



Für eine lebenswerte Zukunft



Fließgewässerbelastung durch Wassererosion und Abschwemmung landwirtschaftlicher Flächen in Hessen am Beispiel der Horloff

Vortrag zum HLNUG Kolloquium

Referent: Marc Pelzer

Wiesbaden, den 25.01.2023

- Einleitung
 - Veranlassung & Zielsetzung
- Material und Methoden
 - Untersuchungsgebiet
 - Methodik
 - MEPhos Modellierungsergebnisse
- Ergebnisse
 - Niederschlagsereignisse
 - Trockenwetter vs. Starkregen
 - Schwebstofffracht pro Jahr
- Bewertung der Methodik
- Zusammenfassung und Fazit

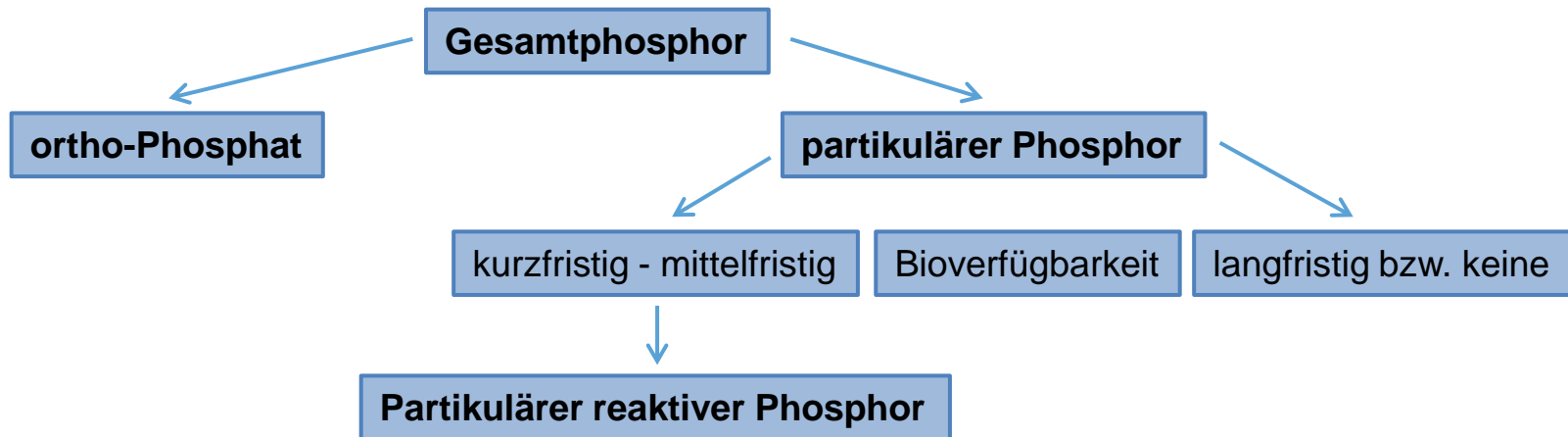
Einleitung

- WRRL -> „guter Zustand der Oberflächengewässer“
- Belastungen durch punktuelle und diffuse Quelle
- Kenntnisstand erweitern -> zielführende Maßnahmen

- Landwirtschaft: Wassererosion und Abschwemmung
 - > Eintrag von Sediment, Nähr- und Schadstoffen
 - im Mittelpunkt: Phosphorfrachten im ländlichen Raum

- Phosphor: Ausweisung eutrophierter Gebiete durch Modellierungen mit MEPhos

P-Fractionen



Richtlinien

- EU-Richtlinie: Nitratrichtlinie
 - Teil des Aktionsprogramms in Deutschland: Düngeverordnung (1996)
 - Gebietsausweisung: AVV GeA

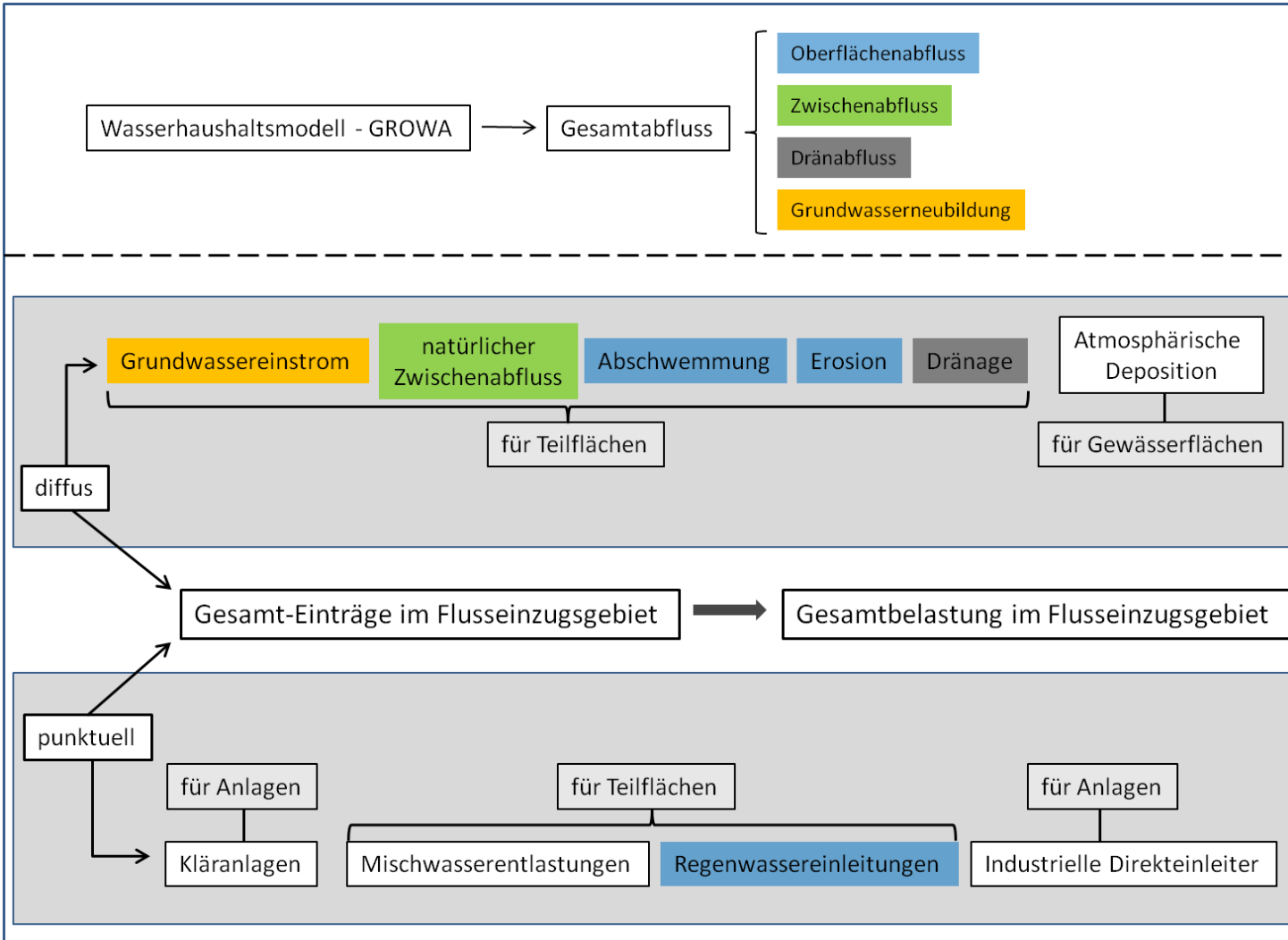


Abb. 1: Schematische Darstellung der Bestimmung Des mehrjährigen mittleren Phosphoreintrages mit MEPhos

- MEPhos wird EU-Recht zum Gewässerschutz nicht gerecht
 - geringe Messstellendichte, veraltete Daten, kein ortho-Phosphat
- Vertragsverletzungsverfahren wegen der unzureichenden Umsetzung der Nitratrichtlinie
 - nationales Recht: Düngeverordnung
- anhand neuer Daten MEPhos prüfen & überarbeiten
- zukünftige Ausgestaltung der DüV bestimmt maßgeblich das Erreichen der Ziele im Gewässerschutz

- Generierung neuer Daten (zum Vergleich mit MEPhos):
 - Bestimmung des tatsächlichen Sedimenteintrages pro Jahr aufgrund von Wassererosion
 - Absolute Betrachtung von:
 - Gesamtphosphor
 - ortho-Phosphat
 - Bestimmung von partikulär reaktivem Phosphor
 - Vergleich der Phosphor-Fraktionen
- Bewertung der angewendeten Methodik

