

HEFT **45.24**



Hydrologie im Anthropozän

Beiträge zum Tag der Hydrologie am 20./21. März 2024 in Berlin

Christian Reinhardt-Imjela, Achim Schulte, Reinhard Hinkelmann, Tobias Krüger,
Eva Nora Paton, Dörthe Tetzlaff, Franziska Tügel, Klaus Vormoor (Herausgeber)



Hydrologische Wissenschaften

Fachgemeinschaft in der DWA

Christian Reinhardt-Imjela, Achim Schulte, Reinhard Hinkelmann, Tobias Krüger, Eva Nora Paton, Dörthe Tetzlaff, Franziska Tügel, Klaus Vormoor (Herausgeber)

Hydrologie im Anthropozän

Beiträge zum Tag der Hydrologie am 20./21. März 2024 in Berlin

Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung; Heft 45.24

ISBN: 978-3-96862-725-0

DOI: 10.14617/for.hydrol.wasbew.45.24

Fachgemeinschaft Hydrologische Wissenschaften, 2024

Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung

Herausgeber:

Fachgemeinschaft Hydrologische
Wissenschaften in der DWA

Geschäftsstelle

Theodor-Heuss-Allee 17

D – 53773 Hennef

Tel.: 02242/872 – 161

Fax: 02242/872 – 184

info@fghw.de

www.fghw.de

Schriftleitung:

Dr. Christian Reinhardt-Imjela

Umschlaggestaltung:

Dorit Steinberger, Ohlstadt

Umschlagbearbeitung:

Christiane Krieg (DWA)

Univ.-Prof. Dr. Robert Jüpner
Fachgemeinschaft Hydrologische
Wissenschaften in der DWA

Dr.-Ing. habil. Uwe Müller
Hauptausschuss Hydrologie und
Wasserbewirtschaftung der DWA

Dieses Werk ist lizenziert unter einer Creative Commons Namensnennung 4.0
International Lizenz. <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

Die wissenschaftliche Richtigkeit der Texte, Abbildungen und Tabellen unterliegt
nicht der Verantwortung der Herausgeber.



Elektrische Leitfähigkeit in Elbe und Oberrhein: Trend, Einflussfaktoren und Klassifizierung

Gerd Hübner, Daniel Schwandt

Zusammenfassung

Da die elektrische Leitfähigkeit (LF) in Flüssen geogen unterschiedlich ist, kann eine flussgebietsweite einheitliche Klassifizierung von Messwerten nur anhand relativer Klassengrenzen erfolgen. Um eine solche Klassifizierung für die Informationsplattform Undine zu erarbeiten, wurden die LF-Messwerte der Elbe an sechs und am Oberrhein an zwei Messstationen im Zeitraum 2000 bis 2022 statistisch analysiert. Die LF korrelierte in allen Fällen signifikant mit dem Durchfluss. Da sich im Fall der Elbe weder bei der LF noch beim Durchfluss ein signifikanter Trend zeigte, wurde die Klassifikation dort auf Basis aller LF-Werte im Untersuchungszeitraum vorgenommen. Über das messstationsspezifische 10-, 30-, 70- und 90-Perzentil wurden fünf Klassen eingeteilt, nach denen die fortlaufenden Messwerte an der jeweiligen Station eingeordnet werden. Da der Rhein bei Karlsruhe einen signifikant fallenden LF-Trend zeigte, ist für die Klassifizierung im Rheingebiet ein anderer Bezugszeitraum zu suchen.

1. Einleitung

Die Informationsplattform Undine (<https://undine.bafg.de>), die im Auftrag des Bundesumweltministeriums von der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) betrieben wird, gibt für die großen Flüsse in Deutschland einen flussgebietsweiten Überblick über aktuelle Messwerte der Basiskenngrößen Wassertemperatur und Sauerstoffgehalt. Es handelt sich um Ergebnisse automatisierter kontinuierlicher Sondenmessungen an Messstationen, die von den Bundesländern oder im Einzelfall von der BfG betrieben werden. Perspektivisch sollen auch die Kenngrößen pH-Wert und elektrische Leitfähigkeit (LF) in aktueller Überblicksdarstellung auf der Informationsplattform Undine präsentiert werden.

Die LF gibt den reziproken Wert des spezifischen elektrischen Widerstandes an und ist ein Maß für die Gesamtheit aller im Wasser gelösten Anionen und Kationen. Damit stellt die LF eine sehr bedeutende Kenngröße der Wasseruntersuchung dar.

Anders als bei der Wassertemperatur, dem Sauerstoffgehalt und dem pH-Wert ist eine einheitliche Klassifizierung der Messwerte der LF schon aufgrund abweichender geogener Einflüsse im Einzugsgebiet nicht sinnvoll. Welches Messwertniveau sich als hoch- oder niedrig darstellt, hängt von der Lage der Messstelle ab (oberhalb oder unterhalb für die LF maßgeblicher Oberflächen- und Grundwasserzuflüsse sowie anthropogener Einleitungen).

