wilcoxon. Die strichlierten Linien markieren die 25%- und 75%-Perzentile, die zur Berechnung von möglichen Klassengrenzen herangezogen werden	37
Abbildung 6	Exemplarische Darstellung der Festlegung des <i>minimum mis-match</i> (minimale Diskrepanz) zwischen der Bewertung nach der Biologie und der Nährstoffkonzentration (hier für die Grenze gut / mäßig) im Excel-Makro. Eingestellt werden die Bandbreite (Min und Max nutrient) sowie die Anzahl der ‚Bins‘. Der <i>Minimum mis-match</i> wird manuell so eingegeben, dass der Schwellenwert am Kreuzungspunkt der beiden Kurven zu liegen kommt ...	38
Abbildung 7	Exemplarische Darstellung der Festlegung des <i>minimum mis-match</i> (minimale Diskrepanz) zwischen der Bewertung nach der Biologie und der Nährstoffkonzentration (hier für die Grenze gut / mäßig), berechnet anhand des R Scripts. Der Mittelwert der Kreuzungspunkte in den Iterationen (n=50) beträgt $69 \mu\text{g L}^{-1} \text{PO}_4\text{-P}$	39
Abbildung 8	Korrelation von Orthophosphat-P, gelöstem Phosphor und Gesamtphosphor an Einzelterminen (n=21337)	52

Abbildung 9	Korrelation von Schwebstoffgehalt (abfiltrierbare Stoffe) und Orthophosphat-P (links) bzw. Gesamtphosphor (rechts) an Einzelterminen (n=21337).....	53
Abbildung 10	OLS-Regression von Ortho-phosphat-P (PO ₄ -P) und Gesamtphosphor (TP) als 90%-Perzentil, Mittelwert MW und Median von zumindest 10 Terminen pro Jahr (n=508)	54
Abbildung 11	Vergleich der prognostizierten Klassengrenzen sehr gut / gut (H/G, Grenzwert) und gut / mäßig (G/M, Richtwert) nach dem Typ-2- Regressionsmodell (RMA) und nach der minimum-mis-match-Methode für Orthophosphat-P (SRP) und Gesamtphosphor (TP) in den Gruppen nach Tabelle 7.....	56
Abbildung 12	Vergleich der Klassengrenzen sehr gut / gut (H/G, Grenzwert) und gut / mäßig (G/M, Richtwert) gemäß QZV, nach dem Typ-2- Regressionsmodell (RMA) und nach der <i>minimum-mis-match</i> -Methode. Die verschiedenen Symbole repräsentieren unterschiedliche Gruppen von Gewässertypen	59
Abbildung 13	Histogramm (links) und Density-Plot (rechts) der nEQR-Werte auf Basis des PHB-TI für Messstellen mit 90%-Perzentil der Sauerstoffsättigung innerhalb und außerhalb der Bandbreite des guten ökologischen Zustands gemäß QZV Ökologie OG	67
Abbildung 14	Regressionen von 90%-Perzentil, Mittelwert und Median der Orthophosphat-Konzentrationen im gesamten Datensatz aller Jahreswerte (n=825).....	74
Abbildung 15	Vergleich der Klassengrenzen sehr gut / gut (H/G, Grenzwert) und gut / mäßig (G/M, Richtwert) nach dem Typ-2- Regressionsmodell (RMA) und nach der minimum-mis-match-Methode, berechnet auf Basis des 90%-Perzentil versus Mittelwert (linke Plots) und Median (rechte Plots)	75
Abbildung 16	Zeitreihen der 90%-Perzentile und Jahresmittelwerte der Orthophosphat-P-Konzentration an vier Messstellen in vier verschiedenen Bioregionen. Die strichlierten Linien geben die jeweils festgelegten (QZV) bzw. vorgeschlagenen (Tabelle 25) Klassengrenzen sehr gut / gut (links unten Lainsitz / Nova Ves: gut / mäßig).....	79

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft

Stubenring 1, 1010 Wien

bml.gv.at