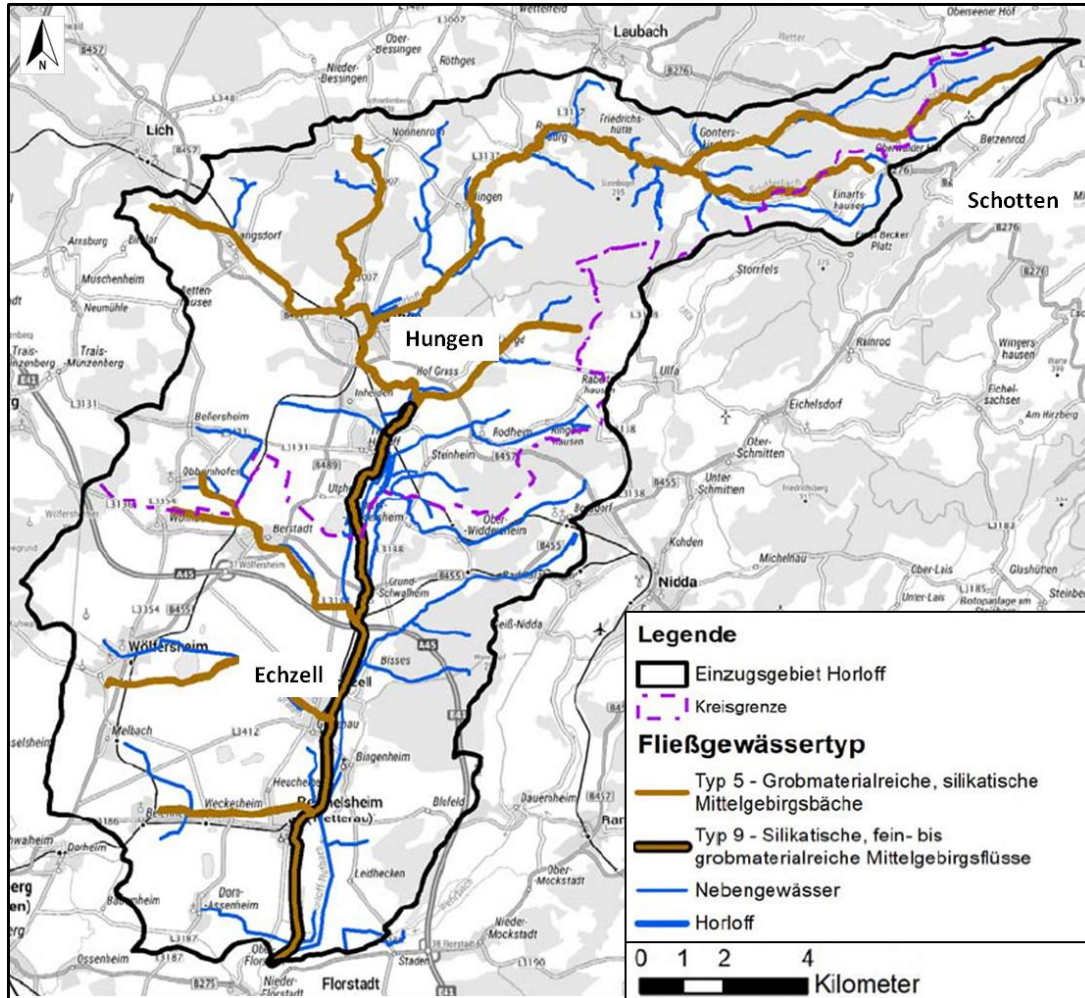


Abb. 2: Gewässertypen und Einzugsgebiet der Horloff, verändert nach RP Da. (2019)

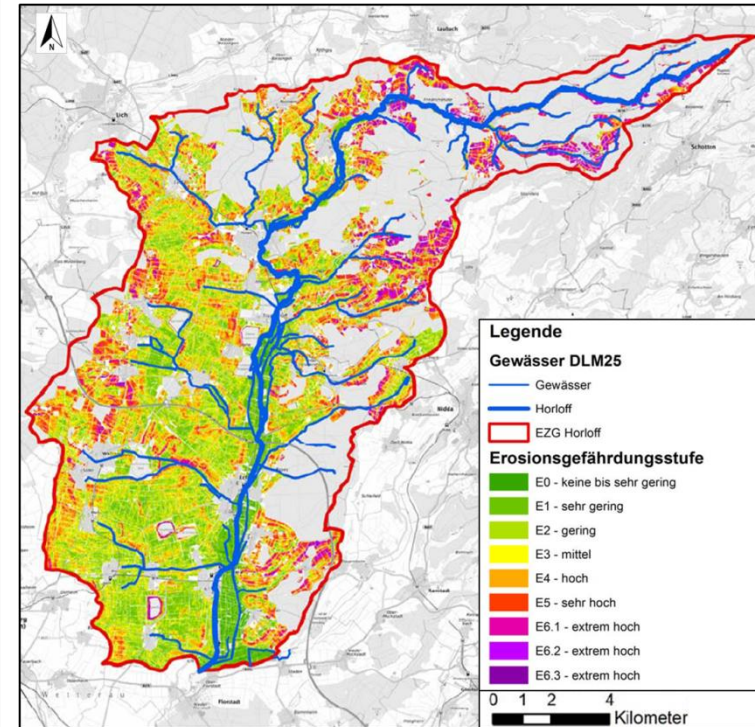


Abb. 3: Erosionsgefährdung landwirtschaftlicher Flächen im Einzugsgebiet der Horloff, erstellt mit dem Boden-Viewer des HLNUGs

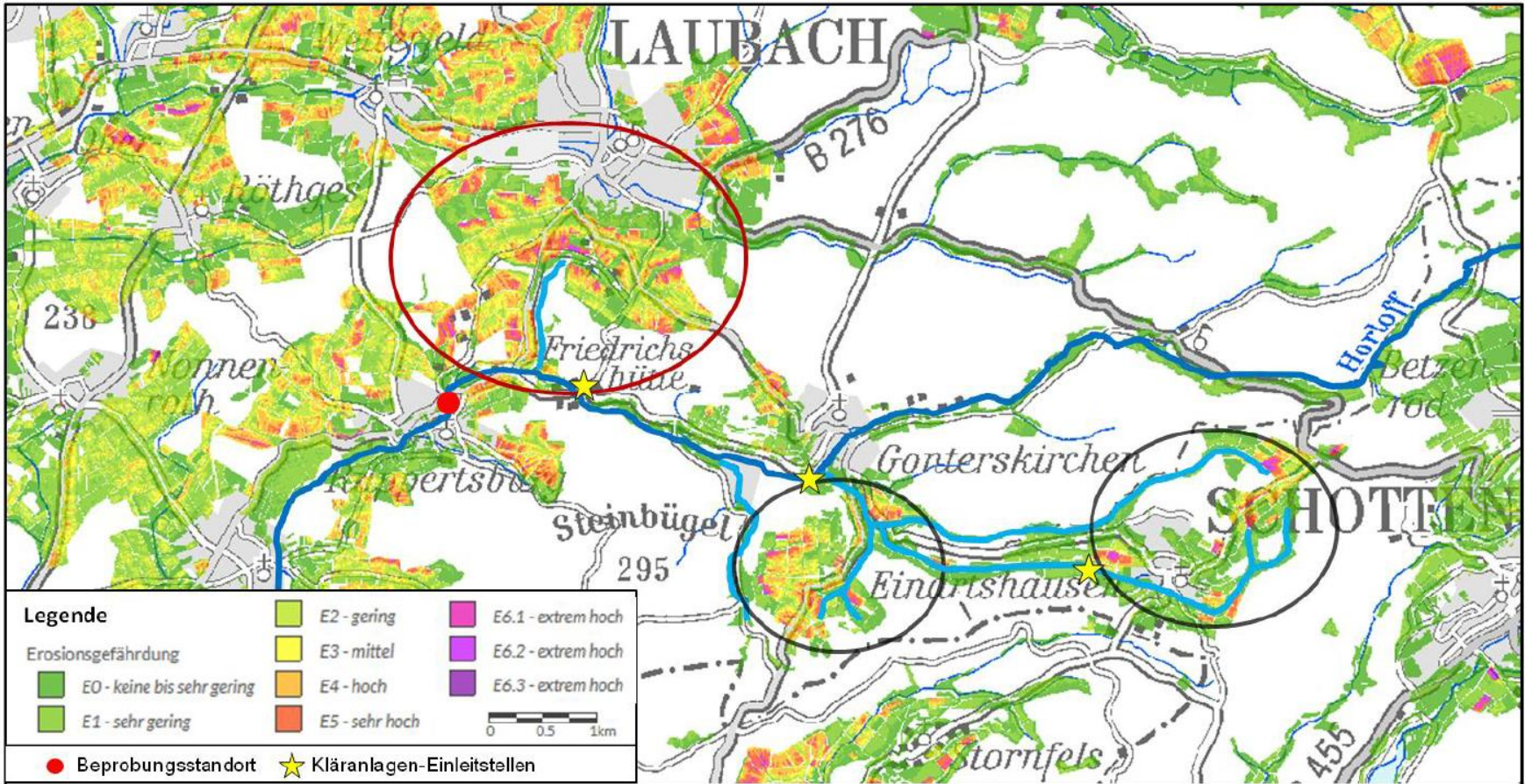


Abb. 4: Erosionsgefährdung im Untersuchungsgebiet der oberen Horloff, erstellt mit dem Boden Viewer des HLNUGs

