

GALF
GESELLSCHAFT FÜR ANGEWANDTE
LANDSCHAFTSFORSCHUNG bR



Abschlussbericht

der Arbeitsgemeinschaft

VisDat geodatentechnologie GmbH (VisDat)
Am Ende 14, 01277 Dresden,

und

Gesellschaft für Angewandte Landschaftsforschung
Bürger Gebel Halbfaß Uhlig bR (GALF),
Am Ende 14, 01277 Dresden,

zu Vertrag-Nr. 2016/006:

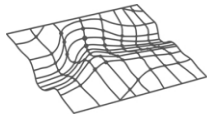
„Auswertung und Darstellung von Nährstoffmonitoringdaten im
Elbeinzugsgebiet“



Bearbeiter:

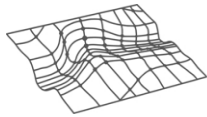
Dr. Michael Gebel, Mario Uhlig, Stephan Bürger

Stand: 14.06.2018



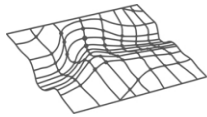
Inhaltsverzeichnis

1 Projektthema.....	5
2 Hintergrund und Zielstellung	5
3 Datenumfang	5
4 Umsetzungskonzept	7
4.1 Lösungsstrategie.....	7
4.2 Technische Realisierung.....	8
4.3 Datenhaltung	9
5 Datenaufbereitung und deskriptive Statistik	9
5.1 Methodische Vorgehensweise.....	9
5.2 Abgeleitete statistische Kennwerte und eingesetzte Verfahren	9
5.3 Erstellung von Stationslisten.....	11
5.4 Datenauffälligkeiten.....	12
5.5 Zusammenfassende Trendauswertungen.....	17
5.6 Vergleichende Betrachtung zur Einhaltung der Orientierungswerte nach OGewV.....	22
6 Webbasierte statistische Analysen und Auswertungen	26
6.1 Aufbau und Funktionalitäten der Webanwendung.....	26
6.2 Deskriptive Statistik	27
6.3 Explorative Datenanalyse.....	28
6.4 Bewertungsmodul.....	31
6.5 Vergleichsmodul	33
7 Weiterführende Auswertungen aus den Modulen.....	36
7.1 Vergleichende Betrachtung von Mess- und Modellergebnissen im Flusslängsprofil der Elbe.....	36
7.2 Auswertung der eintragspfadbezogenen Ergebnisse nach MONERIS	38
7.3 Korrelative Betrachtung der Einflüsse von Acker- und Siedlungsanteilen auf die gemessenen Stoffkonzentrationen je Einzugsgebiet	42
8 Zusammenfassung und Ausblick	46



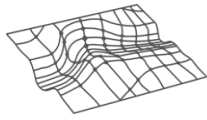
Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Workflow für die zu erstellende Anwendung.....	8
Abbildung 2: Einhaltung der Orientierungswerte an den Messstellen – pH-Wert	22
Abbildung 3: Einhaltung der Orientierungswerte an den Messstellen – Ammonium-N	22
Abbildung 4: Einhaltung der Orientierungswerte an den Messstellen – Nitrit-N	23
Abbildung 5: Einhaltung der Orientierungswerte an den Messstellen – Orthophosphat-P.....	23
Abbildung 6: Trends für 2011 bis 2015 für Orthophosphat-P auf Basis des Mann-Kendall Tests.....	24
Abbildung 7: Einhaltung der Orientierungswerte an den Messstellen – Gesamt-Phosphor.....	24
Abbildung 8: Einhaltung der Orientierungswerte an den Messstellen – Sauerstoff.....	25
Abbildung 9: Zugang zur Webanwendung.....	26
Abbildung 10: Modul „Deskriptive Statistik“.....	27
Abbildung 11: Modul „Deskriptive Statistik“ - Diagrammfenster	28
Abbildung 12: Modul „Explorative Statistik“	29
Abbildung 13: Bewertungsmodul	31
Abbildung 14: Bewertungsmodul – Trend-Layer.....	32
Abbildung 15: Bewertungsmodul - Diagrammfenster	32
Abbildung 16: Vergleichsmodul.....	33
Abbildung 17: Vergleichsmodul – Diagrammfenster „Übersicht“	35
Abbildung 18: Vergleichsmodul – Diagrammfenster „Eintragspfade“	35
Abbildung 19: N-Gesamt-Konzentrationen und N-Eintragspfade im Flusslängsprofil der Elbe ab Schmilka.....	36
Abbildung 20: P-Gesamt-Konzentrationen und P-Eintragspfade im Flusslängsprofil der Elbe ab Schmilka.....	37
Abbildung 21: Pfadbezogene Aufschlüsselung der Ergebnisse von MONERIS (2006 bis 2010) für N	41
Abbildung 22: Pfadbezogene Aufschlüsselung der Ergebnisse von MONERIS (2006 bis 2010) für P	41
Abbildung 23: Korrelation von mittlerer Nitrat-N-Konzentration am Einzugsgebietsauslass [mg/l] und %-Anteil der Ackernutzung an der Gesamtfläche des jeweiligen Einzugsgebietes.....	43
Abbildung 24: Korrelation von mittlerer Gesamt-Phosphor-Konzentration am Einzugsgebietsauslass [mg/l] und %-Anteil der Siedlungsnutzung an der Gesamtfläche des jeweiligen Einzugsgebietes	43



Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Überblick über Kennwerte und Verfahren.....	10
Tabelle 2: Inhalte der Stationslisten	11
Tabelle 3: Prüfung der Zeitreihen auf Vorhandensein (Anzahl Datenlücken)	12
Tabelle 4: Prüfung der Zeitreihen auf Vollständigkeit (Anzahl von Messungen ohne Wert)	13
Tabelle 5: Prüfung der Zeitreihen auf Grenzwertüberschreitungen (Anzahl)	14
Tabelle 6: Prüfung der Zeitreihen auf statistische Ausreißer (Anzahl)	15
Tabelle 7: Prüfung der Zeitreihen auf Konsistenzfehler (Anzahl)	16
Tabelle 8: Auswertung der Trends für die gesamte übergebene Zeitreihe je Messstation.....	18
Tabelle 9: Auswertung der Trends für die Zeitreihe 2011 bis 2015 je Messstation	19
Tabelle 10: Auswertung der Trends für die Zeitreihe 2010 bis 2014 je Messstation.....	20
Tabelle 11: Auswertung der Trends für die Zeitreihe 2009 bis 2013 je Messstation.....	21
Tabelle 12: Pfadbezogene Aufschlüsselung der N-Einträge von MONERIS (2006-2010) je Messstelle [t/a].....	39
Tabelle 13: Pfadbezogene Aufschlüsselung der P-Einträge von MONERIS (2006-2010) je Messstelle [t/a].....	40
Tabelle 14: Korrelationswerte je Parameterkonzentration am Einzugsgebietsauslass [mg/l] und Acker- bzw. Siedlungsanteil an der Gesamtfläche des Einzugsgebietes	44



1 Projektthema

„Auswertung und Darstellung von Nährstoffmonitoringdaten im Elbeeinzugsgebiet“

2 Hintergrund und Zielstellung

Einträge der Nährstoffe Stickstoff und Phosphor belasten trotz erheblicher Anstrengungen in der Vergangenheit weiterhin das Grundwasser und die Oberflächengewässer und behindern in zahlreichen Wasserkörpern die Erreichung der Umweltziele der Wasserrahmenrichtlinie im Einzugsgebiet der Elbe. Um die Belastung der Gewässer durch Maßnahmen wirksam zu verringern, werden fundierte Kenntnisse der Quellen und Eintragspfade in ausreichend guter räumlicher und zeitlicher Auflösung benötigt. In der FGG Elbe wurde zur Vorbereitung der Aktualisierung des Bewirtschaftungsplans für den Zeitraum 2016 bis 2021 ein Nährstoffbilanzierungsmodell genutzt und unterschiedliche Szenarien berechnet. Im Ergebnis konnten räumliche Schwerpunkte der Eintragsquellen und -pfade identifiziert und die Wirkung ausgewählter Maßnahmen abgeschätzt werden. Als ergänzende Grundlage zur Entwicklung einer Nährstoffmanagementstrategie werden im vorliegenden Vorhaben bestehende Zeitreihen der Gewässerüberwachung ausgewertet, um langfristige Trendentwicklungen, räumliche Heterogenitäten und Ursachen-Wirkungsbeziehungen zu erkennen. Durch eine Visualisierung der Daten in einer Mapserverumgebung werden Ergebnisse der deskriptiven und explorativen Statistik visualisiert und für den Nutzer digital online vorgehalten. Zusätzlich erfolgt eine Bewertung der Parameter nach OGewV¹ sowie ein Abgleich mit den bestehenden Modellergebnissen der abgeschlossenen Nährstoffbilanzierungsmodellierung (Modell MONERIS, Becker & Venohr 2015²) und deren pfadbezogener Auswertung.

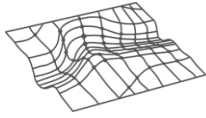
3 Datenumfang

Der vom Auftraggeber (AG) bereitgestellte Gesamtdatensatz umfasst 50 Messstationen mit den nachfolgend aufgelisteten Parametern:

- Ammonium-N [mg/l]
- Nitrit-N [mg/l]
- Nitrat-N [mg/l]
- Gesamt-Stickstoff [mg/l]
- Orthophosphat-P [mg/l]

¹ Oberflächengewässerverordnung, Stand 2016

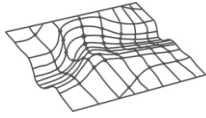
² Becker A., Venohr M. (2015): Anwendung des Nährstoffbilanzierungsmodells MONERIS. Abschlussbericht, Hrsg. Flussgebietsgemeinschaft Elbe (FGG Elbe), Geschäftsstelle Magdeburg



- Gesamt-Phosphor [mg/l]
- Sauerstoffgehalt [mg/l]
- pH
- Abfluss [m³/s]
- Wassertemperatur [°C]

Darüber hinaus wurden vom AG folgende Informationen zu den Messstellen und Einzugsgebieten zur Verfügung gestellt:

- Pegel / Messstellenkennzahlen
- Gewässertyp
- Einzugsgebietsgröße
- Landnutzungsanteile Wald / Acker / Grünland / Siedlung / Sonstiges
- Anzahl Kommunale Kläranlagen und Summe der Einwohnerwerte
- Einzugsgebietsgeometrien (GIS)
- Modelleingangsdaten und -ergebnisse aus MONERIS



4 Umsetzungskonzept

4.1 Lösungsstrategie

Grundsätzlich ergibt sich die Notwendigkeit eine serverseitige und erweiterbare Datenhaltung einzurichten, die sowohl hinsichtlich der Aufnahme weiterer Messstellen, weiterer Messgrößen als auch weiterer Parameter (z.B. Ergebnisse aus Modellen) problemlos erweiterbar ist. Die Datenhaltung wird sowohl für die Durchführung der statistischen Auswertungen, Analysen und Bewertungen genutzt als auch als Basis für den Datenupload in die Mapserverumgebung.

Die große Datenmenge sowie die angestrebte umfangreiche Analyse und Visualisierung der Messstellendaten erfordert eine überwiegend automatisierte Verarbeitung. Hierfür ist es notwendig eine Software zu erstellen, die gegenüber einer manuellen Abarbeitung (bspw. mit Excel), die Fehleranfälligkeit minimiert, die Reproduzierbarkeit und Nachvollziehbarkeit gewährleistet und eine strukturierte Bearbeitung der Aufgabe ermöglicht. Zudem wird der Umgang mit späteren Datenupdates erleichtert.

Die Software ist modular aufgebaut, um ggf. spätere Erweiterungen einfacher implementieren zu können. Zwei wesentliche Teilsysteme - die lokale Datenverarbeitung und die Visualisierung der Ergebnisse im Zuge einer Webanwendung - ergeben sich aus dem Workflow in Abbildung 1. Beiden Teilsystemen liegt eine einheitliche Datenhaltung zugrunde.

Die lokale Datenverarbeitung besteht aus den Modulen Datenaufbereitung, deskriptive Statistik und explorative Datenanalyse. Diese werden wiederum durch Unterkomponenten (z.B. Plausibilitätsprüfung, Trendberechnung, Frachtberechnung) strukturiert. Auf eine grafische Benutzeroberfläche wird hierbei verzichtet.

Die statistischen Berechnungen werden mit der Softwareumgebung bzw. Programmiersprache R durchgeführt. Neben den übergebenen Zeitreihen der Messstellen werden auch die Zusatzinformationen zu den Messstellen sowie Einzugsgebieten - sofern sinnvoll - in die Analysen einbezogen. Die Ergebnisse werden in der Datenhaltung abgelegt und können im Weiteren in der Webanwendung interaktiv aufgerufen werden oder bspw. in Form von Datenauswahllisten oder kompletten Stationslisten exportiert werden. Die Stationslisten werden zusätzlich digital übergeben.

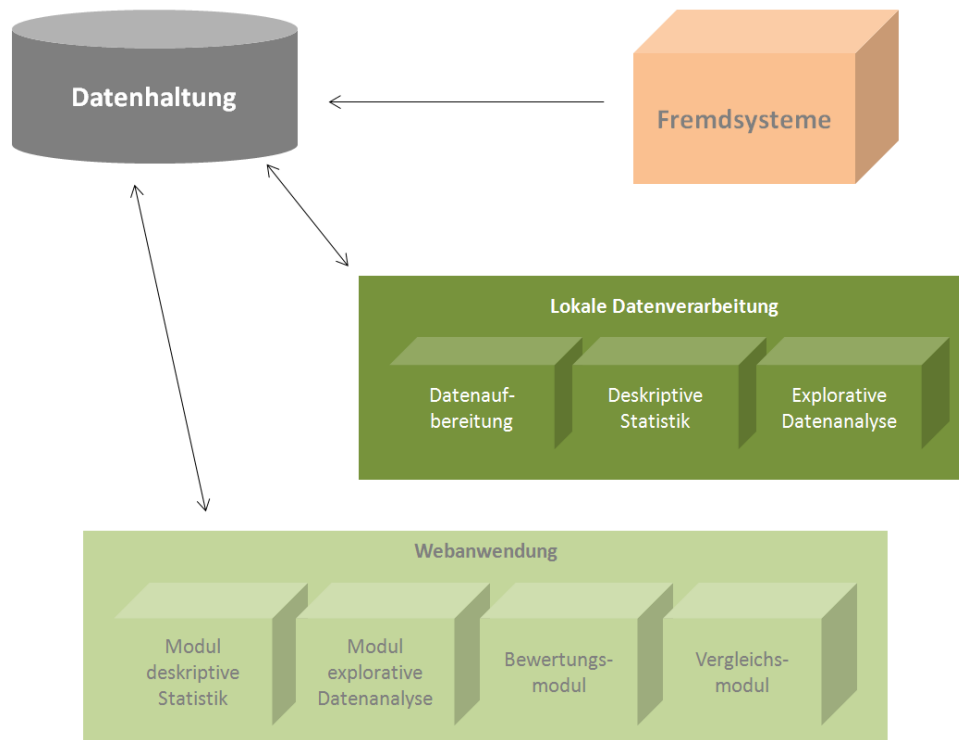
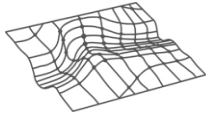


Abbildung 1: Workflow für die zu erstellende Anwendung

4.2 Technische Realisierung

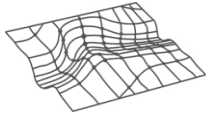
Für die Softwareerstellung wird folgende EDV-Infrastruktur genutzt:

- Serverbetriebssystem: Linux Debian und CentOS
- (Geo-)Datenbank PostgreSQL/POSTGIS
- GIS: GRASS, QGIS, SAGA GIS
- Mapserver, Mapproxy

Folgende Programmiersprachen werden im Rahmen der Softwareerstellung zum Einsatz gebracht:

- Python 2.7
- R bzw. rpy2
- SQL, plpgsql
- HTML, CSS, JavaScript, PHP

Die Diagrammerstellung erfolgt unter Nutzung der Software HIGHCHARTS.



4.3 Datenhaltung

Die Datenhaltung findet in einer Geodatenbank (PostgreSQL/POSTGIS) statt. In der Datenhaltung werden die Ausgangsdaten, Ergebnisse und ggf. relevante Zwischenschritte zur Messstellenanalyse sowie vorhandene Modellierungsergebnisse abgelegt. Zudem werden das Routing der Messstellen (Ober-, Unterliegermessstelle am Gewässer), die Nachbarschaft zu anderen Messstellen (andere Gewässer) und die Verbindung zwischen den Einzugsgebieten (EZG) der Messstellen und den Modellierungsgebieten gespeichert.

Die Datenübernahme aus Nachbarsystemen muss bei der Realisierung mit beachtet werden. Im vorliegenden Fall erfolgt der Datenaustausch manuell (z.B. zip-Datei). Bei häufigem Datenaustausch kann die Übergabe über eine Schnittstelle (z.B. REST-Schnittstelle) automatisiert werden. Die zukünftige Ausgestaltung der Schnittstelle zur Datenhaltung ist mit dem AG ggf. abzustimmen.

Nachbarsysteme, die mit der geplanten Umsetzung in Verbindung stehen:

- Nährstoffbilanzierungsmodell (MONERIS)
- Systeme, welche die Messstellendaten beinhalten
- Sonstige externe Daten

5 Datenaufbereitung und deskriptive Statistik

5.1 Methodische Vorgehensweise

Die vom AG übergebenen Daten (Messstationswerte, meteorologische Daten, sonstige Daten gemäß Leistungsbeschreibung) werden über gesonderte automatisierte Routinen in die Datenhaltung importiert. Spätere Updates können somit mit begrenztem Aufwand und minimaler Fehleranfälligkeit realisiert werden. Die statistischen Auswertungen erfolgen auf Basis des Programmpakets R in der Datenbank. Die Ergebnisdokumentation erfolgt automatisiert in Form von messstellenbezogenen Stationslisten, die dem AG übergeben werden sowie über die Webanwendung downloadfähig sind.

5.2 Abgeleitete statistische Kennwerte und eingesetzte Verfahren

Eine Zusammenstellung der aus den Messstellendaten abgeleiteten statistischen Kennwerte und eingesetzten Verfahren gibt Tabelle 1:

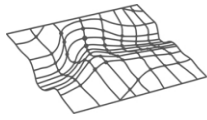
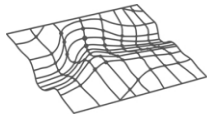


Tabelle 1: Überblick über Kennwerte und Verfahren

Kennwert / Verfahren	Inhalt
Mittelwert	Arithmetischer Mittelwert je Messzeitraum
Median, Min, Max, SD, Varianz, Spannbreite	Median, Minimum, Maximum, Standardabweichung, Varianz, Spannbreite je Messzeitraum
Quartil	25%-, 50%-, 75%-Quartil je Messzeitraum
Schiefe	Stärke und Art der Assymetrie je Messzeitraum ($v < 0$: linksschief, $v > 0$: rechtsschief)
Kurtosis	Maßzahl für Steilheit (Spitzigkeit) je Messzeitraum ($y > 0$: steilgipflig, $y < 0$: flachgipflig)
Mann-Kendall Test, Seasonal Mann-Kendall Test, Einbeziehung Covariable Abfluss	Trend je Messzeitraum mit Berechnung Sen's slope zur Bestimmung der Trendstärke; Trend signifikant bei $p < 0,05$; steigend bei pos. z-Wert bzw. pos. Tau, fallend bei neg. z-Wert bzw. neg. Tau
Bruchpunktanalyse	Bruchpunktanalyse nach Mann-Withney (Pettitt); Bruchpunkt signifikant bei $p < 0,05$
Vorhandensein	Datenlücken (mindestens 60 Tage keine Messung)
Vollständigkeit	Ausgabe von Fehlwerten je Messzeitpunkt
Grenzwertfehler (Min, Max)	Ammonium-N (0, 10), Nitrit-N (0, 3), Nitrat-N (0, 20), Gesamt-Stickstoff (0, 30), Orthophosphat-P (0, 1), Gesamt-Phosphor (0, 5), Sauerstoffgehalt (0, 25), pH (0, 14), Abfluss (0, -), Temperatur (-5, 40)
Ausreißertest in R für Wert i der Menge n	$ i - \text{mean}(n) \leq 3 * \text{SD}(n)$
Konsistenzfehler	ab sieben gleich hohe Werte in Folge
Konsistenz zu Oberlieger- / Unterliegerstationen	Vergleich von MW, SD, Kurtosis, Schiefe
Konsistenz Nachbarstationen ³	Vergleich von MW, SD, Kurtosis, Schiefe
Normierte Fracht Ft	Berechnung nach: $F_t = \frac{MQ \sum_{i=1}^n C_i \cdot Q_i}{\sum_{i=1}^n Q_i} \cdot 0,0864 \cdot 365,25$

³ Messstelle liegt im gleichen Naturraum wie Bezugsmessstelle und gehört dem gleichen Flusstyp an.



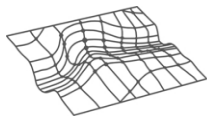
5.3 Erstellung von Stationslisten

Im Rahmen von Stationslisten werden die Ergebnisse der Datenprüfung sowie der deskriptiven Statistik zusammengefasst. Die Stationslisten enthalten die nachfolgend aufgelisteten Komponenten für jede Messstelle und jeden Parameter (Tabelle 2). Die Stationslisten werden über die Webanwendung bereitgestellt.

