Bundesministerium
Land- und Forstwirtschaft,
Regionen und Wasserwirtschaft

LAND
OBERÖSTERREICH

ober österreich

Erwinn
Erosions- und
Wasserschutz
Innovationsprojekt

ERWINN 2024, Endbericht

Erosions- und Wasserschutz Innovationsprojekt - 2023-2024

ERWINN 2024, Endbericht

Erosions- und Wasserschutz Innovationsprojekt -2023-2024

Autor*innen:

Christine Weinberger

Elisabeth Lauss

Nikolaus Weber

Laura-Ainhoa Prischl

Melanie Maxwald

Oliver Gabriel

Max Kuderna

Clemens Gumpinger

Matthias Zessner

Jänner 2025

Im Auftrag des

Amtes der Oö. Landesregierung - Abteilung Wasserwirtschaft, Wasserwirtschaftliche Planung

Inhalt

1 Hintergrund 5
2 Ziel des Projektes 6
3 Maßnahmenplanung und Umsetzung 6
3.1 Maßnahmenplanung 6
3.1.1 Naturschutzfachliche Einreichungen und Ansuchen um Rodungsbewilligung 7
3.1.2 Zukünftige Maßnahmenbereiche 12
3.2 Umsetzung 15
3.2.1 Innovative Maßnahmen 15
3.2.2 Bauliche Maßnahmen 17
3.2.3 Landwirtschaftliche Maßnahmen 18
3.2.4 Instandhaltungen, Wartung und Optimierung bestehender Maßnahmen 21
3.3 Herausforderungen und Hürden bei der Umsetzung von Maßnahmen 24
4 Monitoring 27
4.1 Ergebnisse chemisch- physikalisches Basismonitoring 27
4.2 Gewässermonitoringstationen 32
4.2.1 Betrieb der Monitoringstationen 32
4.2.2 Ergebnisse der Monitoringstationen 34
4.3 Starkregenereignisse 41
4.4 Biologisches Monitoring 45
4.4.2 Vergleich mit der Befischung 2022 63
4.5 Kartierung 66
4.6 Bodenproben und Sedimentproben 68
4.7 Sedimentproben aus dem Gewässer 69
4.8 Flächenbezogenes Monitoring 72
4.8.1 Monitoring mit Drohnendaten 73
4.8.2 Monitoring mit Satellitendaten 74
5 Konzepte zur Übertragbarkeit auf andere Gebiete 77
5.1 Weiterentwicklung des RPhosFate Modells 77
5.1.1 Erhöhung der Rasterauflösung 77
5.1.2 Erweiterung des Models auf einen Multiflow-Algorithmus 79
5.2 Abbildung von Maßnahmenwirksamkeiten 81
5.2.1 RPhosFate 81

5.2.2 Ergebnisse RPhosFate Modellierung 85
5.2.3 Fernerkundung 95
5.3 Zustand des Einzugsgebiets und Ereignisfrachten 100
6 Konzept zur Integration von Methoden für die Evaluierung von Erosions- und Wasserschutz in Oberösterreich 103
6.1 Projektskalierung und Methoden-Auswahl 103
6.2 Integration von Instrumenten innerhalb eines Projektes 109
6.3 Maßnahmenübertragbarkeit 110
7 Anschauungsmaterial für Beratungszwecke 111
7.1 YouTube Film über das ERWINN Projekt 111
7.2 Informations-Folder BWSB 111
8 Interne Projektabstimmung und Öffentlichkeitsarbeit 112
9 Schlussfolgerungen und Ausblick 113
10 Referenzen 115
11 Anhang 117

1 Hintergrund

Die Feinsediment- und Phosphorbelastung der oberösterreichischen Fließgewässer stellt ein relevantes wasserwirtschaftliches und ökologisches Problem dar. So liegen z.B. die Phosphatphosphorkonzentrationen bei ca. einem Drittel der Gewässer Oberösterreichs über den Richtwerten für die Einhaltung des guten Gewässerzustandes. Die landwirtschaftliche Erosion stellt den Haupteintragspfad für Feinsedimente dar. Dieser Eintragspfad ist auch in den meisten Gewässern mit Überschreitung der Richtwerte für Phosphatphosphorkonzentrationen hauptverantwortlich für die Phosphoremissionen.

Maßnahmen zum Erosionsschutz und zum Schutz der Gewässer vor Feinsedimenteinträgen sind vor allem dann wirksam, wenn sie gezielt dort umgesetzt werden, wo der Stoffeintrag stattfindet. Eine Förderung von landwirtschaftlichen Maßnahmen speziell in jenen Bereichen, wo sie zur Vermeidung von Sedimenteinträgen in Oberflächengewässer besonders wirksam sind, wird daher auch in landwirtschaftliche Förderprogramme implementiert und in aufeinanderfolgenden Programmperioden weiterentwickelt.

Vor diesem Hintergrund wurden in den letzten Jahren modellbasierte Maßnahmenstrategien entwickelt, die über die bisherige Praxis hinausgehen. Einen maßgeblichen Anteil hieran hat das rasterbasierte Erosions-, Transport- und Emissionsmodell PhosFate, das zielgerichtet weiterentwickelt werden konnte. Um die Praktikabilität notwendiger, weitergehender Maßnahmenstrategien zu erproben, und ihre Wirksamkeit zu quantifizieren, werden sie seit 2023 in einer Pilotregion getestet. In vorhergehenden Projekten wurde das Einzugsgebiet des Oberdorferbachs als Maßnahmengebiet und das obere Einzugsgebiet des Messenbachs (südlich des Oberndorferbachs) als Vergleichsgebiet ausgewählt sowie ein Maßnahmenkatalog mit vielfältigen Maßnahmen sowohl aus dem Bereich der Landwirtschaft als auch aus dem Bereich der Wasserwirtschaft ausgearbeitet. In Vorarbeiten zu diesem Projekt wurde der Kontakt zu den Landwirtinnen und Landwirten hergestellt und eine enge Kooperation zwischen ihnen, dem wissenschaftlich-technischen Projektteam und der Boden.Wasser.Schutz.Beratung der Landeslandwirtschaftskammer Oberösterreich aufgebaut. Monitoringstationen in den Gewässern wurden konzipiert und Einreichprojekte für eine wasserrechtliche und naturschutzrechtliche Bewilligung eingereicht. Ein biologisches Monitoring zu Dokumentation der Ist-Situation wurde ebenfalls bereits durchgeführt. Weiters wurden verschiedene Formate von Veranstaltungen und Öffentlichkeitsarbeit abgewickelt.

Die nun folgenden Projektphase hat zum Ziel, die Zusammenarbeit mit den Landwirtinnen und Landwirten vor Ort und der Boden.Wasser.Schutz.Beratung fortzusetzen, um Maßnahmen zum Schutz vor Erosion und vor Einträgen in Oberflächengewässer weiterzuführen, weiterzuentwickeln und in ihrer Umsetzbarkeit und Wirksamkeit zu bewerten, das begonnene Monitoring und die Evaluierung der Maßnahmen fortzusetzen und weiterzuentwickeln, die Übertragbarkeit der Ergebnisse zu untersuchen und zu verbessern und die Erkenntnisse einem weiteren Interessentenkreis zu kommunizieren.

2 Ziel des Projektes

Die übergeordnete Zielstellung des Projektes ERWINN lässt sich wie folgt zusammenfassen:

- Förderung der sektorenübergreifenden Zusammenarbeit bei der Entwicklung und Umsetzung gemeinsamer Methoden zur Reduktion des Boden- sowie Phosphorverlustes und Eintrags in die Gewässer, insbesondere in Hinblick auf den Klimawandel
- Quantifizierung und Verifizierung von Maßnahmenwirksamkeiten und Erarbeitung von Handlungsstrategien für eine gemeinsame Maßnahmenoptimierung.
- Wissenstransfer und Übertragung von Expertise in landwirtschaftliche Regionen mit ähnlicher Problematik.

In der Projektphase 2020 – 2021 des Pilotprojekts ERWINN wurde mit der Umsetzung der Maßnahmenstrategien begonnen (Kartierungen, Erstellung eines Maßnahmenkonzept, Kooperationsaufbau mit den betroffenen Landwirt:innen, Planung und Start des Monitoringkonzepts).

In der Projektphase 2022 – 2023 wurde aufbauend auf diese Tätigkeiten in Zusammenarbeit mit den Landwirt:innen im Projektgebiet Maßnahmen umgesetzt und die Herausforderungen in der Praxis evaluiert. Gleichzeitig wurden innovative Methoden der Erosionsidentifikation als Grundlage für weitergehende Beratungstätigkeiten erprobt. Um die Wirksamkeit der Maßnahmen in dem Teileinzugsgebiet darstellen zu können, wurde ein innovativer Ansatz (vergleichende Monitoringaktivitäten auf der Fläche, sowie im Gewässer) entwickelt und die Umsetzung der Monitoringstrategie weiterverfolgt.

Im Folgenden sind die Tätigkeiten und Ergebnisse aus dem Projektjahr 2023-2024 dargestellt. Dabei wird vorerst die Maßnahmenplanung und Umsetzung erläutert, über die Installation und Betrieb der Monitoringstationen berichtet, die vorläufigen Ergebnisse aus den diversen Monitoringstrategien vorgestellt und das Konzept zur Übertragbarkeit auf andere Gebiete erläutert.

3 Maßnahmenplanung und Umsetzung

3.1 Maßnahmenplanung

Im Dezember 2023 fanden einzelbetriebliche Beratungen mit allen Projektlandwirt:innen statt. Besprochen wurden die Kulturarten auf den einzelnen Schlägen, die Teilnahme an ÖPUL Maßnahmen und die Umsetzung von Maßnahmen, die darüber hinausgehen. Im Zuge der Beratung wurde auf die verpflichtenden GLÖZ-Standards und NAPV-Bedingungen hingewiesen, welche auch im Zuge der Maßnahmenplanung Berücksichtigung fanden.

Folgende Maßnahmen wurden im Zuge der einzelbetrieblichen Beratung festgelegt:

- Verkürzung der Hanglänge
- Begrünten Abflussweg
- Begrünten Abflussweg ab 2025
- Verlängertes Vorgewende auf 50 m inkl. breiteren Straßenrandstreifen
- Verzahntes Vorgewende
- Erweiterter Grünstreifen in Richtung Bach
- Diverse Bracheflächen
- Miststreifen und Kleestreifen im Mais quer zum Hang
- Evtl. andere Schlagform dadurch Mulde entschärfen und es wäre Hangverkürzung möglich

- Evtl. Nachbesserungen bei Becken, das im Herbst 2023 errichtet wurde

Es bestand die Möglichkeit im Jahr 2024 wieder sogenannte Drohneneinsaaten durchführen zu lassen. Weiters bestand in Zusammenarbeit mit dem Maschinenring die Möglichkeit, einen Strip Till Versuch mit dem KUHN Striger 100 auf Maisflächen im ERWINN-Gebiet anlegen zu lassen.

Beim Beratungsgespräch wurden auch die Flächen für die Bodenprobenahmen gemeinsam mit den Landwirten besprochen. Darüber hinaus stand das Projektteam im Laufe des Jahres mit der Beratung bei der Umsetzung und Planung von diversen Maßnahmen zur Verfügung.

3.1.1 Naturschutzfachliche Einreichungen und Ansuchen um Rodungsbewilligung

Für die folgenden Maßnahmen wurden Naturschutzfachliche Einreichungen erstellt und Rodungsbewilligungen beantragt. Diese sind im Anhang A beigelegt. Die Umsetzung ist für die nächste Projektphase geplant.

Abb. 1 Ausschnitt aus dem Übersichtslageplan der fünf Maßnahmen – Anhang A.

3.1.1.1 Waldgrabensicherung und Übergabe und Sammelmulde – GN 2527

Auf Grundstück GN 2527 hat sich ein Graben in der Böschung des Ufergehölzsaumes ausgebildet, siehe Abb. 2. Dieser umfasst bereits eine durchschnittliche Tiefe von rund 1,0 m im oberen Bereich. Um eine weitere Erosion dieses Grabens zu vermeiden bzw. diese zu dämpfen und das dadurch erhöhe Einschwämmen von Feinsediment in den Oberndorferbach zu verringern, werden Maßnahmen gesetzt. Es wird ein Waldgrabensicherung, eine Übergabemulde sowie eine Sammelmulde errichtet, um dieser Entwicklung entgegen zu wirken.

Abb. 2 *Ausgeschwämmter Graben (links); Bereich des Grabens vom Feld aus (roter Pfeil markiert stellt zeigt den Graben an).*

Die Positionierung der drei Maßnahmen ist in Abb. 3, sowie im Anhang A dargestellt.

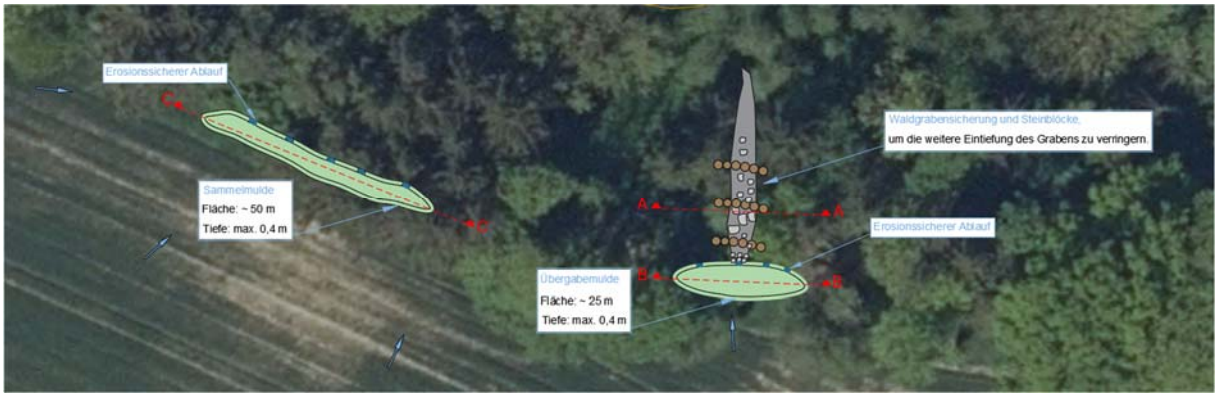


Abb. 3 *Lage der drei Maßnahmen auf GN 2527.*

Waldgrabensicherung

Um der Erosion des Grabens entgegenzuwirken wird eine Waldgrabensicherung eingebaut. Diese wird aus vier Holzpiloten errichtet, welche bis zur Hälfte in das Erdreich eingebunden werden. Ein Querriegel sorgt für weitere Stabilität. Insgesamt werden maximal drei Reihen von diesen Holzsicherungen eingebaut. Zwischen den Sicherungen und insbesondere am Erosionskopf werden Wasserbausteine in den Graben eingebunden um ebenso die Erosion zu vermindern. Eine schematische Darstellung ist in Abb. 4 gegeben. Im Nahbereich des Grabens sind die Bäume so situiert, dass keine Fällung nötig ist.

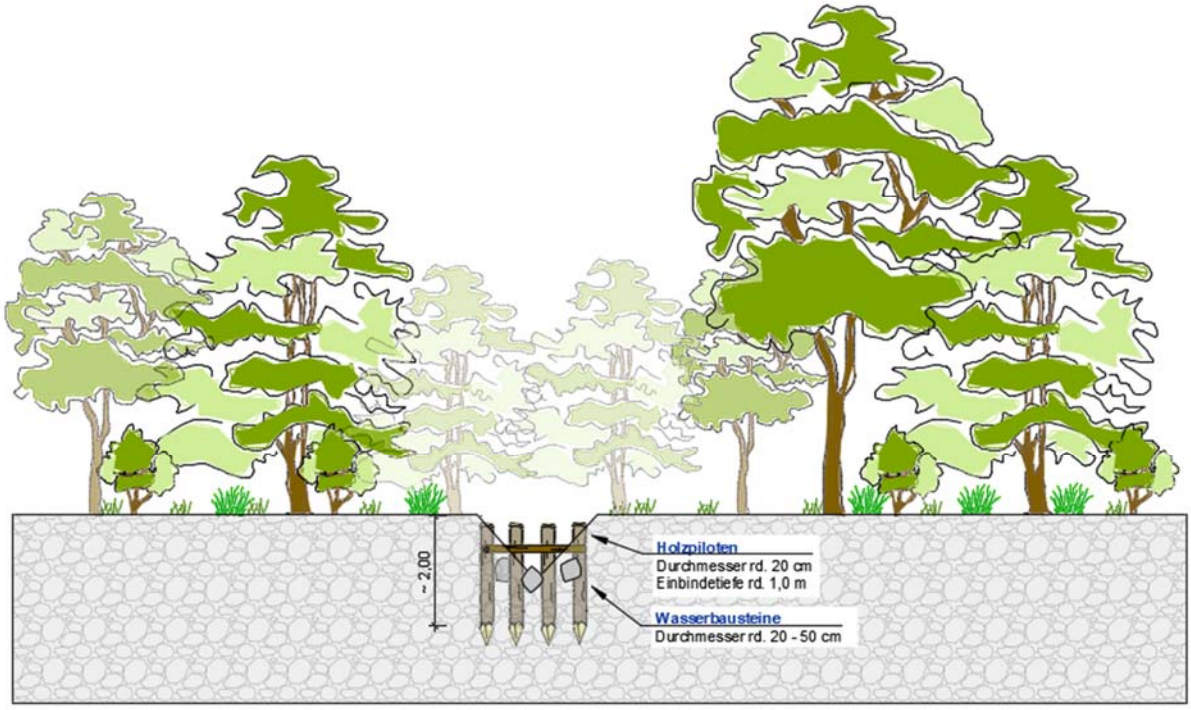


Abb. 4 Schematische Darstellung der Waldgrabensicherung.

Übergabemulde

Die Ausgestaltung einer flachen Übergabemulde, welche südlich der Waldgrabensicherung situiert ist, dient der Entlastung des Grabens. Diese Mulde wird mit mehreren erosionssicheren Abflusskorridoren versehen und verringert somit die punktuelle Entwässerung in den bestehenden Graben. Ebenso wird durch die Ausbildung der Mulde das Absetzen von Feinsediment begünstigt. Bei der Ausführung ist ein besonderes Augenmerk auf die Anbindung von Ackerfläche zu Grünland zu legen. Damit sich die Mulde in das Gelände einfügt, wird auf eine flache Ausführung der Böschung geachtet.

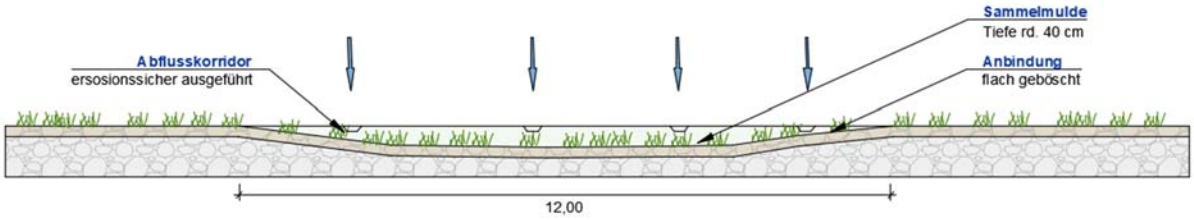


Abb. 5 Längenschnitt der Übergabemulde.