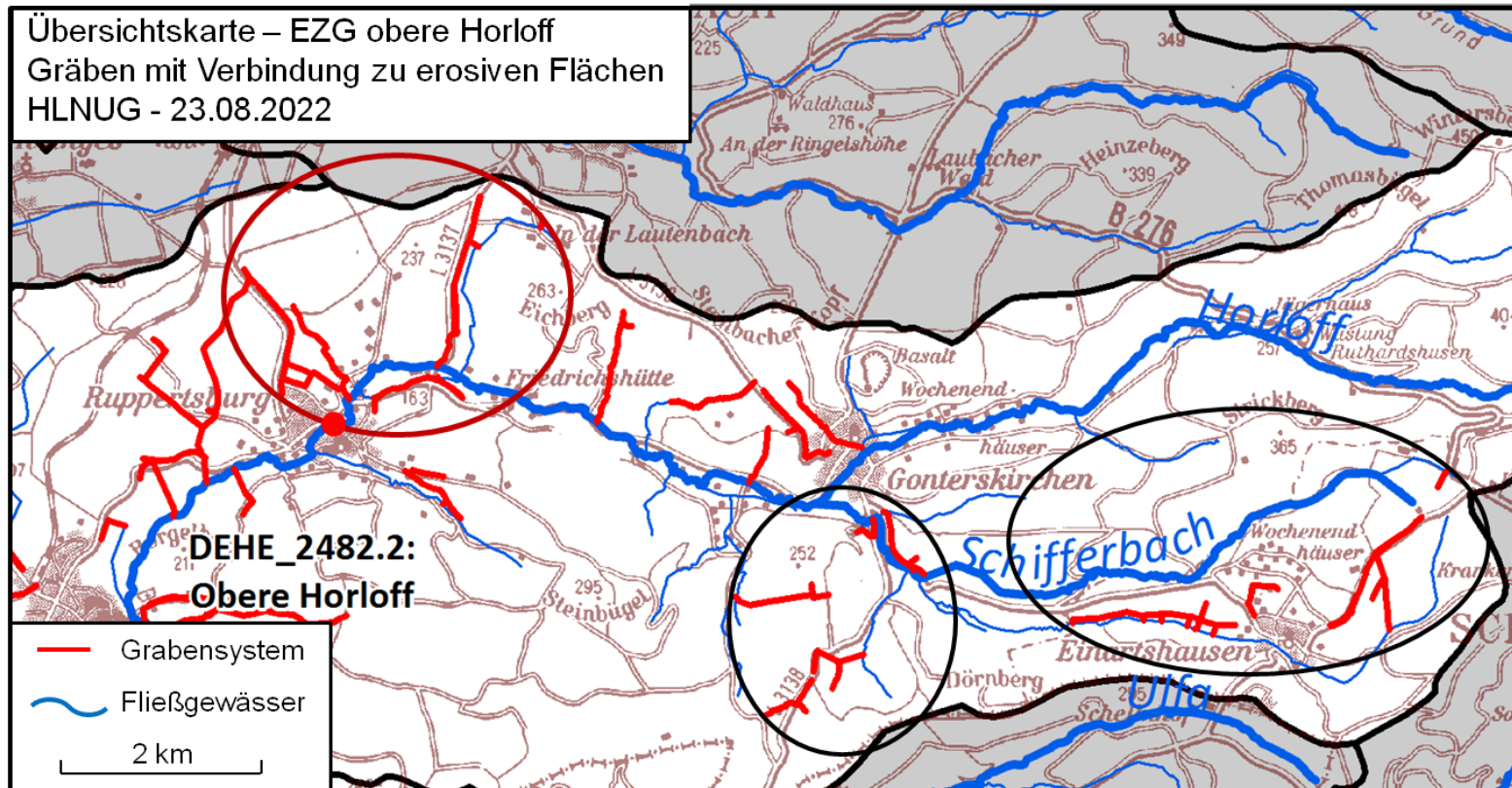
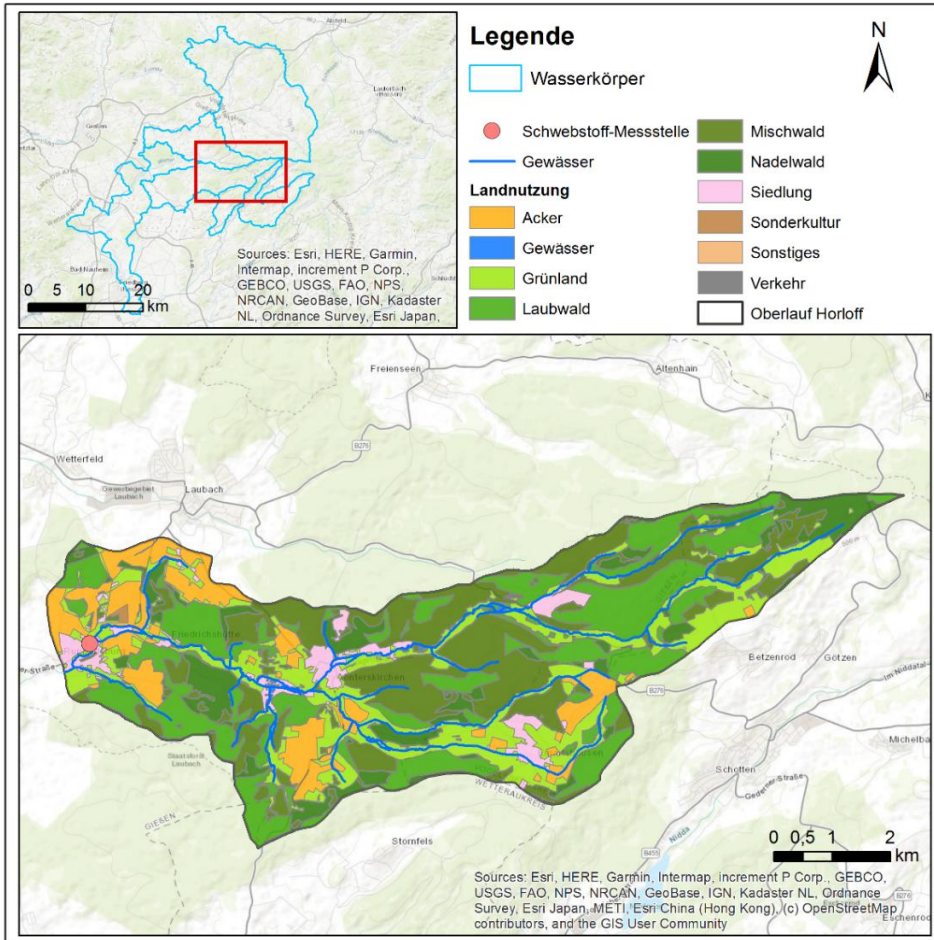


Abb. 5: Übersichtskarte über das Grabensystem im Einzugsgebiet der oberen Horloff



Tab. 1: Landnutzungsverteilung im Untersuchungsgebiet der oberen Horloff, basierend auf Daten in MEPhos (2022)

Landnutzung	Fläche [km ²]	prozentualer Flächenanteil [%]
Wald	25,29	64,75
Dauergrünland	7,88	20,18
Acker	4,08	10,45
Siedlung + Verkehr	1,69	4,34
Gewässer	0,06	0,15
sonstiges	0,01	0,03

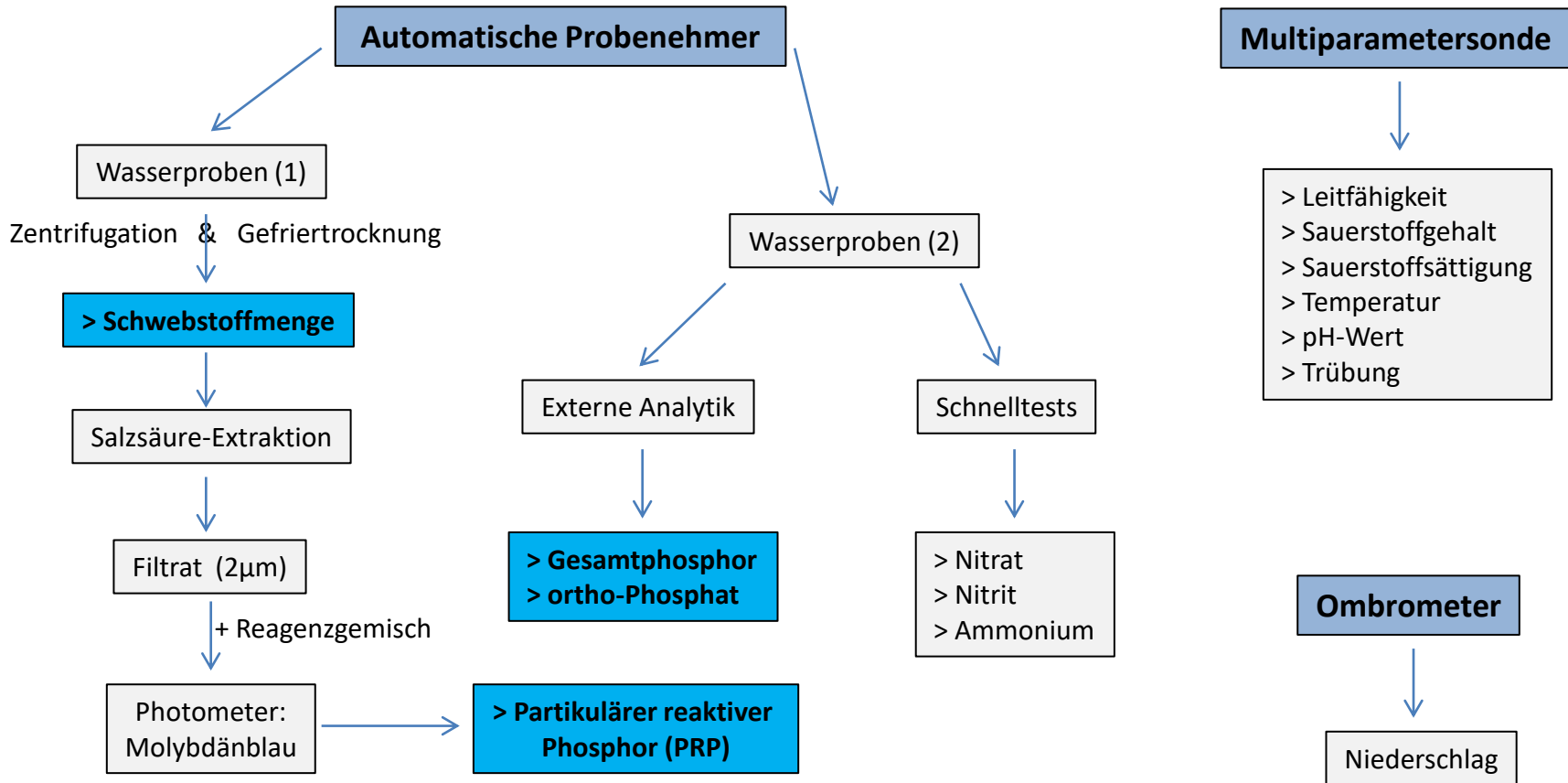
- Strukturraum: Vulkangebiet Vogelsberg
- Landwirtschaftliche Flächen:
 - 80% Lehm (L)
 - 20% Lehm/Ton (LT) + schluffiger Lehm (sL)
- Lehmböden:
 - viele Nährstoffe
 - pH-Wert: neutral - basisch -> P gebunden

Abb. 6: Untersuchungsgebiet der oberen Horloff, basierend auf Daten der HVBG (ATKIS DLM) und geofluss - aquaplaner [Broda, 2021]

- Beprobung von Regenereignissen > 9 l
- Trockenwetter: PE-Flasche + Durchlaufzentrifuge
- Beprobungsstandort:



Abb. 7: Technik-Aufbau am Beprobungsstandort: 1. Probenehmer, 2. Steuerung, 3. Wasserstandssensor + Ansaugschläuche, 4. Multiparametersonde, 5. Einzelsonden



- Sedimenteintrag durch Wassererosion: 138,01 t/a
- Phosphoreintrag:

Tab.: 2 Modellierungsergebnisse mit MEPhos für das Untersuchungsgebiet

Eintragspfad	Phosphor-Menge [t/a]	prozentualer Anteil am P_{ges} -Eintrag[%]
<u>Abschwemmung</u>	0	0
<u>Wassererosion</u>	0,241157	28,32
Dränagen	0,003351	0,39
Zwischenabfluss	0,058185	6,83
Grundwassereinstrom	0,140907	16,55
Deposition	0,034007	3,99
kommunale Kläranlagen	0,239358	28,11
Mischwasserentlastungen	0,090495	10,63
Trennkanalisation	0,008391	0,99
private Kleinkläranlagen	0,035806	4,20
Industrie	0	0

- Bestimmung des Hintergrundwertes bei Trockenwetterbedingungen:

Tab. 3: Hintergrundwerte zu den einzelnen Parametern

Datum	07.07.2022	14.07.2022	25.07.2022	02.08.2022	Mittelwert
Durchfluss [m ³ /s]	0,034	0,023	0,023	0,023	0,026
Schwebstoffkonz. [mg/l]	7,321	5,567	5,862	3,366	5,529
ortho-Phosphat [mg/l]	0,07	0,07	0,07	0,1	0,08
Gesamtphosphor [mg/l]	0,11	0,1	0,1	0,12	0,11
pH-Wert	7,85	7,75	7,76	7,77	7,78
Nitrat [mg/l]	1,81	1,66	1,54	1,67	1,67
Nitrit [mg/l]	0,028	0,025	0,022	0,021	0,02
Ammonium [mg/l]	0,046	0,052	0,055	0,034	0,05
Sauerstoffkonz. [mg/l]	5,83	6,52	6,19	6,83	6,34