Detaillierte Angaben zur geogenen LF-Hintergrundbelastung an den Messstationen wären sehr hilfreich, liegen jedoch nicht vor. Die für die Fließgewässertypen in Deutschland gemäß EG-Wasserrahmenrichtlinie nach Pottgießer (2018) ausgewiesenen LF-Spannweiten werden dort als „Leitwerte“ für den charakteristischen typspezifischen Wertebereich bezeichnet. Da sie sich auf unterschiedliche Flüsse und oft auf sehr lange Flussabschnitte beziehen, sind die genannten Spannweiten der LF dementsprechend weit gefasst. Zum Beispiel wird für Typ 10, dem die Elbe von der deutsch-tschechischen Grenze etwa bis Riesa zugeordnet ist (Umweltbüro Essen 2016), die Spannweite 350 bis 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ angegeben und für den anschließenden bis zum Tidebereich reichenden Typ 20 die Spannweite 500 bis 900 $\mu\text{S}/\text{cm}$. In der Oberflächengewässerverordnung (vom 20.6.2016, letzte Änderung 9.12.2020) wird die LF nur ein

einziges Mal erwähnt, und auch nur als eine mögliche Kenngröße für die Qualitätskomponente Salzgehalt.

Ziel unserer Untersuchungen ist die exemplarische Entwicklung einer mehrstufigen, nach einheitlichem Schema abgeleiteten Klassifizierung der LF in großen Flüssen Deutschlands, um aktuelle Messwerte plausibel und anschaulich einordnen zu können. In diesem Zusammenhang erfolgen Analysen des LF-Trends an repräsentativen Messstationen und die Untersuchung wesentlicher Einflussfaktoren.

2. Methoden

Aufgrund der Temperaturabhängigkeit der LF werden die Messwerte standardmäßig auf eine Wassertemperatur von 25 °C bezogen. Dies gilt auch für alle in diesem Beitrag verwendeten Messergebnisse. Die Untersuchungen beziehen sich auf Tagesmittelwerte der LF von ausgewählten Messstationen an Elbe und Rhein vom Jahr 2000 bis 2022. Dieser Zeitraum wurde gewählt, da die Einleitungen stark salzhaltiger Abwässer in den 1990er Jahren durch Stilllegung von Werken der Kaliindustrie im Einzugsgebiet der Saale bzw. im Elsass deutlich vermindert wurden und fortan ein geringeres und weniger schwankendes LF-Niveau zu erwarten war. Aufgrund teilweise noch nicht vorliegender bzw. noch zu überarbeitender LF-Datenreihen des Rheingebiets beschränken sich die Auswertungen dort auf die oberrheinischen Messstationen Weil und Karlsruhe. Alle einbezogenen Messstationen und Angaben zu den verwendeten LF-Datensätzen sind in den Tabellen 1 und 2 aufgeführt. Die verwendeten Tagesmittelwerte des Durchflusses (Q) an den Bezugspegeln der Messstationen (Tab. 2) wurden von der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes bzw. vom Bundesamt für Umwelt (Schweiz: Pegel Basel-Rheinhalle) erhoben und von der BfG bereitgestellt.

Tab. 1: Ausgewählte Messstationen an Elbe und Oberrhein sowie Bezugsquelle und Stand der Daten zur elektrischen Leitfähigkeit im Zeitraum 2000 bis 2022.

Fluss	Messstation	Betreiber	Messung	Datenquelle	Datenstand
Elbe	Schmilka				26.10.2023
	Zehren	LfULG	BfUL	Datenportal FGG Elbe	27.10.2023
	Dommitzsch				27.10.2023
	Wittenberg	BfG	BfG	BfG, Referat G4	06.11.2023
	Cumlosen	NLWKN	NLWKN	Datenportal FGG Elbe*	27.10.2023
	Schnackenburg				27.10.2023
Rhein	Weil am Rhein	BAFU / LUBW	AUE	Datenportal Basel-Stadt	30.10.2023
	Karlsruhe	LUBW	LUBW	Datenportal UDO	27.10.2023

* Jahr 2022 für Schnackenburg ergänzt nach Daten des NLWKN, Stand 3.11.2023

Die statistische Auswertung erfolgte grafisch mit der Software gnuplot (Version 5.4.2) sowie rechnerisch mithilfe der Software R (4.3.1; 2023.06.16) / RStudio (2023.09.0) unter Einsatz des Statistik-Pakets „trend“ (Pohlert, 2023). Da die LF-Tagesmittelwerte an einigen Messstationen und die Durchfluss-Tagesmittelwerte an allen Pegeln augenscheinlich keine Normalverteilung zeigten, wurden folgende statistische Verfahren ausgewählt, die auch bzw. insbesondere für nicht normalverteilte Daten geeignet sind: Trendanalyse nach Mann-Kendall und