In Abb. 5 ist der schematische Längenschnitt der Übergabemulde dargestellt, die weiteren Schnitte der Maßnahmen sind dem Anhang A zu entnehmen. Zwischen der bewirtschafteten Fläche und dem Gehölzstreifen stehen mehrere Meter für die Ausbildung einer seichten Übergabemulde zur Verfügung, ohne dass in den Ufergehölzsaum eingegriffen werden muss, siehe Abb. 6

Abb. 6 Bereich der Übergabemulde.

Sammelmulde 1

Eine Sammelmulde wird orographisch links der Übergabemulde situiert. Diese dient ebenso, der Entlastung des Grabens. Es werden somit bereits Hangwässer vor dem Geländetiefpunkt abgefangen und eine Ablagerung von Feinsediment ermöglicht, bevor das Hangwasser über mehrere Abflusskorridore flächig in den Uferbereich überlaufen kann.

Abb. 7 Lage der Sammelmulde (links); Maßnahmenbereiche Übergabemulde (rot) und Sammelmulde (blau).

3.1.1.2 Sammelmulde 2 und Sammelmulde 3 – GN 2535

Auf Grundstück GN 2535 wird das Hangwasser am Hangfuß entlang der Ackerfurche abgeleitet. Dies führt zu einem vernässten Bereich in der Ackerfläche und zu einer erhöhten Gefahr des punktuellen Abfluss im Überlastfall. Um diesen konzentrierten Abfluss zu vermindern werden zwei Sammelmulden errichtet.

Abb. 8 *Lage der Sammelmulden.*

Sammelmulde 2

Die Sammelmulde 2 wird in Form einer seichten gestreckten Mulde ausgeführt. Dabei wird der Abfluss entlang der Ackerfurche verringert und das Absetzen von Feinmaterial begünstigt. Es werden mehrere erosionssichere Überläufe angeordnet. Wie in Abb. 9 ersichtlich, sind für die Maßnahme keine Gehölze zu entfernen.

Abb. 9 *Maßnahmenbereich der Sammelmulde 2. Vernässte Ackerfläche (links) und Gehölzfreier Bereich für Sammelmulde.*

Sammelmulde 3

Sammelmulde 3 wird ebenso seicht ausgeführt und mit mehreren Muldenüberläufen versehen. In diesem Bereich ist eine leichte Geländesenke vorhanden. Des Weiteren ist durch ein Drainagerohr bereits ein vegetationsloser Abflussbereich gegeben. Um den punktuellen Abfluss in diesem Bereich im Überlastfall zu vermeiden, wird die Sammelmulde 3 hier situiert.

Abb. 10 Drainagerohr und vegetationsloser Abflussbereich (links) und Abfluss entlang Ackerfurche (rechts).

3.1.1.3 Rechtliche Rahmenbedingungen

Bei der Errichtung baulicher Maßnahmen ist auf die rechtlichen Rahmenbedingungen zu achten. Insbesondere folgende Bewilligung können seitens der Behörde gefordert werden.

- Wasserrechtliche Bewilligung
- Naturschschutzrechtliche Bewilligung
- Rodungsbewilligung

Durch die Lage im Nahbereich eines Gewässers ist zu prüfen, ob die bauliche Maßnahme in den 30-jährlichen Hochwasserabflussbereich fällt. In diesem Fall ist eine wasserrechtliche Bewilligung einzuholen.

Im Zuge von Maßnahmen in einem 50 m Abstand zum Gewässer (Uferschutzbereich) ist von der Behörde zu prüfen, ob eine naturschutzfachliche Bewilligung nötig ist.

Für Eingriffe in den Ufergehölzsaum oder in dessen Nahbereich kann einer Rodungsbewilligung gefordert werden, auch wenn keine Gehölze im Zuge der Umsetzung gerodet oder beeinflusst werden.

Es ist allenfalls anzuraten in der Planungsphase bzw. vor der Bauausführung von Maßnahmen mit der Behörde Rücksprache zu halten.

3.1.2 Zukünftige Maßnahmenbereiche

3.1.2.1 Teich

Planung: Durch eine angepasste Bewirtschaftung von Teichen kann der Eintrag von Nährstoffen und Feinsedimenten erheblich reduziert werden. Die Erstellung eines Bewirtschaftungsplans in Bezug auf Besatzdichten und Fütterung, sowie eine umsichtige Vorgehensweise bei der Reinigung ist essentiell für die Reduktion des Feinsediment- und Nährstoffeintrag in das Gewässer. Das Abschwämmen von abgesetztem Material in das Gewässer ist zu vermeiden. Bei fachgerechter Entnahme des Materials, kann die Teichanlage als Feinsediment-Rückhalt dienen.

Anmerkung: Der Kontakt zu den Teichbesitzern wurde bereits hergestellt. Es wurden erste Gespräche geführt und Informationen zur Teichnutzung gesammelt. Allerdings handelt sich um einen Verein mit

insgesamt acht Eigentümern. Davon haben noch nicht alle zugestimmt bei ERWINN teilzunehmen. Dies soll daher in der nächsten Projektphase weitegeführt werden.

Abb. 11 Teichanlage „Fischerrunde Lambrechten“ (rechts); Durchlass Oberndorferbach (links, vmtl. oben), Zuleitung aus Teichlanlage (links, vmtl. unten).

3.1.2.2 Geländeanpassung

Planung: Das Gelände fällt in diesem Bereich zum Gewässer ab und kann zu einem erhöhten Abfluss in diesem Bereich führen. Ausbildung einer Kombination aus Sammelmulde und Geländeanpassung.

Abb. 12 Potentieller Maßnahmenbereich.

Abb. 13 Potentielle Maßnahme einer Geländeanpassung und Sammelmulde.

3.1.2.3 Anbindung Ackerfurche - Grünland

Nächste Projektphase: Ausarbeitung von Maßnahmen zur Anbindung von Ackerflächen an das Umland, um einen größeren Anteil des Oberflächenabflusses in die dafür vorgesehenen Abflusswege zu leiten.

Abb. 14 Wasserführende Ackerfurchen am 14.09.2024.

3.1.2.4 Absetzmulde

Planung: In Abb. 15 ist der Zuflussbereich einer Verrohrung dargestellt, welche über eine Wiese schließlich in den Oberndorferbach entwässert. Durch eine kleine Absetzmulde könnte der Eintrag von Feinmaterial und Nährstoffen aus den oberliegenden Ackerflächen vermindert werden.

Abstimmung mit Landwirt noch ausständig.

Abb. 15 Oberlauf des Oberndorferbaches; Verrohrung mit direktem Zulauf zum Oberndorferbach (links) Schematische Darstellung der Absetzmulde und Verlauf der Verrohrung. (rechts).

Planung: Im Bereich Neundling 6 und 7 kommt ein nicht unbedeutender Zufluss in einer Verrohrung zum Oberndorferbach. Hier kommt es bei Starkregenereignissen zu ungünstigen Abflussverhältnissen mit Verunreinigungen der Straße. Eine Rückhaltemulde wäre daher eine gute Lösung. Durch die Verrohrungen wären auch bereits Ansätze gegeben, wo man den Abfluss drosseln könnte (siehe Detail 5 in Anhang B bzw. Abb. 16). Diese Ideen wurden schon mit einem der Grundeigentümer besprochen, allerdings konnte bei dem zweiten Grundeigentümer noch kein Interesse geweckt werden.

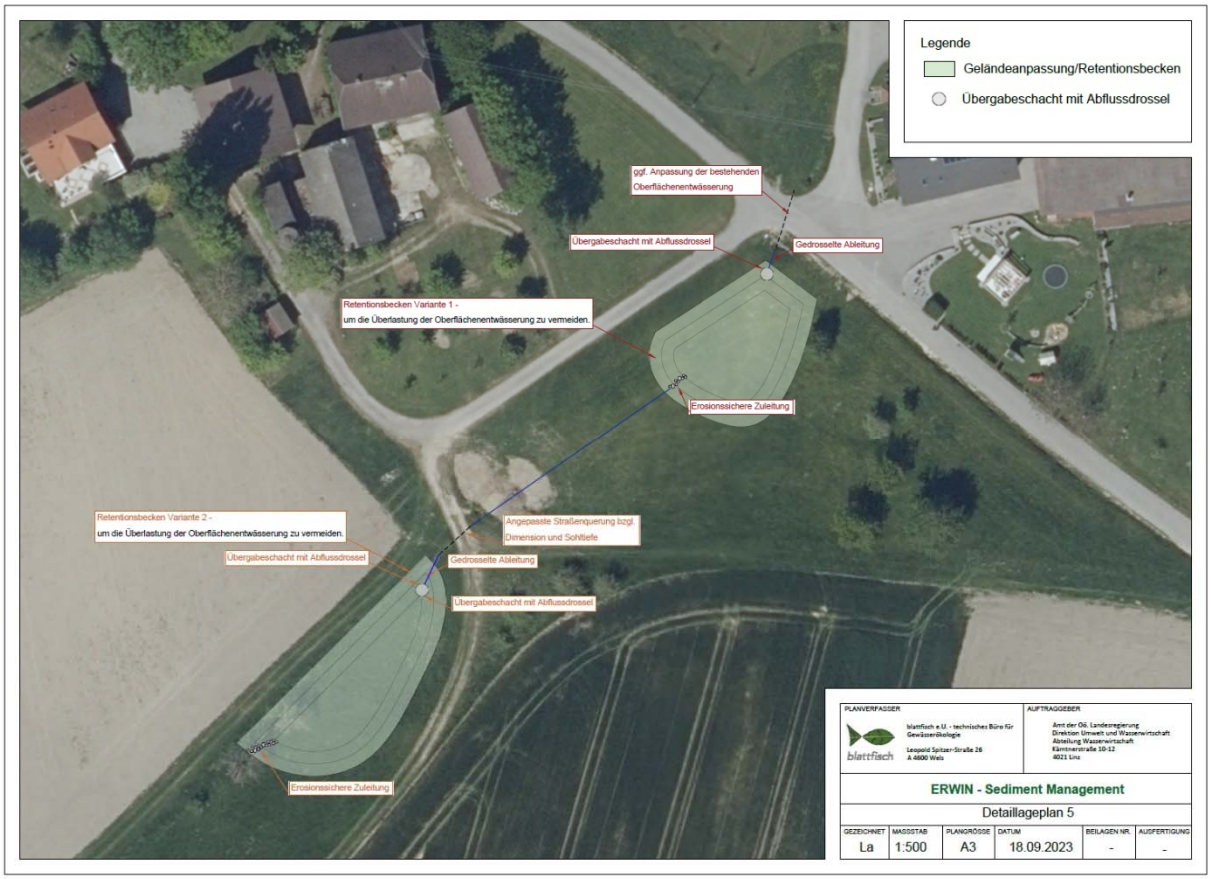


Abb. 16 Mögliche Ansatzpunkte für Rückhaltebereiche

3.2 Umsetzung

Die Maßnahmen wurden im Vorfeld gemeinsam mit den Landwirten besprochen. Die Umsetzung erfolgte im Laufe des Jahres 2024. In den folgenden Kapiteln werden die einzelnen Maßnahmen vorgestellt und die Umsetzung dokumentiert. Die Lage der Maßnahmen ist der Karte im Anhang B zu entnehmen.

3.2.1 Innovative Maßnahmen

Drohneneinsaaten

Den Landwirten im Projektgebiet wurde angeboten wieder Drohneneinsaaten in Zusammenarbeit mit dem Büro BLICKWINKEL durchzuführen. Das Interesse für Einsaaten im Mais war gering. Einzig ein Landwirt hätte Interesse gezeigt. Der entsprechende Acker befand sich nicht innerhalb des Projektgebiets, aber direkt im Anschluss. Die Drohneneinsaat wurde beim Mais dann jedoch nicht durchgeführt.

Zu den Zwischenfruchteinsaaten vor der Getreideernte meldeten sich 2 Landwirte im Portal der Fa. BLICKWINKEL an. Nachdem die Einsaat mit dem Erntetermin abgestimmt sein muss, ist rechtzeitig eine telefonische Absprache mit dem Drohnenpiloten erforderlich. Diese erfolgte jedoch nicht mehr, weshalb die Einsaaten nicht durchgeführt wurden. Die Landwirte führten daher einen herkömmliche Zwischenfruchtanbau nach der Ernte durch. Aufgrund der großen Trockenheit blieb der Aufwuchs bei einem Landwirt aus. Daraufhin kontaktierte dieser die Fa. Blickwinkl nochmals, um auf der betroffenen Fläche die Zwischenfrucht zusätzlich mit der Drohne anzusäen.

Striger-Versuche

In Zusammenarbeit mit dem Maschinenring waren Versuche mit dem Strip Till Gerät „ Kuhn Striger 100" im und um das Projektgebiet geplant. Hierfür fanden einige Informationsveranstaltungen im Vorfeld statt. Der Maschinenring stellte ein Gerät zur Verfügung. Je nach Wetterlage, Bodenbeschaffenheit und geplantem Anbauzeitpunkt erfolgte der Strigereinsatz individuell auf den einzelnen Versuchsflächen. Im Raum Lambrechten war es aufgrund der Feuchtigkeit im Frühjahr lange Zeit nicht möglich mit dem Gerät die Streifen für die spätere Einsaat zu ziehen. Als die Bedingungen dafür gegeben waren stand das Strip-Till Gerät nicht mehr zur Verfügung, weshalb die geplanten Versuchsflächen herkömmlich angebaut wurden.

In direkter Nachbarschaft zum Projektgebiet bewirtschaftet ein Landwirt bereits seit mehreren Jahren seine Flächen pfluglos. Nachdem die Versuche im Projektgebiet nicht zustande kamen, wurden seine Flächen besichtigt.

Der Landwirt legte selbständig einen kleinen Versuch an, indem er zwei nebeneinanderliegende Flächen unterschiedlich auf den Maisanbau vorbereitet hat. Variante 1 wurde mit Scheibenegge bearbeitet, bei Variante 2 wurde ein Strip Till Gerät für das Ziehen der Säschlitze eingesetzt, sonst erfolgte keine Bodenbearbeitung. Der Maisanbau erfolgte auf beiden Flächen in etwa zum selben Zeitpunkt (1 Woche Unterschied). Bei den Besichtigungen im Juli 2024 waren keine merkbaren Unterschiede im Aufwuchs zwischen den beiden Flächen zu erkennen. Die Variante 2 war aufgrund des etwas früheren Anbaus geringfügig höher. Auf der Strip-Till Fläche war insgesamt mehr Material auf der Oberfläche zu sehen.

Nach den langandauerndem Regenereignis im September 2024 blieben die Böden auf beiden Flächen stabil, es waren somit keine nennenswerten Erosionen sichtbar. Generell war die Pflanzenentwicklung gut und gleichmäßig und es ist kein Unterschied zwischen den Varianten zu erkennen. Es wird ein ähnlich hoher Ertrag erwartet.

Abb. 17 Variante 1 – Scheibenegge

Abb. 18 Variante 2 – Strip Till

Auffällig war, dass auf beiden Flächen zum Zeitpunkt der Besichtigung viele Regenwurmlöcher an der Bodenoberfläche zu sehen waren, was ein gutes Zeichen für die Bodendurchlüftung und die Versickerungsleistung ist und somit einen wertvollen Beitrag zum Erosionsschutz leistet.

Abb. 19 Viele Regenwurmlöcher gewährleisten ein schnelles Versickern des Niederschlags

3.2.2 Bauliche Maßnahmen

Es wurden heuer keine baulichen Maßnahmen umgesetzt.

3.2.3 Landwirtschaftliche Maßnahmen

Verzicht auf Vorgewende

Die Idee beim Verzicht auf das Vorgewende ist, dass bei einem Anbau quer zum Hang keine Bearbeitung in Fallrichtung beim Vorgewende erfolgt, sondern auf dieses eben verzichtet wird. Stattdessen kann ein Grünstreifen oder eine Grünbrache angelegt werden, in welches das Oberflächenwasser abgeleitet wird.

Beim Gutgsellfeld (Mayrhofer) wurde diese Idee erstmals ausprobiert. Der Maisanbau erfolgte durch einen Lohnunternehmer, welcher ein GPS-gesteuertes Lenksystem verwendet. Im Zuge des Anbaus ergaben sich jedoch mehrere Probleme (siehe Kapitel 3.3), daher musste trotzdem wieder ein Vorgewende in Hangrichtung angebaut werden. Bei der letzten Überfahrt in Richtung Rand wurde jedoch eine Grünbrachenmischung eingesät und an 3 Stellen händisch die Quereinsaat durchgeführt, sodass schlussendlich zumindest ein Verzahntes Vorgewende mit Grünbrache angelegt wurde.

Abb. 20 Versuch des Vorgewende-Verzichts im Mai (links) und Mitte Juni (rechts)

Verzahntes Vorgewende

Beim Gutgsellfeld (Mayrhofer) und beim Untergruberfeld (Freund) wurde ein verzahntes Vorgewende errichtet. Dabei erfolgte der Anbau beim Vorgewende sowohl in Hangrichtung als auch quer dazu. Diese Anbautechnik hat sich im Vorjahr bewährt und wurde daher heuer wieder angewendet.

Anschluss an bestehenden Begrünten Abflussweg

Zwischen den Flächen Untergruberfeld (Egger) und Schusterleitn (Egger) befindet sich bereits seit mehreren Jahren eine Grünfläche, welche als Abflussweg fungiert. Um die Funktion eines Begrünten Abflussweges zu gewährleisten, ist ein flächiger Anschluss des Ackers an die Grünfläche notwendig, da sonst durch Ackerfurchen oder andere Geländesprünge das Wasser am Rand abgeleitet wird und dadurch nicht in den Grünstreifen gelangt. Beim Untergruberfeld wurde der vorhandene Geländesprung daher eingeebnet, um den Anschluss wieder besser herzustellen.

Abb. 21 Verbesserter Anschluss an den bestehenden Abflussweg

Bearbeitung quer zum Hang

Die Fläche Untergruberfeld (Freund) ist annähernd rechteckig mit den Abmessungen von ca. 320 x 180 m. Es bietet sich an, die Fläche in Längsrichtung zu bewirtschaften, jedoch verläuft die Bearbeitungsrichtung dann in Hangrichtung. Heuer wurde der Maisanbau zur Gänze quer zum Hang umgesetzt, nachdem im Vorjahr ein verbreitertes Vorgewende umgesetzt wurde.

Miststreifen

Auf den Flächen Unteres Gruberfeld und Winklland (beide Ertl) wurden nach dem Maisanbau mehrere Miststreifen in einem Abstand von ca. 15 m quer zum Hang ausgebracht.

Abb. 22 Miststreifen quer zum Hang

Verbreiterung bestehender Straßenrandstreifen

Bei der Fläche Untergruberfeld (Freund) bestand bereits ein Straßenrandstreifen mit ca. 3 m Breite. Dieser wurde auf eine Breite von ca. 5 m erweitert.