Tabelle 2: Inhalte der Stationslisten

Name	Parameter	Inhalt
Bezeichnung	-	Messstellename und LAWA.Nummer
Stammdaten	-	Fluss, Flusstyp, Einzugsgebietsgröße, zugeordneter Abflusspegel (ID, Name), Umrechnungsfaktor, Unterliegermessstelle, benachbarte Messstellen, UTM-Koordinaten
Korrelationsmatrix	Ammonium-N, Nitrit-N, Nitrat-N, Gesamt-Stickstoff, Orthophosphat-P, Gesamt-Phosphor, Sauerstoffgehalt, pH, Abfluss, Temperatur	-
Deskriptive Statistik	Ammonium-N, Nitrit-N, Nitrat-N, Gesamt-Stickstoff, Orthophosphat-P, Gesamt-Phosphor, Sauerstoffgehalt, pH, Abfluss, Temperatur	Anzahl Messwerte, Messzeitraum, Mittelwert, Median, Standardabweichung, Varianz, Minimum (Min), Maximum (Max), Spannweite, Quartile (25%, 50%, 75%), Schiefe, Kurtosis
Trendtests	Ammonium-N, Nitrit-N, Nitrat-N, Gesamt-Stickstoff, Orthophosphat-P, Gesamt-Phosphor, Sauerstoffgehalt, pH, Abfluss, Temperatur	Mann-Kendall Test (gleitende 5-Jahresmittelwerte, saisonal, Covariable Abfluss, Bruchpunktanalyse)
Fehlertests		Vollständigkeit, Grenzwertfehler, Ausreißertest, Konsistenzfehler, Konsistenz zu Ober-/ Unterliegerstationen, Konsistenz Nachbarstationen
Abgleich mit OGewV ⁴	Ammonium-N, Nitrit-N, Orthophosphat-P, Gesamt-Phosphor, Sauerstoffgehalt, pH	Einhaltung Orientierungswert OGewV (2016)
Frachtberechnung	Ammonium-N, Nitrit-N, Nitrat-N, Gesamt-Stickstoff, Orthophosphat-P, Gesamt-Phosphor	Fracht, Normierte Fracht, flächenbezogene Normierte Fracht
Trendtest für Normierte Fracht		Mann-Kendall Test (gleitende 5-Jahresmittelwerte, saisonal, Covariable Abfluss, Bruchpunktanalyse)

⁴ Oberflächengewässerverordnung, Stand 2016



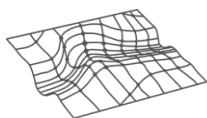
5.4 Datenauffälligkeiten

Im Folgenden werden Datenauffälligkeiten für die Zeitreihen überprüft. Zunächst erfolgt ein Test auf „Vorhandensein“, indem Datenlücken von mindestens 60 Tagen ab 2003 angezeigt werden (Tabelle 3). Die Bandbreite reicht von Messstellen ohne Datenlücken bis hin zu Messstellen mit bis zu fünf Datenlücken von mindestens 60 Tagen. Die genauen Messzeitpunkte mit Datenlücken können aus den Stationslisten ausgelesen werden.

Tabelle 3: Prüfung der Zeitreihen auf Vorhandensein (Anzahl Datenlücken)

Fehlertest - Vorhandensein gesamte Zeitreihe ab 2003: Datenlücken (Kriterium: mindestens 60 Tage keine Messung)

Kurzzeichen	Stationsname	Wasser-temperatur	pH-Wert	N-Gesamt	Nitrat-N	Nitrit-N	Ammonium-N	Gesamt-Phosphor	Orthophosphat-P	Sauerstoff	Abfluss
BB04	Cottbus	1	1	1	2	2	2	0	2	0	0
BB05	Neuzittau	1	1	2	2	2	2	1	2	0	0
BB06	Hennigsdorf	3	3	3	3	4	3	2	3	2	0
BB07	Potsdam	1	1	2	1	1	1	1	1	0	0
BB11	Kietz	1	1	0	2	3	2	0	2	0	0
BE01	Spandau	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BE02	Krughorn	3	3	4	3	3	3	3	3	3	0
BY08	Joditz	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
MV01	Dömitz	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
MV02	Bandekow	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
MV11	Parchim	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
NI01	Schnackenburg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NI18	Bienenbüttel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NI21	Seerau	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
NI22	Oberndorf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NI23	Daudieck	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NI24	Otterndorf	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0
SH01	Reinbek	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
SH02	Willenscharen	3	2	2	2	2	2	2	2	2	0
SH07	Sachsenwaldau	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SH08	Heiligenstedten	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
SH09	Baß	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0
SN02	Schnftenberger See	4	4	5	4	4	4	4	5	4	0
SN03	Gröditz	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
SN04	Schmilka	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SN051	Dommitzsch	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SN06	ErlIn	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
SN07	Sermuth	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
SN08	Bad Dübén	1	2	3	2	2	2	2	2	1	0
SN09	Bad Elster	1	2	2	2	2	2	2	2	1	0
SN11	Zehren	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ST01	Wittenberg	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
ST02	Magdeburg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ST03	Gorsdorf	1	1	1	1	1	2	1	1	2	0
ST04	Dessau	1	1	0	0	0	1	0	0	3	0
ST05	Bad Dürrenberg	2	2	2	2	3	4	2	2	3	0
ST06	Trotha	0	0	2	0	1	2	0	0	0	0
ST07	Groß Rosenberg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ST08	Freyburg	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
ST09	Ammendorf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ST10	Toppel	2	2	4	4	4	4	4	4	2	0
ST11	Wanzer	2	1	1	1	1	1	1	1	1	0
ST12	Neugattersleben	1	1	2	1	1	1	1	1	2	0
TH031	Wundersleben	3	3	4	3	3	3	3	3	3	0
TH06	Camburg-Stöben	2	2	3	2	2	2	2	4	2	0
TH07	Gera unterhalb	2	2	4	2	2	2	2	3	2	0
TH09	Oldisleben	2	2	3	2	2	2	2	2	2	0
TH11	Rudolstadt	2	2	4	2	2	2	3	3	2	0
HH011	Seemanshöft	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0
HH012	Zollenspieker	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0

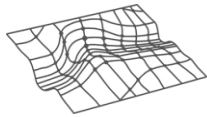


Der Test auf Vollständigkeit der Messreihen ab 2003 ist in Tabelle 4 dokumentiert. Unvollständigkeiten werden dann aufgezeigt, wenn eine Messung zum jeweiligen Stichtag vorhanden ist, der jeweilige Parameter aber keinen Wert aufweist. In den Stationslisten wird dieser Fall dann mit Datum ausgegeben. Im Ergebnis des Tests zeigt sich, dass die Messungen für die vorgegebene Zeitreihe für alle Parameter vollständig sind.

Tabelle 4: Prüfung der Zeitreihen auf Vollständigkeit (Anzahl von Messungen ohne Wert)

Fehlertest - Vollständigkeit gesamte Zeitreihe ab 2003: Anzahl der Messungen ohne Wert

Kurzzeichen	Stationsname	Wasser-temperatur	pH-Wert	N-Gesamt	Nitrat-N	Nitrit-N	Ammonium-N	Gesamt-Phosphor	Orthophosphat-P	Sauerstoff	Abfluss
BB04	Cottbus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BB05	Neuzittau	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0
BB06	Hennigsdorf	0	0	1	5	0	0	0	6	0	0
BB07	Potsdam	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
BB11	Kietz	0	0	0	0	0	0	1	6	0	0
BE01	Spandau	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BE02	Krughorn	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
BY08	Joditz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MV01	Dömitz	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
MV02	Bandekow	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MV11	Parchim	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NI01	Schnackenburg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NI18	Bienenbüttel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NI21	Seerau	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NI22	Oberndorf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NI23	Daudieck	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NI24	Otterndorf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
SH01	Reinbek	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SH02	Willenscharen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SH07	Sachsenwaldau	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SH08	Heiligenstedten	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SH09	Baß	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SN02	Senftenberger See	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SN03	Gröditz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SN04	Schmilka	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SN051	Dommitzsch	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SN06	Erlin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SN07	Sermuth	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SN08	Bad Dübén	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SN09	Bad Elster	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SN11	Zehren	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ST01	Wittenberg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ST02	Magdeburg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ST03	Gorsdorf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ST04	Dessau	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ST05	Bad Dürrenberg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ST06	Trotha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ST07	Groß Rosenburg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ST08	Freyburg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ST09	Ammendorf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ST10	Toppel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ST11	Wanzer	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0
ST12	Neugattersleben	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TH031	Wundersleben	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TH06	Camburg-Stöben	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TH07	Gera unterhalb	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TH09	Oldisleben	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TH11	Rudolstadt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HH011	Seemanshöft	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HH012	Zollenspieker	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

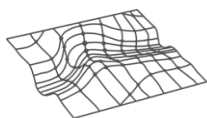


Die Auswertung bezüglich der Fehlertests auf Grenzwertüberschreitungen ergibt sich aus Tabelle 5. Grenzwertüberschreitungen werden danach hauptsächlich beim gemessenen Abfluss für die Station Heiligenstedten angezeigt. Hierbei handelt es sich um negative Werte. Die dem Test zu Grunde liegenden Schwellenwerte ergeben sich aus Tabelle 1.

Tabelle 5: Prüfung der Zeitreihen auf Grenzwertüberschreitungen (Anzahl)

Fehlertest - Grenzwertüberschreitungen gesamte Zeitreihe ab 2003

Kurzzeichen	Stationsname	Wasser-temperatur	pH-Wert	N-Gesamt	Nitrat-N	Nitrit-N	Ammonium-N	Gesamt-Phosphor	Orthophosphat-P	Sauerstoff	Abfluss
BB04	Cottbus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BB05	Neuzittau	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BB06	Hennigsdorf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BB07	Potsdam	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
BB11	Kietz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
BE01	Spandau	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BE02	Krughorn	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
BY08	Joditz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MV01	Dömitz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
MV02	Bandekow	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MV11	Parchim	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NI01	Schnackenburg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NI18	Bienenbüttel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NI21	Seerau	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NI22	Oberndorf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NI23	Daudieck	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NI24	Otterndorf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
SH01	Reinbek	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SH02	Willenscharen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SH07	Sachsenwaldau	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SH08	Heiligenstedten	0	0	0	0	0	0	0	0	0	412
SH09	Baß	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SN02	Senftenberger See	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SN03	Gröditz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SN04	Schmilka	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SN051	Dommitzsch	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SN06	Erlin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SN07	Sermuth	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SN08	Bad Düben	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SN09	Bad Elster	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SN11	Zehren	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ST01	Wittenberg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ST02	Magdeburg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
ST03	Gorsdorf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ST04	Dessau	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ST05	Bad Dürrenberg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ST06	Trotha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ST07	Groß Rosenberg	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
ST08	Freyburg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ST09	Ammendorf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ST10	Toppel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
ST11	Wanzer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ST12	Neugattersleben	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TH031	Wundersleben	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TH06	Camburg-Stöben	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TH07	Gera unterhalb	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TH09	Oldisleben	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TH11	Rudolstadt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HH011	Seemanshöft	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HH012	Zollenspieker	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

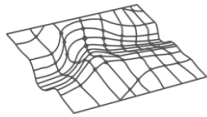


Die Auswertung bezüglich der Ausreißertests ergibt sich aus Tabelle 6. Ausreißer werden überwiegend für den Abfluss ausgewiesen, was hauptsächlich damit zusammenhängen dürfte, dass es sich hier um Tageswerte mit grundsätzlich deutlich höherer Schwankungsbreite im Jahresverlauf handelt. Dass Abflussspitzen als Ausreißer detektiert werden ist somit nicht überraschend und gibt keine Hinweise auf Unplausibilitäten oder Fehler. Positiv hervorzuheben ist auch, dass es bei den Nährstoffparametern kaum Ausreißer gibt und somit auch Analysefehler kaum ins Gewicht fallen dürften (Tabelle 6).

Tabelle 6: Prüfung der Zeitreihen auf statistische Ausreißer (Anzahl)

Fehlertest - Ausreißer gesamte Zeitreihe ab 2003

Kurzzeichen	Stationsname	Wasser-temperatur	pH-Wert	N-Gesamt	Nitrat-N	Nitrit-N	Ammonium-N	Gesamt-Phosphor	Orthophosphat-P	Sauerstoff	Abfluss
BB04	Cottbus	0	3	3	2	3	2	4	2	2	115
BB05	Neuzittau	0	5	2	1	1	0	3	0	1	57
BB06	Hennigsdorf	0	3	3	3	3	2	2	1	1	53
BB07	Potsdam	0	1	5	2	3	3	2	2	2	43
BB11	Kietz	0	6	4	1	0	0	1	0	0	66
BE01	Spandau	0	2	2	1	0	1	1	1	0	64
BE02	Krughorn	0	0	2	0	2	2	0	0	1	
BY08	Joditz	0	2	3	0	6	4	0	2	0	67
MV01	Dömitz	0	4	4	3	1	3	3	1	0	48
MV02	Bandekow	0	4	4	3	3	3	7	5	4	69
MV11	Parchim	0	1	5	5	2	4	5	3	0	93
NI01	Schnackenburg	0	0	1	1	1	4	1	0	3	55
NI18	Bienenbüttel	0	3	5	8	5	7	5	6	0	83
NI21	Seerau	0	3	1	2	0	1	4	0	1	65
NI22	Oberndorf	0	0	2	3	1	0	1	2	0	77
NI23	Daudieck	0	2	1	1	0	3	2	2	1	111
NI24	Otterndorf	0	0	0	1	0	0	1	1	2	
SH01	Reinbek	0	1	1	0	2	4	1	2	2	108
SH02	Willenscharen	0	0	2	4	0	3	2	4	2	85
SH07	Sachsenwaldau	0	2	0	0	2	1	2	0	2	125
SH08	Heiligenstedten	0	1	0	2	0	1	2	1	1	63
SH09	Baß	0	0	1	1	1	2	1	1	0	79
SN02	Senftenberger See	0	3	2	1	2	2	3	2	0	90
SN03	Gröditz	0	1	1	1	2	2	3	2	0	31
SN04	Schmilka	0	6	3	1	1	5	7	0	0	63
SN051	Dommitzsch	0	0	2	2	2	5	2	1	0	63
SN06	Erlin	0	4	2	0	1	5	4	0	0	65
SN07	Sermuth	0	5	2	1	2	4	1	0	1	43
SN08	Bad Dübén	0	3	0	0	2	4	3	1	0	72
SN09	Bad Elster	0	2	2	1	3	4	2	1	1	75
SN11	Zehren	0	0	2	1	1	7	5	2	0	59
ST01	Wittenberg	0	0	1	2	0	2	0	0	0	65
ST02	Magdeburg	0	0	0	1	8	9	1	6	0	62
ST03	Gorsdorf	0	1	2	1	2	2	1	2	2	99
ST04	Dessau	0	1	0	0	9	9	2	1	1	65
ST05	Bad Dürrenberg	0	0	0	0	0	2	2	0	0	62
ST06	Trotha	0	5	0	0	0	2	0	0	0	69
ST07	Groß Rosenberg	0	3	1	1	3	11	1	1	0	64
ST08	Freyburg	0	2	0	0	0	2	0	0	0	54
ST09	Ammendorf	0	2	0	0	0	3	0	2	0	64
ST10	Toppel	0	0	0	0	1	1	0	1	1	52
ST11	Wanzer	0	2	2	2	3	0	1	3	2	77
ST12	Neugattersleben	0	0	3	0	3	1	1	3	0	77
TH031	Wundersleben	0	2	2	0	1	3	2	3	1	79
TH06	Camburg-Stöben	0	0	1	1	1	1	1	0	0	66
TH07	Gera unterhalb	0	1	0	0	1	3	2	1	0	65
TH09	Oldisleben	0	2	1	0	1	3	1	0	1	26
TH11	Rudolstadt	0	1	0	0	2	1	0	1	1	69
HH011	Seemanshöft	0	58	0	0	0	1	1	0	0	60
HH012	Zollenspieker	0	0	2	1	1	7	1	1	2	60

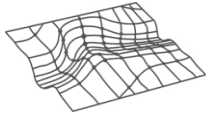


Die Auswertung bezüglich der Konsistenzfehler ergibt sich aus Tabelle 7. Auch Konsistenzfehler werden überwiegend für den Abfluss ausgewiesen, der tagesbasiert einbezogen wurde. Besonders viele Konsistenzfehler (also mindestens sieben gleich hohe Messwerte in Folge) ergeben sich hier bei den Stationen Cottbus und Heiligenstedten. Eine höhere Anzahl von Konsistenzfehlern ist auch beim Parameter Nitrit-N zu beobachten. Die Konsistenzfehler beim pH-Wert (insbesondere Zehren, Seemannshöft) dürften auf die Beschränkung der Messwerte auf eine Kommastelle zurück zu führen sein.

Tabelle 7: Prüfung der Zeitreihen auf Konsistenzfehler (Anzahl)

Fehlertest - Konsistenz gesamte Zeitreihe ab 2003: Kriterium: Sieben Messungen in Folge mit dem gleichen Wert

Kurzzeichen	Stationsname	Wasser-temperatur	pH-Wert	N-Gesamt	Nitrat-N	Nitrit-N	Ammonium-N	Gesamt-Phosphor	Orthophosphat-P	Sauerstoff	Abfluss
BB04	Cottbus	0	0	0	0	0	0	0	7	0	1111
BB05	Neuzittau	0	0	0	0	3	0	0	0	0	1
BB06	Hennigsdorf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BB07	Potsdam	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
BB11	Kietz	0	0	0	0	4	0	0	0	0	6
BE01	Spandau	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
BE02	Krughorn	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
BY08	Joditz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
MV01	Dömitz	0	0	0	0	9	0	0	0	0	1
MV02	Bandekow	0	1	0	0	0	7	0	0	0	0
MV11	Parchim	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NI01	Schnackenburg	0	1	0	0	0	5	0	0	0	0
NI18	Bienenbüttel	0	7	0	8	0	0	0	0	0	0
NI21	Seerau	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80
NI22	Oberdorf	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0
NI23	Daudieck	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
NI24	Otterdorf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SH01	Reinbek	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SH02	Willenscharen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SH07	Sachsenwaldau	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
SH08	Heiligenstedten	0	0	0	0	0	0	0	0	0	412
SH09	Baß	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SN02	Senftenberger See	0	0	0	0	0	0	0	14	0	0
SN03	Gröditz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70
SN04	Schmilka	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
SN051	Dommitzsch	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0
SN06	Erlin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SN07	Sermuth	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
SN08	Bad Düben	0	0	0	0	0	2	0	0	0	8
SN09	Bad Elster	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49
SN11	Zehren	0	152	0	0	0	1	0	0	0	0
ST01	Wittenberg	0	0	0	0	22	0	0	0	0	0
ST02	Magdeburg	0	0	0	0	13	0	0	8	0	1
ST03	Gorsdorf	0	0	0	0	15	0	0	34	0	1
ST04	Dessau	0	0	0	0	44	0	2	2	0	0
ST05	Bad Dürrenberg	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0
ST06	Trotha	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
ST07	Groß Rosenburg	0	0	0	1	6	0	0	0	0	0
ST08	Freyburg	0	1	0	0	3	0	0	0	0	0
ST09	Ammendorf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ST10	Toppel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
ST11	Wanzer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
ST12	Neugattersleben	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
TH031	Wundersleben	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TH06	Camburg-Stöben	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
TH07	Gera unterhalb	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16
TH09	Oldisleben	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
TH11	Rudolstadt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16
HH011	Seemannshöft	19	920	0	0	3	0	0	1	12	0
HH012	Zollenspieker	0	0	0	0	63	19	0	11	0	0



5.5 Zusammenfassende Trendauswertungen

Im Folgenden werden zusammenfassende Trendauswertungen (Mann-Kendall Test je Messzeitraum mit Signifikanztest und Berechnung Sen's slope) ausgewertet. Zunächst wird dabei die gesamte vorliegende Zeitreihe einbezogen (Tabelle 8). Ausgewiesen werden die Trends nur dann als absteigend bzw. aufsteigend, wenn der Trend als signifikant eingestuft wurde. Kein Trend bedeutet dagegen, dass kein signifikanter Trend in Richtung eines Aufsteigens bzw. Absteigens festgestellt wurde.

Hinsichtlich der Nährstoffparameter überwiegen für die gesamte Zeitreihe absteigende Trends, wobei beachtet werden muss, dass in der weiter zurückliegenden Vergangenheit von einem deutlich höheren Belastungspotenzial im Vergleich zur Gegenwart auszugehen ist. Für die Stationen Dömitz, Bandekow und Parchim werden aufsteigende Trends für Ammonium-N, Gesamt-Phosphor und Orthophosphat-P angezeigt, wohingegen Nitrit-N absteigende Trends aufweist. Auch Krughorn und Spandau weisen aufsteigende Trends für die Stickstoffparameter (außer Ammonium-N) auf.

Beim Abfluss sind überwiegend nicht signifikante Trends zu beobachten. Diese dürften insbesondere durch das Zusammenwirken der absteigenden Abflüsse bis 2013 in Verbindung mit dem sehr starken Ereignis Angang Juni 2013 im oberen Elbeeinzugsgebiet gesteuert sein. Die Bruchpunkte liegen an den sächsischen Messstellen dementsprechend zeitlich etwas nach diesem Ereignis (Juli 2013). Weiter elbabwärts verschieben sie sich bis Anfang 2014. Aufsteigende Trends sind z.B. in Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern zu beobachten, wo im Zeitraum 2009 bis 2013 ein höheres Abflussaufkommen zu beobachten ist. Die Bruchpunkte liegen hier überwiegend am Beginn dieser Phase im Herbst 2009. Absteigende Trends zeigen sich z.B. bei den Messstellen der Mulde (Erlin, Sermuth, Bad Düben) und Weißen Elster (Bad Elster) in Sachsen. Hier ist das genannte Juni-Ereignis zwar ebenfalls deutlich sichtbar, die Folgejahre sind aber vergleichsweise trocken, was einen signifikanten absteigenden Trend (Bruchpunkt ebenfalls im Juli 2013) erzeugt.