Sen's slope sowie Korrelationskoeffizient nach Spearman und Kendall's Tau. Der Trendanalyse liegt die Aufteilung der Datensätze in Kalenderjahre zugrunde. Für Jahre, die weniger als 275 LF-Tagesmittelwerte aufweisen (vgl. Tab. 2), wurde kein LF-Median und kein Boxplot berechnet. Da die angewandten statistischen Trendtests vollständige Datenreihen voraussetzen, wurde der Jahresmedian in diesen Fällen aus den Medianen der Nachbarjahre linear interpoliert.

Tab. 2: Angaben zu den Datensätzen (Tagesmittelwerte: TMW) der elektrischen Leitfähigkeit (LF) und des Durchflusses (Q) im Zeitraum 2000 bis 2022.

Fluss	Messstation	Beginn LF	Jahre LF < 275 TMW	Q-Pegel	Q-Datenstand	
	Schmilka	01.01.2000	2002, 2005-2009	Schöna		
	Zehren	01.05.2001	2001, 2002, 2006, 2011, 2013, 2020	Dresden		
	Elbe	Dommitzsch	01.01.2000	2003, 2018, 2019	Torgau	03.11.2023
	Wittenberg	03.01.2015	2017, 2022	Wittenberg		
	Cumlosen	01.01.2000	2009	Wittenberge		
	Schnackenburg	01.01.2000	2009, 2013	Wittenberge		
	Rhein	Weil am Rhein*	01.01.2002	Basel-Rheinhalle	10.07.2023	
	Karlsruhe	01.01.2000	Maxau			

* TMW der LF aus Stundenwerten berechnet, sofern > 12 Stundenwerte / Tag vorhanden.

3. Ergebnisse

3.1 Trendprüfung der LF

Die Ergebnisse der LF-Trendprüfung nach Mann-Kendall und der Berechnung der Trendgeraden nach Sen's slope sind in Tabelle 3 enthalten. Für die Messstellen, für die der Trend über den gesamten Zeitraum 2000 bis 2022 analysiert werden konnte, sind die Jahresmediane und die Trendgerade in Abbildung 1 dargestellt.

Tab. 3: Trendanalysenergebnisse der Jahresmediane der elektrischen Leitfähigkeit nach Mann-Kendall und Sen's slope.

Fluss	Messstation	Zeitraum	z(S)*	Trend	p-Wert**	Signifikanz	Trendgerade
Elbe	Schmilka	2000-2022	-1,88	fallend	0,06	nein	$Y = -1,727x + 465$
	Zehren	2003-2022	1,23	steigend	0,22	nein	$Y = 1,500x + 434$
	Dommitzsch	2000-2022	-0,08	fallend	0,94	nein	$Y = -0,118x + 454$
	Wittenberg	2015-2022	-1,86	fallend	0,06	nein	$Y = -5,857x + 514$
	Cumlosen	2000-2022	1,56	steigend	0,12	nein	$Y = 5,714x + 852$
	Schnackenburg	2000-2022	1,32	steigend	0,19	nein	$Y = 6,714x + 889$
Rhein	Weil am Rhein	2002-2022	-0,18	fallend	0,86	nein	$Y = -0,081x + 359$
	Karlsruhe	2000-2022	-4,49	fallend	0,00***	ja	$Y = -3,333x + 418$

*z-Quantil der Standardnormalverteilung; **Wahrscheinlichkeit: $\leq 0,05 = \geq 95\%$; *** $p = 0,00000713$

Für die Elbe wurde oberhalb des Zuflusses von Mulde und Saale (Messstationen Schmilka bis Wittenberg) ein überwiegend fallender LF-Trend ermittelt, wobei die Auswertung aufgrund von Datenlücken in diesem Elbe-Abschnitt nur bei Schmilka und Dommitzsch über den gesamten betrachteten Zeitraum erfolgen konnte. Die von Auswirkungen des ehemaligen und aktuellen Bergbaus im Saalegebiet und unmittelbar an der Elbe stark beeinflussten Messstationen Cumlosen und Schnackenburg zeigen dagegen einen steigenden LF-Trend. Neben dem weit höheren Belastungsniveau schwanken die LF-Messwerte dort auch deutlich stärker als an den oberhalb gelegenen Messstationen (Abb. 1 und Abb. 3).