Abb. 23 Verbreiteter Straßenrandstreifen

Verbreiterung bestehender Gewässerrandstreifen

Entlang des Gewässers bei der Fläche Bachfeld (Doblhamer) bestand bereits ein Gewässerrandstreifen mit einer Breite von ca. mind. 5 m. Nachdem der Acker mehrere Bögen beinhaltet und dadurch eine Bearbeitung ohnehin erschwert, wurde der Gewässerrandstreifen an mehreren Stellen erweitert, sodass die Bearbeitung erleichtert wird und gleichzeitig ein höherer Oberflächengewässerschutz besteht.

Erhalten bestehender Grünbrachen

Bei den Flächen Untergruberfeld (Egger) und Schusterleitn (Egger) wurde im Vorjahr eine Grünbrache angelegt, welche bis 2024 erhalten blieb und somit weiterhin als Schutz der Oberflächengewässer dient.

Neue Grünbrache

Im Bereich oberhalb der Gänseweide wurde auf der Fläche Strassfeld rechts (Mayrhofer) eine Grünbrache angelegt, womit der Eintrag in den Hang und somit ins Gewässer verringert werden kann. Eine weitere neue Grünbrache wurde auf der Südostseite beim Gutgsellfeld (Mayrhofer) entlang des bestehenden Gewässerrandstreifen und unterhalb des angebauten Mais errichtet.

Abb. 24 Grünbrache beim Strassfeld rechts (links) und beim Gutgsellfeld (rechts)

Hangteilung

Beim Neufeld (Wiesinger) wurde bei einem ca. 160 m langen Hang eine Unterteilung zwischen Winterung und Sommerung durchgeführt, wodurch der Hang in der Länge geteilt wurde. Am Oberhang war Soja angebaut, am Unterhang Winterweizen. Ähnliches erfolgt beim Hausfeld (Egger), wo Silomais und Wintergerste abwechselnd angebaut wurde. Bei der Fläche Bachfeld (Doblhamer) wurde ebenfalls eine Teilung durchgeführt, wodurch am Oberhang Wintergerste und am Unterhang Winterweizen angebaut wurde.

Abb. 25 Hangteilung beim Neufeld (links) und beim Hausfeld (rechts)

3.2.4 Instandhaltungen, Wartung und Optimierung bestehender Maßnahmen

Im Zuge der Begehungen im Projektgebiet fielen mehrere notwendige Reparaturarbeiten ins Auge, welche alsbald in Angriff genommen werden sollten. Dies betrifft die Instandhaltung von Straßen- und Gewässerrandstreifen, sowie das Ausräumen von Rigolen. Das Ausräumen von Straßengräben und Rigolen wird generell von der Gemeinde Lambrechten durchgeführt. Eine Zusammenarbeit des Projektteams mit der Gemeinde ist erstrebenswert, da dabei eine Ermittlung des Inhalts erfolgen könnte.

3.2.4.1 Instandhaltung Randstreifen

Bei einem bereits bestehenden Straßenrandstreifen wurde ein Schaden festgestellt, wodurch das Oberflächenwasser nicht mehr über den Grünstreifen geleitet wird, sondern direkt über einen Kurzschluss in den Graben und weiter ins Gewässer. Dieser Schaden sollte jedenfalls behoben werden, wobei dabei darauf zu achten ist, dass die reparierte Stelle schnellstmöglich bewachsen wird, da sonst abermals ein Aufreißen an derselben Stelle zu befürchten ist.

Abb. 26 Durchgerissener Straßenrandstreifen

Bei einem ca. 30 m breiten Gewässerrandstreifen wurde ebenfalls ein Schaden entdeckt. Dieser riss direkt unter dem Acker auf einer Länge von ca. 15 m auf, wodurch der Oberflächenabfluss bei stärkeren Regenereignissen hauptsächlich über den Riss abgeleitet wurde. Darunter bildete sich eine kleine Senke, wodurch der Eintrag ins Gewässer hintangehalten wurde, trotzdem ist es ratsam, diesen Schaden zu beheben. Der Schaden wurde noch in diesem Jahr vom Landwirt selbst behoben.

Abb. 27 Beschädigter Gewässerrandstreifen mit Mulde unterhalb des Schadens

In bereits bestehenden Erosionsschutz-Hecken gab es einige Ausfälle von im Jahr 2023 gesetzten Heckenpflanzen. Um die Funktion zu gewährleisten, wurden die Lücken mit neuen Heckenpflanzen aufgefüllt.

3.2.4.2 Mulde Bestand

Die bestehende Mulde, welche im Rahmen von ERWINN im Jahr 2023 errichtet wurde, zeigt am 14.09.2024 einen Einstau, siehe Abb. 28. Die Wirksamkeit der Mulde könnte allerdings noch deutlich erhöht werden.

Abb. 28 Sammelmulde am 14.09.2024.

Die Abflussverhältnisse im Zuflussbereich der Mulde sind zu optimieren. Durch die Ackerfurche vor der Mulde fließt ein Teil des Hangwassers an der Mulde vorbei.

Abb. 29 Zuflussbereich der Mulde auf GN 2535.

3.2.4.3 Wartung bestehender Infrastruktur

Planung: Die Optimierung der Abflussverhältnisse im Maßnahmengebiet kann durch die Wartung von Einbauten wie Straßenrigolen, Rohren, Mulden, etc. verbessert werden. Laut Auskunft der Landwirte werden diese Einbauten zum Teil durch die Gemeinde gewartet.

Umsetzung: Ziel ist es solche Bereiche zu dokumentieren und in der nächsten Projektphase gesammelt zu warten, sofern die Wartung nicht bereits durch die Landwirte selbst erfolgt ist.

Abb. 30 Auswahl dreier Abflusswege, welche zu warten sind.

3.3 Herausforderungen und Hürden bei der Umsetzung von Maßnahmen

Ergänzend zu den bereits im Vorjahresbericht (Weinberger et al, 2024) beschriebenen, ergaben sich im Projektjahr 2024 folgende Herausforderungen und Hürden:

Verzicht auf das Vorgewende

Beim Gutgsellfeld (Mayrhofer) wurde erstmals der Verzicht auf das Vorgewende versucht umzusetzen. Nachdem der Anbau durch einen Lohnunternehmer erfolgt, ist der Einfluss des Landwirts auf die genaue Ausgestaltung nur gering. Hinzu kommt, dass der Lohnunternehmer ein GPS-gesteuertes Lenksystem verwendet. Es stellte sich heraus, dass es nicht so einfach möglich ist, bei dieser Technik den Anbau quer zum Hang so zu verlängern, sodass kein Vorgewende benötigt wird. Das System schlägt Alarm, da laut seinen Berechnungen an dieser Stelle nicht mehr quer, sondern längs zum Hang angebaut werden müsste. Es wäre somit eine vollkommen neue Planung im Vorfeld notwendig, um diese Maßnahme umsetzen zu können.

Im Fall beim Gutgsellfeld musste daher trotzdem wieder ein Vorgewende in Hangrichtung angebaut werden. Bei der letzten Überfahrt in Richtung Rand wurde jedoch eine Grünbrachenmischung eingesät und an 3 Stellen händisch die Quereinsaat durchgeführt, sodass schlussendlich zumindest ein Verzahntes Vorgewende mit Grünbrache angelegt wurde.

Es ist daher mit einem höheren Aufwand zu rechnen, wenn der Verzicht auf das Vorgewende mit einem GPS-gesteuerten Lenksystem umgesetzt werden soll.

Anbau quer zum Hang

Bei der Fläche Untergruberfeld (Freund) wurde heuer erstmals der Körnermais quer zum Hang angebaut. Die Breite des Ackers mit durchschnittlich 180 m lässt dies durchaus zu, jedoch wurde bereits vom Landwirt angekündigt, eine gesamte Bewirtschaftung quer zum Hang auf diesem Acker nicht mehr durchführen zu wollen. Als Grund wird die Erschwernis bei der Ernte genannt, da die Ernte beim Körnermais in Anbaurichtung erfolgen muss und daher auch bei der Ernte quer zum Hang gefahren werden muss. Für das Abtanken des Mähdreschers können somit nicht die beiden befestigten Wege im Norden und Süden genutzt werden, sondern er müsste am nicht befestigten Wiesenweg im Osten Abtanken, oder aber extra zu einem der befestigten Wege fahren. Der nicht befestigte Wiesenweg ist für die mehrmalige und hohe Belastung nicht ausgelegt, weshalb die zweite Variante umgesetzt werden muss, was zusätzliche Fahrtzeiten verursacht.

Seitens des Landwirts wurde daher bereits angekündigt, dass eine Verbreiterung des Vorgewendes auf bis zu 50 m gerne in Zukunft wieder umgesetzt wird, aber eine gesamte Querbewirtschaftung auf dem Acker nicht.

Ackerfurche zur Grünbrache

Bei der Schusterleitn (Egger) wurde im Jahr 2023 eine Grünbrache angelegt, welche bisher bestehen blieb. Die anschließende Ackerfläche wurde bearbeitet und heuer Wintergetreide angebaut, dabei entstanden Furchen zwischen der Grünbrache und der Ackerfläche, wodurch die Grünbrache nur bedingt seine Wirkung entfalten kann. Diese Furchen entstehen durch die Bodenbearbeitung und insbesondere durch den Pflug, wenn entlang der Grünbrache die Bearbeitung erfolgt. Es gilt daher, gemeinsam mit den Landwirten eine praktikable Strategie zu entwickeln, wie die Bearbeitung erfolgen soll, damit diese Furchen nicht entstehen

Erosionsschutzstreifen beim Mais

Im Vorjahr wurden im Projektgebiet auf mehreren Flächen Erosionsschutzstreifen angelegt. Großteils erfolgte dies mit der Drohne, in einem Fall wurde auch versucht, diese Einsaat mittels herkömmlicher Sämaschine umzusetzen. Die meisten Streifen entwickelten sich erst sehr spät und wurden durch die herkömmliche Herbizidspritzung im Mais vernichtet. In einem Fall konnte sich der Streifen besser entwickeln, da ein anderes Herbizid eingesetzt wurde, jedoch überwiegte bis zur Ernte der Unkrautanteil in diesen Streifen, weshalb dieses Verfahren für die Landwirte wenig attraktiv wirkte. Bei der Umfrage, ob im Jahr 2024 wieder Erosionsschutzstreifen angelegt werden, wurde seitens der Landwirte abgelehnt mit dem Argument, dass die Unkrautregulierung schwierig sei. Entweder wird zuviel gespritzt, dann ist der Aufwand umsonst, oder aber zu wenig, wodurch eine Verunkrautung entlang der Streifen entsteht. Dies sei dann für die Beerntung und die nachfolgenden Kulturen negativ.

Drohneneinsaat beim Getreide

Eine Drohneneinsaat vor der Getreideernte wurde seitens der Landwirte positiv bewertet. Auch in diesem Jahr meldeten sich wieder einige, diese Einsaat durchführen zu wollen. Leider gab es Missverständnisse in der Kommunikation mit dem Drohnenpiloten, so kam der Termin nicht zustande und die Ernte erfolgte ohne vorheriger Zwischenfruchteinsaat.

Generell ist die Zwischenfruchteinsaat beim Getreide stark abhängig von der Witterung und der geplanten Ernte, da das Korn bereits einige Tage liegen soll, bevor die Ernte erfolgt. Jedoch soll der Zeitraum auch nicht zu lange gewählt werden, da die Zwischenfruchtpflanzen sonst zu groß werden und durch die Erntemaschinen wieder zerstört wird. Es ist daher eine gute Planung und Abstimmung mit dem Drohnenpiloten erforderlich, der wiederum bei zeitlichen Überschneidungen mit anderen Gebieten

bereits ausgebucht sein kann, und die Befliegung daher dann nicht oder zu einem nicht idealen Zeitpunkt erfolgen kann.

Witterung

Nach der Ernte des Wintergetreides im Gebiet war die Witterung sehr trocken und das über einen längeren Zeitraum. Deshalb war ein schlechtes Aufkeimen der nach der Ernte angebauten Zwischenfrüchte zu beobachten. In einzelnen Fällen musste daher eine zweite Einsaat erfolgen. Die Landwirte sind durchwegs bemüht, einen guten Aufwuchs bei der Begrünung zu erzielen. Manchmal macht aber die Witterung einen strich durch die Rechnung was einen zusätzlichen Aufwand erfodert.

Striger Einsatz

Für das Jahr 2024 war der Einsatz eines Streifenanbau-Geräts angedacht. Aufgrund mehrerer Umstände kam dieser Versuch nicht zu Stande. Das Interesse bei den Landwirten ist vereinzelt da, aber es wurden in der Vergangenheit schon ähnliche Geräte getestet, wo ein schlechter Aufwuchs beim Mais beobachtet wurde oder das Saatgut ausgeschwemmt wurde. Die Erwartung an den KUHN Striger ist in dieser Region daher nicht allzu groß, aber zumindest auf Teilflächen wäre es interessant zu testen. Es wurde jedoch schon bei der Planung der Versuche von Seiten der Landwirte angemerkt, dass auf einem steilen Acker der Striger nicht eingesetzt wird, da dann Auswaschungen befürchtet werden. Diese Aussage widerspricht sich mit der Theorie, wonach die Erosion durch den Streifenanbau vermindert werden soll.

Nachdem der Versuch nicht umgesetzt werden konnte, bleibt die Bestätigung oder Wiederlegung dieser Theorie noch aus. Für das Jahr 2025 waren im Herbst 2024 keine weiteren Versuche geplant. Die Bewirtschaftung der zukünftigen Maisflächen erfolgte daher herkömmlich, das heißt es ist ein Umbruch der Zwischenfrucht als Vorbereitung für den Maisanbau im Frühjahr 2025 notwendig, weshalb ein spontaner Einsatz des Striger nicht möglich ist.

Zustimmung der Eigentümer

In dieser Projektphase war, in Bezug auf bauliche Maßnahmen, vorrangig die Erstellung von Einreichunterlagen für eine spätere Umsetzung geplant. Die damit verbundenen Herausforderungen haben sich vorwiegend auf das Erlangen der Zustimmung der betroffenen Grundstückseigentümer bzw. auf deren Auftreten als Konsenswerber bezogen. Auch wenn grundsätzlich Interesse an den vorgeschlagenen Maßnahmen vorhanden war, konnten in diesem Zeitraum nicht bei allen Maßnahmen fixe Zusagen erwirkt werden. Daher ist das Weiterverfolgen dieser Planungskonzepte zu empfehlen, allerdings sind auch ein gewisser Zeitaufwand und vor allem einige Besuche der betroffenen Eigentümer für das Gewinnen von neuen Teilnehmern für ERWINN-Maßnahmen einzukalkulieren.

Aktuelle Grundstücksnummern

Durch die Veränderung der Grundstücksgrenzen im Zuge der Flurbereinigung gab es Verzögerungen, da für einen gewissen Zeitraum keine aktuellen Grundstücksverzeichnisse abgefragt werden konnten und die neuen Grundstücksnummern – auch den Eigentümern – noch nicht bekannt waren.

4 Monitoring

4.1 Ergebnisse chemisch- physikalisches Basismonitoring

Die Abteilung Umweltschutz der Direktion Umwelt und Wasserwirtschaft der Umwelt Prüf- und Überwachungsstelle des Landes OÖ führt im Auftrag der Abteilung Wasserwirtschaft eine monatliche Beprobung im Projektgebiet durch. Dabei werden 6 verschiedene Stellen an Fließgewässern beprobt:

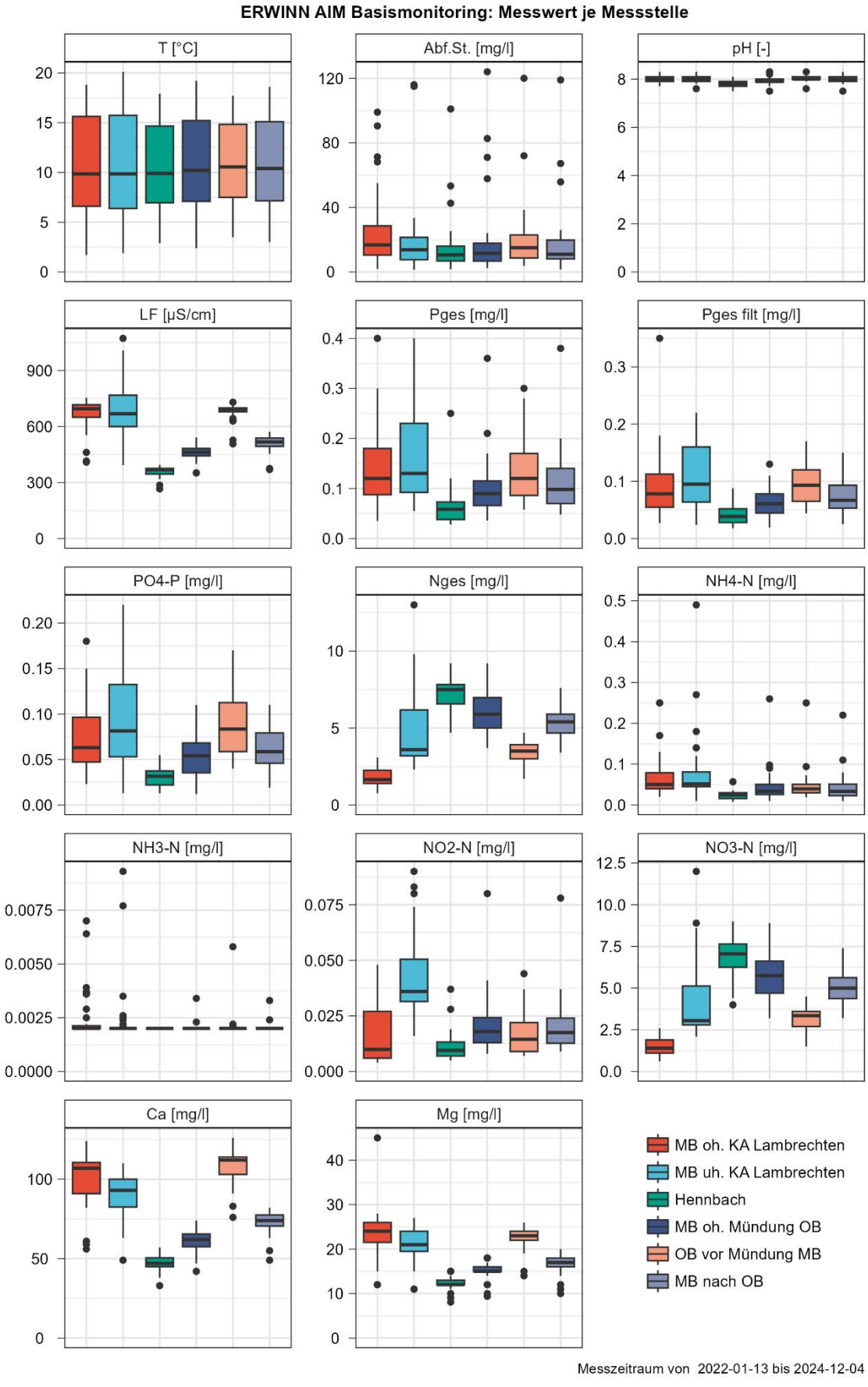
1. Messenbach oh KA Lambrechten ca. km 11,89
2. Messenbach uh KA Lambrechten ca. km 10,29
3. Hennbach ca. km 0,09
4. Messenbach 50m oh Mündung Oberndorferbach ca. km 9,43
5. Oberndorferbach vor Mündung Messenbach ca. km 0,06
6. Messenbach nach Oberndorferbach ca. km 9,24

Für die Auswertung standen die Messdaten von Anfang 2022 bis Dezember 2024 zur Verfügung. Insgesamt 36 Proben je Station.