Die Wassertemperatur zeigt keinen Trend bzw. einen aufsteigenden Trend. Die Sauerstoffgehalte sind absteigend bzw. weisen keinen signifikanten Trend auf. Für den pH-Wert werden Messstationen ohne signifikanten Trend, mit aufsteigendem sowie auch mit absteigendem Trend ausgegeben.

Weitere stationsbezogene Details für die Parameter können den Stationslisten entnommen werden.

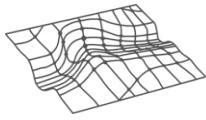
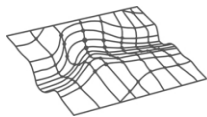


Tabelle 8: Auswertung der Trends für die gesamte übergebene Zeitreihe je Messstation

Trendauswertung gesamte Zeitreihe

Kurzzeichen	Stationsname	Wassertemperatur	pH-Wert	N-Gesamt	Nitrat-N	Nitrit-N	Ammonium-N	Gesamt-Phosphor	Orthophosphat-P	Sauerstoff	Abfluss
BB04	Cottbus	aufsteigend	absteigend	absteigend	absteigend	absteigend	kein Trend	absteigend	absteigend	absteigend	aufsteigend
BB05	Neuzittau	kein Trend	absteigend	kein Trend	kein Trend	absteigend	absteigend	kein Trend	absteigend	kein Trend	aufsteigend
BB06	Hennigsdorf	kein Trend	absteigend	kein Trend	kein Trend	absteigend	kein Trend	aufsteigend	absteigend	absteigend	aufsteigend
BB07	Potsdam	kein Trend	absteigend	absteigend	absteigend	absteigend	absteigend	absteigend	absteigend	absteigend	aufsteigend
BB11	Kietz	aufsteigend	absteigend	absteigend	absteigend	absteigend	absteigend	kein Trend	absteigend	absteigend	kein Trend
BE01	Spandau	kein Trend	kein Trend	kein Trend	aufsteigend	kein Trend	kein Trend	absteigend	kein Trend	kein Trend	aufsteigend
BE02	Krughorn	kein Trend	absteigend	aufsteigend	aufsteigend	aufsteigend	absteigend	absteigend	absteigend	absteigend	
BY08	Joditz	kein Trend	aufsteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend
MV01	Dömitz	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	absteigend	aufsteigend	kein Trend	aufsteigend	kein Trend	kein Trend
MV02	Bandekow	kein Trend	absteigend	kein Trend	kein Trend	absteigend	aufsteigend	aufsteigend	aufsteigend	kein Trend	aufsteigend
MV11	Parchim	kein Trend	absteigend	kein Trend	kein Trend	absteigend	aufsteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	aufsteigend
NI01	Schnackenburg	kein Trend	kein Trend	absteigend	absteigend	kein Trend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend
NI18	Bienenbüttel	kein Trend	absteigend	absteigend	kein Trend	aufsteigend	kein Trend	kein Trend	aufsteigend	kein Trend	absteigend
NI21	Seerau	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	aufsteigend	kein Trend	kein Trend
NI22	Oberndorf	kein Trend	kein Trend	kein Trend	absteigend	kein Trend	kein Trend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend
NI23	Daudieck	kein Trend	kein Trend	kein Trend	absteigend	kein Trend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	absteigend
NI24	Otterndorf	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	absteigend	absteigend	kein Trend	absteigend	
SH01	Reinbek	kein Trend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend
SH02	Willenscharen	kein Trend	kein Trend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	aufsteigend	kein Trend	absteigend	kein Trend
SH07	Sachsenwaldau	kein Trend	kein Trend	absteigend	absteigend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	absteigend	kein Trend
SH08	Heiligenstedten	kein Trend	kein Trend	absteigend	absteigend	absteigend	absteigend	absteigend	aufsteigend	absteigend	absteigend
SH09	Baß	kein Trend	kein Trend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	aufsteigend
SN02	Senftenberger See	kein Trend	kein Trend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	aufsteigend	aufsteigend	kein Trend	aufsteigend
SN03	Gröditz	kein Trend	aufsteigend	absteigend	kein Trend	absteigend	absteigend	absteigend	absteigend	kein Trend	aufsteigend
SN04	Schmiika	kein Trend	kein Trend	absteigend	absteigend	absteigend	absteigend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend
SN051	Dommitzsch	kein Trend	absteigend	absteigend	absteigend	absteigend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend
SN06	Erlin	kein Trend	aufsteigend	absteigend	absteigend	absteigend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	absteigend
SN07	Sermuth	aufsteigend	aufsteigend	absteigend	absteigend	absteigend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	absteigend
SN08	Bad Dübén	aufsteigend	aufsteigend	absteigend	absteigend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	absteigend
SN09	Bad Elster	kein Trend	kein Trend	absteigend	absteigend	absteigend	absteigend	absteigend	absteigend	kein Trend	absteigend
SN11	Zehren	aufsteigend	absteigend	absteigend	kein Trend	absteigend	absteigend	absteigend	absteigend	absteigend	kein Trend
ST01	Wittenberg	aufsteigend	aufsteigend	absteigend	absteigend	aufsteigend	absteigend	absteigend	aufsteigend	absteigend	kein Trend
ST02	Magdeburg	kein Trend	kein Trend	absteigend	kein Trend	absteigend	absteigend	absteigend	aufsteigend	absteigend	kein Trend
ST03	Gorsdorf	kein Trend	aufsteigend	kein Trend	kein Trend	aufsteigend	kein Trend	absteigend	kein Trend	absteigend	aufsteigend
ST04	Dessau	kein Trend	aufsteigend	absteigend	absteigend	kein Trend	absteigend	absteigend	absteigend	absteigend	kein Trend
ST05	Bad Dürrenberg	kein Trend	kein Trend	absteigend	absteigend	absteigend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend
ST06	Trotha	kein Trend	kein Trend	absteigend	absteigend	absteigend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	aufsteigend
ST07	Groß Rosenburg	kein Trend	kein Trend	absteigend	absteigend	absteigend	absteigend	absteigend	aufsteigend	kein Trend	kein Trend
ST08	Freyburg	aufsteigend	kein Trend	absteigend	kein Trend	absteigend	absteigend	absteigend	absteigend	kein Trend	aufsteigend
ST09	Ammendorf	kein Trend	aufsteigend	absteigend	kein Trend	absteigend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend
ST10	Toppel	kein Trend	absteigend	kein Trend	aufsteigend	kein Trend	kein Trend	absteigend	kein Trend	absteigend	aufsteigend
ST11	Wanzer	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend
ST12	Neugattersleben	kein Trend	kein Trend	kein Trend	absteigend	kein Trend	absteigend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend
TH031	Wundersleben	kein Trend	aufsteigend	aufsteigend	kein Trend	absteigend	absteigend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend
TH06	Camburg-Stöben	kein Trend	kein Trend	absteigend	absteigend	absteigend	absteigend	absteigend	kein Trend	absteigend	kein Trend
TH07	Gera unterhalb	kein Trend	kein Trend	absteigend	absteigend	absteigend	absteigend	absteigend	absteigend	kein Trend	aufsteigend
TH09	Oldisleben	kein Trend	aufsteigend	kein Trend	kein Trend	absteigend	absteigend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend
TH11	Rudolstadt	kein Trend	absteigend	absteigend	absteigend	absteigend	absteigend	absteigend	kein Trend	absteigend	aufsteigend
HH011	Seemanshöft	kein Trend	aufsteigend	absteigend	absteigend	absteigend	absteigend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend
HH012	Zollenspieker	kein Trend	kein Trend	absteigend	absteigend	kein Trend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend

In Tabelle 9 werden die Trendauswertungen für den Messzeitraum 2011 bis 2015 dargestellt. Die Anzahl signifikanter Trends bei den Nährstoffparametern geht zurück, was darauf hindeutet, dass das oben genannte Belastungsgefälle deutlich geringer ausfällt. Trotzdem überwiegen beim Stickstoff absteigende Trends, auffällig ist jedoch beim Phosphor ein tendenzieller Anstieg der Konzentrationen. Die Bruchpunkte für P (bezogen auf die gesamte übergebene Datenreihe) liegen dabei meist zwischen 2006 und 2012, also vor bzw. zum Beginn der Periode 2011 bis 2015. Beim Abfluss ergibt sich fast durchgehend ein absteigender Trend, der durch die vergleichsweise trockenen Jahre 2014 und 2015 verursacht wird. Da die Phosphoreinträge zu einem relativ großen Anteil aus Punktquellen (kommunale Kläranlagen,

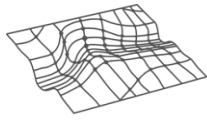


Industrieeinleiter) bzw. dezentralen Abwassereinleitungen entstammen, kann eine Verringerung des Abflusses eine signifikante Erhöhung der P-Konzentrationen hervorrufen. Beim Stickstoff ist diese Konzentrationserhöhung nicht zu erwarten, da die Anteile aus zentralen und dezentralen Einleitern einen wesentlich geringeren Anteil an der Gesamtbelastung aufweisen. Eine negative Korrelation von Abfluss und Konzentration ist bei N deshalb nicht zu erwarten. Die absteigenden Trends beim Stickstoff spiegeln vermutlich auch die Umsetzung diverser Agrarumweltmaßnahmen im Agrarsektor wider.

Tabelle 9: Auswertung der Trends für die Zeitreihe 2011 bis 2015 je Messstation

Trendauswertung 2011-2015

Kurzzeichen	Stationsname	Wasser-temperatur	pH-Wert	N-Gesamt	Nitrat-N	Nitrit-N	Ammonium-N	Gesamt-Phosphor	Orthophosphat-P	Sauerstoff	Abfluss
BB04	Cottbus	kein Trend	aufsteigend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	absteigend	absteigend	kein Trend	absteigend
BB05	Neuzittau	kein Trend	kein Trend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	aufsteigend	absteigend	kein Trend	absteigend
BB06	Hennigsdorf	kein Trend	kein Trend	absteigend	kein Trend	kein Trend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	absteigend
BB07	Potsdam	kein Trend	kein Trend	aufsteigend	aufsteigend	kein Trend	kein Trend	aufsteigend	aufsteigend	kein Trend	absteigend
BB11	Kietz	kein Trend	kein Trend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	aufsteigend	kein Trend	kein Trend	
BE01	Spandau										absteigend
BE02	Krughorn										
BY08	Joditz	kein Trend	kein Trend		aufsteigend	aufsteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	absteigend
MV01	Dömitz	kein Trend	absteigend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	absteigend
MV02	Bandekow	kein Trend	kein Trend	kein Trend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	
MV11	Parchim	kein Trend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	absteigend
NI01	Schnackenburg	kein Trend	kein Trend	absteigend	absteigend	absteigend	absteigend	kein Trend	aufsteigend	kein Trend	absteigend
NI18	Bienenbüttel	kein Trend	kein Trend	absteigend	absteigend	kein Trend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	absteigend
NI21	Seerau	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	aufsteigend	kein Trend	kein Trend	aufsteigend	kein Trend	kein Trend
NI22	Oberndorf	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	aufsteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	
NI23	Daudieck	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend
NI24	Otterndorf	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	
SH01	Reinbek	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	aufsteigend	kein Trend	kein Trend	absteigend
SH02	Willenscharen	kein Trend	kein Trend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	absteigend
SH07	Sachsenwaldau	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	aufsteigend	kein Trend	kein Trend	absteigend
SH08	Heiligenstedten	kein Trend	kein Trend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	aufsteigend	kein Trend	kein Trend	absteigend
SH09	Baß										absteigend
SN02	Senftenberger See	kein Trend	aufsteigend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	absteigend	kein Trend	absteigend
SN03	Gröditz	kein Trend	aufsteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend
SN04	Schmilka	kein Trend	absteigend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	absteigend
SN051	Dommitzsch	kein Trend	absteigend	absteigend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	aufsteigend	kein Trend	absteigend
SN06	Erlin	kein Trend	kein Trend	absteigend	absteigend	absteigend	absteigend	aufsteigend	kein Trend	kein Trend	absteigend
SN07	Sermuth	kein Trend	kein Trend	absteigend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	aufsteigend	kein Trend	absteigend
SN08	Bad Dübén	kein Trend	aufsteigend	absteigend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	aufsteigend	kein Trend	absteigend
SN09	Bad Elster	kein Trend	aufsteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	aufsteigend	kein Trend	kein Trend	absteigend
SN11	Zehren	aufsteigend	absteigend	absteigend	absteigend	kein Trend	aufsteigend	absteigend	kein Trend	absteigend	absteigend
ST01	Wittenberg	kein Trend	absteigend	absteigend	absteigend	absteigend	absteigend	aufsteigend	kein Trend	absteigend	absteigend
ST02	Magdeburg	kein Trend	kein Trend	absteigend	absteigend	absteigend	absteigend	kein Trend	aufsteigend	kein Trend	absteigend
ST03	Gorsdorf	kein Trend	kein Trend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	absteigend	kein Trend	kein Trend	absteigend
ST04	Dessau	kein Trend	kein Trend	absteigend	absteigend	kein Trend	absteigend	aufsteigend	aufsteigend	absteigend	absteigend
ST05	Bad Dürrenberg	kein Trend	kein Trend		absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	absteigend
ST06	Trotha	kein Trend	kein Trend	absteigend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	absteigend
ST07	Groß-Rosenburg	kein Trend	kein Trend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	absteigend	absteigend
ST08	Freyburg	kein Trend	kein Trend	absteigend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	absteigend	kein Trend	kein Trend
ST09	Ammendorf	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	absteigend
ST10	Topfel	kein Trend	kein Trend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	absteigend
ST11	Wanzer	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	aufsteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	absteigend
ST12	Neugattersleben	kein Trend	absteigend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	absteigend	kein Trend	absteigend
TH031	Wundersleben										absteigend
TH06	Camburg-Stöben										
TH07	Gera unterhalb										
TH09	Oldisleben										
TH11	Rudolstadt										
HH011	Seemanshöft	kein Trend	kein Trend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	aufsteigend	kein Trend	kein Trend	absteigend
HH012	Zollenspieker	kein Trend	kein Trend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	absteigend



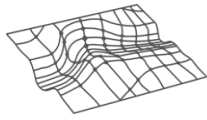
Da einige Stationen lediglich Werte bis Ende 2014 bzw. bis Ende 2013 aufweisen, wurden auch hier Trendauswertungen, bezogen auf die letzten fünf Jahre vorgenommen um die Lücken in Tabelle 9 schließen zu können (Tabelle 10 und 11).

Unterschiede zu Tabelle 9 halten sich für die Zeitreihe 2010 bis 2014 in Grenzen. Auch hier finden sich aber überwiegend absteigende Trends beim Stickstoff und aufsteigende Trends beim Phosphor. Diese sind verbunden mit einem deutlich absteigenden Trend beim Abfluss.

Tabelle 10: Auswertung der Trends für die Zeitreihe 2010 bis 2014 je Messtation

Trendauswertung 2010-2014

Kurzzeichen	Stationsname	Wasser-temperatur	pH-Wert	N-Gesamt	Nitrat-N	Nitrit-N	Ammonium-N	Gesamt-Phosphor	Orthophosphat-P	Sauerstoff	Abfluss
BB04	Cottbus	kein Trend	kein Trend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	absteigend	absteigend	kein Trend	absteigend
BB05	Neuzittau	kein Trend	aufsteigend	absteigend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	absteigend	kein Trend	absteigend
BB06	Hennigsdorf	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	absteigend
BB07	Potsdam	aufsteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	absteigend	absteigend
BB11	Kietz	kein Trend	kein Trend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	aufsteigend	kein Trend	kein Trend	absteigend
BE01	Spandau	kein Trend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	absteigend
BE02	Krughorn	kein Trend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	
BY08	Joditz	kein Trend	kein Trend		kein Trend	kein Trend	kein Trend	aufsteigend	aufsteigend	absteigend	absteigend
MV01	Dömitz	kein Trend	kein Trend	absteigend	absteigend	kein Trend	absteigend	absteigend	aufsteigend	kein Trend	absteigend
MV02	Bandekow	kein Trend	kein Trend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	aufsteigend	kein Trend	
MV11	Parchim	kein Trend	kein Trend	absteigend	absteigend	kein Trend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	absteigend
NI01	Schnackenburg	kein Trend	kein Trend	absteigend	absteigend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	absteigend
NI18	Bienenbüttel	kein Trend	kein Trend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	absteigend	kein Trend	kein Trend	absteigend
NI21	Seerau	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	aufsteigend	kein Trend	absteigend
NI22	Oberndorf	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	aufsteigend	kein Trend	kein Trend	
NI23	Daudieck	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	aufsteigend	kein Trend	kein Trend	absteigend
NI24	Otterndorf	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	
SH01	Reinbek	kein Trend	kein Trend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	absteigend
SH02	Willenscharen	kein Trend	aufsteigend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	absteigend
SH07	Sachsenwaldau	kein Trend	kein Trend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	absteigend
SH08	Heiligenstedten	kein Trend	kein Trend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	absteigend	kein Trend	kein Trend	absteigend
SH09	Baß										absteigend
SN02	Senftenberger See	kein Trend	aufsteigend	absteigend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	absteigend
SN03	Gröditz	kein Trend	aufsteigend	absteigend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	absteigend
SN04	Schmilka	kein Trend	kein Trend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	absteigend
SN051	Dommitzsch	kein Trend	kein Trend	absteigend	absteigend	absteigend	absteigend	kein Trend	aufsteigend	kein Trend	absteigend
SN06	Erlin	kein Trend	aufsteigend	absteigend	absteigend	absteigend	kein Trend	aufsteigend	aufsteigend	kein Trend	absteigend
SN07	Sermuth	kein Trend	aufsteigend	absteigend	absteigend	absteigend	kein Trend	absteigend	absteigend	kein Trend	absteigend
SN08	Bad Düben	kein Trend	aufsteigend	absteigend	absteigend	absteigend	absteigend	kein Trend	aufsteigend	kein Trend	absteigend
SN09	Bad Elster	kein Trend	aufsteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	aufsteigend	kein Trend	kein Trend	absteigend
SN11	Zehren	aufsteigend	absteigend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	absteigend	absteigend
ST01	Wittenberg	kein Trend	kein Trend	absteigend	kein Trend	kein Trend	absteigend	aufsteigend	kein Trend	absteigend	absteigend
ST02	Magdeburg	kein Trend	kein Trend	absteigend	absteigend	absteigend	absteigend	kein Trend	aufsteigend	kein Trend	absteigend
ST03	Gorsdorf	kein Trend	kein Trend	absteigend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	absteigend	kein Trend	absteigend
ST04	Dessau	kein Trend	kein Trend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	aufsteigend	kein Trend	absteigend	absteigend
ST05	Bad Dürrenberg	kein Trend	kein Trend		absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	aufsteigend	kein Trend	absteigend
ST06	Trotha	kein Trend	aufsteigend	absteigend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	absteigend
ST07	Groß Rosenburg	kein Trend	absteigend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	aufsteigend	aufsteigend	kein Trend	absteigend
ST08	Freyburg	kein Trend	kein Trend	absteigend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	absteigend
ST09	Ammendorf	kein Trend	kein Trend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	absteigend
ST10	Toppel	kein Trend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	absteigend
ST11	Wanzer	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	aufsteigend	kein Trend	kein Trend	absteigend
ST12	Neugattersleben	kein Trend	absteigend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	absteigend
TH031	Wundersleben	kein Trend	kein Trend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	absteigend
TH06	Camburg-Stöben	kein Trend	kein Trend	absteigend	absteigend	kein Trend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	absteigend
TH07	Gera unterhalb	kein Trend	kein Trend	absteigend	absteigend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	absteigend	absteigend
TH09	Oldisleben	kein Trend	absteigend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	
TH11	Rudolstadt	kein Trend	kein Trend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	aufsteigend	kein Trend	
HH011	Seemanshöft	aufsteigend	kein Trend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	aufsteigend	kein Trend	absteigend	absteigend
HH012	Zollenspieker	kein Trend	kein Trend	kein Trend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	absteigend

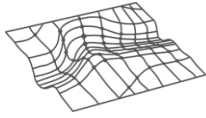


Für die Zeitreihe 2009 bis 2013 steigt die Anzahl der nicht signifikanten Trends gegenüber den vorangegangenen Auswertungen extrem stark an. Die wenigen verbleibenden signifikanten Trends bei Nährstoffparametern und Abfluss zeigen ein uneinheitliches Bild. Auch zeigen sich wieder aufsteigende Trends beim Abfluss, vermutlich bedingt durch das starke Ereignis im Juni 2013. Die hohe Anzahl nicht signifikanter Trends dürfte dadurch bedingt sein, dass der Zeitraum 2009 bis 2013 einen besonders starken Wechsel von Feucht- und Trockenjahren aufweist. 2009 und 2012 waren an vielen Messstationen ausgesprochen abflussarme Jahre im Vergleich zu 2010, 2011 und insbesondere dem Jahr 2013.