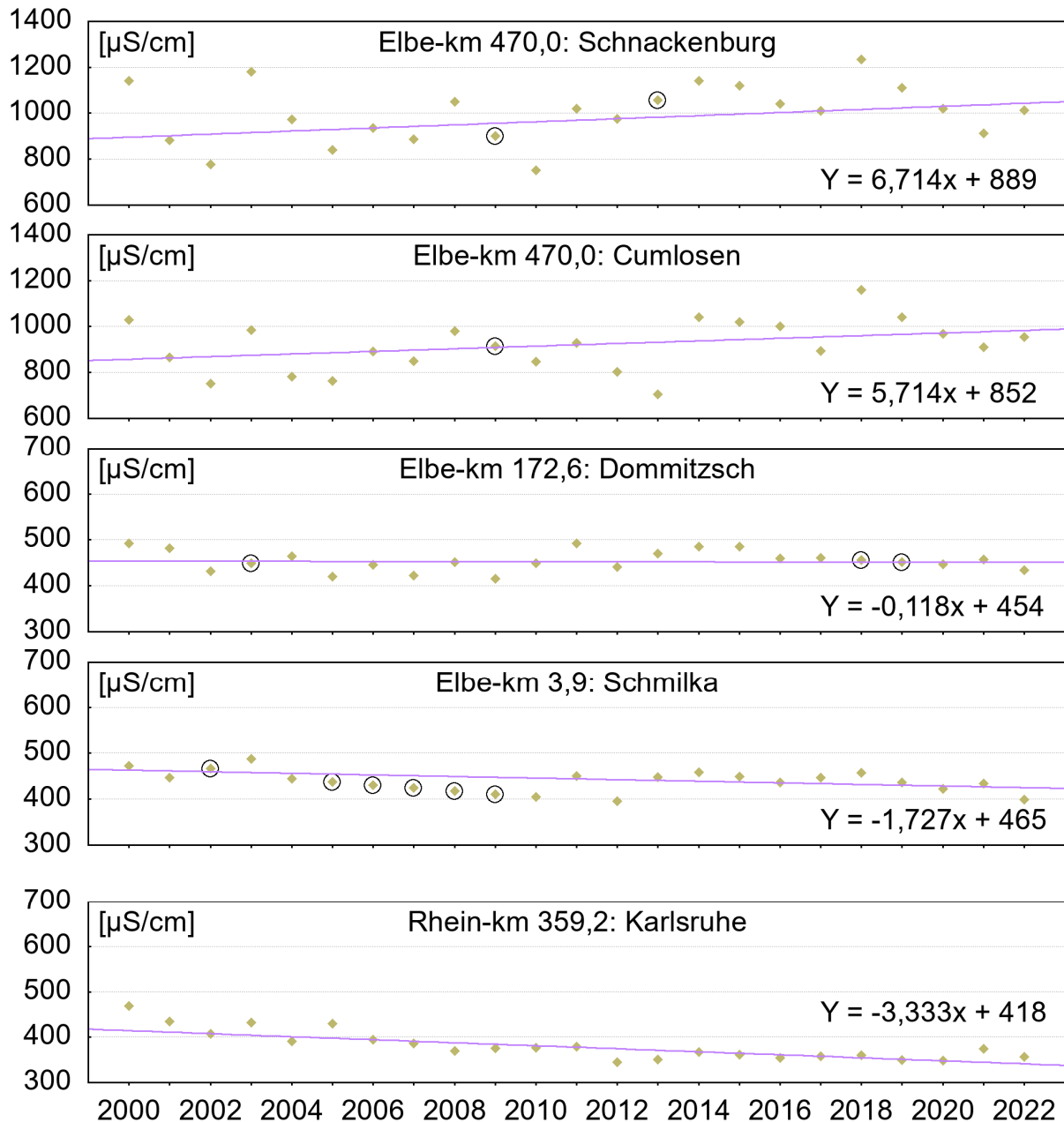


Abb. 1: Elektrische Leitfähigkeit: Median der Jahre 2000 bis 2022 und Trendgerade (Sen's slope) an Messstationen der Elbe sowie am Oberrhein in Karlsruhe; umkreiste Mediane wurden durch Interpolation ermittelt.

Das gegenüber der Elbe bei Schnackenburg etwas niedrigere LF-Niveau der Elbe bei Cumlosen dürfte im Wesentlichen auf den in Bezug auf den Salzgehalt verdünnenden Einfluss der am rechten Elbe-Ufer mündenden Havel zurückzuführen sein. Die für die Elbe ermittelten Trends erreichen in keinem Fall das Signifikanzniveau (95 % Wahrscheinlichkeit).

Am Oberrhein zeigen beide Messstationen einen fallenden Trend, der bei Weil nur schwach, bei Karlsruhe aber ausgeprägter und signifikant ist (Tab. 3, Abb. 1).