Gemessen wurden insgesamt 27 verschiedene Parameter: Temperatur (T), Abfiltrierbare Stoffe (Abf.St.), pH-Wert (pH), Leitfähigkeit (LF), Phosphor gesamt (P_{ges}), Phosphor gelöst ($P_{ges\ filt}$), Orthophosphat (PO_4), Chlor (Cl), Ammonium (NH_4), Ammoniak (NH_3), Stickstoff gesamt (Nges), Nitrit (NO_2), Nitrat (NO_3), Kalzium (Ca), Magnesium (Mg), Natrium (Na), Kalium (K), Hydrogenkarbonat (HCO_3), Säurekapazität (SBV), Gesamthärte (Härte GH), Karbonathärte (Härte KH), Sauerstoff gelöst (O_2), Sulfat (SO_4), gelöste organisch gebundener Kohlenstoff (DOC) sowie der organisch gebundene Gesamtkohlenstoff (TOC). Seit Mai 2024 entfallen die Messungen der nicht zwingend erforderlichen Parameter Kalzium (Ca), Magnesium (Mg), Natrium (Na), Kalium (K), Hydrogenkarbonat (HCO_3), Säurekapazität (SBV), Gesamthärte (Härte GH) und Karbonathärte (Härte KH, um den Laboraufwand zu minimieren.

Die Variabilität der einzelnen Parameter je Probenahmestelle ist in Abb. 31 ersichtlich. Das Vergleichsgebiet (Messenbach Oberlauf) und das Maßnahmengebiet (Oberndorferbach) zeigen die höchsten Median-Phosphorkonzentrationen (P_{ges}, $P_{ges\ filt}$), während das Referenzgebiet Hennbach die niedrigsten aufweist. Dies zeigt, dass die Vergleichsgebiete eine erhebliche Phosphorbelastung aufweisen und eine geeignete Wahl zur Beantwortung der im Projekt gestellten Fragen darstellen. An der Messstelle Messenbach unterhalb der Kläranlage sind höhere Salzkonzentrationen (Cl, Na, K) messbar. Dies kann auf einen Einfluss der Kläranlage zurückgeführt werden. Die weiteren Parameter sind unauffällig.

Der zeitliche Verlauf der einzelnen Parameter je Probenahmestelle ist in Abb. 32 ersichtlich. Hier zeigen sich erhöhte Ammonium- und Ammoniakkonzentrationen im Frühjahr und Herbst 2022 im Messenbach oberhalb und unterhalb der KA Lambrechten und im Oberndorferbach und auch im Herbst 2023 unterhalb der KA Lambrechten. Die erhöhten Salzkonzentrationen im Sommer 2022 & 2023 (Cl, Na, K), die einen Anstieg der Leitfähigkeit bewirken, sind wahrscheinlich auf die geringe Verdünnung des Kläranlagenablaufs zufolge geringer Wasserführung im Messenbach zurückzuführen. Die erhöhten DOC und TOC Werte im Dezember 2022 und April 2023 an allen Messstellen korrelieren mit den abfiltrierbaren Stoffen und sind wahrscheinlich auf erhöhte Abflussführung und damit Schwebstofftransport zurückzuführen. Dies lässt sich aufgrund der zu diesem Zeitpunkt fehlenden Abflussmessung an den Standorten jedoch nicht validieren.


ERWINN AIM Basismonitoring: Messwert je Messstelle
T [°C]
Abf.St. [mg/l]
pH [-]
LF [µS/cm]
Pges [mg/l]
Pges filt [mg/l]
PO4-P [mg/l]
Nges [mg/l]
NH4-N [mg/l]
NH3-N [mg/l]
NO2-N [mg/l]
NO3-N [mg/l]
Ca [mg/l]
Mg [mg/l]
MB oh. KA Lambrechten
MB uh. KA Lambrechten
Hennbach
MB oh. Mündung OB
OB vor Mündung MB
MB nach OB
Messzeitraum von 2022-01-13 bis 2024-12-04

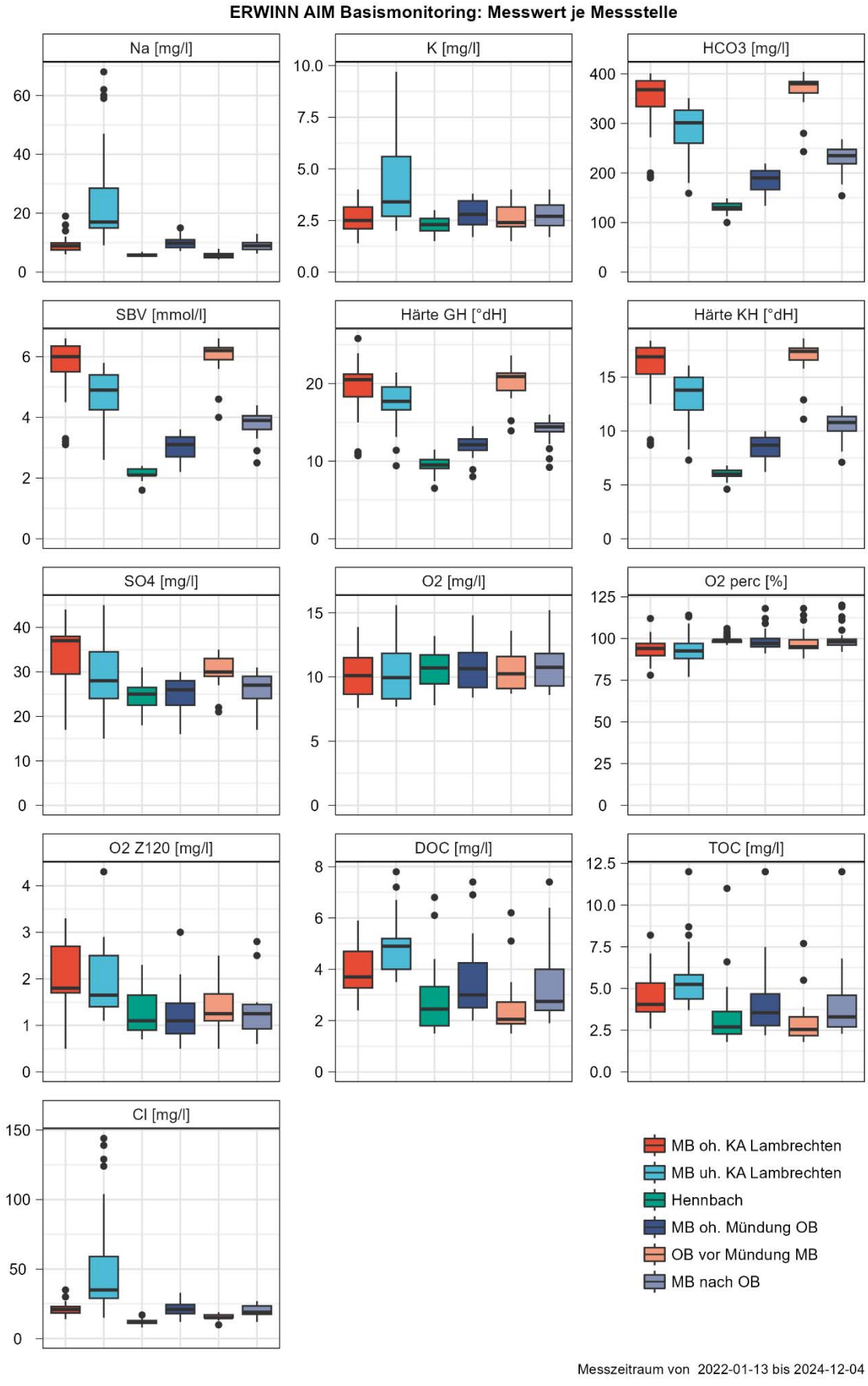


Abb. 31 Boxplots der Messwerte über die Messstelle je Parameter

ERWINN AIM Basismonitoring: Messwert je Messstelle über den Messzeitraum
T [°C]
Abf.St. [mg/l]
pH [-]
LF [µS/cm]
Pges [mg/l]
Pges filt [mg/l]
PO4-P [mg/l]
Nges [mg/l]
NH4-N [mg/l]
NH3-N [mg/l]
NO2-N [mg/l]
NO3-N [mg/l]
Ca [mg/l]
Mg [mg/l]
05/22
11/22
05/23
11/23
05/24
11/24
MB oh. KA Lambrechten
MB uh. KA Lambrechten
Hennbach
MB oh. Mündung OB
OB vor Mündung MB
MB nach OB
Messzeitraum von 2022-01-13 bis 2024-12-04

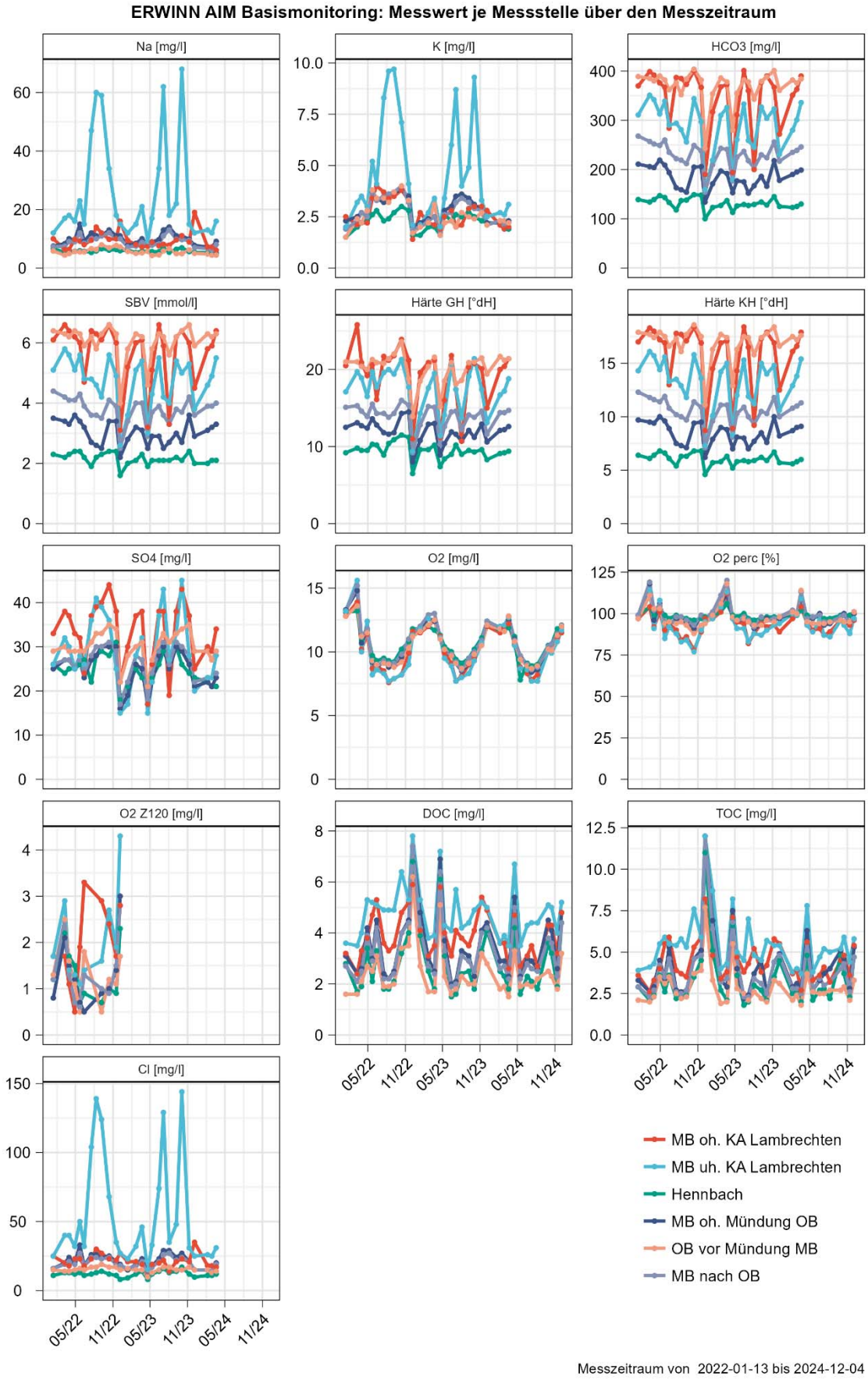


Abb. 32 Zeitlicher Verlauf der Messwerte je Parameter mit farblicher Unterteilung nach Messstelle

4.2 Gewässermonitoringstationen

4.2.1 Betrieb der Monitoringstationen

Die beiden Monitoringstationen am Messenbach und am Oberndorferbach wurden im April 2024 eingebaut und sind seither in Betrieb. Sie bestehen jeweils aus einem kontinuierlichen Probennehmer, einer Leitfähigkeitssonde, einer pH-Sonde, einer Schwebstoffsonde und zwei verschiedenen Wasserstandsonden (Drucksensor und Ultraschall).

Am 13. Mai 2024 wurde ein Einführungstermin von der TU und dem UBA für die Betreuung der Monitoringstationen veranstaltet. Dabei wurde die die Wartung der Station, sowie die Bedienung der Gerätschaften genau erläutert. Die Betreuung der Station wird vorwiegend von blattfisch e.U. übernommen, in Rücksprache mit Nikolaus Weber (TU) und Oliver Gabriel (UBA). Die Wartung der Station wird ebenso durch Herrn Ertl (Projektlandwirt) unterstützt, um schnelles Eingreifen zu ermöglichen und den Zeitaufwand für die Wartung gering zu halten.

Die Betreuung der Station umfasst folgende Tätigkeiten

- Die laufende Überprüfung der Onlineübertragung der Messwerte, um gezieltes Eingreifen im Falle von Auffälligkeiten zu ermöglichen.
- Die Anpassung von Einstellungen des Probenehmers und der Sensoren – in Rücksprache mit der TU und dem UBA.
- Die Wartung der Station durch die Reinigung der Messinstrumente und anderer Anlagenteile, das Freihalten des Sichtfeldes der Kamera, Reinigung des Grobrechens (Messenbach) im Falle von Verklausungen (Abb. 33), Entleerung von Flaschen bei Probenahmen, welche nicht analysiert werden.
- Das Abfüllen und Protokollieren gezogener Proben im Falle der Eventbeprobung .
- Die Lieferung der Eventproben der Landwirte und der Monitoringstationen an das Labor.
- Die Koordination aller Beteiligten (TU, UBA, Labor, Landwirte).

Von Mai bis Ende Dezember 2024 war 12 Wartungen der Monitoringstationen durch blattfisch e.U. nötig. Zusätzlich wurde die Station auch von Herrn Ertl betreut. Insbesondere die ersten Wochen und Monate waren wartungsintensiver, da noch Anpassungen an den Grenzwerten zur Probenahme durchgeführt werden mussten. Dadurch wurde die Probenahme oft ausgelöst, wodurch eine Leerung der Probeflaschen zu erfolgen hatte. Ebenso mussten noch Feinjustierungen des Probenehmers durchgeführt werden, um einen reibungslosen Ablauf zu bewerkstelligen.

Abb. 33 Ansammlung von Gwschemmsel am Messenbach.

Im Zuge der Wartungsarbeiten zeigt sich eine deutlich höhere Verunreinigung der Messstation am Oberndorferbach. Abb. 34 zeigt den Unterschied der Verunreinigung der Station im Oberdorferbach (links) zu der Station im Messenbach (rechts). Dieser Zustand ist im Sommer nach ca. zwei Wochen erreicht. Allerdings ist hier sicher auch die erhöhte Fließgeschwindigkeit durch den konzentrierten Abfluss am Grobrechen des Messenbaches ein Einflussfaktor.

Abb. 34 Sensoren am Oberndorferbach und Trübesensor (links), Trübesensor am Messenbach (rechts).

Die erste erfolgreiche Eventbeprobung erfolgte im Juni 2024. Die Daten der Probenahme jeder Probeflasche werden protokolliert und als Excelfile an die TU übermittelt. Die beschrifteten Gebinde werden mit einem Probenahmenprotokoll in das Landeslabor in Linz gebracht. Die zweite Probenahme erfolge im Zuge des Hochwassers im September 2024. In Abb. 35 ist der Grobrechen der Station am Messenbach am 14.09.2024 abgebildet. Im Zuge beider Ereignisse wurde ebenso von den Landwirten Proben genommen (siehe Kapitel 4.3). Im Dezember 2024 wurde ein weiteres Ereignis durch die beiden Messstationen beprobt.

Abb. 35 Station am Messenbach am 14.09.2024.

An beiden Stationen wurde nach dem Hochwasserereignis kein Schaden festgestellt, allerdings wurden die Sensoren im Zuge des Ereignisses zu sedimentiert.

Im Dezember 2024 wurde ein weiteres Ereignis durch die beiden Messstationen beprobt und in das Labor gebracht.

4.2.2 Ergebnisse der Monitoringstationen

4.2.2.1 Übersicht über Datenvollständigkeit, Probleme und Zeitreihen

Die an den Wasserqualitätsstationen am Oberndorferbach (Maßnahmengebiet) und Messenbach (Vergleichsgebiet) in den vergangenen neun Monaten gewonnenen Daten sind für die Überwachung der Wasserqualität von entscheidender Bedeutung. Die erfassten Parameter umfassen den Wasserstand (mit Drucksonde und US-Sonde (Ultraschall)), die Temperatur, die Schwebstoffe (TSS), die Leitfähigkeit (EC) sowie weiter für den Betrieb nötige Parameter.

Die Stationen liefern seit dem 7. April kontinuierlich Messdaten, die über einen ADR (Automated Data Report) laufend abgerufen werden können (ADR ERWINN). Mit Ausnahme der in Abb. 36 aufgeführten Lücken in der Messreihe liefern die Sonden stabile und plausible Messdaten. Die Datenverfügbarkeit war, bis auf den Drucksensor am Messenbach, generell sehr gut und bewegte sich zwischen 80 und 97%. Die Lücke in der Messreihe der Ultraschallsonde am Oberndorferbach bis Ende April lässt sich durch die erst zu diesem Zeitpunkt erfolgte Installation der Sonde erklären, sodass erst ab diesem Zeitpunkt valide Messdaten vorliegen. Die eingeschränkte Datenverfügbarkeit des Drucksensors am Messenbach ist auf die fehlenden Messwerte zwischen Ende September und Mitte Dezember zurückzuführen. Diese Messwerte wurden im Rahmen der Datenvalidierung als unplausibel klassifiziert und folglich entfernt. Im Rahmen der Messungen am Messenbach kam es zu Schwierigkeiten bei der Reinigung der Trübungssonde. Diese konnten jedoch durch einen Austausch des Wischers Anfang Mai behoben werden. Aufgrund des hohen Abflusses Mitte September wurde die Trübungssonde am Oberndorferbach mit Sediment eingebettet, wodurch zwischenzeitlich keine plausiblen Messdaten geliefert wurden.