Tabelle 11: Auswertung der Trends für die Zeitreihe 2009 bis 2013 je Messstation

Trendauswertung 2009-2013

Kurzzeichen	Stationsname	Wasser-temperatur	pH-Wert	N-Gesamt	Nitrat-N	Nitrit-N	Ammonium-N	Gesamt-Phosphor	Orthophosphat-P	Sauerstoff	Abfluss
BB04	Cottbus	kein Trend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	aufsteigend
BB05	Neuzittau	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend
BB06	Hennigsdorf	kein Trend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	aufsteigend	kein Trend	kein Trend	aufsteigend
BB07	Potsdam	kein Trend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	absteigend	aufsteigend
BB11	Kietz	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	aufsteigend	kein Trend	aufsteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend
BE01	Spandau	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	aufsteigend
BE02	Krughorn	kein Trend	absteigend	kein Trend	aufsteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	
BY08	Joditz	kein Trend	aufsteigend	aufsteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	absteigend
MV01	Dömitz	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	aufsteigend	absteigend	kein Trend	aufsteigend	kein Trend	aufsteigend
MV02	Bandekow	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	aufsteigend	kein Trend	
MV11	Parchim	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	absteigend	kein Trend	kein Trend	aufsteigend
NI01	Schnackenburg	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend
NI18	Bienenbüttel	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	aufsteigend	aufsteigend	kein Trend	kein Trend
NI21	Seerau	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend
NI22	Oberndorf	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	absteigend	kein Trend	aufsteigend	kein Trend	kein Trend	absteigend
NI23	Daudieck	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend
NI24	Otterndorf	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	
SH01	Reinbek	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend
SH02	Willenscharen	kein Trend	kein Trend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend
SH07	Sachsenwaldau	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend
SH08	Heiligenstedten	kein Trend	kein Trend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend
SH09	Baß	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	aufsteigend
SN02	Senftenberger See	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	aufsteigend	kein Trend	aufsteigend
SN03	Gröditz	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	absteigend	kein Trend	kein Trend
SN04	Schmilka	kein Trend	aufsteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend
SN051	Dommitzsch	kein Trend	kein Trend	kein Trend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend
SN06	Erlin	kein Trend	kein Trend	kein Trend	absteigend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	absteigend
SN07	Sermuth	kein Trend	kein Trend	aufsteigend	kein Trend	kein Trend	absteigend	kein Trend	aufsteigend	kein Trend	absteigend
SN08	Bad Düben	kein Trend	aufsteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	absteigend
SN09	Bad Elster	kein Trend	kein Trend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	aufsteigend	aufsteigend	kein Trend	kein Trend
SN11	Zehren	kein Trend	aufsteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend
ST01	Wittenberg	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend
ST02	Magdeburg	kein Trend	kein Trend	absteigend	kein Trend	absteigend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend
ST03	Gorsdorf	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	aufsteigend
ST04	Dessau	kein Trend	aufsteigend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend
ST05	Bad Dürrenberg	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend
ST06	Trotha	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend
ST07	Groß Rosenburg	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	aufsteigend	kein Trend	aufsteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend
ST08	Freyburg	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	absteigend	kein Trend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend
ST09	Ammendorf	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend
ST10	Toppel	kein Trend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	aufsteigend
ST11	Wanzer	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend
ST12	Neugattersleben	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend
TH031	Wundersleben	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend
TH06	Camburg-Stöben	kein Trend	kein Trend	kein Trend	aufsteigend	absteigend	kein Trend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend
TH07	Gera unterhalb	kein Trend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	absteigend	absteigend	kein Trend
TH09	Oldisleben	kein Trend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	absteigend	kein Trend	kein Trend
TH11	Rudolstadt	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend
HH011	Seemanshöft	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend
HH012	Zollenspieker	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	kein Trend	absteigend	absteigend	kein Trend	kein Trend	kein Trend



5.6 Vergleichende Betrachtung zur Einhaltung der Orientierungswerte nach OGewV

Im Folgenden werden die im Bewertungsmodul der Webanwendung (siehe Kap. 6.4) abrufbaren Übersichtsdarstellungen im Hinblick auf die Einhaltung der Orientierungswerte nach OGewV⁵ für pH-Wert, Ammonium-N, Nitrit-N, Ortophosphat-P, Gesamt-Phosphor und Sauerstoffgehalt im Zeitraum 2003 bis 2015 gegenübergestellt und diskutiert (Abbildungen 2 bis 8).

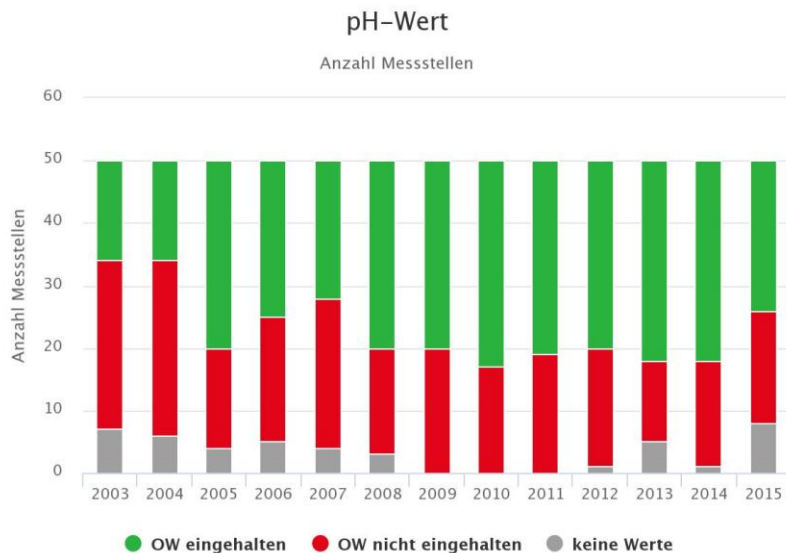


Abbildung 2: Einhaltung der Orientierungswerte an den Messstellen – pH-Wert

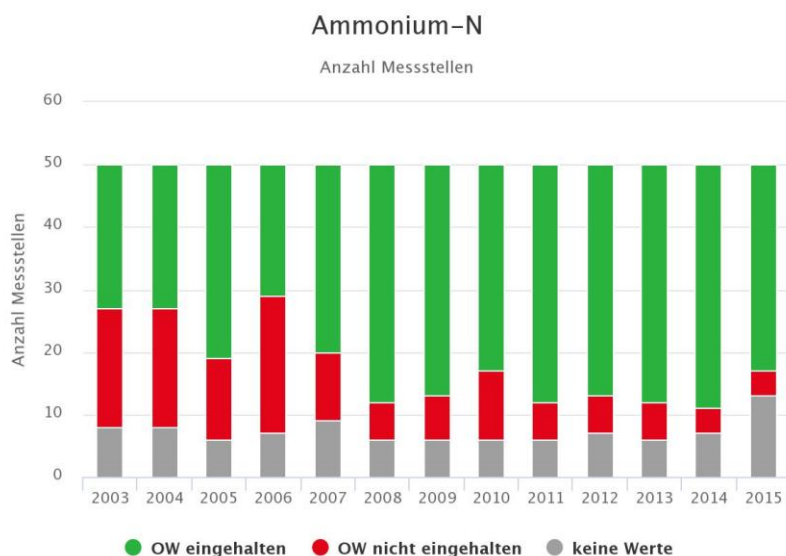
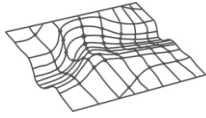


Abbildung 3: Einhaltung der Orientierungswerte an den Messstellen – Ammonium-N

⁵ Oberflächengewässerverordnung, Stand 2016



Für pH-Wert, Ammonium-N, Nitrit-N und Orthophosphat-P ergeben sich seit 2003 Abnahmen der Messstellen mit Nicht-Einhaltung des Orientierungswertes. Für den pH-Wert vollzieht sich diese Abnahme insbesondere in 2003 und 2004. Für Nitrit-N und Orthophosphat-P deutet sich in 2013 bzw. 2014 allerdings wieder eine leichte Zunahme der Anzahl der Messstellen mit Orientierungswertüberschreitung an. Die für die jeweiligen Parameter berechneten Mann-Kendall Tests (von 2011 bis 2015) bestätigen diesen Eindruck insbesondere für Orthophosphat-P (siehe Abbildung 6).

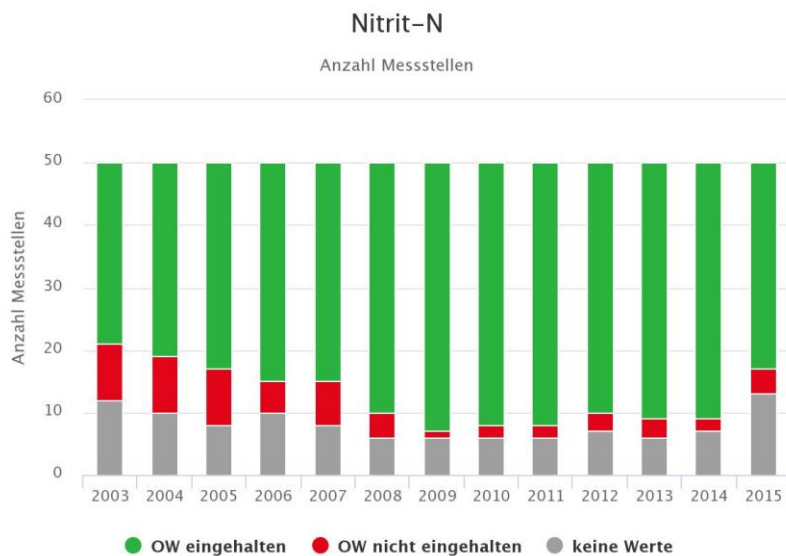


Abbildung 4: Einhaltung der Orientierungswerte an den Messstellen – Nitrit-N

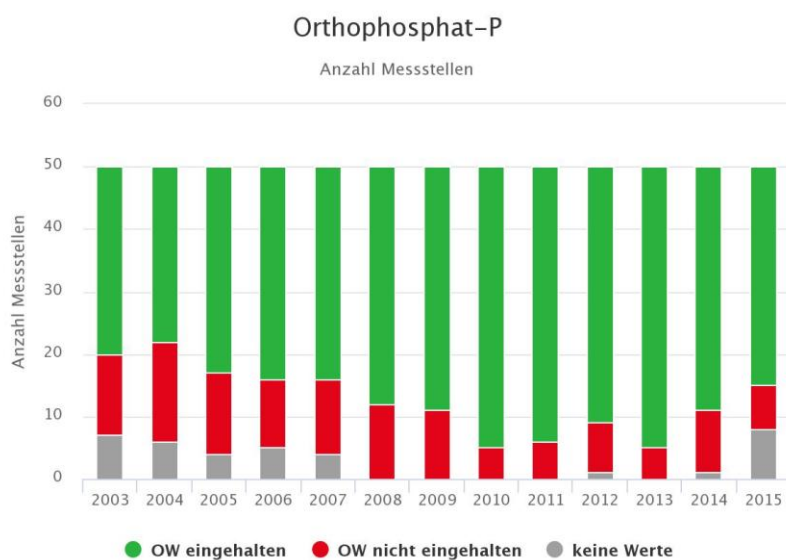


Abbildung 5: Einhaltung der Orientierungswerte an den Messstellen – Orthophosphat-P

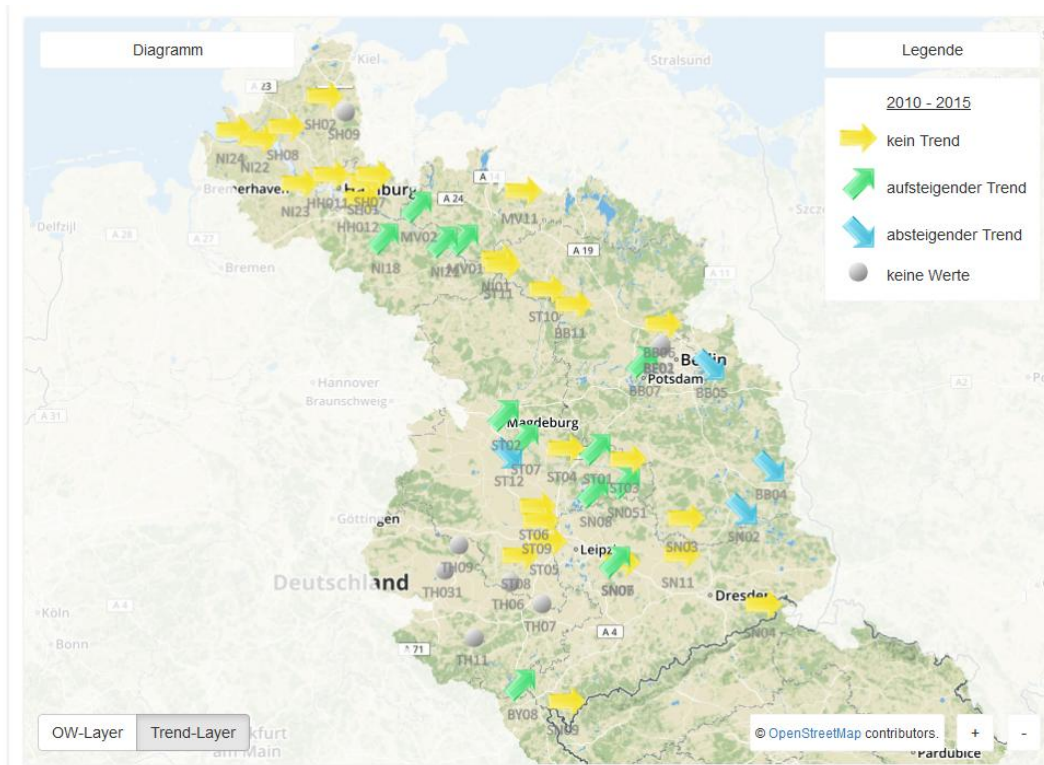
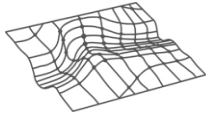


Abbildung 6: Trends für 2011 bis 2015 für Orthophosphat-P auf Basis des Mann-Kendall Tests

Beim Gesamt-Phosphor deutet sich lediglich in den Jahren 2011 bis 2013 eine Abnahme der Messstellen mit Überschreitung an. Danach wird das Niveau vor 2011 wieder erreicht bzw. in 2014 auch überschritten.

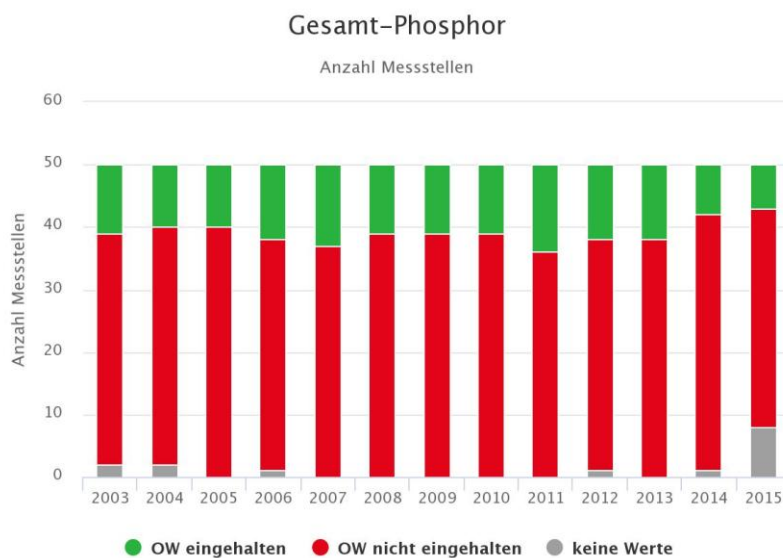
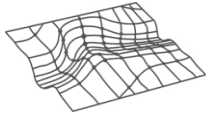


Abbildung 7: Einhaltung der Orientierungswerte an den Messstellen – Gesamt-Phosphor



Auch beim Sauerstoffgehalt ist keine rückläufige Tendenz zu verzeichnen.

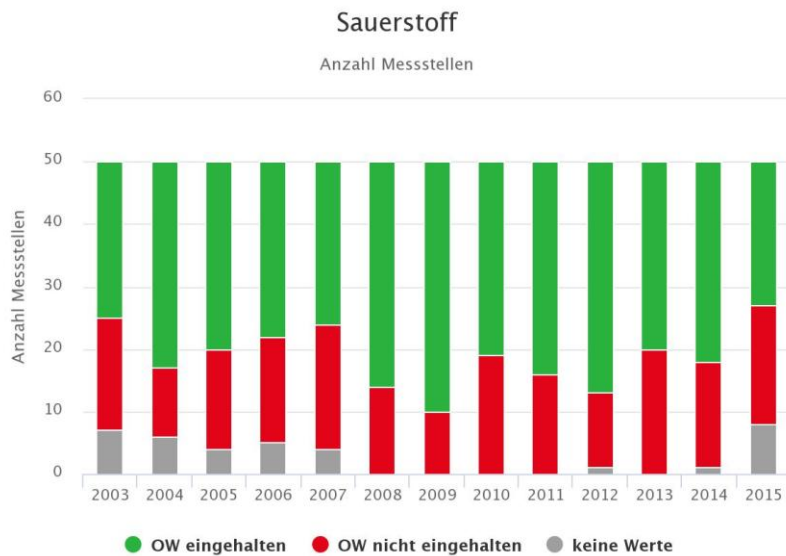
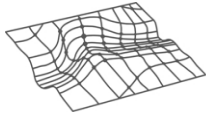


Abbildung 8: Einhaltung der Orientierungswerte an den Messstellen – Sauerstoff

Für Nitrat-N wurde an Stelle des hier nicht gegebenen Orientierungswertes die Umweltqualitätsnorm abgefragt. Diese wird für Nitrat-N bei Einbeziehung der jahresbezogen gemittelten Messwerte immer eingehalten. Auf eine gesonderte Abbildung wird deshalb verzichtet.



6 Webbasierte statistische Analysen und Auswertungen

6.1 Aufbau und Funktionalitäten der Webanwendung

Die Visualisierung von Grundlagendaten und Ergebnissen der oben genannten statistischen Auswertungen erfolgt in einer interaktiven Web-Anwendung, die auf einem Server von VisDat gehostet wird (Shared Hosting).

Der Zugang zur Webanwendung erfolgt über die Adresse „www.visdat.de/elbe“. Die komplette Funktionalität des Viewers wird über den eingerichteten Login-Zugang bereitgestellt. Hier ist die Eingabe des Projekttitels und des Kennworts nötig. Eine Umgebung mit eingeschränkter Funktionalität ist auch öffentlich zugänglich (Abbildung 9). Die Eingabe von Projekttitel und Kennwort entfällt hier.

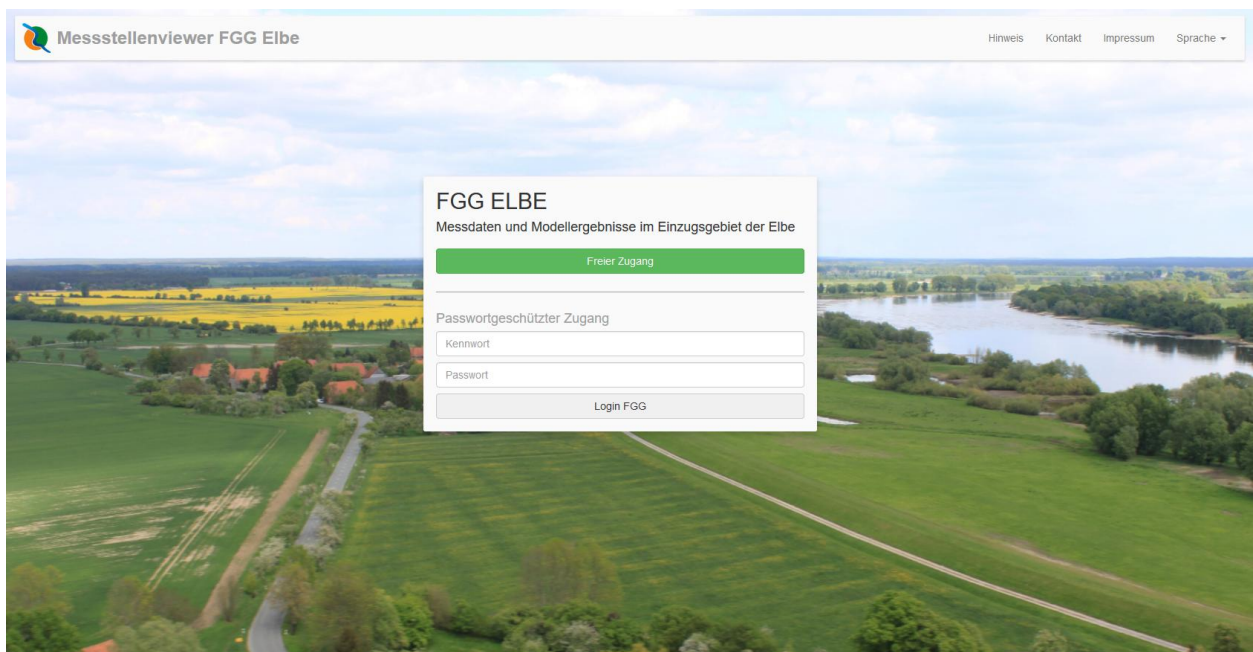


Abbildung 9: Zugang zur Webanwendung

Nach Betätigen der Login-Schaltfläche öffnet sich das erste Modul der Webanwendung, die „Deskriptive Statistik“ (Abbildung 10).

Wahlweise können jetzt auch die drei weiteren Module über die jeweiligen Schaltflächen angesteuert werden. Die Module sind synchronisiert, so dass die Einstellungen beim Wechsel zwischen den Modulen übernommen werden.

Über die Navigationsleiste im rechten oberen Bildteil erfolgt der Logout. Zusätzlich können Hinweise, Kontaktinformationen und Impressum aufgerufen werden. Zusätzliche Informationen zu den Modulen sind über den Button unten rechts aufrufbar.