3.2 Korrelation zum Durchfluss und Durchfluss-Trend

Einen wichtigen Einflussfaktor auf die LF stellt der Durchfluss (Q) dar. In Tabelle 4 sind die Ergebnisse der Korrelationsberechnung zwischen den Tagesmittelwerten von LF und Q aufgelistet. Es besteht an allen Messstationen anhand beider Varianten der Korrelationsberechnung eine signifikante negative Korrelation zwischen Q und LF. Typischerweise sind die Korrelationsfaktoren nach Kendall's Tau niedriger als nach Spearman, zeigen aber im Vergleich der Messstationen eine übereinstimmende Tendenz. So ist die gegenläufige Beziehung zwischen Q und LF an der Elbe bei Cumlosen und Schnackenburg nach beiden Berechnungsvarianten stärker ausgeprägt als oberhalb des Zuflusses von Mulde und Saale (Messstationen Schmilka bis Wittenberg). Dies kommt auch in Abbildung 2 zum Ausdruck, wo die Messwertpaare Q und LF für die oberste und unterste betrachtete Messstation an der Elbe dargestellt sind.

Tab. 4: Korrelation zwischen Durchfluss (Q) und elektrischer Leitfähigkeit (LF) nach Spearman (Korrelationskoeffizient: KorSM) und Kendall's Tau (Korrelationskoeffizient: KorKD).

Fluss	Messstation	Anzahl LF/Q	KorSM	Signifikanz	KorKD	Signifikanz
Elbe	Schmilka	7217	-0,50	ja*	-0,35	ja*
	Zehren	6436	-0,57	ja*	-0,40	ja*
	Dommitzsch	7335	-0,57	ja*	-0,40	ja*
	Wittenberg	2283	-0,56	ja*	-0,39	ja*
	Cumlosen	7596	-0,79	ja*	-0,61	ja*
	Schnackenburg	7660	-0,84	ja*	-0,65	ja*
Rhein	Weil am Rhein	7624	-0,40	ja*	-0,27	ja*
	Karlsruhe	8285	-0,38	ja*	-0,26	ja*

* Wahrscheinlichkeit (p-Wert): < 2,2 E-16

Tab. 5: Trendanalysenergebnisse der Jahresmediane des Durchflusses (Q) an den Bezugspiegeln der Messstationen nach Mann-Kendall und Sen's slope.

Fluss	Pegel	Zeitraum	z(S)*	Trend	p-Wert**	Signifikanz	Trendgerade
Elbe	Schöna	2000-2022	-1,53	fallend	0,13	nein	Y = -3,182x + 243
	Dresden	2003-2022	-1,43	fallend	0,15	nein	Y = -2,523x + 231
	Torgau	2000-2022	-1,51	fallend	0,13	nein	Y = -2,923x + 251
	Wittenberg	2015-2022	0	kein Trend	1		
	Wittenberge	2000-2022	-1,74	fallend	0,08	nein	Y = -7,455x + 536
Rhein	Basel-Rheinhalle	2002-2022	-0,88	fallend	0,38	nein	Y = -2,801x + 955
	Maxau	2000-2022	-1,98	fallend	0,047	ja	Y = -12,5x + 1260

*z-Quantil der Standardnormalverteilung; **Wahrscheinlichkeit: $\leq 0,05 = \geq 95\%$

Die Beträge der Korrelationsfaktoren am Oberrhein sind geringer als an der Elbe und unterscheiden sich zwischen Weil und Karlsruhe nur geringfügig.