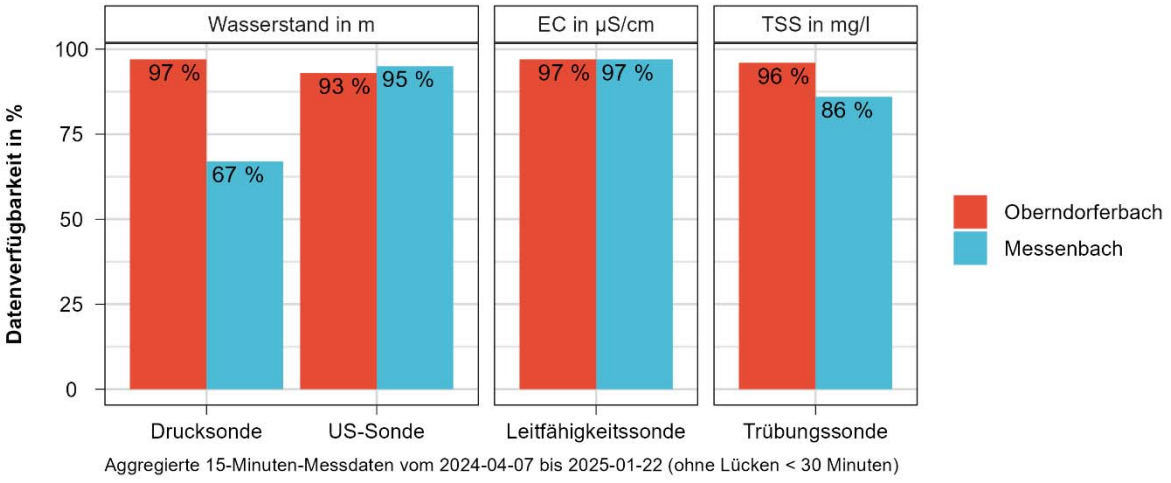


Abb. 36 *Verfügbare Messdaten in Prozent von Wasserstand (Druck und Ultraschall), Schwebstoffe und el. Leitfähigkeit der Stationen am Messenbach und Oberndorferbach von Mitte April 2024 bis Mitte Jänner 2025*

In Abb. 37 sind die Verteilungen der Messwerte dargestellt und in Abb. 38 sind die kompletten Zeitreihen (bis zur Berichtserstellung) von Niederschlag (Daten des hydrographischen Dienstes OÖ), Wasserstand (Druck- und US-Sonde), der Schwebstoffe (TSS) und der Leitfähigkeit (EC) für beide Stationen der beiden Stationen dargestellt. Die Zeitreihe erlaubt bereits die Erkennung der Variabilität des Gewässers sowie die Reaktion der einzelnen Parameter.

Zwischen den Messreihen der beiden Wasserstandssensoren am Messenbach tritt eine Diskrepanz auf, welche ein bislang ungelöstes Problem darstellt. Die Tagesgänge in Verlauf und Amplitude weisen signifikante Unterschiede auf. Eine Ausnahme bildet die Betrachtung der bisherigen maximalen Wasserstände, bei denen die beiden Sonden einen identischen Verlauf und eine identische Amplitude aufweisen. Derzeit wird eine Lösung des Problems erarbeitet. Es sei jedoch angemerkt, dass der Fokus dieses Forschungsvorhabens auf Abflussereignissen mit erhöhtem Wasserstand liegt und bereits jetzt plausible Messwerte erzielt werden. Zur weiteren Verifizierung der Plausibilität der Wasserstände wurden Messlatten an beiden Stationen angebracht, welche fortlaufend abgelesen werden (vor Ort oder per Videokamera). Im Anschluss erfolgt ein Abgleich mit den beiden Wasserstandsensoren. Des Weiteren wurde bei einigen Abflussevents am Messenbach eine signifikante Schaumbildung beobachtet, welche die Messungen der Ultraschallsonde negativ beeinträchtigte, dies war jedoch nur in den Sommermonaten beobachten. Auch in diesem Fall erwies sich das Konzept der redundanten Wasserstandsmessungen als erfolgreich, da die vollständige Funktionalität der Aufzeichnungen durch die einwandfreie Funktion der Drucksonde gewährleistet werden konnte.

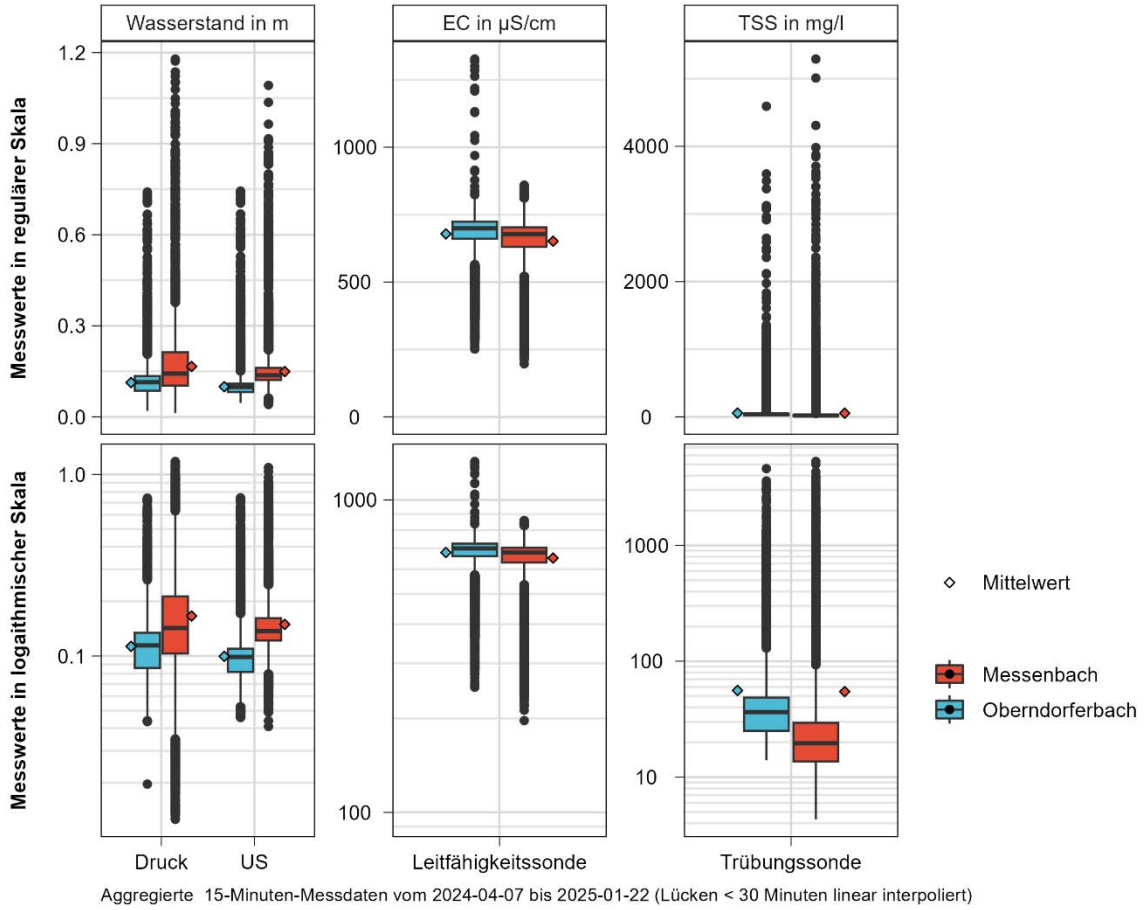


Abb. 37 *Verteilung der Messwerte der Messdaten (15min-Mittelwerte) der Stationen am Messenbach und Oberndorferbach von Wasserstand (Druck und Ultraschall), Schwebstoffe (TSS) und el. Leitfähigkeit (EC) von Mitte April 2024 bis Mitte Jänner 2025*

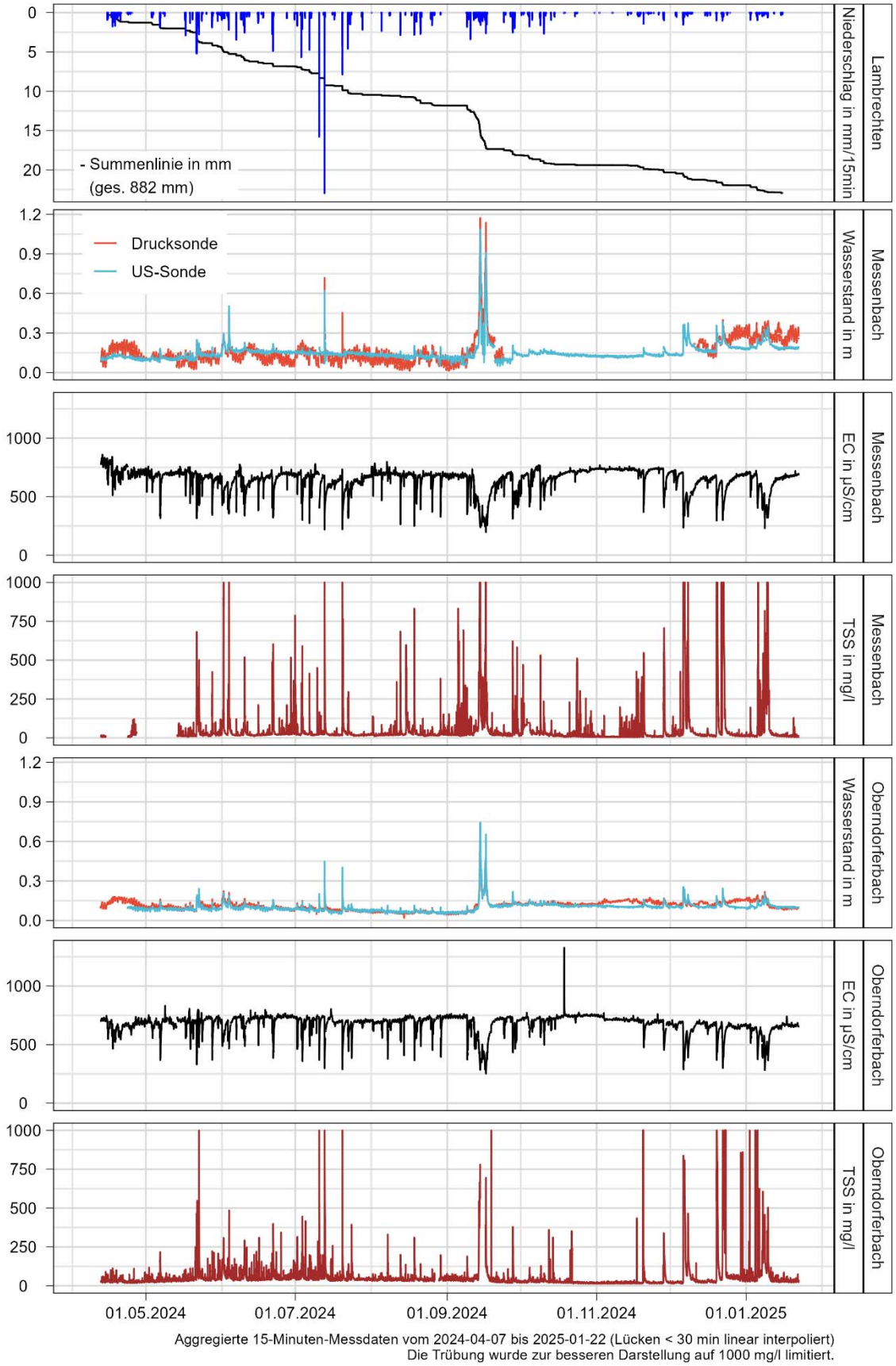


Abb. 38 *Zeitreihen des Niederschlages inkl. Summenline (Hydro OÖ) und der Messdaten (15min Mittelwerte) der Stationen am Messenbach und Oberndorferbach von Wasserstand (Druck und Ultraschall), Schwebstoffe (TSS) und el. Leitfähigkeit (EC) von Mitte April 2024 bis Mitte Jänner 2025*

Die Analyse der Zeitreihen lässt bereits erste Unterschiede zwischen den Gewässern erkennen. So zeigen die Wasserstandssensoren am Messenbach bei Abflussevents einen stärkeren Ausschlag nach oben als der Oberndorferbach. Dies ist auf das engere Querschnittsprofil zurückzuführen. Außerdem wurden am Messenbach deutlich höhere Schwebstoffkonzentrationen festgestellt als am Oberndorferbach. Die Mediane der Schwebstoffkonzentrationen sind an beiden Standorten niedrig, am Oberndorferbach jedoch doppelt so hoch wie am Messenbach. Es ist jedoch zu beachten, dass die Trübungssonden noch einer Validierung und ggf. einer Kalibrierung der Umrechnung von Trübungswerten in Schwebstoffgehalte unterzogen werden müssen. Erste Daten von drei Probenahmen (Juni, September und Dezember 2024) sind in Abb. 39 dargestellt. Die derzeitige Stichprobenvalidierung zeigt, dass es am Messenbach zu einer Überschätzung und am Oberndorferbach zu einer Unterschätzung der tatsächlichen Schwebstoffgehalte durch den Trübungssensor kommt. Es ist jedoch zu beachten, dass die Überschätzung am Messenbach nur bei den Probenahmen im Dezember auftritt. Je mehr Ereignisse beprobt werden, desto mehr Validierungsdaten stehen zur Verfügung, um eine validierte quantitative Zeitreihenanalyse durchzuführen.

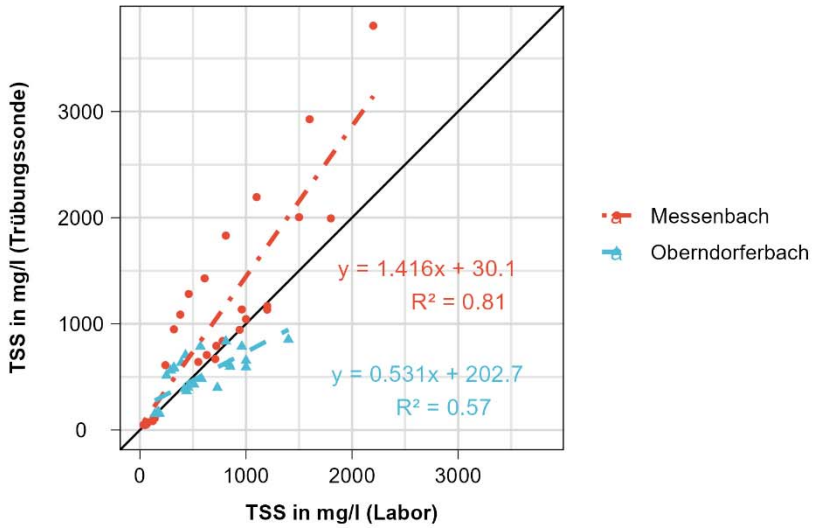


Abb. 39 *Korrelation der Schwebstoffmessungen (TSS) je Gewässer von Stichproben (Labormessung der abfiltrierbaren Stoffe) mit den Messwerten der Trübungssonden im Gewässer.*

4.2.2.2 Auswertungen von Niederschlagsereignissen

Die gesamte Zeitreihe der verschiedenen Parameter, die zwischen dem 7.04.2024 und dem 21.01.2025 an den beiden Messstationen aufgezeichnet wurde, wurde auf verschiedene Niederschlagsereignisse und den damit verbundenen Schwebstofftransport hin untersucht. Die Gruppierung und Größe des Ereignisses wurden anhand des Niederschlags bestimmt. Ereignisses mit Regenpausen von nicht mehr als sechs Stunden wurden zu einem Ereignis zusammengefasst. Zur Klassifizierung wurden die maximalen 6 Stundensummen des Niederschlags je Ereignis ermittelt und diese nach einer Klassifikation des Hydrographischen Dienstes Oberösterreich in 4 verschiedene Gruppen eingeteilt (Quelle: https://hydro.ooe.gv.at/#/html/Kennzahlen?period=PT6H). Für die genannte Zeitreihe wurden nach dieser Klassifizierung bisher insgesamt 84 Ereignisse ermittelt, davon 37 kleine, 6 mittlere und 1 großes Ereignis, siehe Tab. 1 und Abb. 40. Eine komplette Liste dieser Ereignisse findet sich im Anhang C.