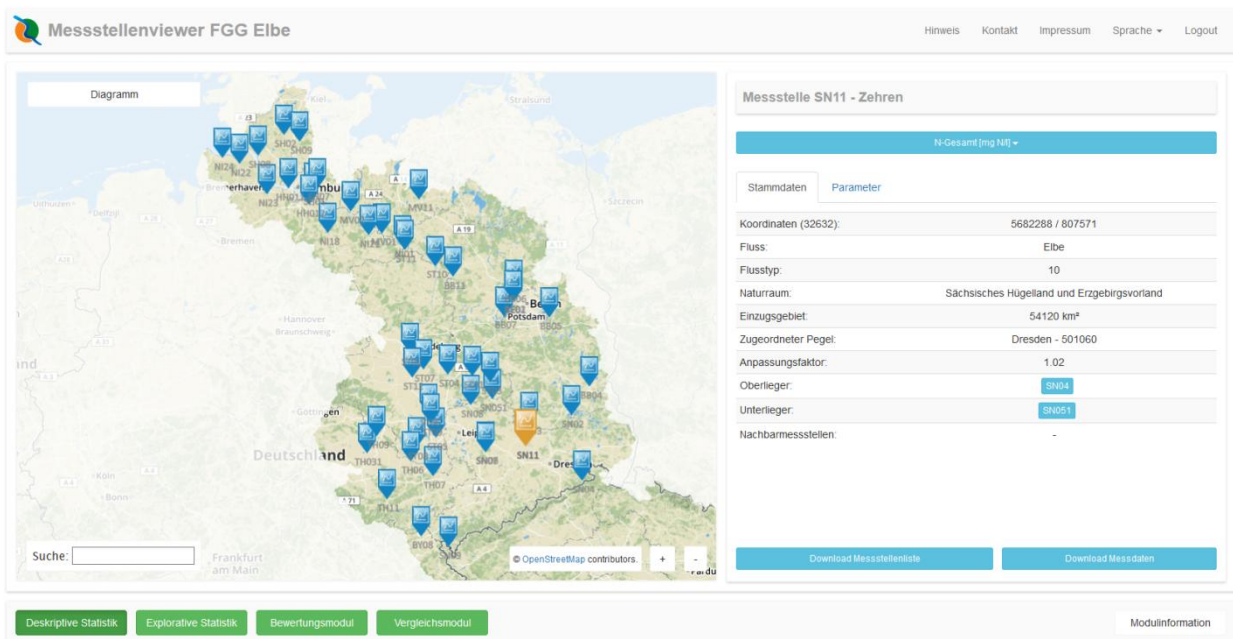
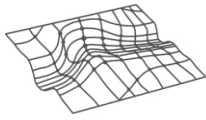


Abbildung 10: Modul „Deskriptive Statistik“

6.2 Deskriptive Statistik

Die „Deskriptive Statistik“ (Abbildung 11) zeigt im rechten Bildteil die Stammdaten je ausgewählter Messstelle. Unter den in der Liste genannten Nachbarmessstellen werden solche Stationen verstanden, die im gleichen Naturraum liegen wie die Bezugsmessstelle und zum gleichen Flusstyp gehören.

Über den Switch gelangt der Nutzer zu den statistischen Kennwerten je ausgewähltem Parameter an der Messstelle. Die Auswahl der Parameter sowie der Download von Messstellenliste (Stationsliste) und Messstellendaten (nur für den ausgewählten Parameter und für die gesamte vorhandene Zeitreihe) erfolgt über die jeweiligen Dialogfenster (oben bzw. unten).

Im linken Bildteil befindet sich die Kartendarstellung der Messstellen. Die Stationen können über Mouse Click aktiviert oder über die Suchfunktion angesteuert werden.

Das Dialogfenster „Diagramm“ zeigt wahlweise Konzentrationen oder Frachten für die Messstellenzeitreihe und den ausgewählten Parameter. Der Zeitraum kann über den Zeitschieber variiert werden. Der angezeigte Trend (linear, Regressionsgerade) wird live berechnet, wobei hier keine Angabe zum Signifikanzniveau möglich ist. Der Mann-Kendall Test mit Sen' s Slope kann hier nicht berechnet werden, da die Prozessierung zu zeitaufwändig wäre. Hier muss auf die Auswertung in den Stationslisten verwiesen werden. Beide Routinen unterscheiden sich allerdings im Ergebnis nur marginal.

Ein Download des Diagramms ist über das „Chart context menu“ (über Diagramminhalt rechts) in verschiedenen auswählbaren Formaten möglich.

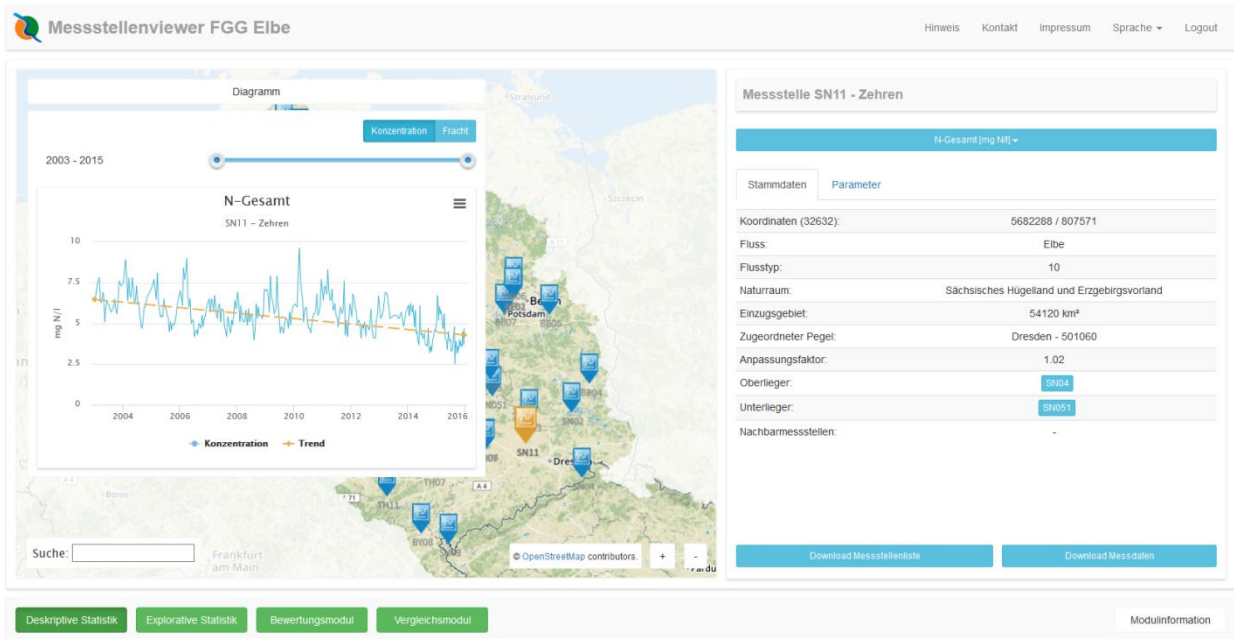
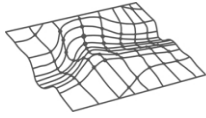


Abbildung 11: Modul „Deskriptive Statistik“ - Diagrammfenster

6.3 Explorative Datenanalyse

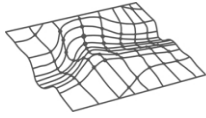
Spider Charts

Die „Explorative Statistik“ zeigt im rechten Bildteil Spider Charts für die ausgewählte Messstelle bzw. die vorangegangene Auswahl sowie die Nachbarmessstellen (bei mehreren Nachbarmessstellen werden die Werte gemittelt). Die Daten für die Spider Charts beziehen sich wahlweise (Dialogfenster) auf die gesamte vorhandene Messreihe, auf ein ausgewähltes Jahr, auf eines der vier Quartale (über die gesamte Messreihe), auf einen ausgewählten Monat oder einen ausgewählten Tag (Abbildung 12).

Die Spider Charts stellen die (zwischen 0 und 1) normierten Mittelwerte der jeweiligen Parameter zur entsprechenden Zeitauswahl dar. Dabei erfolgt die Normierung anhand der Parametermittelwerte aller Messstellen. Somit sind die resultierenden Diagramme direkt miteinander vergleichbar. Ihre Funktionsweise soll beispielhaft für die Messstelle Schmilka wie folgt erläutert werden:

Bsp. 1: Für den Parameter Wassertemperatur und die Zeitauswahl „Gesamt“ (gesamte Zeitreihe) beträgt der minimale Mittelwert über die Zeitreihen aller Messstellen 8,7 °C. Der maximale Mittelwert über die Zeitreihen aller Messstellen beträgt 14,3 °C.

Bsp. 2: Für den Parameter Wassertemperatur und die Zeitauswahl „Quartal“ (z.B. Quartal 1 - gesamte Zeitreihe) beträgt der minimale Mittelwert über die Zeitreihen von Quartal 1 aller Messstellen 0,5 °C. Der maximale Mittelwert über die Zeitreihen von Quartal 1 aller Messstellen beträgt 24,2 °C.



Bsp. 3: Für den Parameter Wassertemperatur und die Zeitauswahl „2015“ (ausgewähltes Jahr) beträgt der minimale Mittelwert aus der Gesamtheit aller jahresbezogenen Mittelwerte aller Messstellen aller Jahre 3,5 °C. Der maximale Mittelwert aus der Gesamtheit aller jahresbezogenen Mittelwerte aller Messstellen aller Jahre liegt bei 17,3 °C.

Der Diagrammwert (bei Mouseover) zeigt den stationsbezogenen Mittelwert des jeweiligen Parameters, bezogen auf die gewählte Zeitauswahl.

Spider Charts werden für die aktuelle Auswahl (orange, durchgezogene Linie), die vorangegangene Auswahl (orange, unterbrochene Linie) und Nachbarmessstellen (grau, unterbrochene Linie) gezeigt. Bei Vorhandensein mehrerer Nachbarmessstellen (Messstelle liegt im gleichen Naturraum wie Bezugsmessstelle und gehört dem gleichen Flusstyp an) werden die Werte gemittelt.

Alle Spider Charts können durch Anklicken der Legende an- bzw. ausgeschaltet werden.

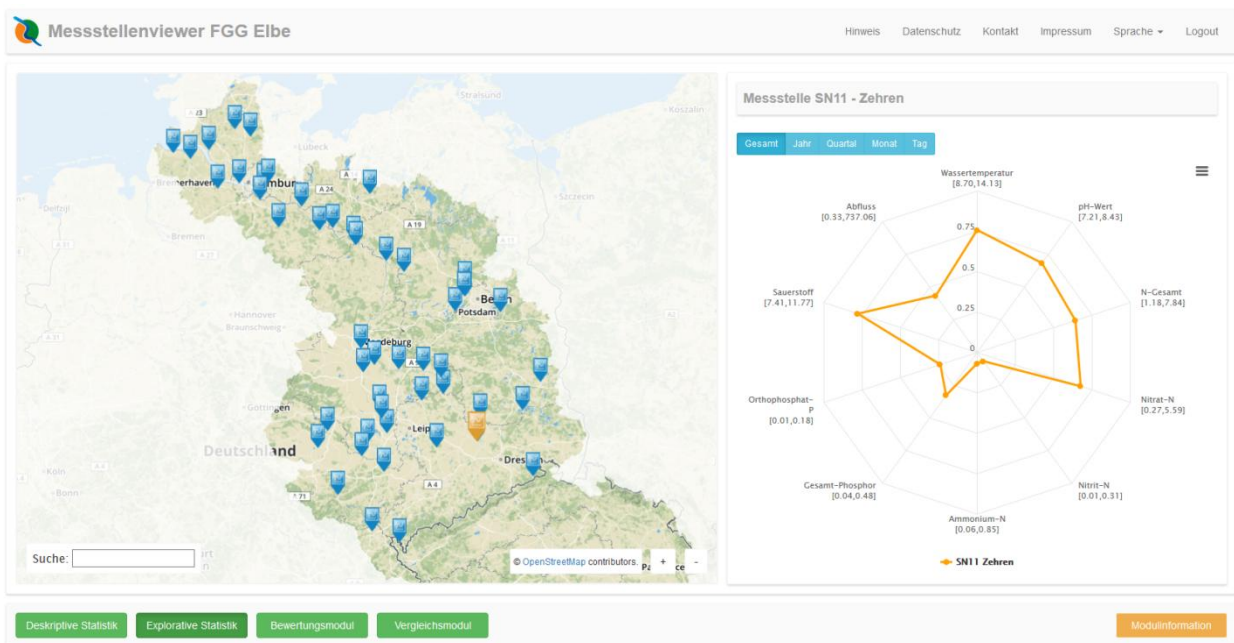
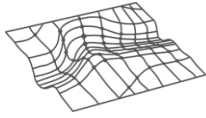


Abbildung 12: Modul „Explorative Statistik“

Bewertung diffuse / punktuelle Einflüsse

Zur Bewertung diffuser bzw. punktueller Einflüsse wurde ein erster Entwurf eines "Scoring Ansatzes" erarbeitet. Dieser Ansatz wird im Rahmen der Projektentwicklung weiter diskutiert. Die unten stehenden Darstellungen entsprechen dem Stand der Diskussion.

In der Bewertung wird für den ausgewählten Betrachtungszeitraum anhand von je vier berechneten Indizes bzw. deren Schwellenwertunterschreitungen für N bzw. P zunächst überprüft, ob es Hinweise auf einen verstärkten punktuellen Einfluss gibt. Fehlt dieser Hinweis, so wird im Umkehrschluss ein diffuser Einfluss unterstellt. Je nachdem wie viele Schwellenwerte unterschritten werden (bzw. Hinweise auf Punkteinfluss erfüllt werden) ergibt



sich dann zukünftig die Klassifizierung und daraus die finale Bewertung für N bzw. P (siehe unten).

Die für die Ermittlung der Schwellenwerte eingesetzten Funktionen reagieren insbesondere auf die prozessualen Unterschiede bei der Abflussbildung und Frachtverlagerung zwischen unversiegelten und versiegelten Flächen. Letztere umfassen also sowohl echte Punktquellen (kommunale Kläranlagen, Industrieeinleiter) als auch dezentrale Einleiter (Kleinkläranlagen, Regenwasserabläufe, etc.). Als diffus werden solche Pfade bzw. Quellen angesehen, die über die Boden- und Grundwasserpassage (Dränabfluss, Interflow, Grundwasserabfluss) verlagert werden.

Die Indizes und Schwellenwerte für N und P sind in diesem ersten Entwurf wie folgt festgelegt:

P-Indizes / Schwellenwerte mit Hinweis auf Punktbeeinflussung:

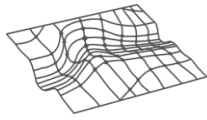
1. Korrelation Abfluss zu Orthophosphat-P < -0,2
2. Korrelation Abfluss zu Gesamtphosphor < -0,2
3. Standardabweichung Gesamtphosphor (TP) < Mittelwert TP / 2
4. Standardabweichung TP < Standardabweichung Orthophosphat-P * 2

N-Indizes / Schwellenwerte mit Hinweis auf Punktbeeinflussung:

1. Korrelation Abfluss zu Nitrit-N < -0,2
2. Korrelation Abfluss zu Ammonium-N < -0,2
3. Korrelation Abfluss zu Nitrat-N < -0,2
4. Mittelwert Nitrat-N für Quartal 2 und 3 > Mittelwert Nitrat-N von Q1 und Q4 / 2

Die Schwellenwerte werden weiter getestet und in eine Klassifizierung überführt, aus der sich eine finale Bewertung der Scores und eine Einschätzung der diffusen bzw. punktuellen Einflüsse ergeben wird. Die Scores bilden somit ein zusätzliches Instrument, um auf Basis eines immissionsbezogenen Monitorings Nährstoffeinträge hinsichtlich ihrer Ursache-Wirkungsbeziehung zu hinterfragen. Sie können parallel zur emissionsseitig angelegten Modellierung eingesetzt werden und zusätzlich auch zur Plausibilisierung von Modellergebnissen dienen.

Eine quantitative Gleichsetzung der Scores mit %-Anteilen am Eintragspfad (punktuell, diffus) ist nicht möglich. Mit dem "Scoring Ansatz" wird demgegenüber das Ziel verfolgt, eine einfache, auf Monitoringdaten aufbauende, Abschätzung der diffusen bzw. punktuellen Einflüsse zu entwickeln und die räumliche und zeitliche Differenzierung aufzuzeigen. Nach Abschluss der fachlichen Diskussion zur Ausgestaltung wird dieser Ansatz in den Web-Viewer aufgenommen.



6.4 Bewertungsmodul

Im Bewertungsmodul werden im rechten Bildteil die Orientierungswerte bzw. die Umweltqualitätsnorm (für Nitrat-N) nach OGeV⁶ für alle Messstellen auf ihre Einhaltung hin abgefragt. Parameter und Jahr können über das Dialogfenster ausgewählt werden (Abbildung 13).

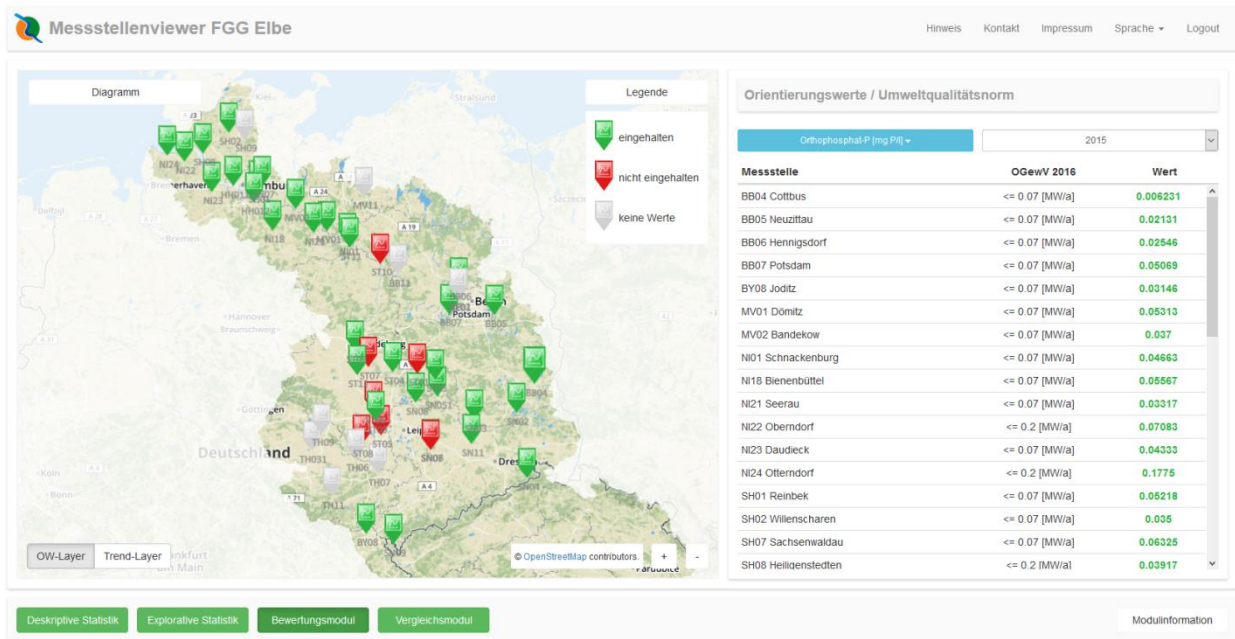


Abbildung 13: Bewertungsmodul

Im linken Bildteil befindet sich die synchronisierte Kartendarstellung der Messstellen einschließlich einer Visualisierung der im linken Bildteil vorgenommenen Bewertung im Hinblick auf die OGeV (2016). Hierfür muss das Dialogfenster OW-Layer (links unten) aktiviert werden. Per Switch auf die Schaltfläche Trend-Layer werden für jede Messstelle und den ausgewählten Parameter das Ergebnis des Mann-Kendall Tests für die fünf zurückliegenden Jahre ab Bezugsjahr ausgegeben (aufsteigend, absteigend, kein Trend, keine Werte; siehe Abbildung 14).

Das Dialogfenster „Diagramm“ zeigt ein Säulendiagramm mit einer jahresbezogenen Bewertung der Einhaltung bzw. Nichteinhaltung der Orientierungswerte für die gesamte vorhandene Zeitreihe ab 2003. Ein Download des Diagramms ist über das „Chart context menu“ (über Diagramminhalt rechts) in verschiedenen auswählbaren Formaten möglich (Abbildung 15).