Niederschlagsereignisse

Tab.: 4 Übersicht über die Parameter und deren Auflösung je Ereignis

Ereignis	1	2	3	4
Datum	15./16.03.2022	07./08.04.2022	16./17.05.2022	24./25.06.2022
Probenahmedauer	24 Std.	24 Std.	24 Std.	12 Std.
Schwebstoffkonz.	1 Std.	1 Std.	1 Std.	30 Min.
Durchfluss	1 Std.	15 Min.	15 Min.	15 Min.
Niederschlag	1 Std.	1 Std.	10 Sek.	10 Sek.
Wassertemperatur	-	5 Min.	5 Min.	5 Min.
Leitfähigkeit	-	5 Min.	5 Min.	5 Min.
Sauerstoffgehalt	-	-	5 Min.	5 Min.
pH-Wert	-	1 Std.	1 Std.	5 Min.
Ammonium	-	-	-	30 Min.
Nitrit	-	-	-	30 Min.
Nitrat	-	-	-	30 Min.
ortho-Phosphat				30 Min.
Gesamtphosphor				30 Min.
	Bestimmung in der Probe im Labor			
	Pegelmessstation Ruppertsburg			
	Messstation Lollar-Kläranlage			
	Ombrometer am Beprobungsstandort			
	Einzelsonden im Gewässer			
	Externe Analytik			
	Multiparametersonde im Gewässer			

Ereignis 2

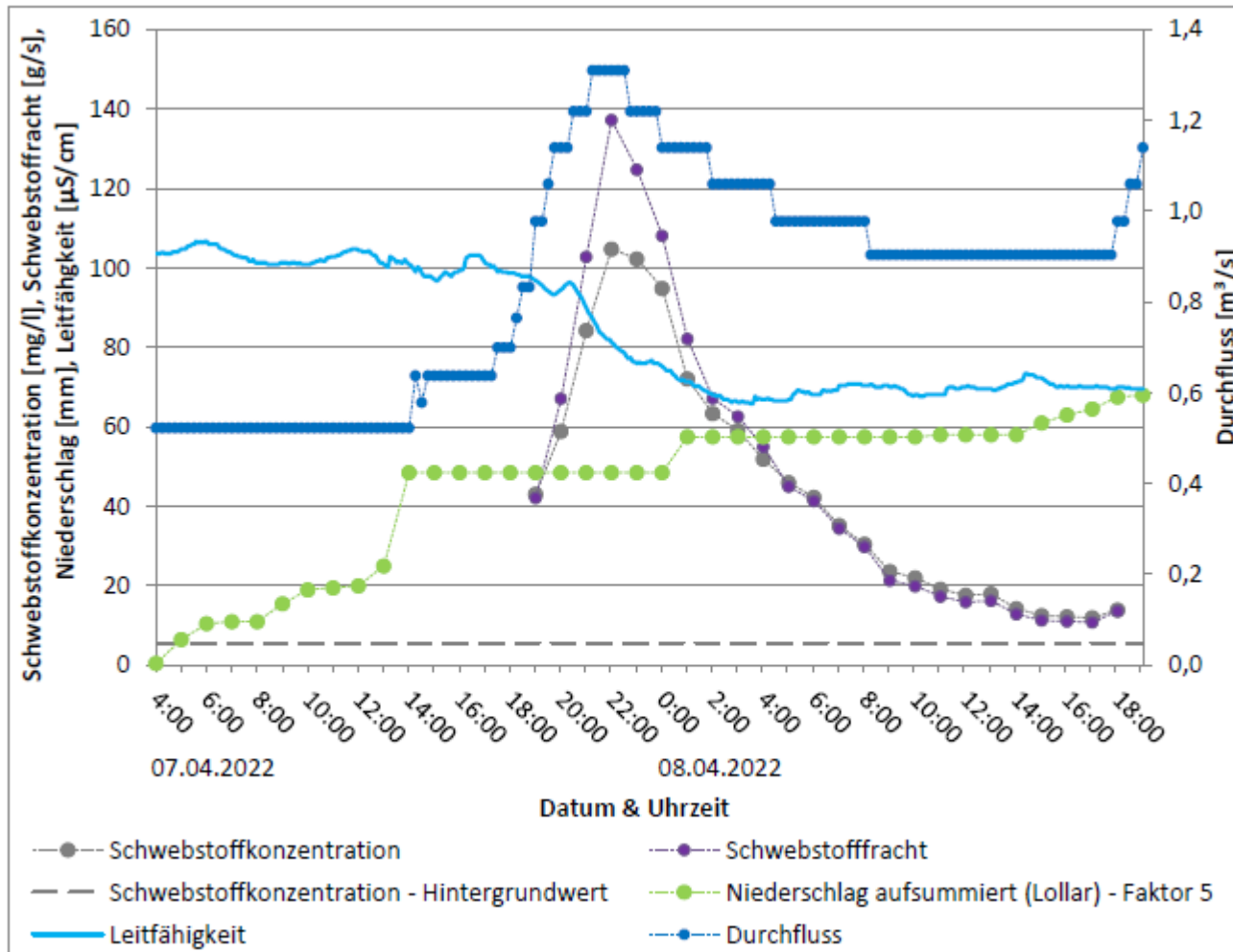


Abb.: 8 Ereignis 2 - graphische Darstellung: Schwabstoffkonzentration, Schwabstofffracht, Niederschlag, Durchfluss

Ereignis 3

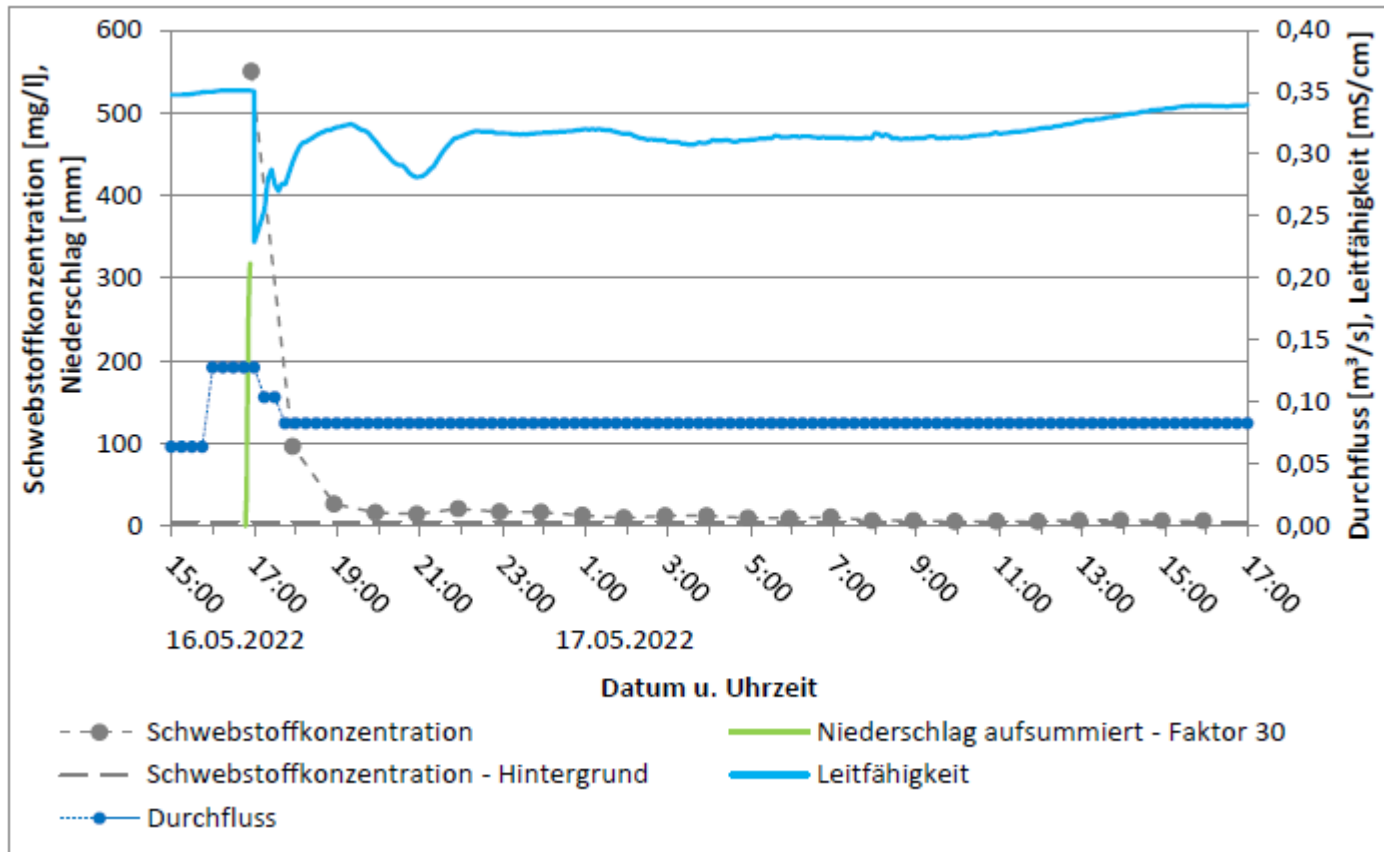
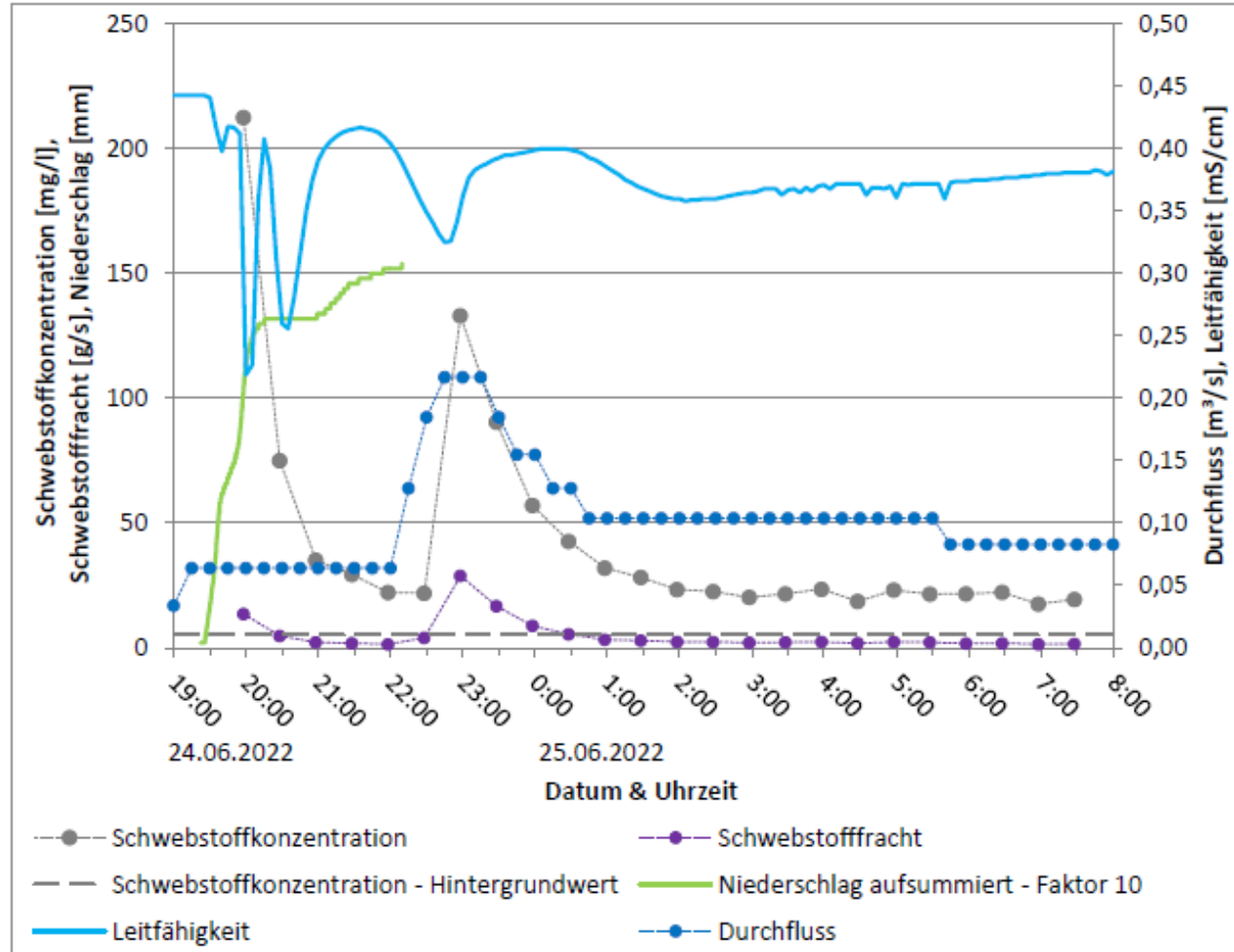