Tab. 1 Anzahl und Klassifikationsgrenzen der Ereignisse

Ereignisklasse	Anzahl der Ereignisse	Klassifikationsgrenzen
Großes Ereignis	1	> 30 mm/6h
Mittleres Ereignis	6	15-30 mm/6h
Kleines Ereignis	37	4-15 mm/6h
Kein Ereignis	40	0-4 mm/6h
Ereignisse insgesamt	84	-

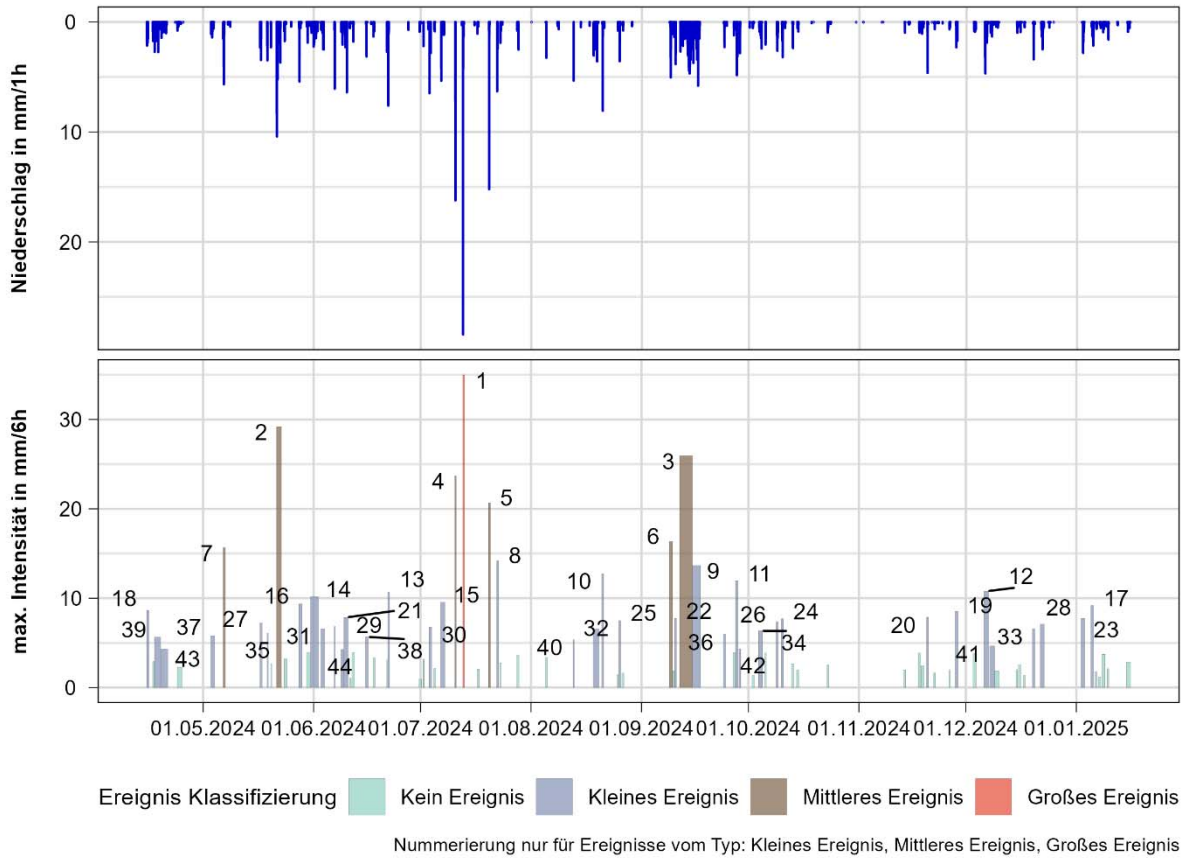


Abb. 40 Die nummerierten Ereignisse farblich unterschieden nach Klasse aufgetragen über die maximale Intensität sowie die Niederschlagszeitreihe

Diese Ereignisse wurden auf verschiedene Parameter untersucht und grafisch dargestellt, ein Beispiel ist in Abb. 41 zu sehen. Es ist ein großes Regenereignis dargestellt, das am 13.07.2024 aufgetreten ist. In Abb. 41 (a) sind die Niederschlagshöhen in mm/5 min über den Verlauf des Ereignisses dargestellt. Abb. 41 (b) und (c) zeigen für beide Messstellen (Oberndorferbach und Messenbach) die Wasserstände des Druck- und Ultraschallsensors als hell- und dunkelblaue Flächen und den zeitlichen Verlauf der Schwebstoffe (TSS). Diese Grafiken helfen dabei zu erkennen, wie lange nach dem Beginn des Regens der Wasserspiegel in den zwei Flüssen steigt und wie der Oberflächenabfluss den Schwebstofftransport beeinflusst. Zusätzlich werden Druck- und Ultraschallsensor miteinander verglichen.

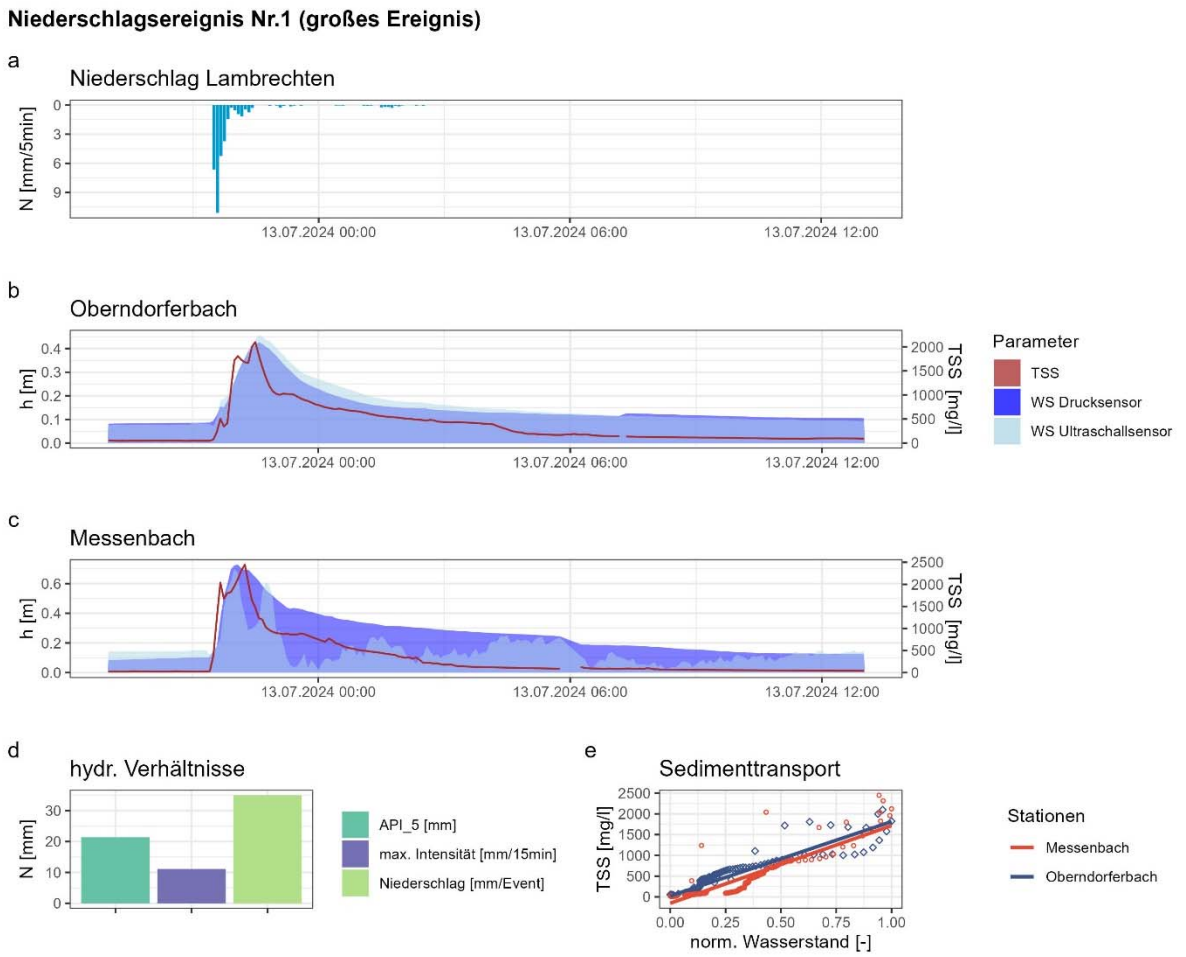


Abb. 41 *Darstellung eines Ereignisses mit den Zeitreihen der Niederschläge, Wasserstände und Schwebstoffe (TSS) für beide Stationen sowie eine Darstellung der hydrologischen Verhältnisse und des Sedimenttransportes.*

In Abb. 41 (d) wurde ein 5-tägiger antezedenter Niederschlagsindex (abgekürzt API_5 – antecedent precipitation index) dargestellt. Dieser wird nach Formel (1) berechnet und in mm angegeben (Heathwaite & Bieroza, 2020; Brocca et al., 2008). Er beschreibt die Auswirkungen früherer Niederschläge auf das Einzugsgebiet über einen Zeitraum von 5 Tagen vor dem betrachteten Ereignis. Zusätzlich wurden die Niederschlagssumme während des Ereignisses und die maximale Regenintensität innerhalb von 15 Minuten in dieser Abbildung zur Charakterisierung des betrachteten Ereignisses dargestellt. Kurze und starke Ereignisse, wie sie z.B.: für Sommergewitter charakteristisch sind, tragen zu verstärkter Erosion bei. Die Niederschlagssumme soll Aufschluss darüber geben, wie viel Wasser der Untergrund aufnehmen muss und die verschiedenen Ereignisse vergleichbar machen.

$$API_5 = kP_2 + k^2P_3 + k^3P_4 + k^4P_5 + P_1 \qquad (1)$$

In Abb. 41 (e) sind die normalisierten Wasserstände der Drucksonde gegen die TSS-Werte der beiden Stationen aufgetragen und als Punktwolke mit verschiedenen Symbolen dargestellt. Der normalisierte Wasserstand wird berechnet, indem der aktuelle Wasserstand um den minimalen Wasserstand während des Events subtrahiert und durch den Bereich zwischen maximalem und minimalem Wasserstand geteilt wird. An die Punktwolken wurden zwei lineare Regressionsgeraden angepasst, die den Zusammenhang zwischen dem normalisierten Wasserstand und dem Sedimenttransport (TSS) darstellen. Die Steigung

der Regressionslinien soll Aufschluss darüber geben, wie der Gesamtzustand (Vegetationsgrad, Maßnahmensetzung etc.) in den jeweiligen Einzugsgebieten den Schwebstofftransport in Abhängigkeit vom jeweiligen Wasserstand beeinflussen. Wenn die Steigung für den Oberndorferbach flacher ist, könnte das darauf hindeuten, dass die Maßnahmen den Schwebstofftransport bei gleichem Wasserstand reduzieren, was auf ihre Wirksamkeit schließen lässt. Diese Visualisierung soll mögliche Auswirkungen von Erosionsschutzmaßnahmen und Maßnahmen zur Vermeidung des Sedimenttransportes veranschaulichen. Sobald hinreichend valide Messdaten des Abflusses vorliegen, um eine Abfluss-Wasserstands-Beziehung zu modellieren, kann in dieser Abbildung der normierte Wasserstand durch den Abfluss ersetzt werden. Dies ermöglicht einen quantifizierten Vergleich zwischen den Gebieten. Allerdings können hier neben der Maßnahmensetzung auch viele andere Einflussfaktoren eine Reihe spielen (Unterschiede im Niederschlag, die Aktuelle Bewirtschaftung, die Vorfeuchte des Bodens etc.). Daher ist es erforderlich Daten von einer Vielzahl von Ereignissen zu sammeln um entsprechende Vergleiche dann auch statistisch Auswerten zu können und von zufälligen Einflussgrößen unabhängiger zu machen.

Diese Grafiken entsprechend Abb. 41 wurden für jedes in der Zeitreihe identifizierte Niederschlagsereignis erstellt und die 10 größten Ereignisse im Anhang D dargestellt. Besonders bemerkenswert ist das Ereignis vom 3. Juni 2024 mit der Nummer 24, welches bei einer vergleichsweise geringen Niederschlagsdauer und -intensität eine sehr große Abfluss- und Trübungsreaktion im Messenbach erzeugte jedoch nicht im selben Ausmaß am Oberndorferbach. Dies lässt z.B. auf ein sehr lokal begrenztes Niederschlagsereignis schließen.

4.3 Starkregenereignisse

Bei Starkregenereignissen werden in Abhängigkeit der Ausprägung des Events (geregelt über vordefinierte Wasserstände und mit der Messsonde ermittelten Schwebstoffkonzentrationen) automatische Probenahmen an den Monitoringstationen am Oberndorferbach und am Messenbach (Kapitel **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) initiiert. Darüber hinaus werden in dem Zeitraum des Ereignisses Beprobungen durch die Landwirte vor Ort durchgeführt, die das Ziel haben, die Informationen zur Schwebstoff- und Konzentrationsdynamik im Einzugsgebiet zu verdichten und Vergleichswerte zu den Schwebstoffmessungen der Onlinemessstellen zu ermitteln.

Die Eventbeprobung wird an fünf Standorten (drei am Oberndorferbach und zwei am Messenbach) durchgeführt:

- OdB I: Nördlich Schnatterhof, ca. 800 m oberhalb Monitoringstation
- OdB II: Unterhalb südlichen Zubringerzusammenfluss, ca. 100 m oberhalb Monitoringstation
- OdB III: Vor Zusammenfluss Messenbach, ca. 400 m unterhalb der Monitoringstation
- MB I: ca. 400m oberhalb Monitoringstationen
- MB II: bei Monitoringstation

Um den Aufwand zu minimieren, wird eine im Vergleich zum Basismonitoring (Kapitel **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) reduzierte Parameterauswahl analysiert: optische Bewertung, pH-Wert, Leitfähigkeit, abfiltrierbare Stoffe, TOC, DOC, TN, NO_3-N, NO_2-N, NH_4-N, Pges und o-P.

Ziel ist es etwa vier Starkregenereignisse im Jahr über die Eventdauer zu erfassen, wobei aus dem Monitoring durch die Landwirte insgesamt pro Event 20 Proben möglich sind sowie aus den automatischen Probennahmen noch einmal insgesamt 20 Proben. Somit kann jedes von maximal vier Events an jeder Messstelle durch die Landwirte durch zeitlich verschobene, viermalige Beprobung erfasst

werden, während es an den Monitoringmessstellen durch je 10 Proben erfasst und charakterisiert werden kann.

Im Projektzeitraum konnten drei Starkregenereignisse am Oberndorferbach und am Messenbach beprobt werden. Dabei kam es am 01.06.2024 und 02.06.2024 sowie am 14.09.2024 zu einer parallelen Beprobung durch die Landwirte (Stichproben) und eine über das Ereignis gut verteilte Beprobung des Events durch die automatische Beprobung der Monitoringstationen. Das dritte Event am 06.12.2024 wurde ausschließlich durch die automatischen Messstationen erfasst.

Tab. 2 Überblick über die im Jahr 2024 erfolgten Ereignis-Probenahmen am Oberndorferbach und Messenbach durch die Landwirt:innen und die automatischen Probenahmestationen.

Beprober	Datum	Zeit	Ort	Messstellen	Anzahl Proben
Landwirt:innen	01.06.2024	14.00 – 20.30	OdB	3	12
Landwirt:innen	01.06.2024- 02.06.2024	18.00 - 20.00 16.00 - 18.00	MB MB	2 2	4 4
Landwirt:innen	14.09.2024	13.00 – 19.00	OdB	3	12
Landwirt:innen	14.09.2024	10.00 – 22.00	MB	2	8
Automatisch	01.06.2024	09:20 – 12:40	OdB	1	8
Automatisch	01.06.2024	00:30 – 05:00	MB	1	9
Automatisch	14.09.2024	01:40 – 14:30	OdB	1	12
Automatisch	14.09.2024	08:20 – 14:00	MB	1	9
Automatisch	06.12.2024	10:15 – 15:15	OdB	1	11
Automatisch	06.12.2024	10:00 – 15:00	MB	1	12*

Insgesamt konnten somit bislang im Jahr 2024 40 Event Proben durch die Landwirte und 61 Event Proben durch die automatische Probenahme an den Monitoringstationen erfasst werden.

Erste Ergebnisse der Beobachtung und der Beprobung von Starkregenereignissen deuten darauf hin, dass die intensivsten Auswirkungen der Events auf das Abflussverhalten in den kleinen Einzugsgebieten in der Regel in einem kurzen Zeitfenster von rund sechs Stunden und kürzer ablaufen. Die Kurzfristigkeit der Ereignisse erschwert die ereignisbezogene Beprobung durch die Landwirte, die neben ihren Haupttätigkeiten und täglichen Terminen kurzfristig reagieren müssen, um ein Starkregenereignis zu erfassen. Hier können im Gegensatz zu den automatischen Probenahmen die absoluten Peaks eines Hochwasserevents nicht immer erfasst werden.

Trotzdem ist im Vergleich mit der durch die Landwirte durchgeführten Probenahmen vom 13.11.2023 und 14.11.2024 eines mäßigen Starkregenereignisses im vorangegangenem Jahr in diesem Jahr die Beprobung eines deutlich intensiveren Starkregenereignisses gelungen. Während das Ereignis vom 01.06.2024 und 02.06.2024 in Bezug auf die Wasserstände in einem vergleichbaren Bereich mit jenen des Vorjahres liegt (der Pegel Lohstampf Messenbach stieg hier im Tagesmittel von 1,25 m auf 1,52 m an) zeigte sich bei der Beprobung im September ein Anstieg von 1,38 m auf 2,33 m, wobei hier auch kurzfristig das HQ1 von 2,50 m übertroffen wurde. Das dritte Ereignis, das nur von den automatischen Probenehmern erfasst wurde, ist mit dem im Juni 2024 zu vergleichen. Der Anstieg am Pegel Lohstampf Messenbach liegt hier zwischen 1,28 m und 1,60 m.

Die Laborergebnisse belegen, dass das Ereignis vom Juni 2024 mit maximalen Schwebstoffkonzentrationen von rund 500 mg/l (Messenbach) und rund 700 mg/l am Oberndorferbach deutlich höhere Schwebstoffkonzentrationen aufweisen, als im vergangenen Jahr im November, was

möglicherweise auf eine höhere Regenfallintensität und geringere Vorbefeuchtung der Böden zurückzuführen ist. Auch im September 2024 konnten bei langanhaltenden intensiven Regenfällen maximale Schwebstoffkonzentrationen von 360 mg/l am Oberndorferbach und 800 mg/l am Messenbach durch Stichproben der Landwirte erfasst werden. Im Vergleich dazu lagen die maximalen Schwebstoffkonzentrationen im November 2023 bei 180 mg/l im Oberndorferbach und 91 mg/l im Messenbach.

Die aus den Aufzeichnungen der Schwebstoffsonde aus den kontinuierlichen Messungen angezeigten maximalen Schwebstoffspitzen von kurzfristig um und deutlich über 1 g/l konnten bislang ausschließlich aus Messungen der automatischen Probenahme erfasst werden. Am Oberndorferbach wurden Maximalwerte von 1,4 g/l Schwebstoffen (September 2024) erfasst, am Messenbach 2,2 g/l (Dezember 2024). Die am Messenbach im Dezember ermittelten Konzentrationen übersteigen diejenigen am Oberndorferbach signifikant, wo Maximalwerte von knapp unter 1,0 g/l gemessen wurden. Ob diese Unterschiede aus der Wirksamkeit von Maßnahmen (z.B. geringere Anteile an Schwarzbrache) abzuleiten sind, oder aufgrund spezifischer Bedingungen der Eventintensität zustande kommen, ist in weiterer Folge des Projektes anhand von vergleichbaren Events zu klären. Für die niedrigeren Bereiche sprechen die ersten Ergebnisse für eine gute Übereinstimmung zwischen gemessenen und analysierten Werten (Kapitel 4.2.2). Bei den höheren Konzentrationsbereichen zeigen sich erste jahreszeitliche Unterschiede, ob hier die Schwebstoffmessungen über die kontinuierlich erfassten Werte noch korrigiert werden müssen, wird sich bei einer höheren Anzahl an Vergleichsmessungen herausstellen.

In Abb. 42 sind die im Jahr 2024 bisher im Labor ermittelten Schwebstoffkonzentrationen aus der Probenahme durch die Landwirte (OdB I, OdB II, OdB III und MB_Brücke und MB_Zaindl) sowie durch die automatische Probenahme (OdB_MS und MB_MS) dargestellt. In den bislang erfassten Proben wurden dabei deutlich höhere Schwebstoffkonzentrationen am Messenbach erfasst, als am Oberndorferbach. Dasselbe Bild ergibt sich, wenn man die Gesamtphosphorkonzentrationen (hier nicht dargestellt) betrachtet.