⁶ Oberflächengewässerverordnung, Stand 2016

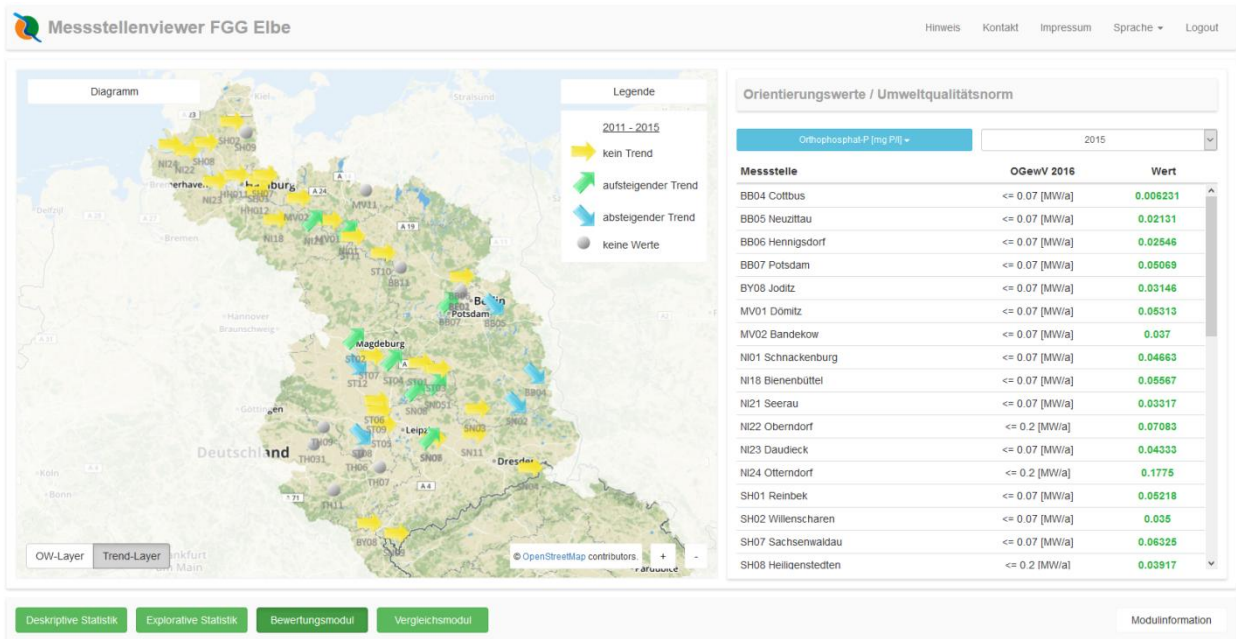
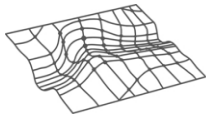


Abbildung 14: Bewertungsmodul – Trend-Layer

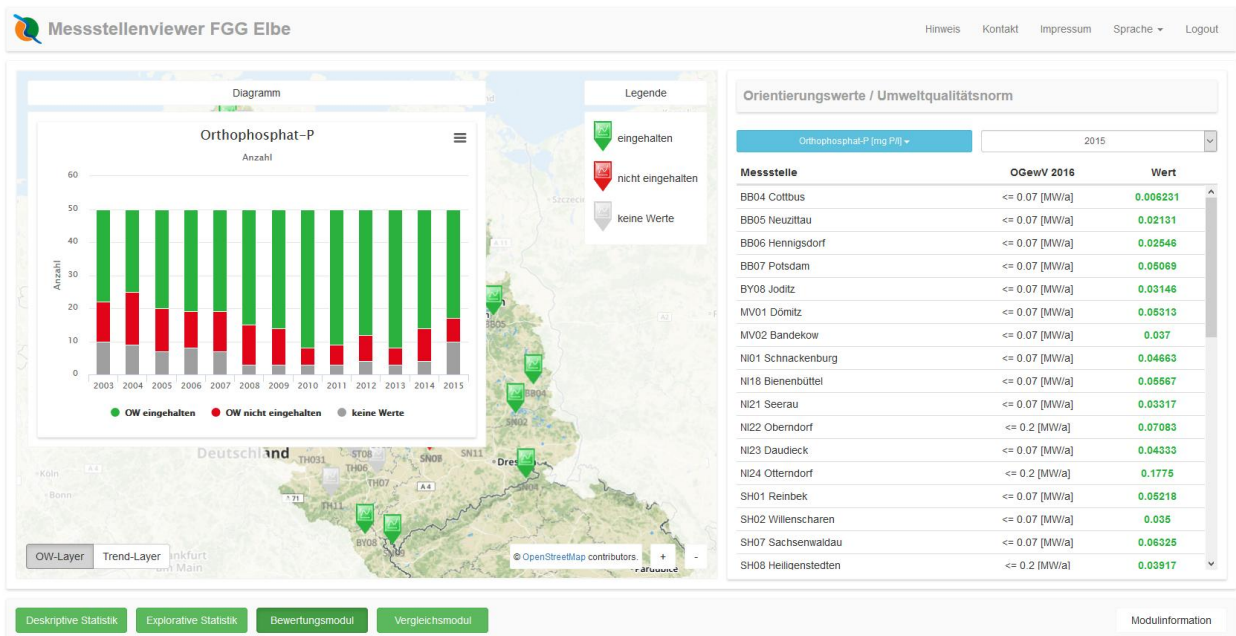
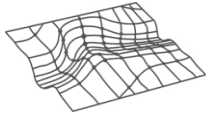


Abbildung 15: Bewertungsmodul - Diagrammfenster



6.5 Vergleichsmodul

Im linken Bildteil des Vergleichsmoduls befindet sich die Kartendarstellung mit den Messstationen. Per Mouse Click oder Suchfunktion kann eine Messstelle und das zugehörige oberirdische Einzugsgebiet (orange eingefärbt) ausgewählt werden. Die zur Einzugsgebietserstellung genutzte Methodik wird weiter unten erläutert. Im rechten Bildteil erscheint dann die zugehörige stationsbezogene Auswertungstabelle, in der gemessene und modellierte Frachten bzw. Konzentrationen [per switch in t/a, kg/ha/a bzw. mg/l] je ausgewähltem Einzugsgebiet gegenübergestellt werden. Zusätzlich wird eine Zielfracht anhand der pauschal festgelegten Zielkonzentration von 2,8 mg N/l bzw. 0,1 mg P/l und dem jeweiligen Abflusswert [m³/s] ausgegeben. Hinsichtlich der Frachten [t/a bzw. kg/ha/a] bzw. Konzentrationen [mg/l] wird unterschieden zwischen gemessenen Werten, modellierten Werten (Emission: Frachteintrag in die Gewässer; Immission: am Einzugsgebietsauslass ankommende Fracht nach Retention im Oberflächengewässer) und Zielwerten (berechnete Fracht für pauschal angenommene Zielkonzentration und gemessenen Abfluss). Grundlage der einbezogenen modellierten Werte sind die Modellergebnisse von MONERIS (Becker & Venohr 2015⁷), die für die Einzeljahre 2006, 2007, 2008, 2009 und 2010 und die gemittelte Periode 2006 bis 2010 ausgewertet werden (Abbildung 16).

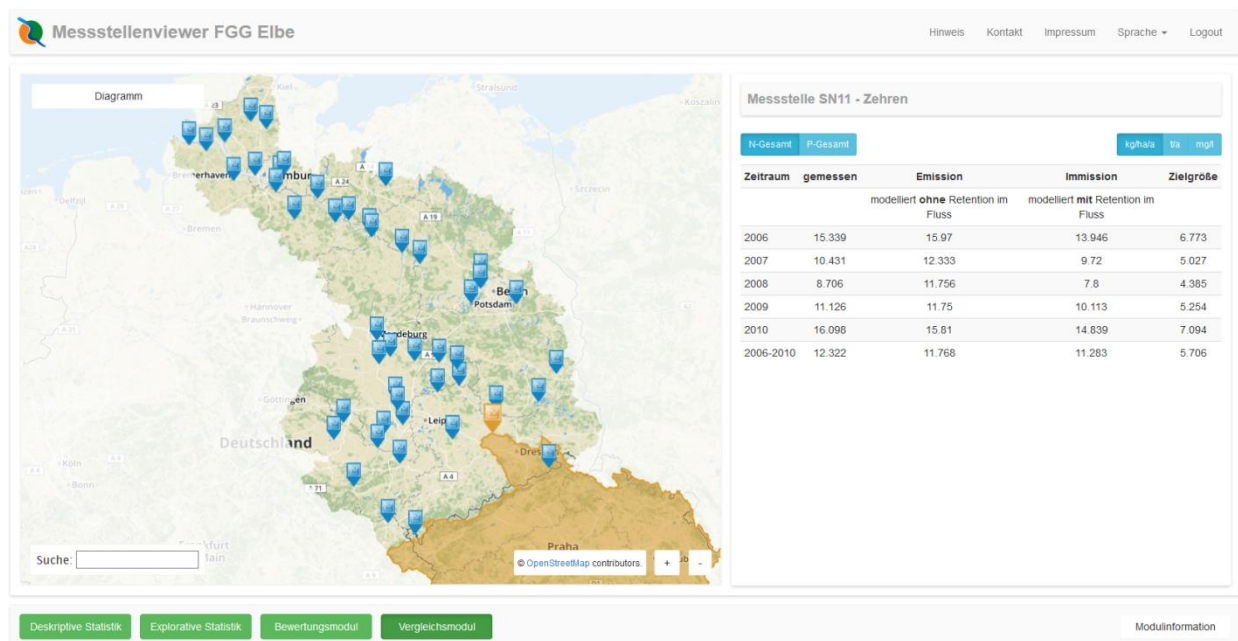
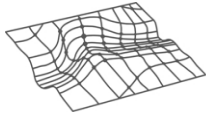


Abbildung 16: Vergleichsmodul

⁷ Becker A., Venohr M. (2015): Anwendung des Nährstoffbilanzierungsmodells MONERIS. Abschlussbericht, Hrsg. Flussgebietsgemeinschaft Elbe (FGG Elbe), Geschäftsstelle Magdeburg



Für die methodische und thematische Realisierung des Vergleichsmoduls wurden folgende Arbeitsschritte vorgenommen:

- Gis-technischer Aufbau einer Einzugsgebietsfläche für jede Messstation auf Basis der vom AG übergebenen „Drain basins“. Dabei wurden die Einzugsgebietsgeometrien der Drain basins entsprechend ihrer Gewässerkennzahl in eine Gesamtgeometrie je Messstation aufgelöst. Da die Topologie der Drain basins zueinander inkonsistent war (z.B. sich überlappende Shape-Grenzen, Lücken zwischen aneinander angrenzenden Shapes), musste diese bereinigt werden.
- Verschneidung der resultierenden Einzugsgebietsfläche je Messstation mit den „Analytical Units“ der MONERIS-Geometrien.
- Die Aufteilung der Frachten aus der Modellierung von MONERIS erfolgte dann flächengewichtet auf die zuvor erzeugten Schnittflächen auf Basis der kg/ha-Angabe. Anschließend wurden die Frachten aus den Schnittflächen auf die im ersten Schritt erzeugte Einzugsgebietsfläche je Messstation aufsummiert.

Im Ergebnis dieser Prozedur ist davon auszugehen, dass sich ergebende Unschärfen durch Überlagerung bzw. Zusammenführung der unterschiedlichen Einzugsgebietsgeometrien auf der Ebene der kg/ha- bzw. mg/l-Betrachtung sehr gering sind. Beim Vergleich von Einzugsgebietssummen können aber durchaus Abweichungen auftreten, wenn sich die in MONERIS berücksichtigten Einzugsgebietsflächen von denjenigen der zusammengeführten Drain basins unterscheiden. Dies ist bei der Interpretation der Ergebnisse und insbesondere beim direkten Vergleich der hier generierten Frachten mit MONERIS-Ergebnissen aus Becker & Venohr⁸ (2015) zu berücksichtigen.

Die in der Tabelle im rechten Bildteil enthaltenen Werte können im linken Bildteil durch Aktivierung des Diagramms „Übersicht“ über das Dialogfenster graphisch in Form eines Säulendiagramms visualisiert werden (Abbildung 17). Über die Switchfunktion kann alternativ zum Diagramm „Eintragspfade“ gewechselt werden (Abbildung 18). Hier werden die Emissionswerte aus der Tabelle im rechten Bildteil nach den von MONERIS ausgegebenen Eintragspfaden aufgeschlüsselt.

⁸ Becker A., Venohr M. (2015): Anwendung des Nährstoffbilanzierungsmodells MONERIS. Abschlussbericht, Hrsg. Flussgebietsgemeinschaft Elbe (FGG Elbe), Geschäftsstelle Magdeburg

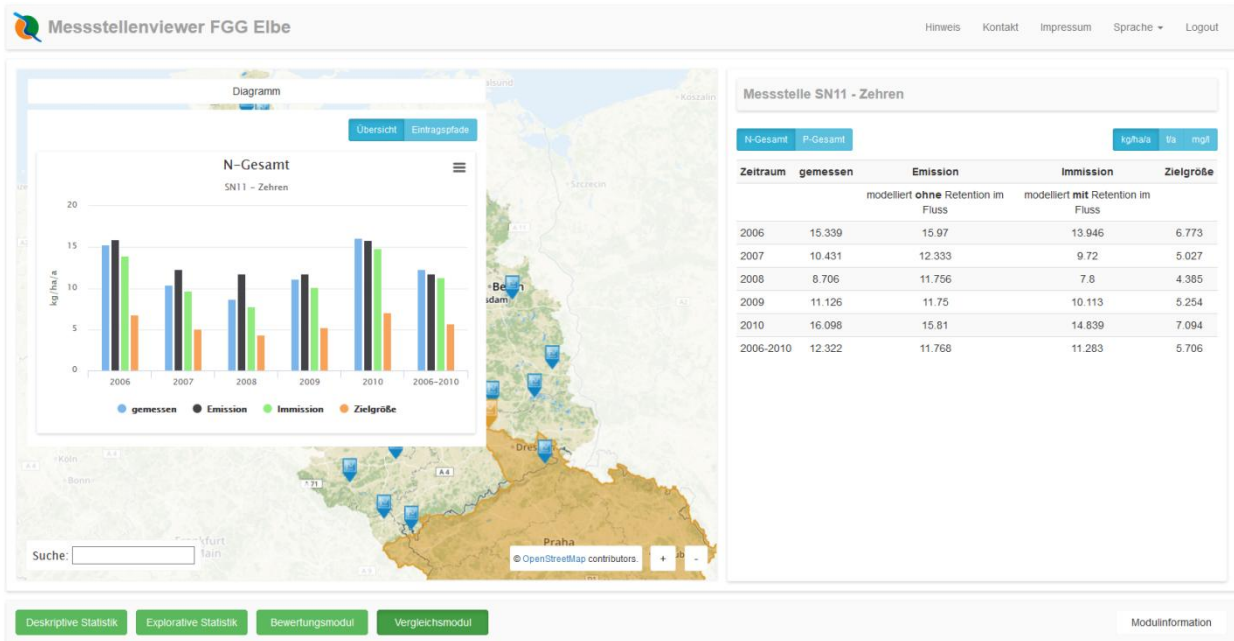
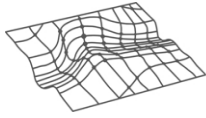


Abbildung 17: Vergleichsmodul – Diagrammfenster „Übersicht“

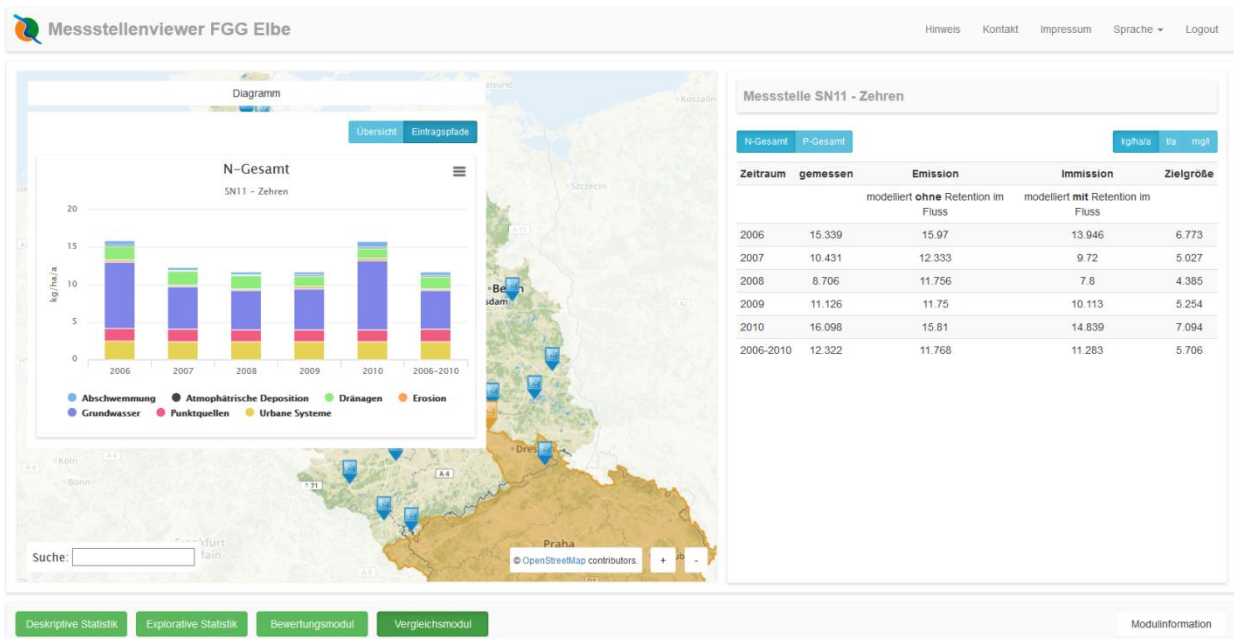
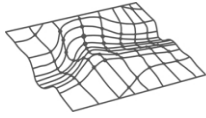


Abbildung 18: Vergleichsmodul – Diagrammfenster „Eintragspfade“

Ein Download der Diagramme ist über das „Chart context menu“ (über Diagramminhalt rechts) in verschiedenen auswählbaren Formaten möglich.



7 Weiterführende Auswertungen aus den Modulen

7.1 Vergleichende Betrachtung von Mess- und Modellergebnissen im Flusslängsprofil der Elbe

Im Folgenden werden die im Vergleichsmodul enthaltenen Übersichts- und Pfaddarstellungen für das Flusslängsprofil von Schmilka bis Seemannshöft in einer Karte für N bzw. P für die gemittelte Periode 2006 bis 2010 zusammengeführt und verglichen.

Die modellierten N-Einträge in die Oberflächengewässer (Emission) für Schmilka entsprechen ungefähr den gemessenen Werten (Abbildung 19). Im weiteren Längsprofil flussabwärts liegen die Einträge (Emission) dann zunehmend über den Messwerten an den Einzugsgebietsauslässen. Die modellierte Immission berücksichtigt dann auch die Retention von Stickstoff während der Passage im Oberflächengewässer bis hin zur Messstelle und nähert sich den Messwerten wiederum an. Die eingesetzte Zielgröße von 2,8 mg/l wird grundsätzlich weit überschritten.

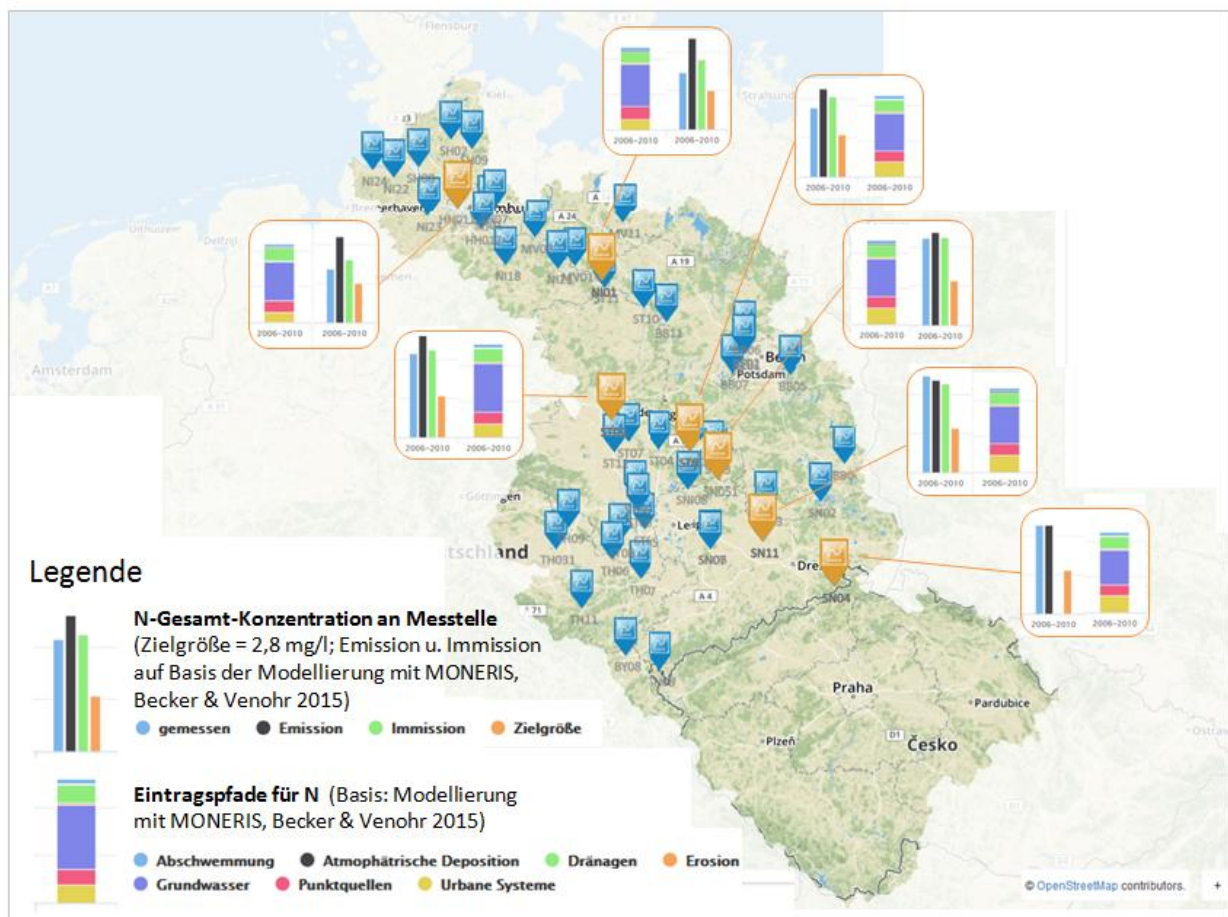
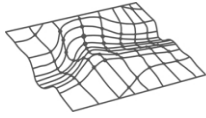


Abbildung 19: N-Gesamt-Konzentrationen und N-Eintragspfade im Flusslängsprofil der Elbe ab Schmilka



Die Aufteilung der Frachten auf die Pfade unterliegt im Flusslängsprofil keinen wesentlichen Schwankungen. Die Frachtanteile aus zentralen und dezentralen Einleitungen sowie sonstigen Quellen im Siedlungsbereich liegen bei ungefähr ca. 30% an der Gesamtfracht. Der Anteil von zentralen Einleitern (kommunale Kläranlagen, Industrieeinleiter) liegt etwas höher als derjenige von dezentralen Einleitern (urbane Systeme). Die restlichen ca. 70% der Frachten entstammen diffusen Quellen.