Abb. 20: Ereignis 3 - graphische Darstellung: Schwefstoffkonzentration, Niederschlag aufsummiert, Leitfähigkeit, Durchfluss

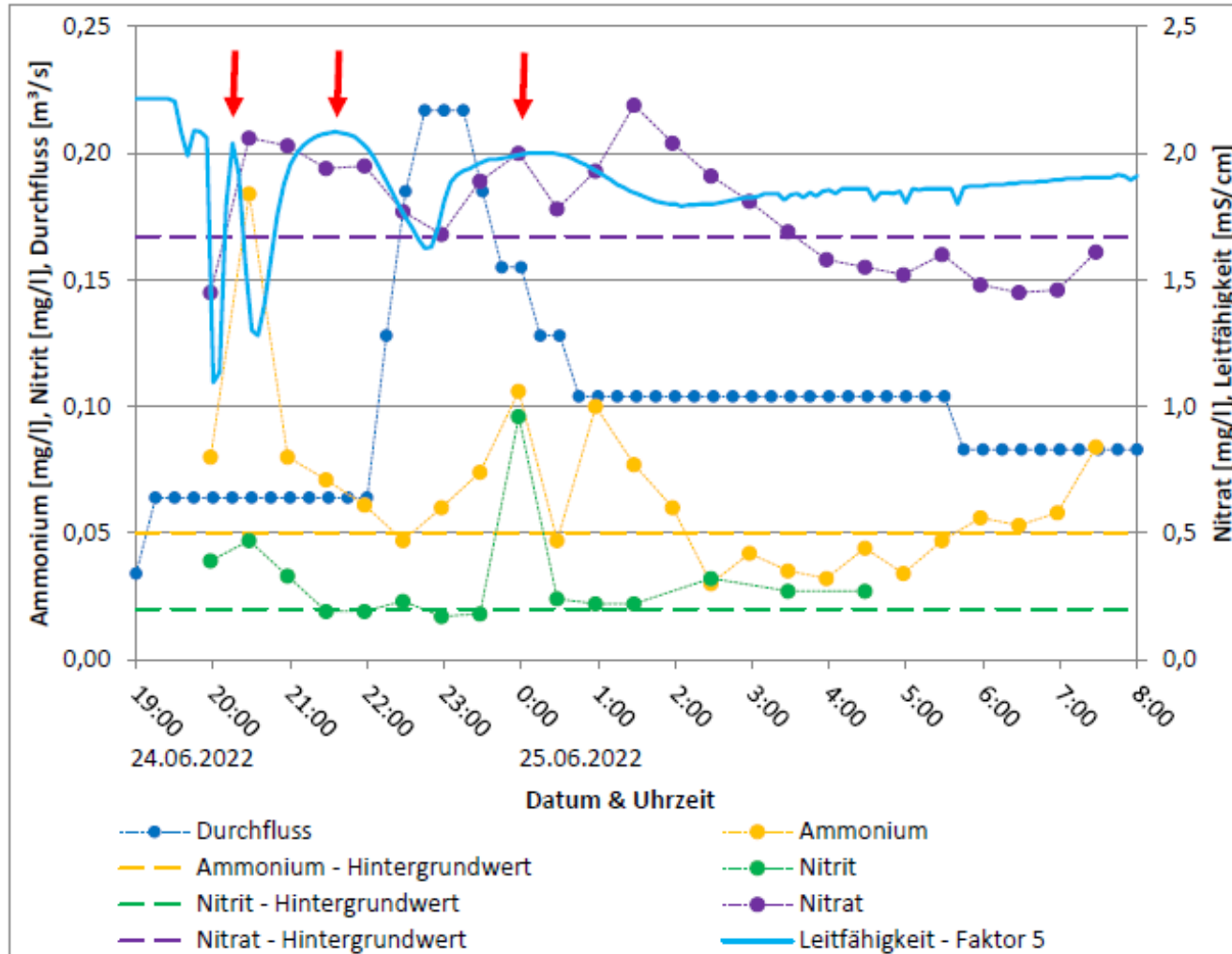
Ereignis 4

Abb. 9: Ereignis 4 -
graphische Darstellung:
Schwebstoffkonzentration,
Schwebstofffracht,
Niederschlag, Leitfähigkeit,
Durchfluss



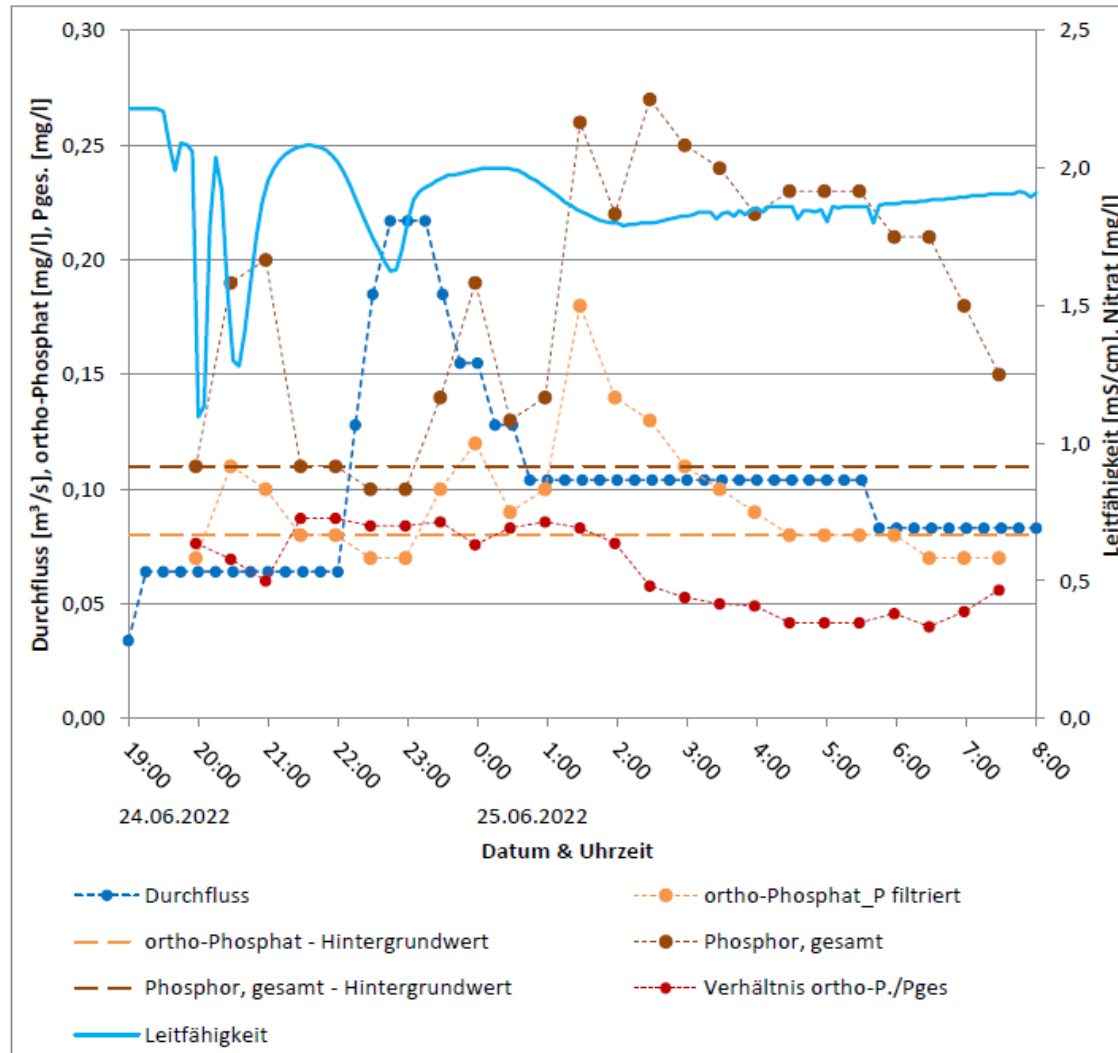
Ereignis 4

Abb. 10: Ereignis 4 -
graphische Darstellung:
Durchfluss, Ammonium,
Nitrit, Nitrat, Leitfähigkeit