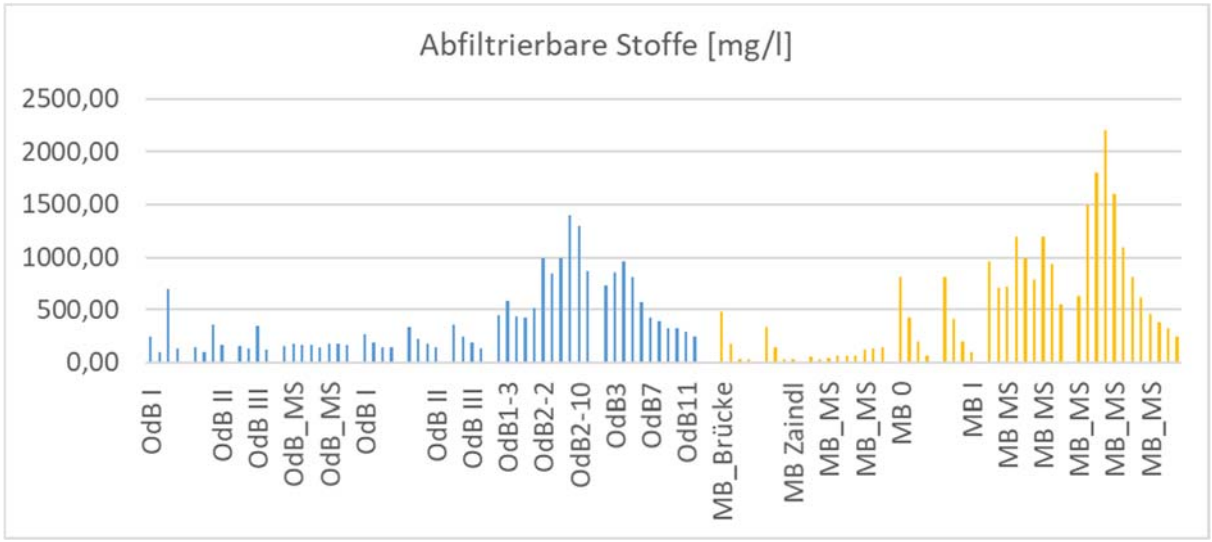


Abb. 42 *In 2024 bisher analysierte Schwebstoffkonzentrationen während einer Event-Beprobung (Landwirt:innen und automatische Probenahme).*

Zwischen den bislang erfassten und gemessenen Schwebstoffkonzentrationen und Gesamtphosphorkonzentrationen lassen sich sowohl für den Oberndorferbach, als auch für den Messenbach lineare Regressionen ausweisen (Abb. 43), wobei einzelne am Oberndorferbach erhobene Werte der September- und Dezember Events zu einer größeren Streuung führen. Dabei kommt es beim Anstieg der Schwebstoffe zu signifikanten Gesamtphosphorkonzentrationen von bis zu 2,1 mg/l am

Oberndorferbach (bei Schwebstoffgehalten von nur rund 900 mg/l und 1400 mg/l) und bis zu 3,2 mg/l am Messenbach (bei Schwebstoffgehalten von 2200 mg/l). Am Messenbach weisen die Werte eine größere Einheitlichkeit auf und fügen sich gut in die bisher bestehende Regression aus Schwebstoffkonzentrationen und Gesamtphosphorkonzentrationen ein.

Es ist zu prüfen, ob die stärkeren Abweichungen am Oberndorferbach möglicherweise aus einer Unterschätzung der Schwebstoffkonzentrationen in der September- und Dezemberprobenahme herrühren, oder ob hier andere Quellen zu den einzelnen sehr hohen Gesamtphosphor Konzentrationen geführt haben könnten.

Die im September und Dezember 2024 erfassten Ergebnisse der Eventbeprobung können in weiterer Folge genutzt werden, um die kontinuierlichen Messungen der Schwebstoffkonzentrationen zu kalibrieren. Darüber hinaus können die durch weitere Messungen gestützten Regressionsgleichungen dazu verwendet werden, um tägliche Phosphorfrachten zu berechnen und sie einzelnen Ereignissen zuzuweisen.

Ereignisse mit vergleichbaren Bedingungen sollen dann im Maßnahmengebiet und im Vergleichsgebiet gegenübergestellt werden und mögliche Unterschiede herausgearbeitet werden.

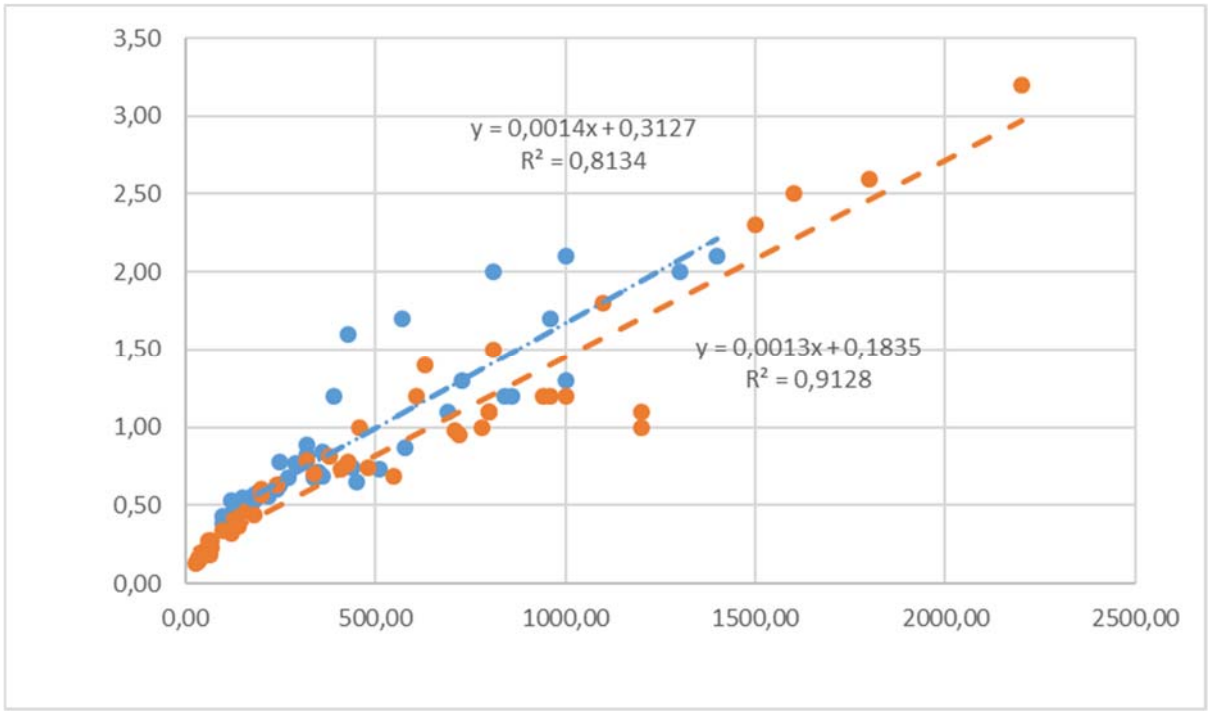


Abb. 43 *Korrelation zwischen Schwebstoffkonzentrationen und Gesamtphosphorgehalten in ereignisbezogenen Proben (Landwirt:innen und automatische Probenehmer) im Oberndorerbach (blau) und im Messenbach (orange).*

4.4 Biologisches Monitoring

Zur Erhebung des fischökologischen Zustands wurden in je zwei Abschnitten des Oberndorfer- und Messenbachs sowie in einem Anschnitt des Hennbachs Elektrobefischungen durchgeführt. Die genaue Lage der etwa 150 m langen Probestrecken ist in dargestellt.

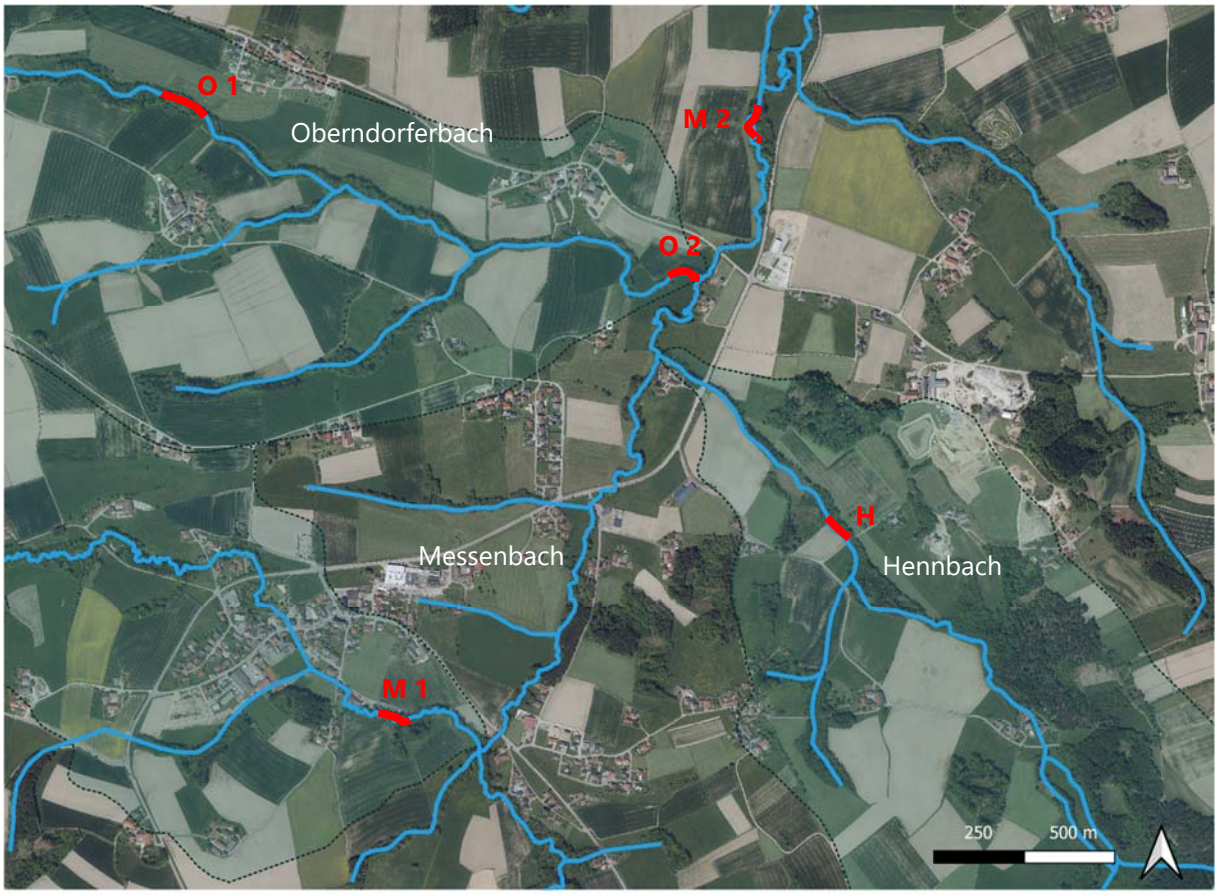


Abb. 44 *Lage der Befischungsstrecken im Untersuchungsgebiet. Bezeichnungen: O= Oberndorferbach, M= Messenbach, H=Hennbach.*

4.4.1.1 Methodik

Alle fünf Befischungstrecken befinden sich in der Bioregion „Bayrisch-österreichisches Alpenvorland und Flysch“ (BMNT, 2019).

Der Messenbach kann über den gesamten Längsverlauf der Fischregion „Hyporhithral klein“ (Äschenregion) zugeordnet werden (NGP 2021, BMLRT 2022). Das entsprechende Fischartenleitbild, welches den ursprünglichen und unbeeinflussten Referenzzustand der Fischfauna im Gewässer wiedergibt, beinhaltet insgesamt neun Fischarten und eine Rundmäulerart, darunter die Leitfischarten Bachforelle (Salmo trutta fario), Bachschmerle (*Barbatula barbatula*) und Koppe (*Cottus gobio*). Äsche (*Thymallus thymallus*), Koppe und das Ukrainische Bachneunauge (*Eudontomyzon mariae*) sind nach Anhang V bzw. Anhang II der FFH-Richtlinie geschützt.

Tab. 1 Fischartenleitbild im „Metarhithral" in der Fischbioregion „Bayrisch-österreichisches Alpenvorland und Flysch" (BMNT, 2019), Gefährdungsstatus nach Roter Liste Österreich (Wolfram & Mikschi, 2007) und Einstufung nach FFH-RL (Rat der Europäischen Union, 1992) l: Leitart; b: Häufige Begleitart; s: Seltene Begleitart.

Fischart	Wissenschaftlicher Name	Leitbild	Rote Liste	FFH-RL
Aalrutte	*Lota lota*	s	VU	
Aitel	*Squalius cephalus*	b	LC	
Äsche	*Thymallus thymallus*	s	VU	V
Bachforelle	*Salmo trutta fario*	l	NT	
Bachschmerle	*Barbatula barbatula*	l	LC	
Elritze	*Phoxinus phoxinus*	b	NT	
Gründling	*Gobio gobio*	b	LC	
Hecht	*Esox lucius*	s	NT	
Koppe	*Cottus gobio*	l	NT	II
Ukrainisches Bachneunauge	*Eudontomyzon mariae*	b	VU	II
Gesamt			**10 Arten**	

Im NGP 2021 (BMLRT 2022) erfolgt für den Oberndorferbach und den Hennbach aufgrund mangelnder Datenlage keine Einstufung in eine der Fischregionen. Um dennoch den Fischökologischen Zustand der beiden Gewässer in Form des Fisch Index Austria „FIA" gemäß BMNT (2019) berechnen und den entsprechenden Ergebnissen des Messenbachs gegenüberstellen zu können, erfolgte jeweils eine Zuordnung der Biozönotischen Region nach Huet (1949) anhand GIS-basierter Gefälle- und Gewässerbreiten-Berechnungen. Demnach befindet sich die Befischungsstrecke „Oberndorferbach 1" in einem Gewässerabschnitt, der aufgrund seines hohen Gefälles und seiner geringen Breite der Fischregion „Epirhithral" (Obere Forellenregion) zugewiesen werden kann. Der untere Abschnitt mit der Strecke „Oberndorferbach 2" fällt hingegen in die Fischregion „Metarhithral" (Untere Forellenregion). Letzterer kann auch der befischte Abschnitt im Hennbach zugewiesen werden. Die entsprechenden Fischartenleitbilder umfassen zwei bzw. acht Fischarten, in beiden Fällen ist die Bachforelle als Leitfischart gelistet.

Tab. 2 Fischartenleitbild im „Epirhithral" in der Fischbioregion „Bayrisch-österreichisches Alpenvorland und Flysch" (BMNT, 2019), Gefährdungsstatus nach Roter Liste Österreich (Wolfram & Mikschi, 2007) und Einstufung nach FFH-RL (Rat der Europäischen Union, 1992) l: Leitart; b: Häufige Begleitart; s: Seltene Begleitart.

Fischart	Wissenschaftlicher Name	Leitbild	Rote Liste	FFH-RL
Bachforelle	*Salmo trutta fario*	l	NT	
Koppe	*Cottus gobio*	b	NT	II
Gesamt			**2 Arten**	

Tab. 3 Fischartenleitbild im „Metarhithral" in der Fischbioregion „Bayrisch-österreichisches Alpenvorland und Flysch" (BMNT, 2019), Gefährdungsstatus nach Roter Liste Österreich (Wolfram & Mikschi, 2007) und Einstufung nach FFH-RL (Rat der Europäischen Union, 1992) l: Leitart; b: Häufige Begleitart; s: Seltene Begleitart.

Fischart	Wissenschaftlicher Name	Leitbild	Rote Liste	FFH-RL
Aalrutte	*Lota lota*	s	VU	
Aitel	*Squalius cephalus*	s	LC	
Äsche	*Thymallus thymallus*	s	VU	V
Bachforelle	*Salmo trutta fario*	l	NT	
Bachschmerle	*Barbatula barbatula*	s	LC	
Elritze	*Phoxinus phoxinus*	s	NT	
Gründling	*Gobio gobio*	s	LC	
Koppe	*Cottus gobio*	b	NT	II
Gesamt			**8 Arten**	

FFH…Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie der EU (RICHTLINIE 92/43/EWG vom 21. Mai 1992):
II Art gelistet in Anhang II der FFH-RL (Arten, für die Schutzgebiete ausgewiesen werden müssen)
IV Art gelistet in Anhang IV der FFH-RL (streng zu schützende Tier- und Pflanzenarten)
V Art gelistet in Anhang V der FFH-RL (Arten, deren Entnahme und Nutzung Gegenstand von Verwaltungsmaßnahmen sein können)

Gefährdungsstatus nach *Wolfram & Mikschi* (2006), Rote Liste der Fische Österreichs & IUCN
RE regional ausgestorben oder verschollen (regionally extinct)
CR vom Aussterben bedroht (critically endangered)
EN stark gefährdet (endangered)
VU gefährdet (vulnerable)
NT Gefährdung droht (near threatened)
LR geringes Risiko (lower risk)
LC nicht gefährdet (least concern)
DD Datenlage für eine Einstufung nicht ausreichend (data deficient)
NE nicht eingestuft, es handelt sich meist um verbreitete und reproduzierende Neobiota (not evaluated)

4.4.1.2 Ergebnisse

GESAMT

Im Zuge der Elektrobefischungen wurden insgesamt 554 Individuen gefangen, die sieben verschiedenen Fischarten zugewiesen werden können. Häufigste Art war die Elritze mit 290 erfassten Individuen. Dahinter folgte die Bachschmerle (136 Ind.) während Koppe (45 Ind.), Gründling (30 Ind.), Bachforelle (15 Ind.) und Aitel (12 Ind.) in vergleichsweise geringer Zahl vertreten waren. Mit dem Blaubandbärbling (26 Ind.) wurde zusätzlich eine gebietsfremde (allochthone) Fischart im Untersuchungsgebiet nachgewiesen (Abb. 45).