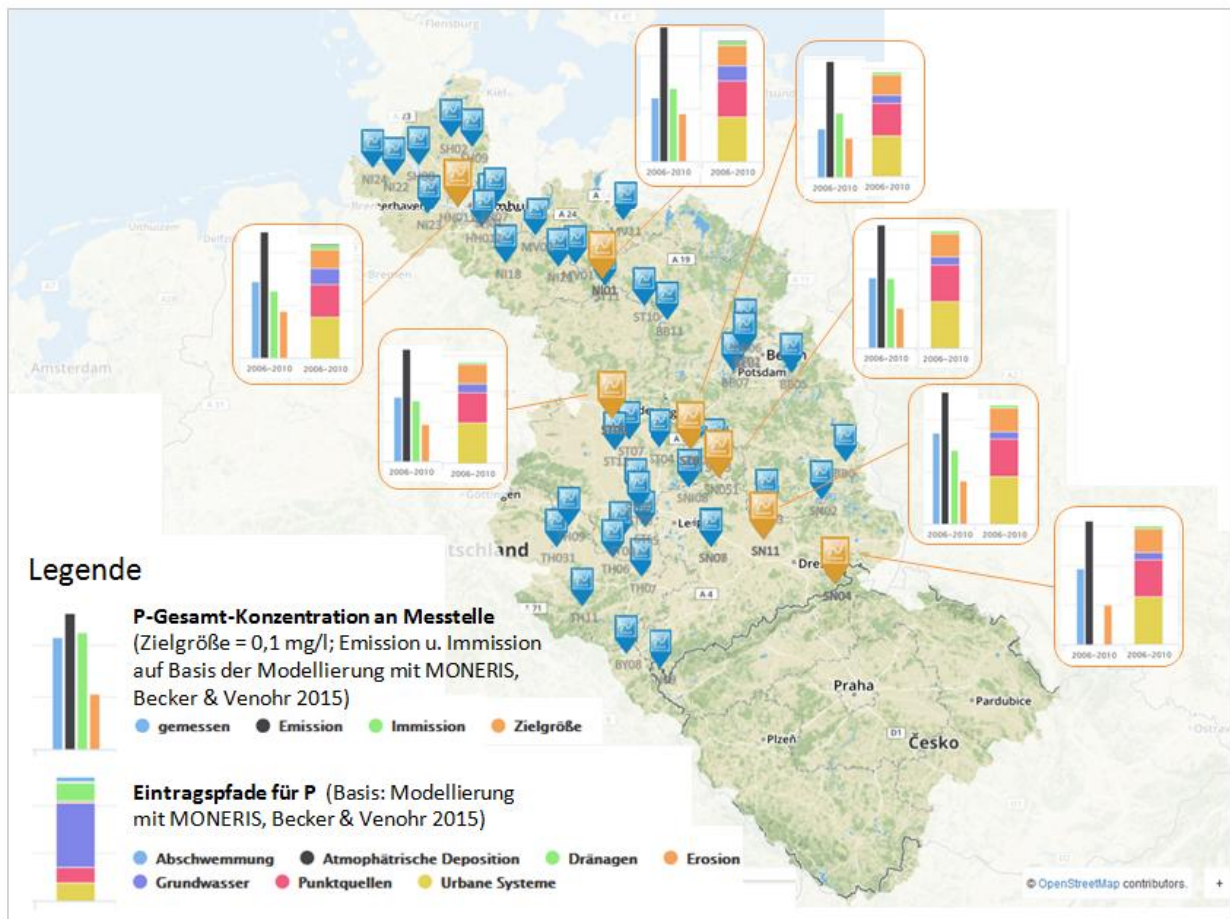
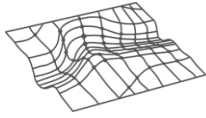


Abbildung 20: P-Gesamt-Konzentrationen und P-Eintragspfade im Flusslängsprofil der Elbe ab Schmilka

Auch die modellierten P-Einträge in die Oberflächengewässer liegen an allen Messtellen deutlich über den Messwerten an den Einzugsgebietsauslässen (Abbildung 20). Die modellierte Immission berücksichtigt dann zusätzlich die Retention von Phosphor während der Passage im Oberflächengewässer bis hin zur Messtelle. Nach Einberechnung dieser Retention pegeln sich die Werte ungefähr auf der Höhe der Messwerte ein. Die eingesetzte Zielgröße von 0,1 mg/l wird grundsätzlich weit überschritten.

Die Frachtanteile aus zentralen und dezentralen Einleitungen sowie sonstigen Quellen im Siedlungsbereich liegen bei ungefähr 70% an der Gesamtfracht. Der Anteil von zentralen



Einleitern (kommunale Kläranlagen, Industrieeinleiter) liegt etwas niedriger als derjenige von dezentralen Einleitern (urbane Systeme). Die restlichen 30% der Frachten entstammen diffusen Quellen.

7.2 Auswertung der eintragungspfadbezogenen Ergebnisse nach MONERIS

Die Tabellen 12 und 13 zeigen zunächst die ermittelten Einträge von MONERIS für N bzw. P, bezogen auf das jeweilige Einzugsgebiet der Messstelle, geordnet nach Größe des jeweiligen Einzugsgebietes. Auf mögliche Abweichungen der Ergebnisse in t/a mit den Originalmodellrechnungen wurde in Kap. 6.5 bereits hingewiesen. Aufbauend auf diesen Tabelleninhalten wird die prozentuale Pfadaufteilung anhand der Abbildung 21 für den Stickstoffeintrag bzw. Abbildung 22 für den Phosphoreintrag visualisiert. Die Anordnung der Messstellen erfolgt dabei der Größe des Einzugsgebietes nach absteigend von links nach rechts.

Die großen Einzugsgebiete von Schmilka bis Seemannshöft zeigen dabei eine relativ ähnliche prozentuale Pfadaufteilung für N. Die Einzugsgebiete hinter den Messstellen Toppel, Potsdam und Spandau unterscheiden sich deutlich von allen anderen Einzugsgebieten aufgrund der hohen Punktquellenanteile. Weitere Auffälligkeiten bilden die hohen atmosphärischen Depositionen auf die Gewässerfläche in Hennigsdorf, Dömitz, Parchim und Neuzittau, wohl bedingt durch die dort relevanten hohen Gewässerflächenanteile. Auffällig ist weiterhin die Zunahme der Bedeutung des Dränpfades mit Abnahme der Einzugsgebietsgröße.

Für den Phosphoreintrag ergeben sich ungefähr vergleichbare Auffälligkeiten. Die großen Einzugsgebiete verhalten sich recht ähnlich. Die drei Gebiete Toppel, Potsdam und Spandau weichen nicht ganz so drastisch ab. Bei Neuzittau fehlt die hohe atmosphärische Deposition für P im Vergleich zu N. Hinsichtlich der Dräneeinträge zeigt sich auch bei P eine Zunahme der Bedeutung dieses Pfades mit abnehmender Einzugsgebietsgröße.

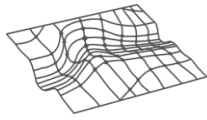


Tabelle 12: Pfadbezogene Aufschlüsselung der N-Einträge von MONERIS (2006-2010) je Messstelle [t/a]

Messtelle	Abschwem- mung	Depo- sition	Dräna- gen	Erosion	Grund- wasser	Punkt- quellen	Urbane Systeme	Summe
Seemannshöft	6559,9	2828,4	24357,6	2217,0	74522,2	23063,6	19253,6	152802,3
Zollenspieker	6465,5	2769,0	23192,5	2207,0	73990,8	22681,5	19067,0	150373,3
Schnackenburg	6118,3	2216,7	19368,1	2161,8	72708,1	22332,3	18906,8	143812,1
Magdeburg	4858,0	1278,5	17739,0	2103,6	63386,8	15348,0	18208,2	122922,1
Wittenberg	3267,1	924,9	10353,8	1199,3	31952,2	9481,0	13138,1	70316,2
Domnitzsch	2989,9	808,3	9474,6	1175,7	28920,7	9028,1	12933,0	65330,3
Zehren	2917,3	783,1	8966,0	1151,5	27930,8	8973,2	12792,5	63514,4
Schmilka	2715,2	746,2	8543,8	1080,9	24684,4	7753,9	12404,3	57928,7
Groß Rosenberg	876,0	222,2	4933,1	638,6	20858,5	4140,6	3628,5	35297,5
Toppel	638,2	844,8	1126,6	38,2	4945,6	6651,8	601,4	14846,7
Trotha	728,7	182,3	4407,6	502,8	16408,4	3189,0	3215,1	28633,9
Potsdam	340,3	583,0	788,6	29,5	2810,7	5945,0	502,1	10999,1
Bad Dürrenberg	480,4	109,1	1668,0	370,3	11507,3	1364,5	2039,8	17539,2
Spandau	236,7	307,8	680,9	26,9	2274,2	2427,5	359,2	6313,3
Dessau	661,1	93,4	2209,5	261,8	10091,2	1524,1	1444,3	16285,4
Freyburg	234,1	50,6	805,8	184,5	5932,5	387,9	1103,0	8698,3
Bad Düben	604,2	73,9	1867,1	257,8	9594,5	1402,0	1369,0	15168,5
Gorsdorf	215,2	100,4	786,2	21,0	2451,6	423,2	193,4	4190,9
Ammendorf	238,3	68,3	2643,4	120,8	4503,2	1293,1	1121,9	9989,0
Oldisleben	157,9	25,4	479,8	129,5	4187,3	273,4	857,2	6110,5
Camburg-Stöben	205,6	51,4	627,9	128,1	4300,4	758,5	680,5	6752,5
Neugattersleben	106,4	21,5	167,7	69,9	2906,4	547,1	197,5	4016,5
Hennigsdorf	100,5	234,9	105,5	2,4	503,3	40,4	25,9	1013,0
ErlIn	309,0	35,0	687,8	143,4	5164,9	410,5	543,4	7294,0
Dömitz	52,8	395,2	567,4	5,4	164,7	89,7	28,5	1303,5
Rudolstadt	174,2	45,0	526,1	92,2	3247,9	639,5	400,3	5125,1
Wundersleben	114,4	20,4	253,6	75,6	2695,2	213,7	533,0	3906,0
Sermuth	238,1	27,9	828,4	104,0	3779,2	959,1	726,3	6662,9
Cottbus	78,4	81,3	570,9	18,8	1317,9	530,4	159,5	2757,1
Bandekow	48,3	47,2	545,7	4,5	149,0	23,7	11,8	830,1
Gera unterhalb	134,6	31,7	880,8	68,1	2609,8	293,7	499,5	4518,2
Wanzer	32,8	4,7	555,2	3,1	169,2	37,4	49,1	851,5
Seerau	49,4	10,1	720,9	6,2	188,4	27,8	9,2	1011,9
Kietz	48,4	65,6	111,6	0,6	274,6	16,9	9,1	526,7
Parchim	30,4	283,8	297,9	3,3	103,2	51,5	14,1	784,3
Oberndorf	77,0	11,6	1784,5	3,4	137,4	25,9	15,7	2055,5
Bienenbüttel	54,4	4,5	358,5	9,4	175,1	66,8	15,4	684,0
Heiligenstedten	59,2	8,5	2340,3	5,1	33,6	124,1	31,3	2602,1
Neuzittau	24,3	37,9	8,1	1,4	80,6	12,8	9,6	174,7
Gröditz	26,2	13,5	184,5	7,8	458,9	89,8	62,1	843,0
Senftenberger See	32,1	24,8	232,9	7,0	530,4	20,3	73,3	920,8
Joditz	56,1	6,5	163,8	38,6	971,9	476,9	34,7	1748,5
Willenscharen	18,3	3,4	928,0	1,5	2,0	56,7	13,3	1023,1
Reinbek	12,7	3,7	384,2	2,1	7,5	20,1	10,2	440,4
Sachsenwaldau	8,3	2,4	250,2	1,3	4,8	13,1	6,7	286,8
Daudieck	6,2	0,8	166,6	0,9	10,0	1,9	3,6	190,0
Baß	4,5	0,2	119,9	0,3	5,8	3,4	1,6	135,7
Bad Elster	4,7	0,3	2,7	0,6	28,0	2,5	17,0	55,8

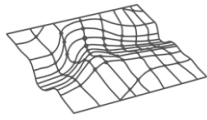


Tabelle 13: Pfadbezogene Aufschlüsselung der P-Einträge von MONERIS (2006-2010) je Messstelle [t/a]

Messstelle	Abschwem- mung	Depo- sition	Dränagen	Erosion	Grund- wasser	Punkt- quellen	Urbane Systeme	Summe
Seemannshöft	41,2	85,5	247,7	1080,6	896,9	1919,3	2375,9	6647,2
Zollenspieker	40,1	84,1	230,3	1075,0	879,1	1902,9	2340,1	6551,7
Schnackenburg	35,9	67,9	172,1	1049,6	769,2	1860,8	2302,6	6258,1
Magdeburg	28,5	39,2	138,0	1020,6	443,7	1593,3	2145,8	5409,2
Wittenberg	18,9	28,6	97,9	687,6	274,5	1099,9	1399,5	3606,7
Dommitzsch	17,7	25,2	88,1	674,0	223,7	1065,2	1361,5	3455,3
Zehren	17,4	24,4	84,7	659,8	214,6	1056,4	1340,2	3397,5
Schmilka	16,3	23,4	81,8	628,7	194,2	977,5	1282,9	3204,8
Groß Rosenberg	5,7	6,6	27,6	236,7	90,2	318,9	534,8	1220,6
Toppel	4,2	26,0	27,2	21,0	246,7	238,7	139,0	702,7
Trotha	4,7	5,4	24,5	184,9	73,4	261,8	468,9	1023,6
Potsdam	2,7	18,1	12,9	15,2	112,3	196,1	109,6	466,8
Bad Dürrenberg	3,5	3,3	10,3	128,3	49,2	148,4	295,9	639,0
Spandau	1,8	9,5	9,6	14,1	71,7	90,6	76,2	273,5
Dessau	3,7	2,7	10,4	94,8	63,4	163,8	208,3	547,1
Freyburg	1,4	1,6	5,3	66,5	24,1	66,9	160,1	325,8
Bad Dübén	3,4	2,1	8,2	93,2	54,7	151,9	195,0	508,6
Gorsdorf	0,9	3,0	9,0	12,7	40,9	31,4	35,5	133,3
Ammendorf	1,1	2,0	13,8	51,8	22,7	87,0	163,7	342,0
Oldisleben	0,8	0,8	2,7	46,6	15,2	46,0	124,2	236,2
Camburg-Stöben	2,0	1,5	3,9	41,0	21,0	40,2	98,0	207,5
Neugattersleben	0,8	0,7	1,4	28,5	10,5	32,3	31,4	105,5
Hennigsdorf	0,5	7,3	3,3	1,0	37,5	6,3	7,8	63,7
ErlIn	1,8	1,0	2,9	53,0	26,2	60,4	76,7	222,0
Dömitz	0,2	12,0	10,6	2,4	17,8	9,2	7,5	59,6
Rudolstadt	1,8	1,3	3,4	29,3	17,1	23,9	57,3	134,1
Wundersleben	0,6	0,6	1,3	26,8	10,9	28,9	77,8	147,0
Sermuth	1,4	0,8	3,5	35,4	24,0	86,3	103,6	255,0
Cottbus	0,4	2,4	4,9	9,5	10,2	22,3	24,8	74,5
Bandekow	0,3	1,3	8,7	2,5	16,8	4,5	4,0	38,1
Gera unterhalb	0,7	0,9	4,1	25,4	10,7	34,1	70,7	146,6
Wanzer	0,1	0,1	5,1	1,4	9,5	4,2	8,7	29,3
Seerau	0,6	0,3	10,2	3,8	13,8	5,1	2,8	36,6
Kietz	0,2	2,0	6,0	0,5	20,8	2,6	2,9	35,0
Parchim	0,1	8,8	5,0	1,4	11,8	4,3	3,5	34,9
Oberndorf	1,4	0,2	70,5	1,8	13,2	10,6	3,6	101,4
Bienenbüttel	1,2	0,1	7,3	6,1	17,5	6,0	3,5	41,7
Heiligenstedten	1,1	0,2	47,2	3,3	3,3	11,8	6,5	73,3
Neuzittau	0,1	1,2	0,4	0,8	11,1	4,9	3,0	21,4
Gröditz	0,1	0,4	1,5	4,8	4,2	6,3	10,0	27,4
Senftenberger See	0,2	0,7	2,4	4,4	5,0	6,6	11,4	30,7
Joditz	0,9	0,2	1,6	12,7	7,3	5,6	5,0	33,3
Willenscharen	0,4	0,1	17,8	0,9	0,4	3,9	2,8	26,2
Reinbek	0,2	0,1	5,5	1,2	0,8	1,9	2,1	11,8
Sachsenwaldau	0,2	0,1	3,6	0,8	0,5	1,2	1,4	7,7
Daudieck	0,1	0,0	2,0	0,5	0,6	0,3	0,7	4,4
Baß	0,1	0,0	2,8	0,2	0,5	0,3	0,3	4,3
Bad Elster	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3	0,1	1,8	2,5

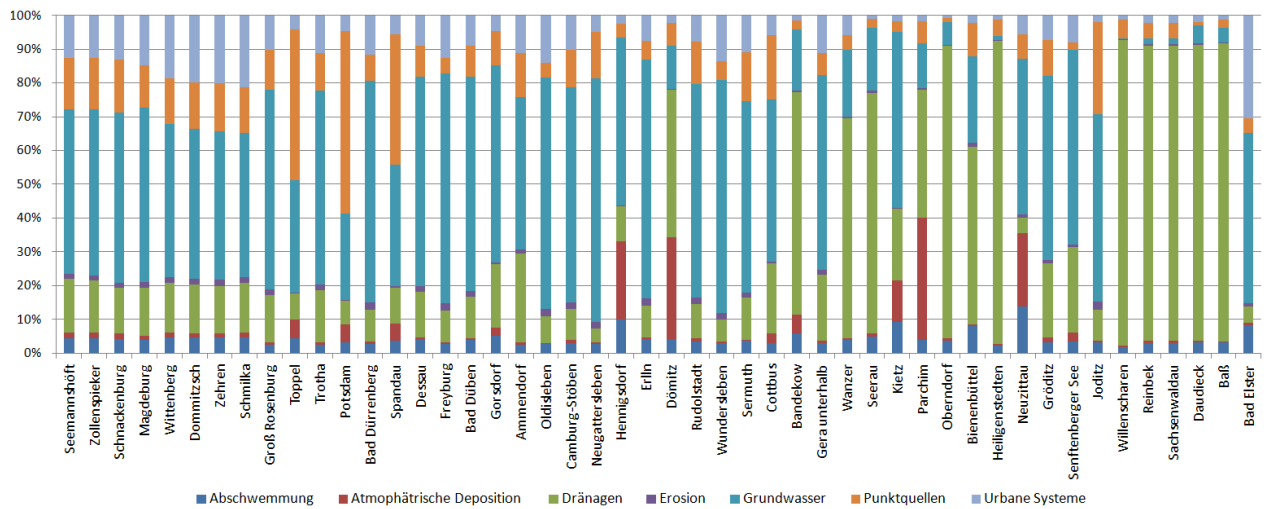
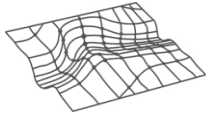


Abbildung 21: Pfadbezogene Aufschlüsselung der Ergebnisse von MONERIS (2006 bis 2010) für N

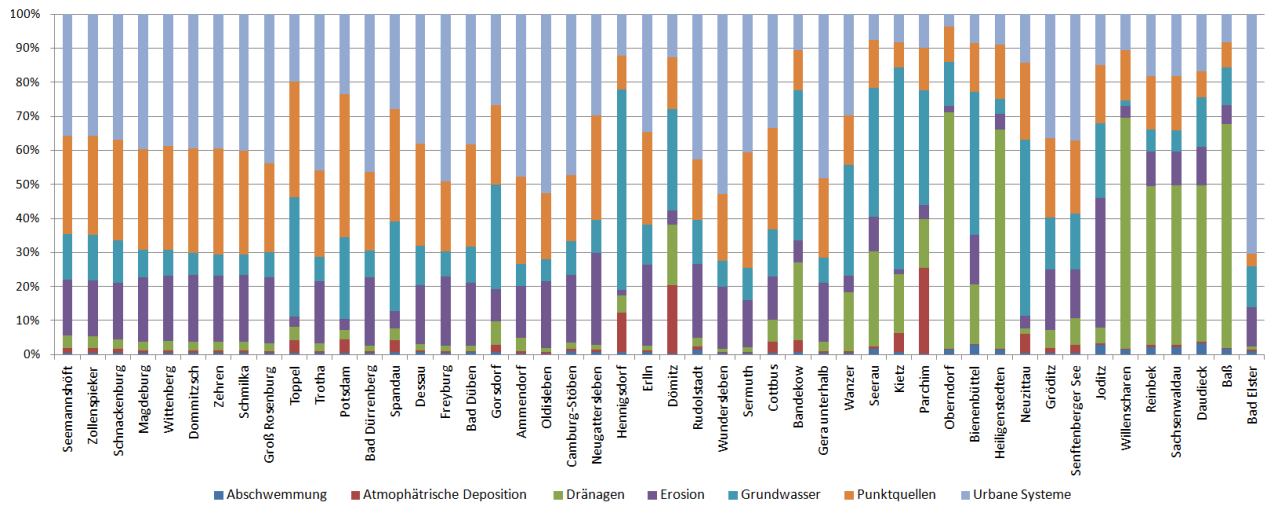
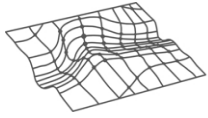


Abbildung 22: Pfadbezogene Aufschlüsselung der Ergebnisse von MONERIS (2006 bis 2010) für P



7.3 Korrelative Betrachtung der Einflüsse von Acker- und Siedlungsanteilen auf die gemessenen Stoffkonzentrationen je Einzugsgebiet

Im Folgenden werden die an den Messstationen erfassten mittleren Konzentrationen für die Parameter Nitrat-N, Nitrit-N, Ammonium-N, Gesamt-Stickstoff, Orthophosphat-P, Gesamtposphor und Sauerstoff [mg/l] mit den Flächenanteilen der Ackernutzung bzw. Siedlungsnutzung an der Gesamtfläche der zugehörigen Einzugsgebiete in Beziehung gesetzt. Dabei erfolgt eine getrennte Auswertung für Einzugsgebiete kleiner 2.500 km², 2.500 bis 25.000 km² und größer 25.000 km². Abbildung 23 zeigt exemplarisch die Korrelationen, die sich für den Parameter Nitrat-N [mg/l] und den Anteil der Ackernutzung an der Gesamtfläche [%] ergeben. Eine höhere positive Korrelation zeigt sich hier insbesondere in den Einzugsgebieten von 2.500 bis 25.000 km². Höhere Ackeranteile gehen also mit höheren Konzentrationswerten einher. In den kleineren Einzugsgebieten ist ebenfalls ein positiver Zusammenhang erkennbar, der aber deutlich abgeschwächer ausfällt. In den großen Einzugsgebieten ergibt sich eine negative Korrelation, wobei es sich hierbei ausschließlich um die Elbemesstellen bzw. die dahinterliegenden Einzugsgebiete handelt. Diese unterscheiden sich hinsichtlich der mittleren Konzentrationswerte und Ackeranteile nur unwesentlich und liegen im Flusslängsprofil hintereinander, stehen also in direkter Abhängigkeit.