Ereignis 4

Abb. 11: Ereignis 4 - graphische Darstellung: Durchfluss, ortho-Phosphat_P filtriert, Gesamtphosphor, Verhältnis von ortho-P./Pges., Leitfähigkeit, Nitrat



Ereignis 4

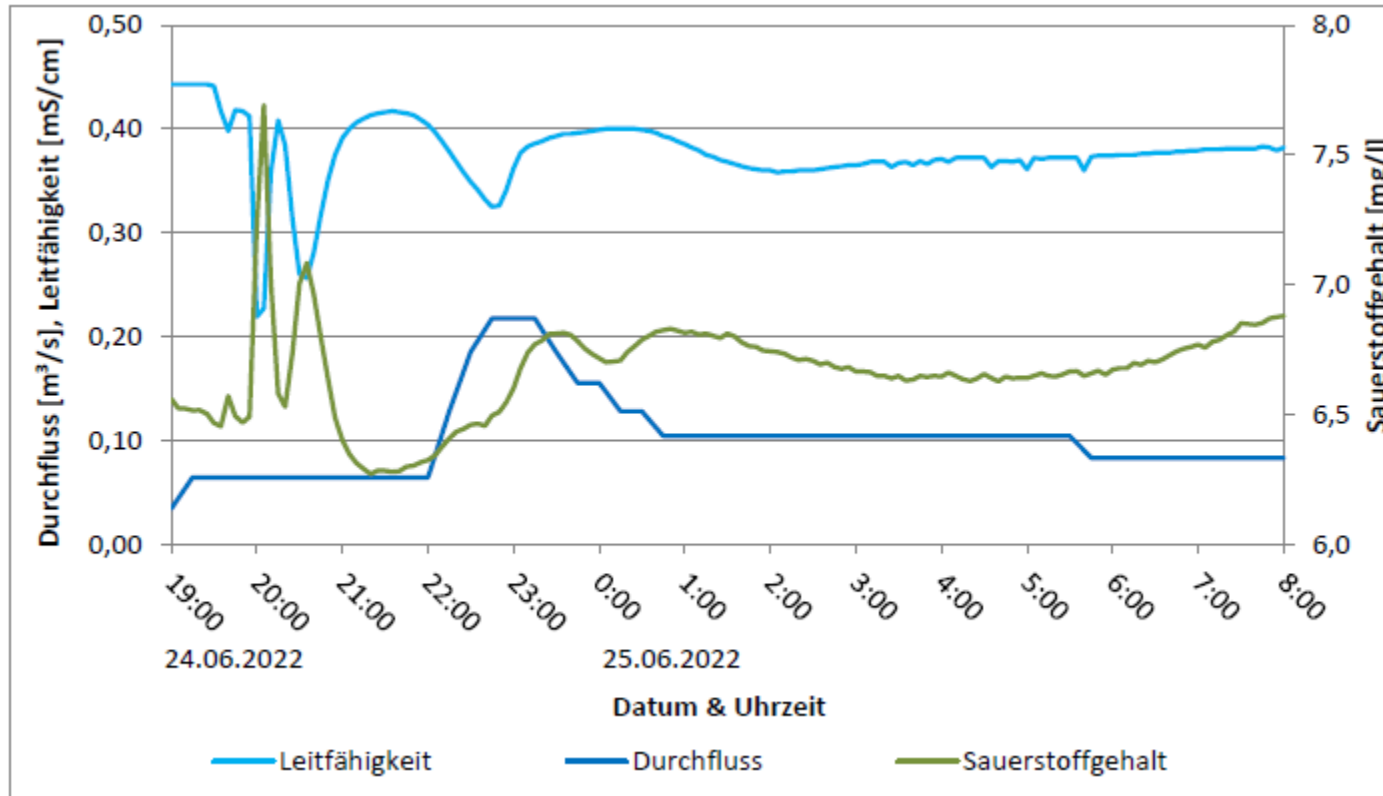


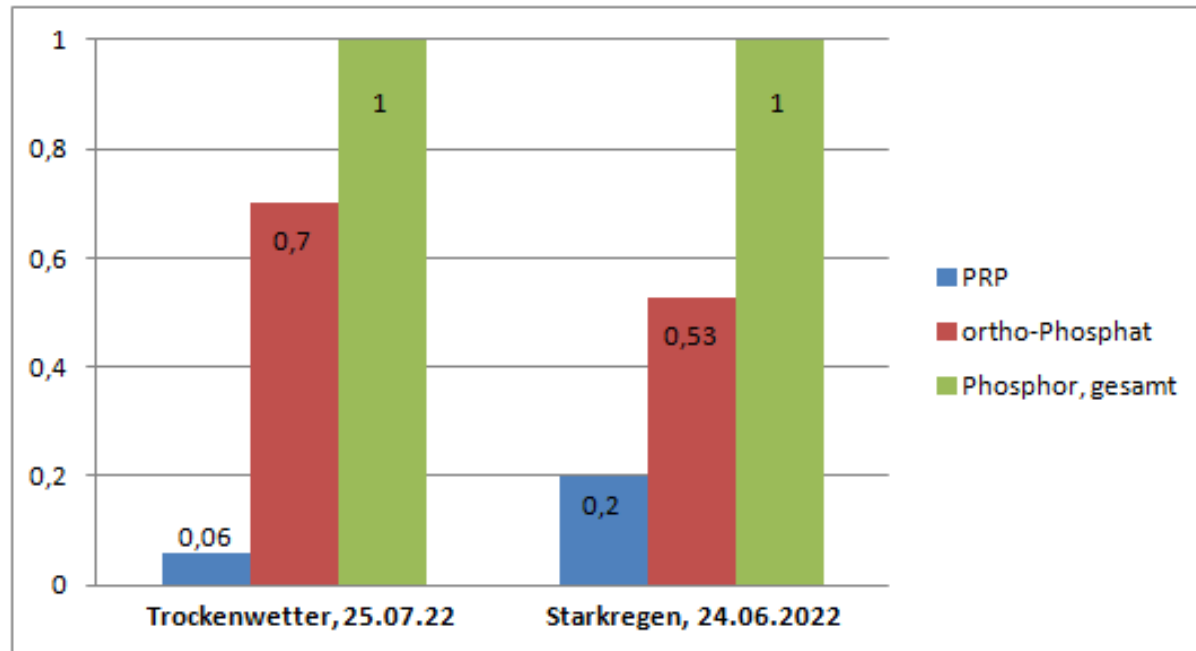
Abb. 21: Ereignis 4 - graphische Darstellung: Leitfähigkeit, Durchfluss, Sauerstoffgehalt

Phosphor-Fraktionen

Tab. 5: Gegenüberstellung der Phosphor-Fraktionen PRP, ortho-P. und Pges. bei Trockenwetter und Starkregen

	Konzentration [mg/l]			Fracht [mg/s]		
	PRP	ortho-P.	P _{gesamt}	PRP	ortho-P.	P _{gesamt}
Trockenwetter	0,00582	0,07	0,1	0,13386	1,61	2,3
Starkregen	0,03610	0,095	0,18	3,84488	10,1	19,11

Abb. 12: Gegenüberstellung der Phosphor-Fraktionen PRP, ortho-P. und Pges. bei Trockenwetter und Starkregen als relative Anteile an Pges.



Schwebstofffracht pro Jahr

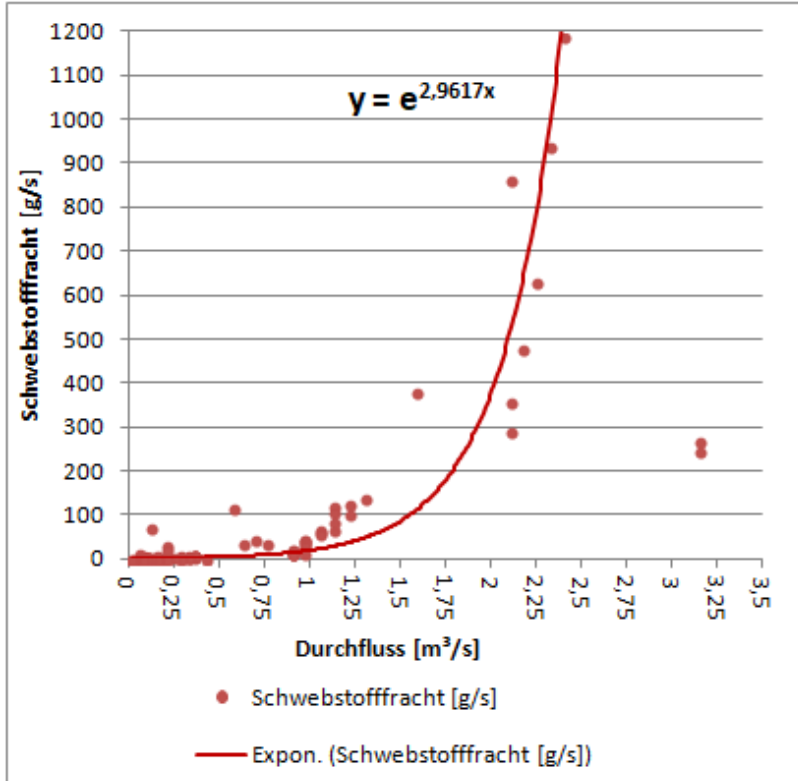


Abb. 13: Herleitung der Exponentialfunktion zur Bestimmung der jährlichen Sedimentfracht

Tab. 6: Berechnete Schwebstofffrachten für die Starkregenereignisse im Zeitraum 31.08.2021 – 31.08.2022

Ereignis	Datum	Durchfluss [m³/s] Tagesmittelwert	Schwebstofffracht [t/Tag]
1	04.01.2022	2,07	39,724
2	09.01.2022	1,62	10,477
3	06.02.2022	0,773	0,853
	07.02.2022	1,76	15,860
4	21.02.2022	2,21	60,135
5	15.03.2022	0,161	0,139
6	07.04.2022	0,7	0,687
	08.04.2022	1,04	1,880
7	16.05.2022	0,074	0,106
8	24.06.2022	0,051	0,100
	25.06.2022	0,071	0,107
Summe			130,070 t
Hintergrund			1,601 t
Sedimenteintrag durch 8 Starkregen im Zeitraum 31.08.2021 – 31.08.2022			<u>128,469 t</u>