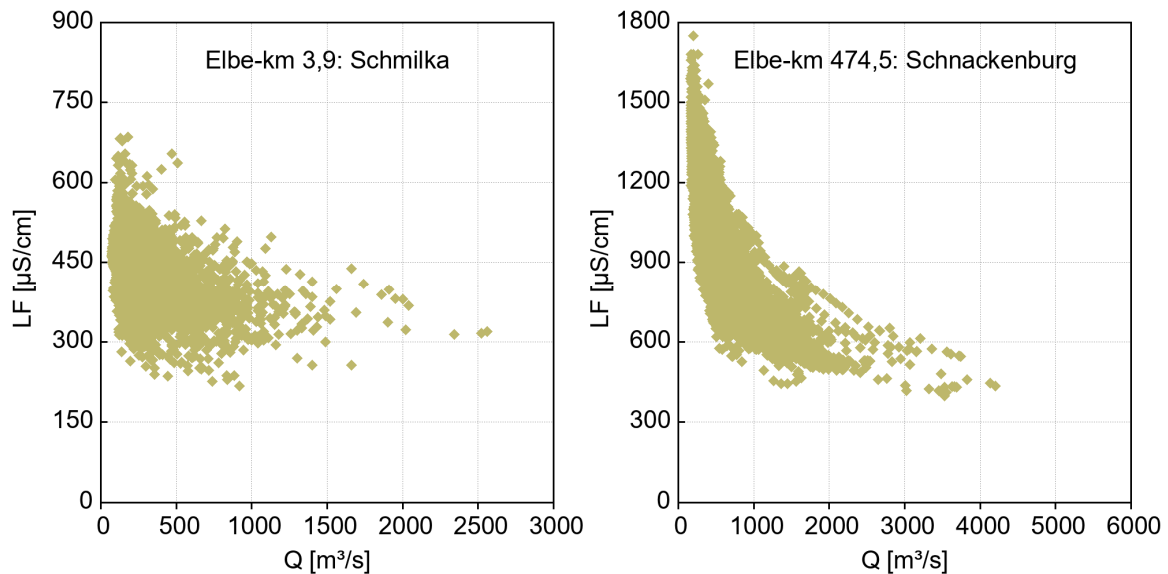


Abb. 2: Elektrische Leitfähigkeit (LF) der Elbe bei Schmilka und Schnackenburg im Zeitraum 2000 bis 2022 im Vergleich zum Durchfluss (Q) an den Bezugspegeln Schöna bzw. Wittenberge.

3.3 Klassifizierung von Leitfähigkeitsmesswerten

Die angestrebte Klassifizierung der LF-Messwerte soll für jede Messstelle die Einordnung ermöglichen, ob die aktuellen Werte gegenüber den in der jüngeren Vergangenheit gemessenen im mittleren Bereich liegen, mäßig bis deutlich ober- bzw. unterhalb dieses Bereichs oder ob sie zu den höchsten bzw. niedrigsten Werten zählen. Dazu werden für jede Messstelle folgende Perzentilgrenzen ermittelt: 10-Perzentil, 30-Perzentil, 70-Perzentil und 90-Perzentil. Diese Perzentilgrenzen bilden die Klassengrenzen von fünf Klassen wie folgt: Klasse 1: \leq 10-Perzentil, Klasse 2: $>$ 10-Perzentil bis 30-Perzentil, Klasse 3 $>$ 30-Perzentil bis 70-Perzentil, Klasse 4: $>$ 70-Perzentil bis 90-Perzentil, Klasse 5: $>$ 90-Perzentil. Die Perzentilgrenzen der einzelnen Messstationen sind in Tabelle 6 aufgeführt. Zur Ermittlung der Perzentilgrenzen wurden für die Elbe alle LF-Tagesmittelwerte des Zeitraums 2000 – 2022 (ohne statistisch signifikanten Trend) verwendet. Aus Abbildung 3 geht exemplarisch für drei Messstationen der Elbe hervor, wie sich diese Perzentilgrenzen gegenüber den LF-Boxplots der einzelnen Jahre darstellen.

Tab. 6: Zur Klassifizierung eingesetzte Perzentilgrenzen der elektrischen Leitfähigkeit in $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Tagesmittel 2000 bis 2022) an Messstationen der Elbe.

Fluss	Messstation	10-Perzentil	30-Perzentil	70-Perzentil	90-Perzentil
Elbe	Schmilka	357	399	459	493
	Zehren	376	423	489	524
	Domnitzsch	380	422	490	528
	Wittenberg	405	450	520	550
	Cumlosen	662	825	1010	1140
	Schnackenburg	690	857	1120	1280