Die Korrelationen für den Parameter Gesamt-Phosphor [mg/l] und den Anteil der Siedlungsfläche an der Gesamtfläche [%] zeigt Abbildung 24. Auch hier ergibt sich eine etwas höhere positive Abhängigkeit in den mittelgroßen Einzugsgebieten, gefolgt von einer geringen positiven Korrelation in den kleineren Einzugsgebieten. Höhere Siedlungsanteile gehen also mit höheren Konzentrationswerten einher. In den großen Einzugsgebieten ergibt sich auch hier eine leicht negative Korrelation, wobei die oben bereits genannten Einschränkungen auch hier gelten.

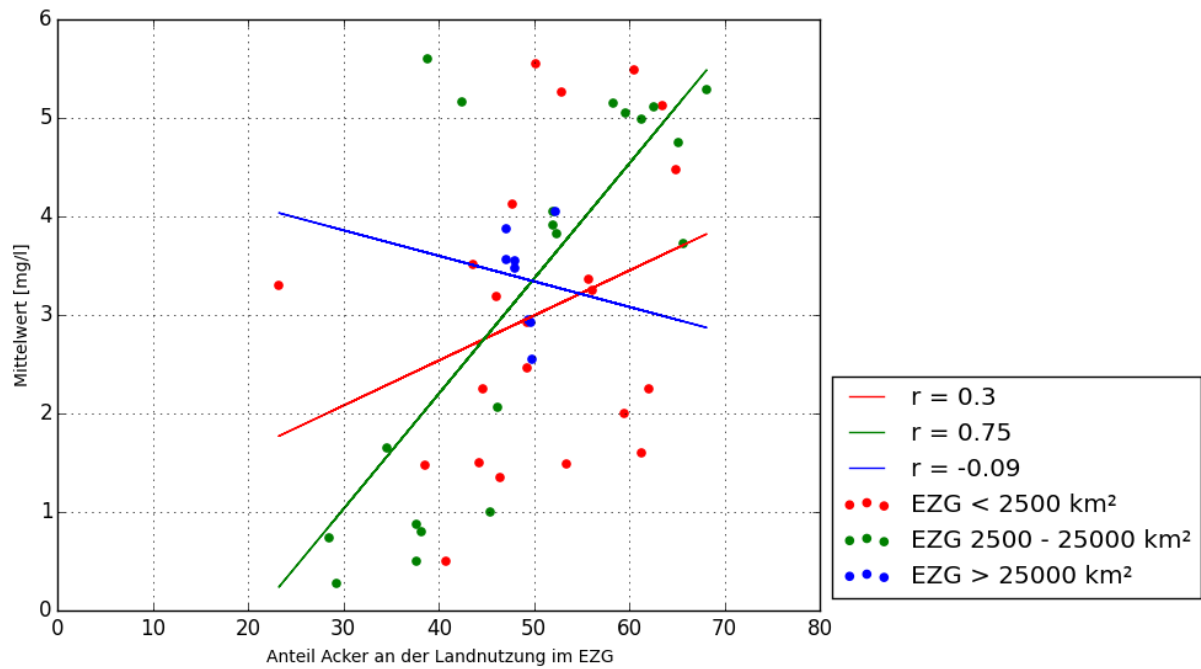
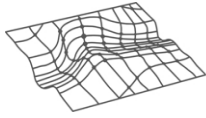


Abbildung 23: Korrelation von mittlerer Nitrat-N-Konzentration am Einzugsgebietsauslass [mg/l] und %-Anteil der Ackernutzung an der Gesamtfläche des jeweiligen Einzugsgebietes

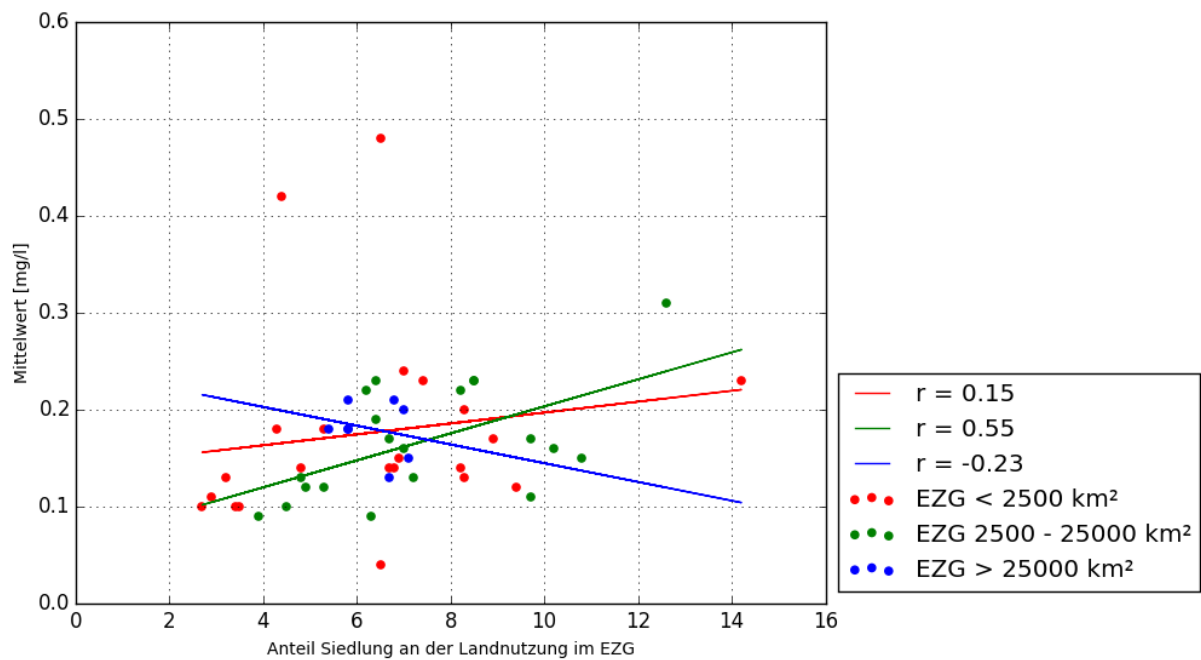
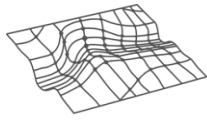


Abbildung 24: Korrelation von mittlerer Gesamt-Phosphor-Konzentration am Einzugsgebietsauslass [mg/l] und %-Anteil der Siedlungsnutzung an der Gesamtfläche des jeweiligen Einzugsgebietes

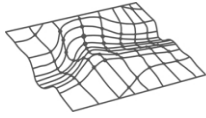


Einen abschließenden Überblick über die ermittelten Korrelationswerte je Parameterkonzentration am Einzugsgebietsauslass und dem Acker- bzw. Siedlungsanteil an der Gesamtfläche des Einzugsgebietes zeigt Tabelle 14.

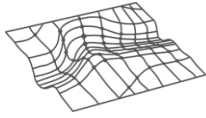
Tabelle 14: Korrelationswerte je Parameterkonzentration am Einzugsgebietsauslass [mg/l] und Acker- bzw. Siedlungsanteil an der Gesamtfläche des Einzugsgebietes

	Einzugsbiere <2.500 km ²	Einzugsbiere 2.500-25.000 km ²	Einzugsbiere >25.000 km ²
	Korrelation von mittlerer Konzentration zu %-Anteil Ackerfläche an Gesamtfläche		
Ammonium-N	0,58	0,32	0,16
Nitrit-N	0,07	0,44	0,21
Nitrat-N	0,3	0,75	-0,09
Gesamt-Stickstoff	0,2	0,78	-0,32
Orthophosphat-P	-0,3	0,12	-0,56
Gesamt-Phosphor	-0,29	0,53	0,07
Sauerstoff	0,04	-0,03	-0,01
	Korrelation von mittlerer Konzentration zu %-Anteil Siedlungsfläche an Gesamtfläche		
Ammonium-N	0,02	0,11	0,08
Nitrit-N	0,52	0,02	-0,04
Nitrat-N	0,57	0,14	-0,5
Gesamt-Stickstoff	0,64	0,23	-0,71
Orthophosphat-P	0,31	0,16	-0,4
Gesamt-Phosphor	0,15	0,55	-0,23
Sauerstoff	0,24	-0,08	-0,13

Insgesamt zeigt sich im Ergebnis der Auswertungen, dass Zusammenhänge zwischen den mittleren Konzentrationen und den Landnutzungsanteilen, bezogen auf die hier vorliegenden Messstellen und deren Datensätze, nur in geringem Maße abgeleitet werden können. Dies dürfte zum Einen der Datenbasis geschuldet sein. Es handelt sich um Auslässe von Einzugsgebieten, die aufgrund ihrer Größe eher überregionale Phänomene widerspiegeln. Rückschlüsse auf nutzungsbezogene Eintragspfade sind somit problematisch, da an den Messstellen eine entsprechende Überlagerung der unterschiedlichen Quellen und Pfade zu beobachten ist. Zudem kann in den vorgenommenen Auswertungen nicht berücksichtigt werden, wie weit mögliche Acker- bzw. Siedlungshotspots von der Messstelle entfernt liegen. Ein weiteres Problem besteht darin, dass viele Messstellen im Flusslängsprofil angeordnet sind. Dies gilt insbesondere für die Stationen in der Elbe, die maßgeblich voneinander abhängig sind. Eine Anwendung der hier



exemplarisch vorgenommenen Korrelationsanalysen empfiehlt sich deshalb zukünftig vor allem in kleineren Einzugsgebieten. Hier dürfte der Ursache-Wirkungszusammenhang wesentlich deutlicher werden, da die räumliche und zeitliche Überlagerung des Stoffeintragungsgeschehens entsprechend geringer ausfällt.



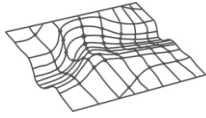
8 Zusammenfassung und Ausblick

Einträge der Nährstoffe Stickstoff und Phosphor belasten trotz erheblicher Anstrengungen in der Vergangenheit weiterhin das Grundwasser und die Oberflächengewässer und behindern in zahlreichen Wasserkörpern die Erreichung der Umweltziele der Wasserrahmenrichtlinie im Einzugsgebiet der Elbe. Um die Belastung der Gewässer durch Maßnahmen wirksam zu verringern, werden fundierte Kenntnisse der Quellen und Eintragspfade in ausreichend guter räumlicher und zeitlicher Auflösung benötigt. In der FGG Elbe wurde zur Vorbereitung der Aktualisierung des Bewirtschaftungsplans für den Zeitraum 2016 bis 2021 ein Nährstoffbilanzierungsmodell genutzt und unterschiedliche Szenarien berechnet. Im Ergebnis konnten räumliche Schwerpunkte der Eintragsquellen und -pfade identifiziert und die Wirkung ausgewählter Maßnahmen abgeschätzt werden. Als ergänzende Grundlage zur Entwicklung einer Nährstoffmanagementstrategie wurden im vorliegenden Vorhaben bestehende Zeitreihen der Gewässerüberwachung ausgewertet, um langfristige Trendentwicklungen, räumliche Heterogenitäten und Ursachen-Wirkungsbeziehungen zu erkennen. Durch eine Visualisierung der Daten in einer Mapserverumgebung werden Ergebnisse der deskriptiven und explorativen Statistik visualisiert und für den Nutzer digital online vorgehalten. Zusätzlich erfolgte eine Bewertung der Parameter nach OGeWV⁹ sowie ein Abgleich mit den bestehenden Modellergebnissen der abgeschlossenen Nährstoffbilanzierungsmodellierung (Modell MONERIS, Becker & Venohr 2015¹⁰) und deren pfadbezogener Auswertung.

Der vom Auftraggeber bereitgestellte Gesamtdatensatz umfasst 50 Messstationen mit den Parametern Ammonium-N, Nitrit-N, Nitrat-N, Gesamt-Stickstoff, Orthophosphat-P, Gesamt-Phosphor, Sauerstoffgehalt, pH, Abfluss und Wassertemperatur. Darüber hinaus wurden ergänzende Informationen zu den Messstellen, Einzugsgebieten sowie zur Modellierung zur Verfügung gestellt. Die übergebenen Daten wurden über gesonderte automatisierte Routinen in die Datenhaltung importiert und unter Nutzung des Programmpakets R ausgewertet. Die Ergebnisdokumentation erfolgt automatisiert in Form von messstellenbezogenen Stationslisten, die über die Webanwendung bereit gestellt werden. Die dabei abgeleiteten Kennwerte umfassen Mittelwert, Median, Min, Max, SD, Varianz, Spannweite, Quartil, Schiefe und Kurtosis für jeden Parameter. Im Rahmen der deskriptiven Statistik wurden Korrelationsrechnungen, Mann-Kendall Tests, Bruchpunktanalysen und diverse Prüfroutinen (Vorhandensein, Vollständigkeit, Grenzwertfehler, Ausreißertests, Konsistenzfehler) durchgeführt. Darüber hinaus wurden Konsistenzen zu Oberlieger-, Unterlieger- und Nachbarstationen abgefragt und Frachtberechnungen (unnormiert, normiert) vorgenommen. Abschließend erfolgten Abgleiche mit den Orientierungswerten der OGeWV (2016).

⁹ Oberflächengewässerverordnung, Stand 2016

¹⁰ Becker A., Venohr M. (2015): Anwendung des Nährstoffbilanzierungsmodells MONERIS. Abschlussbericht, Hrsg. Flussgebietsgemeinschaft Elbe (FGG Elbe), Geschäftsstelle Magdeburg



Datenauffälligkeiten werden im Rahmen des vorliegenden Berichtes dokumentiert. Weiterhin erfolgte eine zusammenfassende Trendauswertung ergänzend zu den Trendberechnungen in den Stationslisten bzw. in der Webanwendung. Zunächst wurde dabei die gesamte vorliegende Zeitreihe einbezogen. Hinsichtlich der Nährstoffparameter überwiegen hier absteigende Trends, wobei beachtet werden muss, dass in der weiter zurückliegenden Vergangenheit von einem deutlich höheren Belastungspotenzial im Vergleich zur Gegenwart auszugehen ist. Beim Abfluss sind überwiegend aufsteigende Trends zu beobachten, bedingt durch das stark prägende Jahr 2013 mit besonders hohen Abflüssen. Weiterhin wurden Trendauswertungen für den Messzeitraum 2011 bis 2015, 2010 bis 2014 sowie 2009 bis 2013 vorgenommen. Die Anzahl signifikanter Trends geht bei Betrachtung der kurzen Perioden dabei zurück, was darauf hindeutet, dass das oben genannte Belastungsgefälle deutlich geringer ausfällt. Trotzdem überwiegen beim Stickstoff absteigende Trends, auffällig ist jedoch beim Phosphor ein tendenzieller Anstieg der Konzentrationen. Beim Abfluss ergibt sich fast durchgehend ein absteigender Trend, der durch die vergleichsweise trockenen Jahre 2014 und 2015 verstärkt wird.

Hinsichtlich der Einhaltung bzw. Überschreitung von Orientierungswerten auf Basis jahresbezogener gemittelter Messwerte zeigt sich für pH-Wert, Ammonium-N, Nitrit-N und Orthophosphat-P seit 2003 eine Abnahme der Messstellen mit Nicht-Einhaltung der OGW¹¹. Für Nitrit-N und Orthophosphat-P deutet sich in 2013 bzw. 2014 allerdings ein schwach gegenläufiger Trend an. Beim Gesamt-Phosphor deutet sich lediglich in den Jahren 2011 bis 2013 eine Abnahme der Messstellen mit Überschreitung an. Danach wird das Niveau vor 2011 wieder erreicht bzw. in 2014 sogar überschritten. Auch beim Sauerstoffgehalt ist keine rückläufige Tendenz zu verzeichnen. Die Umweltqualitätsnorm für Nitrat-N wird bei Einbeziehung der jahresbezogen gemittelten Messwerte hingegen immer eingehalten.

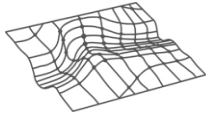
Die Visualisierung von Grundlagendaten und Ergebnissen der oben genannten. statistischen Auswertungen erfolgte in einer interaktiven Web-Anwendung, in der auch die weiterführenden explorativen Datenanalysen, Bewertungen und Vergleichsanalysen interaktiv abgefragt werden können. Die Webanwendung besteht aus vier Modulen, der deskriptiven Statistik, der explorativen Datenanalyse, dem Bewertungsmodul (Abgleich mit Orientierungswerten) und dem Vergleichsmodul (Vergleich von Monitoring- und Modellergebnissen auf Basis des Modells MONERIS¹²).

Die Inhalte der deskriptiven Statistik entsprechen weitgehend den oben bereits besprochenen Stationslisten.

Die explorative Datenanalyse bedient sich zum Einen der Erzeugung sog. Spider-Charts, die das gemessene Parameterspektrum für die gewählte Messstation und einen Messzeitraum visualisieren. Ergänzend wird im Modul eine Abschätzung der diffusen bzw. punktuellen

¹¹ Oberflächengewässerverordnung, Stand 2016

¹² Becker A., Venohr M. (2015): Anwendung des Nährstoffbilanzierungsmodells MONERIS. Abschlussbericht, Hrsg. Flussgebietsgemeinschaft Elbe (FGG Elbe), Geschäftsstelle Magdeburg



Beeinflussung der ausgewählten Messstelle durch Berechnung sog. Scores weiter diskutiert und für die Darstellung im Web-Viewer vorbereitet. Hierbei handelt es sich um Schwellenwerte für N bzw. P, bei deren Überschreitung Hinweise auf Punkt- bzw. Diffusbeeinflussung abgeleitet werden.

Im Bewertungsmodul werden im die Orientierungswerte für pH-Wert, Ammonium-N, Nitrit-N, Gesamt-Phosphor, Orthophosphat-P sowie Sauerstoffgehalt bzw. die Umweltqualitätsnorm (für Nitrat-N) nach OGeW¹³ für alle Messstellen auf ihre Einhaltung hin abgefragt. Zusätzlich können Trendauswertungen für den gewählten Parameter abgeleitet werden.

Im Vergleichsmodul erfolgen stationsbezogene Auswertungen, die gemessene und modellierte Frachten bzw. Konzentrationen je ausgewähltem Einzugsgebiet gegenüberstellen. Zusätzlich wird eine Zielfracht anhand der pauschal festgelegten Zielkonzentration von 2,8 mg N/l bzw. 0,1 mg P/l und dem jeweiligen Abflusswert [m³/s] ausgegeben. Grundlage der einbezogenen modellierten Werte sind die Modellergebnisse mit MONERIS (Becker & Venohr 2015¹⁴), die für die Einzeljahre 2006, 2007, 2008, 2009 und 2010 und die gemittelte Periode 2006 bis 2010 als Gesamtfracht und aufgeschlüsselt nach Eintragspfaden ausgewertet werden. Eine zusätzliche vergleichende Betrachtung von Mess- und Modellergebnissen erfolgt im vorliegenden Bericht für das Flusslängsprofil der Elbe.

Zusammenhänge zwischen den mittleren Konzentrationen und den Landnutzungsanteilen von Acker- bzw. Siedlungsflächen können, bezogen auf die hier vorliegenden Messstellen und deren Datensätze, nur in geringem Maße abgeleitet werden. Dies dürfte zum Einen der Datenbasis geschuldet sein. Es handelt sich um Auslässe von Einzugsgebieten, die aufgrund ihrer Größe eher überregionale Phänomene widerspiegeln. Ein weiteres Problem besteht darin, dass viele Messstellen im Flusslängsprofil angeordnet und somit maßgeblich voneinander abhängig sind. Eine Anwendung der hier exemplarisch vorgenommenen Korrelationsanalysen empfiehlt sich deshalb zukünftig vor allem in kleineren Einzugsgebieten.

Neben den oben beschriebenen inhaltlich-methodischen Ausarbeitungen steht mit Übergabe der Projektergebnisse eine serverseitige Technologie und Datenbankumgebung zur Verfügung, die sowohl hinsichtlich der Aufnahme weiterer Messstellen, zusätzlicher Messgrößen als auch weiterer Parameter (z.B. Ergebnisse aus Modellen, weiterführende Modellauswertungen, weitere Ursache-Wirkungsbeziehungen) in Zukunft problemlos fortgeschrieben werden kann.

Der Zugang zur Webanwendung erfolgt über die Adresse „www.visdat.de/elbe“. Die komplette Funktionalität des Viewers wird über den eingerichteten Login-Zugang bereitgestellt. Eine Umgebung mit eingeschränkter Funktionalität ist zudem auch öffentlich über die genannte Adresse zugänglich.

¹³ Oberflächengewässerverordnung, Stand 2016

¹⁴ Becker A., Venohr M. (2015): Anwendung des Nährstoffbilanzierungsmodells MONERIS. Abschlussbericht, Hrsg. Flussgebietsgemeinschaft Elbe (FGG Elbe), Geschäftsstelle Magdeburg