- MEPhos: 138,01 t/a durch Wassererosion

Tab. 7: Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile der angewendeten Methodik

<u>Automatische Probenehmer</u>	
<ul style="list-style-type: none"> + eventgesteuert + vielseitig programmierbar + interne Kühlung + 24 Proben pro Event 	<ul style="list-style-type: none"> - keine Beprobung der gesamten Durchflusskurve - hoher Wartungsaufwand - kurze Akkulaufzeit der Kühlung
<u>Multiparametersonde</u>	
<ul style="list-style-type: none"> + einfache Handhabung + hohe Anzahl an Parametern + lange Laufzeit 	<ul style="list-style-type: none"> - aufwendige Installation im Gewässer
<u>Ombrometer</u>	
<ul style="list-style-type: none"> + einfache Handhabung + lange Laufzeit + geringer Wartungsaufwand 	<ul style="list-style-type: none"> - aufwendige Inbetriebnahme
<u>Analytik</u>	
<ul style="list-style-type: none"> + Molydänblau-Methode effizient bei hoher Probenanzahl 	<ul style="list-style-type: none"> - PRP nicht bestimmbar für einzelne Proben - zu kleine Zentrifuge - Schnelltests zu zeitaufwendig

- Sedimenteintrag: 128,469 t/a Exponentialfunktion vs. 138,01 t/a MEPhos
 - Mischwasserentlastungen & gewässerinterne Erosion?
- kein Phosphoreintrag durch Abschwemmung
- deutlicher Anstieg der P-Frachten bei Starkregen
 - hoher Anteil partikulär gebundener Phosphor
- Methodik ist geeignet, um Einträge näherungsweise zu bestimmen
- MEPhos prüfen: mehr Untersuchungsgebiete & über längere Zeiträume
- Thema der Zukunft: Gewässerschutz & Ressourcenschonung



Für eine lebenswerte Zukunft



Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

- [AVV GeA, 2022]: Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Ausweisung von mit Nitrat belasteten und eutrophierten Gebieten, Berlin, 2022
- [BDEW, 2019]: <https://www.bdew.de/presse/presseinformationen/bdew-zum-vertragsverletzungsverfahren-der-eu-kommission-gegen-deutschland-nitrat-rili/>, aufgerufen am 26.05.2022
- [Boden Viewer, HLNUG]: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie - Boden Viewer: <https://bodenviewer.hessen.de/mapapps/resources/apps/bodenviewer/index.html?lang=de>, aufgerufen am 29.05.2022
- [Behrendt, 2003]: Behrendt, H.: Internationale Harmonisierung der Quantifizierung von Nährstoffeinträgen aus diffusen und punktuellen Quellen in die Oberflächengewässer Deutschlands, Umweltbundesamt (Hrsg.), Schriften des Umweltbundesamtes 82/03, 2003, S. 56
- [Blume et al., 2010]: Blume, H.-P., Brümmer, G.-W., Horn, R., Kandeler, E., Kögel-Knabner, I., Kretzschmar, R., Stahr, K., Milke, B.-M.: Scheffer/Schachtschabel – Lehrbuch der Bodenkunde, 16. Auflage, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 2010
- [Correll, 1998]: Correll, D. L.: The Role of Phosphorus in the Eutrophication of Receiving Waters, in: Journal of Environmental Quality 27 (2), 1998
- [DüV, 2020]: Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung), DüV vom 26. Mai 2017 (BGBl. I S. 1305), zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 28. April 2020
- [EU-WRRL, 2000, Artikel 4]: EU-WRRL (23. Okt. 2000): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates - Wasserrahmenrichtlinie der EG. EU-WRRL. Version 16.12.2001
- [Nutrinet, 2022]: Nährstoffmanagement, Verbesserung der Phosphorversorgung, <https://www.nutrinetagrarpaxisforschung.de/naehrstoffmanagement/p-versorgung-verbessern>, aufgerufen am 22.04.2022
- [OGewV, 2016]: Oberflächengewässerverordnung, Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer, 20.06.2016
- [Pecoroni, 2013a]: Pecoroni, D.: Auswertung zu Phosphorgehalten aus Bodenbestandsdaten in Hessen und Vergleich methodischer Ansätze zur Modellierung des erosionsbedingten P-Eintrags in Fließgewässer, Dissertation, Justus-Liebig-Universität Gießen, September 2013
- [RP Da., 2019]: Regierungspräsidium Darmstadt - Zwischenbericht: Untersuchung zu Art und Umfang der Sedimente in der Horloff als Baustein für ein ganzheitliches Gewässerentwicklungskonzept im Sinne der WRRL, Frankfurt, 2019
- [Taube, 2021]: Taube, F.: Die Regelungen zur guten fachlichen Praxis der Düngung (DüV 2020) widersprechen der Zweckbestimmung des Düngegesetzes und tragen zur Verfehlung der Umweltziele Deutschlands und der EU bei, Gutachten im Auftrag von BDEW, Kiel, Juni 2021
- [Tetzlaff et al., 2020]: Tetzlaff, Dr. B., Ta, P., Zang, Dr. C., Michaelis, Dr. B., Zacharias, M.: Modellierung des Posphor-Eintrags aus diffusen und punktuellen Quellen in die Oberflächengewässer Hessens, HLNUG, Oktober 2020

Tab. 8: Richtwerte der P-Gehaltsklassen nach CAL-Methode für Acker- und Grünlandstandorte [VDLUFA, 2018]

Bodengehaltsklasse	mg P/ 100g Boden	P-Gehalt im Boden	P- Düngeempfehlung
A	< 1,5	sehr niedrig	stark erhöht
B	1,5 - 3,0	niedrig	erhöht
C	3,1 - 6,0	optimal	nach Abfuhr
D	6,1 - 12,0	hoch	vermindert
E	> 12,0	sehr hoch	keine

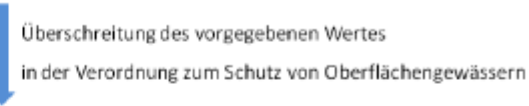
Tab. 9: Methoden und Phosphorgrenzwerte, basierend auf [DüV, 2020]

Methode	P ₂ O ₅ -Bodengehalt [mg/100g Boden]	P-Bodengehalt [mg/100g Boden]
CAL Calcium-Acetat-Lactat- Extraktion	20	8,7
DL Doppel-Lactat-Verfahren	25	11
EUF Elektro-Ultrafiltrationsverfahren	-	3,6

1. Prüfung §12 der AVV GeA

Physikalisch-chemische Qualitätskomponente

Parameter: Orthophosphat



2. Prüfung §13 der AVV GeA

Biologische Qualitätskomponente

Parameter: Wasserpflanzen und Kieselalgen

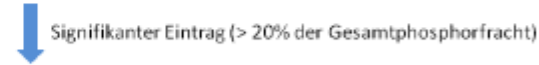


3. Prüfung §14 der AVV GeA

Landwirtschaftliche Phosphoreinträge

Bestimmung der prozentualen Einträge über Modellierung

Modell in Hessen: MEPhos



4. Prüfung §16 der AVV GeA

Flächenspezifische, landwirtschaftliche Phosphorfrachten

Bestimmung der absoluten Einträge

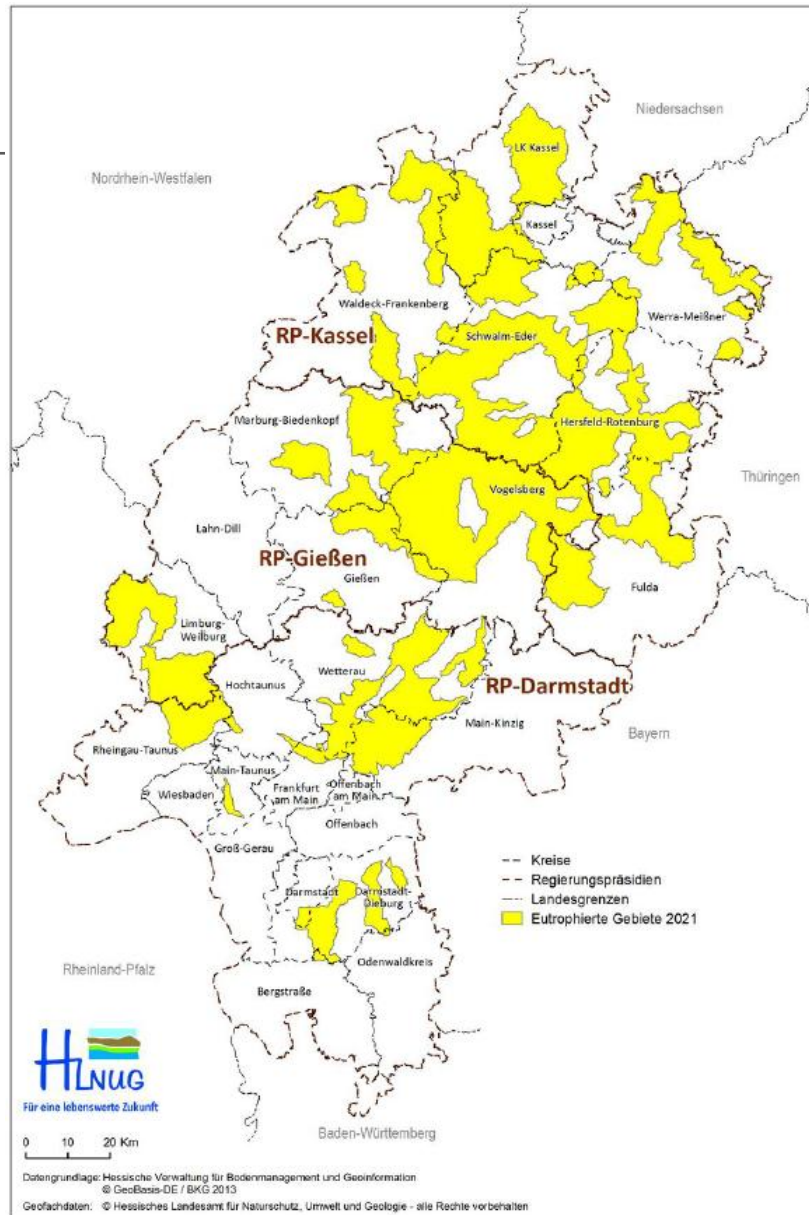


Ausweisung als eutrophiertes Gebiet

nach §13a Absatz 1 Satz 1 Nummer 4 der Düngeverordnung

Abb. 14: Vorgehen bei der Ausweisung eutrophierter Gebiete auf der Basis der Belastung von Fließgewässern