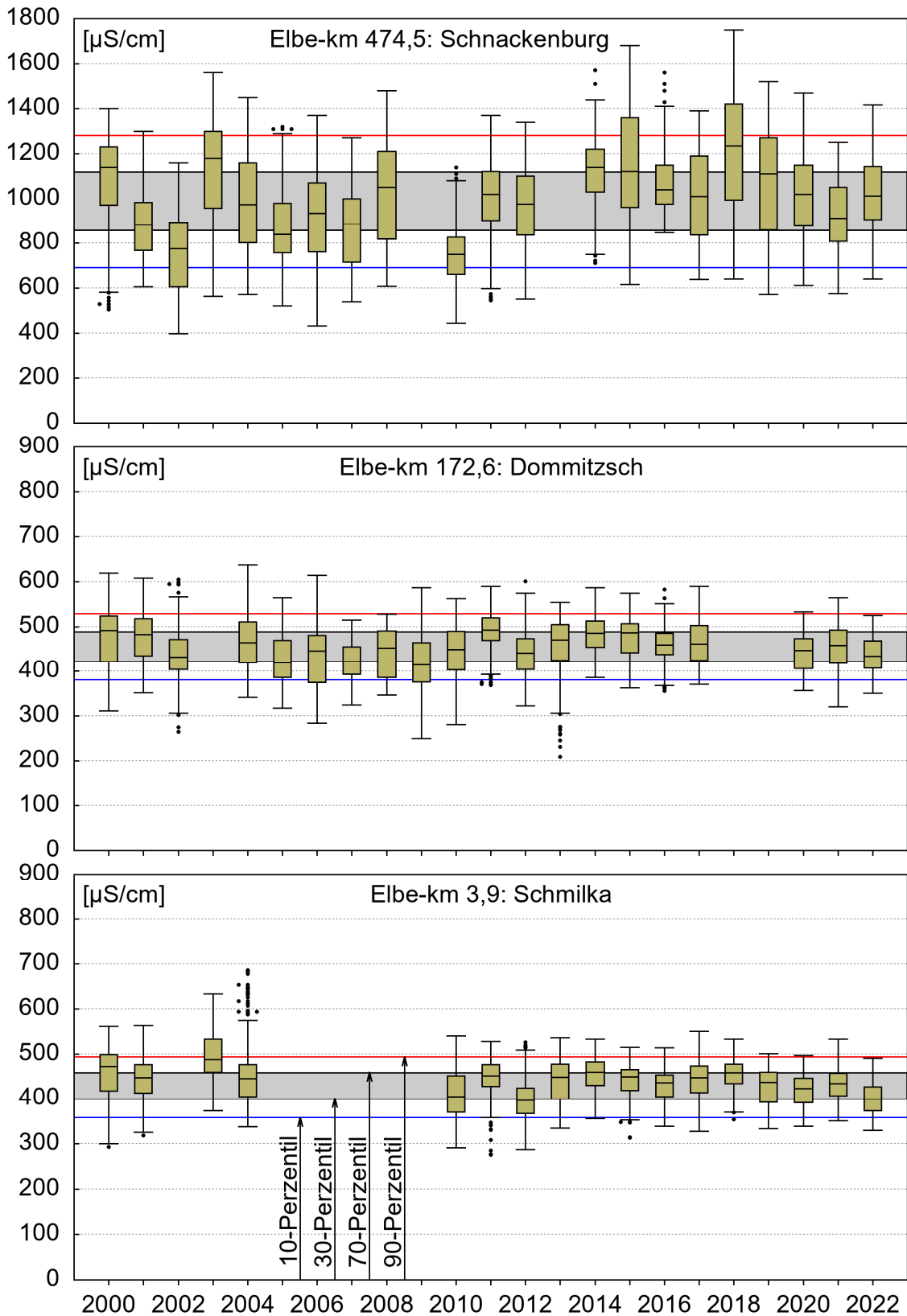


Abb. 3: Boxplots der elektrischen Leitfähigkeit der Elbe an den Messstationen Schmilka, Dommitzsch und Schnackenburg für die Jahre 2000 bis 2022 mit Perzentilen aus dem jeweiligen Gesamtdatensatz.

Der mittlere Perzentilbereich (Klasse 3) spiegelt meist das mittlere Niveau der einzelnen Jahre wider (Abb. 3). Zur Wahrung des einheitlichen Klassifizierungsschemas wird in Kauf genommen, dass der Interquartilsabstand der Boxplots in Ausnahmefällen (Jahr 2003 bei Schmilka, 2010 bei Schnackenburg) komplett außerhalb von Klasse 3 liegen kann.

Auf der Informationsplattform Undine verläuft die Farbcodierung der Klassen von dunkelblau, hellblau, orange über violett nach rot. Die Farbe Grün wurde ganz bewusst nicht verwendet, um einer möglichen Assoziation mit naturnahen Zuständen (im Wesentlichen nur geogene Hintergrundbelastung) aus dem Weg zu gehen. Beim Berühren der Messstation auf der entsprechenden Überblicksdarstellung (Abb. 4) mit dem Mauszeiger erscheint ein Tooltip-Fenster mit dem aktuellen Messwert. Fehlt dieser Wert, ist der Messstationspunkt grau eingefärbt. Für Messstationen im Tidebereich erfolgt aufgrund der tidebeeinflussten LF-Schwankungen keine Klassifizierung.

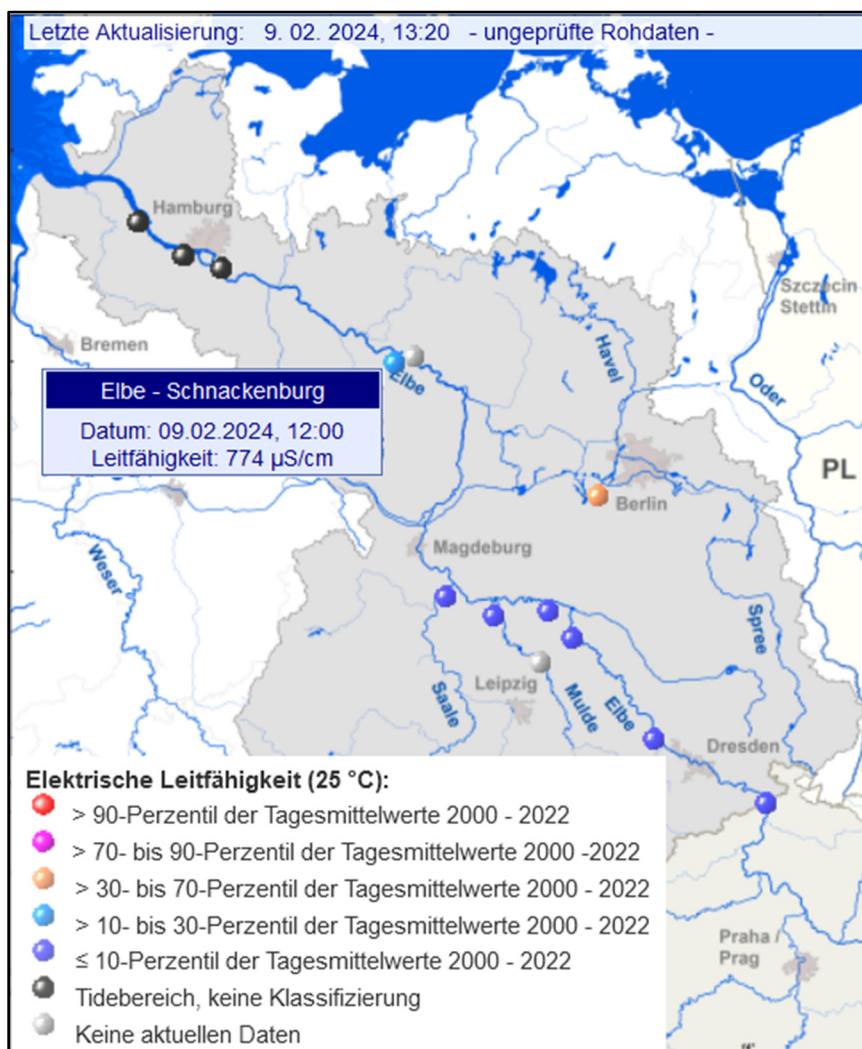


Abb. 4: Klassifizierung der aktuellen elektrischen Leitfähigkeit im Elbegebiet auf der Informationsplattform Undine (Probetrieb am 9.2.2024 bei hohem Durchfluss).

Zusätzlich zu der in Abbildung 4 dargestellten Legende wird noch der Hinweis gegeben, dass sich aus den angezeigten Klassen nicht auf das grundlegende Maß der Belastung an den einzelnen Messstellen schließen lässt.

Zur noch ausstehenden Klassifizierung der LF an Messstationen des Rheins wird wegen des signifikant fallenden Trends an der Messstation Karlsruhe, der dort auf höhere Werte im ersten Drittel der Zeitreihe zurückzuführen ist, und möglicher weiterer Trends an anderen Messstationen nur ein kürzerer Zeitraum zur Ermittlung der Perzentilgrenzen genutzt werden.

4. Fazit und Ausblick

Für die Elbe konnte im betrachteten Zeitraum 2000-2022 an keiner Messstation ein signifikant fallender Trend der LF festgestellt werden. In der Elbe bei Zehren sowie im Flussabschnitt unterhalb der Mündung von Mulde und Saale zeigte sich sogar – wenn auch nicht signifikant – ein tendenzieller Anstieg der LF. Auch wenn gleichzeitig nicht signifikante fallende Durchfluss-Trends berechnet wurden, spricht dies für die Annahme, dass sich die Wasserqualität der Elbe in der jüngeren Vergangenheit nicht oder kaum verbessert hat. So konnte der Zeitraum zur Ableitung der vorgestellten perzentilgestützten LF-Klassifizierung an der Elbe schon mit dem Jahr 2000 beginnen. Ob sich die vorgestellte Klassifizierung bewährt, wird der Betrieb auf der Informationsplattform Undine zeigen. Die Freischaltung der Überblicksseite zur LF im Elbegebiet soll in Kürze erfolgen. Für das Rheingebiet und die weiteren auf der Informationsplattform einbezogenen Flussgebiete sollen dann sukzessive entsprechende Überblicksseiten folgen.

Literatur

- Pohlert, T., 2023. Package `trend` - Non-Parametric Trend Tests and Change-Point Detection. Repository: CRAN, Stand: 23.10.2023. <https://cran.r-project.org/web/packages/trend/trend.pdf>. Abgerufen am 5.2.2024.
- Pottgießer, T., 2018. Die deutsche Fließgewässertypologie. Zweite Überarbeitung der Steckbriefe der Fließgewässertypen. Auftraggeber: Umweltbundesamt, Stand: Dez. 2018. https://www.gewaesser-bewertung.de/media/steckbriefe_fliessgewaessertypen_dez_2018.pdf. Abgerufen am 6.2.2024.
- Umweltbüro Essen, 2016. Fachkarte: Fließgewässertypenkarte. Auftraggeber: Umweltbundesamt, Stand: Jul. 2016. https://www.gewaesser-bewertung.de/media/typenkarte_fliessgewaesser_fachkarte_april2016.pdf. Abgerufen am 6.2.2024.