Abb. 15: Eutrophierte Gebiete in Hessen 2020, ca. 34 % der landwirtschaftlichen Flächen in Hessen liegen in ausgewiesenen eutrophierten Gebieten [Zacharias et al. 2021]



- Randstreifen
- Wirtschaftsdüngeranalyse alle zwei Jahre

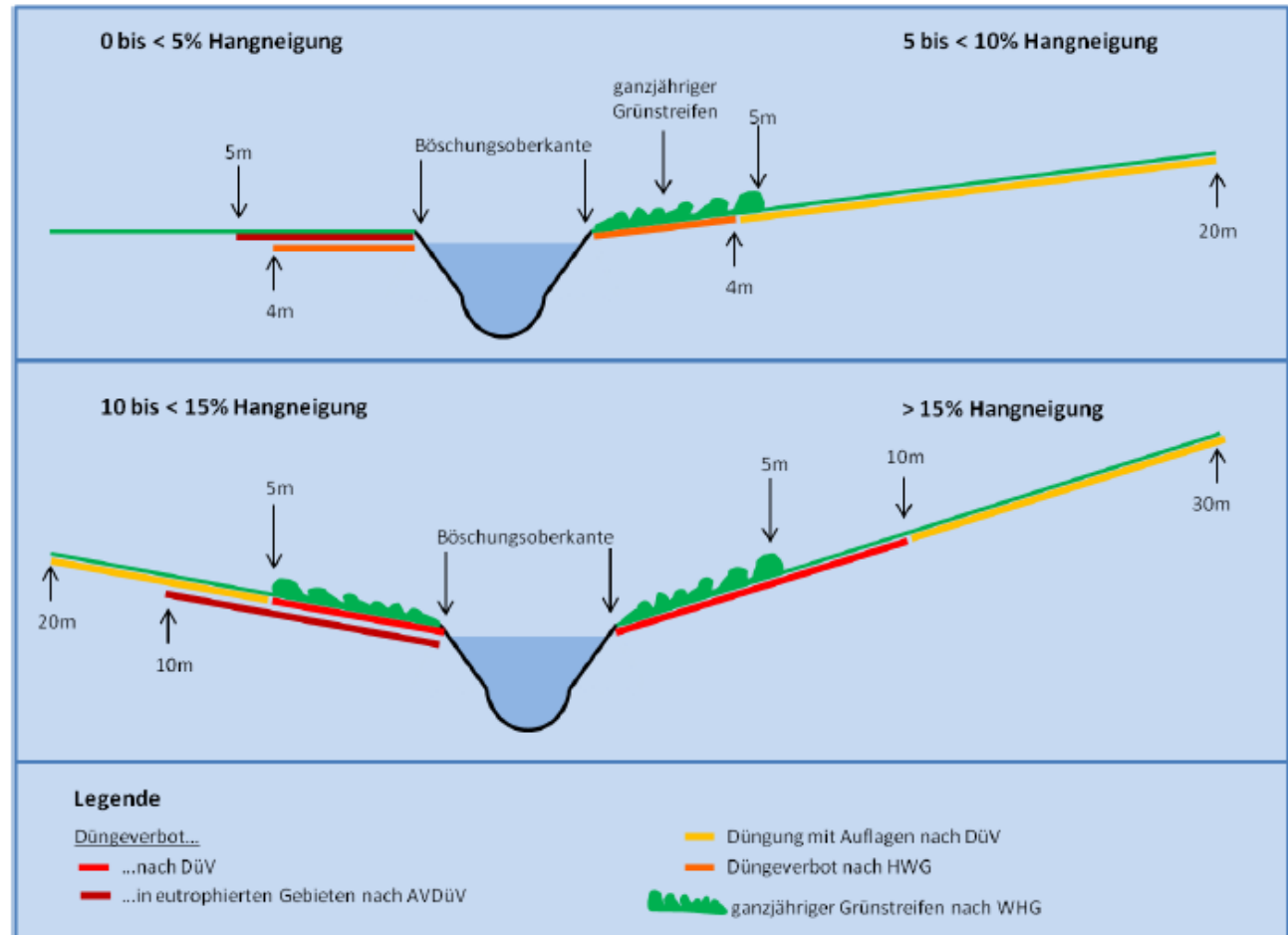


Abb. 16: Einzuhaltende Gewässerabstände nach DüV, AVDüV, HWG und WHG; basierend auf LLH (2022)

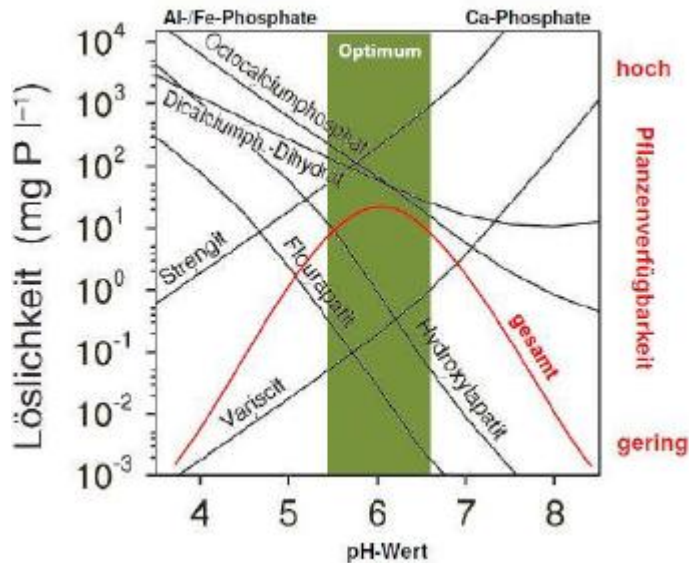


Abb. 17: P-Löslichkeit und Pflanzenverfügbarkeit in Abhängigkeit des pH-Wertes im Boden [Pecoroni, 2013]

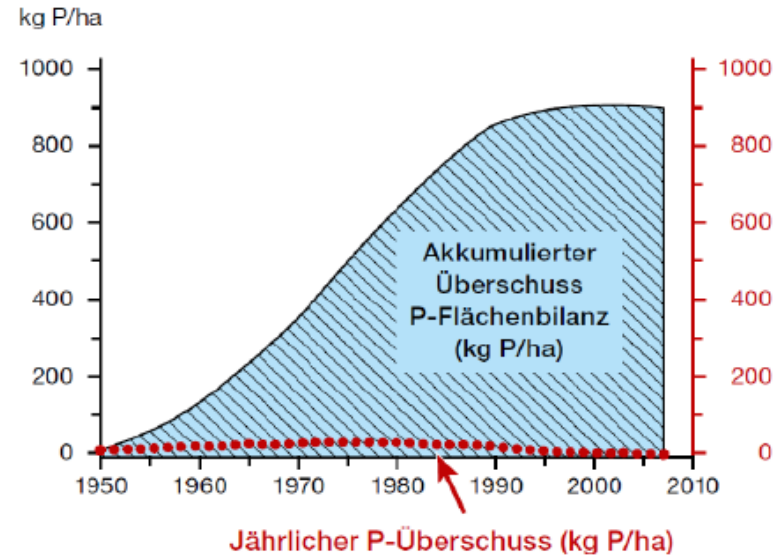


Abb. 18: Akkumulierte Phosphormengen in landwirtschaftlichen Böden Deutschlands, Zeitraum 1950 – 2007 [Frede u. Bach, 2010]

Nutzung	Median [mg/100g TS Boden]	n
Acker	84,8	331
Grünland	88,7	201
Forst	40,2	187

Tab. 10: Gesamtphosphorgehalte in hessischen Oberböden, nach Pecoroni u. Friedrich (2013)

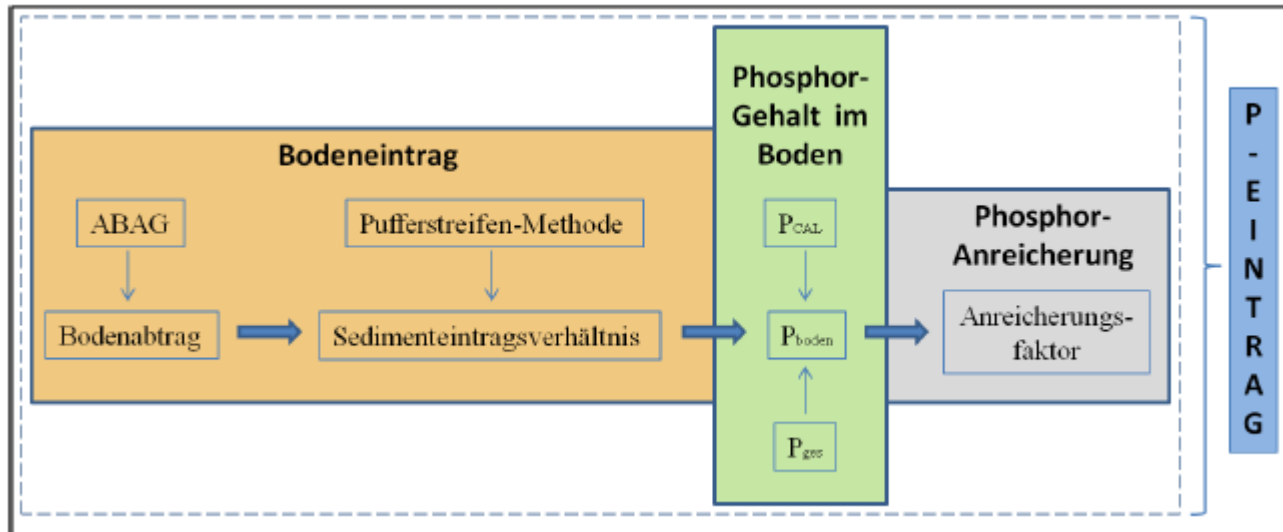


Abb. 19: Schematische Darstellung zur Bestimmung des Phosphor-Eintrags durch Wassererosion

Tab. 11: ABAG

$A = R * K * S * L * C * P$
A: mittlerer Bodenabtrag [t/(ha*a)]
R: Erosivitätsfaktor; Regen, Oberflächenabfluss [N/(h*a)]
K: Boden; Bodenerodierbarkeit [(t*h)/(ha*N)]
S: Topografie; Hangneigung
L: Topografie; Hanglänge
C: Bewirtschaftung; Bodenbedeckung / -bearbeitung, Kultur
P: Bewirtschaftung; Bodenerosionsschutzmaßnahmen