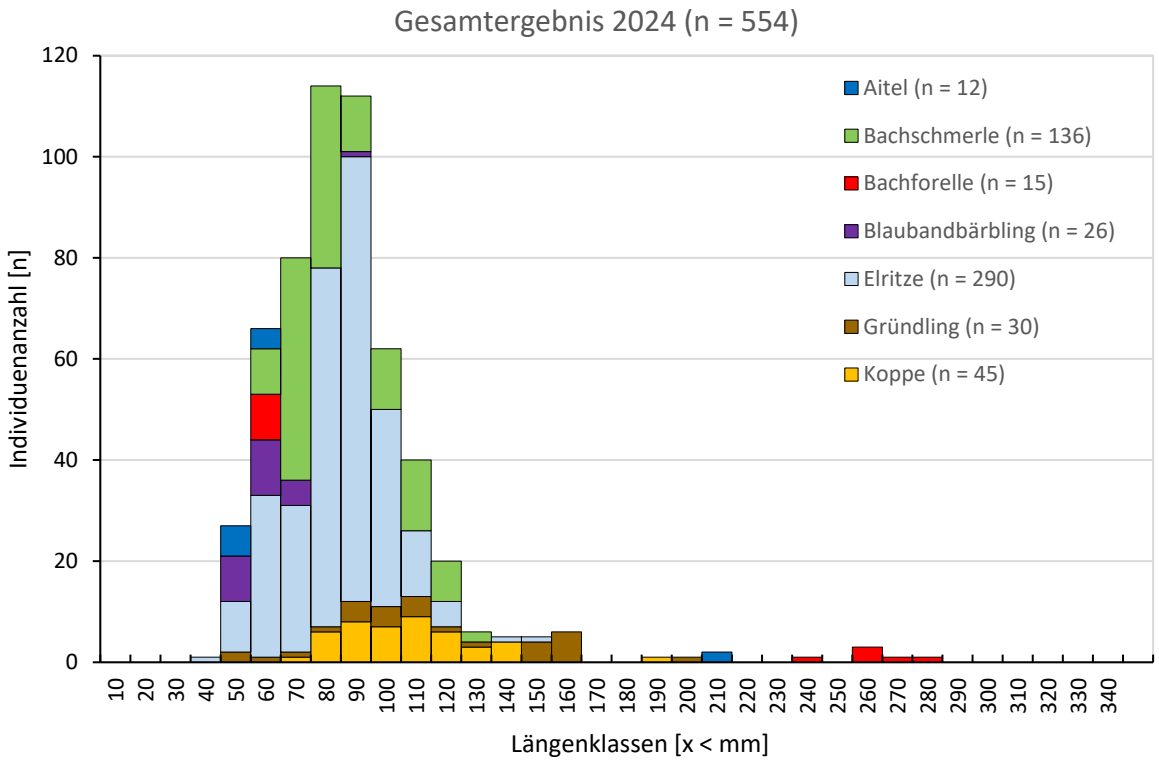


Abb. 45 Längenhäufigkeitsverteilung aller im Untersuchungsgebiet gefangenen Fische.

Oberndorferbach 1

In der Probestrecke „Oberdorferbach 1" (Abb. 46) konnte in beiden Befischungsdurchgängen kein einziger Fisch gefangen werden. Folglich ergab die Berechnung des Fisch Index Austria „FIA" für diesen Abschnitt die Note 5 – „schlecht". Aufgrund der unterhalb liegenden Gefällestufe ist anzunehmen, dass dieser Gewässerabschnitt keinen geeigneten Lebensraum für Fische darstellt, dies sollte mittels der Befischung verifiziert werden. Das Ergebnis ist somit nicht relevant für die Zustandseinstufung.

Oberndorferbach 2

In der weiter flussab gelegenen Probestrecke „Oberndorferbach 2"(Abb. 46) wurden auf einer Fläche von 150 m² insgesamt 55 Fische aus vier Arten gefangen (Tab. 4). Daraus errechnete sich eine Individuendichte von 4.744 Ind./ha und eine Gesamtbiomasse von 24,86 kg/ha. Häufigste Art war die Bachschmerle (21 Ind.), gefolgt von Elritze (17 Ind.), Koppe (15 Ind.) und Aitel (2 Ind.). Die Fangzahlen sind allesamt als gering zu bezeichnen. Die Leitfischart Bachforelle fehlte gänzlich.

Tab. 4 Ergebnis in der Probestrecke „Oberndorferbach 2" mit Fangzahl (n), errechneter Abundanz (Ind./ha) und Biomasse pro Hektar (kg/ha).

Fischart	Wissenschaftlicher Name	Leitbild	Fangzahl (n)	Abundanz		Biomasse	
				Ind/ha	%	kg/ha	%
Aitel	*Squalius cephalus*	s	2	133	2,8	0,04	0,2
Bachschmerle	*Barbatula barbatula*	s	21	1.440	30,4	4,66	18,7
Elritze	*Phoxinus phoxinus*	s	17	1.371	28,9	6,15	24,7
Koppe	*Cottus gobio*	b	15	1.800	37,9	14,01	56,4
Gesamt	**4 Arten**		**55**	**4.744**	**100,0**	**24,86**	**100,0**

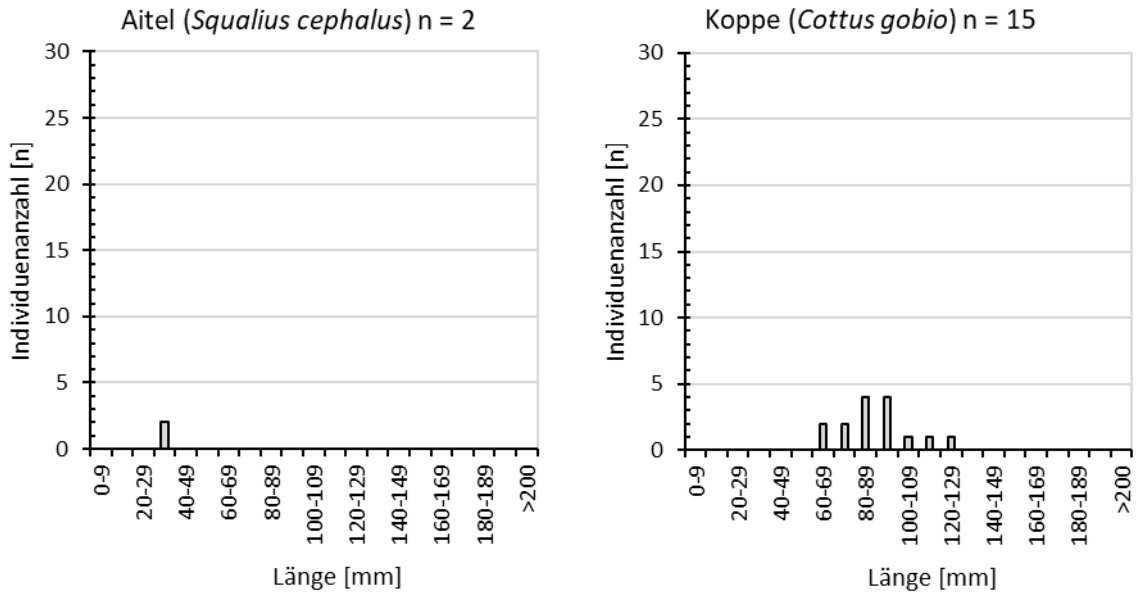
Abb. 46 Probestrecken Oberndorferbach 1 (O1) (links) und Oberndorferbach 2 (O2) (rechts).

Altersaufbau und Längenhäufigkeitsverteilung

Vom Aitel wurden lediglich zwei Individuen im Juvenilstadium gefangen (Abb. 47). Dies resultiert in einer Bewertung der Alterstruktur mit der Note 4.

Die Koppe konnte zwar in verschiedenen Größenklassen des Adultstadiums nachgewiesen werden, aufgrund der geringen Dichten und des beinahe gänzlichen Fehlens von juvenilen Fischen wurde ihr Altersaufbau dennoch mit der Note 3 bewertet.

Trotz des Präsenz sämtlicher unterschiedlicher Größenklassen wurde der Altersaufbau von Elritze und Bachschmerle aufgrund der geringen Individuendichten mit 3 benotet.



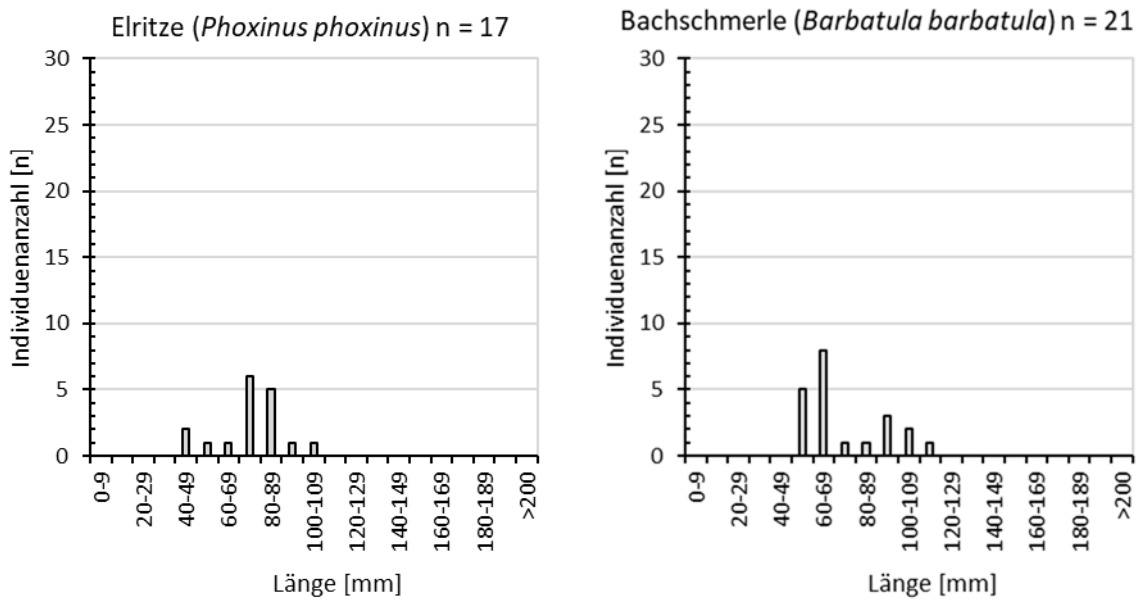


Abb. 47 *Längenhäufigkeitsverteilung von Aitel, Koppe, Elritze und Bachschmerle in der Probestrecke „Oberndorferbach 2".*

Fischökologischer Zustand

Der aus den Abundanzen, Biomassewerten und Altersstrukturbewertungen berechnete FIA gemäß BMNT (2019) ergibt für die Probestrecke „Oberndorferbach 2" die Zustandsklasse 5 – „schlecht" (Tab. 5). Ausschlaggebend dafür ist die sehr geringe Biomasse, durch die das entsprechende KO-Kriterium aktiv wurde, wobei die für eine Bewertung dieses Kriteriums mit 4 erforderlichen 25 kg/ha nur knapp verfehlt wurden. Wäre die Biomasse kein entscheidender Faktor, könnte aufgrund des fehlenden Nachweises der Leitfischart Bachforelle und der Defizite bei den Altersstrukturbewertungen trotzdem nur ein mäßiger Zustand (3,46) erreicht werden.

Tab. 5 Fisch Index Austria (FIA) in der Probestrecke „Oberndorferbach 2".

FIA	Schlecht	5,00

Fluss:	Oberndorferbach			Datum:	24.04.2024
Standort:	Oberndorferbach 2 (unten)				
Fischbioregion:	Bayerisch- österreichisches Alpenvorland und Flysch (J)				
Biozönotische Region:	Metarhithral				
Fischregionsindex:	4,3				

Zustandsbewertung (Detailebene metrics)					
Bestandsdaten:	Abundanz Ind/ha	Biomasse			ko-Kriterium Biomasse
	4744,0	24,860			5

1. Artenzusammensetzung & Gilden	Leitbild	Aktuell	Anteil/Differenz	Teilbewertung	Gesamt
Arten					2,3
Leitarten	1	0	0	5	
Typische Begleitarten	1	1	100	1	
Seltene Begleitarten	6	3	50	1	
Ökologische Gilden					1,5
Strömung	3	3	0	1	
Reproduktion	4	3	1	2	
Artenzusammensetzung & Gilden gesamt					2,9

2. Dominanz	Leitbild	Aktuell	Differenz	Bewertung	Gesamt
Fischregionsindex	4,3	4,8	0,50	2	2,0

3. Altersaufbau	Leitbild	Aktuell	Anteil	Teilbewertung	Gesamt
Leitarten	1	0	0	5,0	
Typische Begleitarten	1	1	100	3,0	
Altersaufbau					4,3

Fischindex Austria ohne aktive ko Kriterien			3,46

Hennbach

Im untersuchten Abschnitt des Hennbaches (Abb. 48) wurden auf 270 m² Fläche 85 Fische aus vier Arten nachgewiesen, woraus sich eine Individuendichte von 4.838 Ind./ha und eine Biomasse von 41,88 kg/ha errechnet (Tab. 6). Häufigste Art war die Elritze mit 54 gefangenen Individuen, gefolgt von Koppe (17 Ind.), Bachforelle (13 Ind.) und Bachschmerle (1 Ind.).

Tab. 6 Ergebnis in der Probestrecke „Hennbach" mit Fangzahl (n), errechneter Abundanz (Ind./ha) und Biomasse pro Hektar (kg/ha).

Fischart	Wissenschaftlicher Name	Leitbild	Fangzahl (n)	Abundanz		Biomasse	
				Ind/ha	%	kg/ha	%
Bachforelle	*Salmo trutta fario*	l	13	1.815	37,5	24,41	58,3
Bachschmerle	*Barbatula barbatula*	s	1	37	0,8	0,22	0,5
Elritze	*Phoxinus phoxinus*	s	54	2.224	46,0	11,59	27,7
Koppe	*Cottus gobio*	b	17	762	15,8	5,66	13,5

Gesamt	**4 Arten**		**85**	**4.838**	**100,0**	**41,88**	**100,0**

Abb. 48 Probestrecke Hennbach.

Altersaufbau und Längenhäufigkeitsverteilung

Die Koppe konnte zwar in diversen Größenklassen nachgewiesen werden, aufgrund der geringen Individuendichten und des geringen Anteils an Juveniltieren wurde ihr Altersaufbau jedoch mit der Note 3 bewertet.

Die Elritze zeigt einen gesunden Populationssaufbau mit Vorkommen aller Altersklassen. Da die Elritze als Kleinfischart mittels elektrischem Strom schwer zu erfassen ist, kann über den vergleichsmäßig geringen Anteil an juvenilen Fischen hinweggesehen und die Note 1 vergeben werden.

Die Altersstruktur von Bachschmerle und Bachforelle wurde aufgrund der geringen Individuenzahlen bzw. der lückenhaften Größenklassenverteilung jeweils mit 4 bewertet.

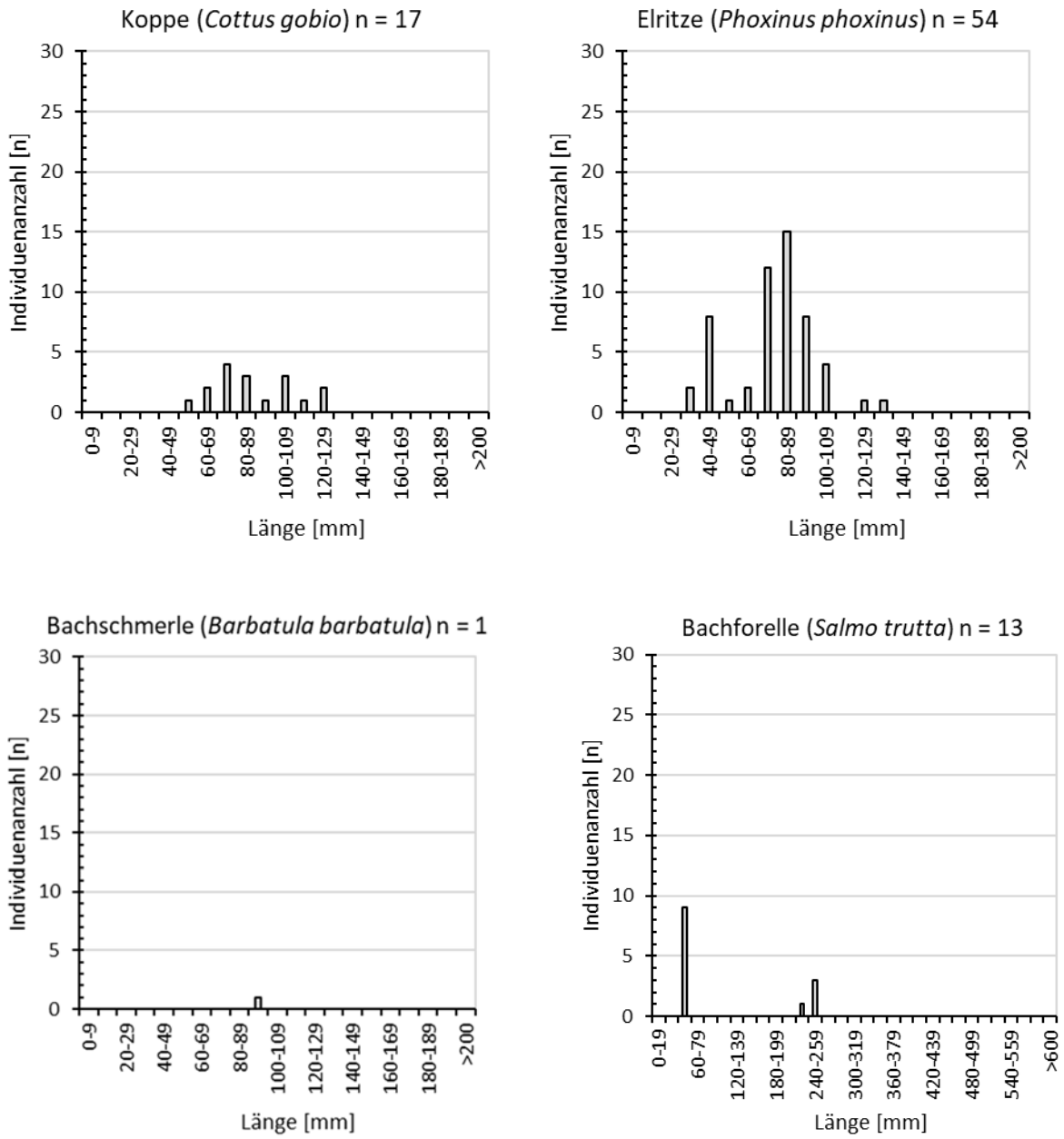


Abb. 49 *Längenhäufigkeitsverteilung von Koppe, Elritze, Bachschmerle und Bachforelle in der Probestrecke „Hennbach".*

Fischökologischer Zustand

Trotz einer sehr guten Bewertung der Artenzusammensetzung und der Dominanz ergab die Fischökologische Zustandsbewertung für die Probestrecke „Hennbach" den unbefriedigenden fischökologischen Zustand (Tab. 7). Ausschlaggebend dafür war neuerlich die geringe Biomasse, wodurch das entsprechende KO-Kriteriums in Kraft trat. Für die Erfüllung dieses Kriterium wäre eine Biomasse von mindestens 50 kg/ha notwendig gewesen. Zusätzlich zeigten sich Defizite beim Altersaufbau der nachgewiesenen Fischarten.

Tab. 7 Fisch Index Austria (FIA) in der Probestrecke „Hennbach".

FIA	Unbefriedigend	4,00

Fluss:	Hennbach	**Datum:**	24.04.2024
Standort:	Hennbach		
Fischbioregion:	Bayerisch- österreichisches Alpenvorland und Flysch (J)		
Biozönotische Region:	Metarhithral		
Fischregionsindex:	4,3		

Zustandsbewertung (Detailebene metrics)					
Bestandsdaten:	Abundanz Ind/ha	Biomasse kg/ha			ko-Kriterium Biomasse
	4838,0	**41,880**			**4**

1. Artenzusammensetzung & Gilden	**Leitbild**	**Aktuell**	**Anteil/Differenz**	**Teilbewertung**	**Gesamt**
Arten					1,3
Leitarten	1	1	100	1	
Typische Begleitarten	1	1	100	1	
Seltene Begleitarten	6	2	33	2	
Ökologische Gilden					2,0
Strömung	3	2	1	2	
Reproduktion	4	3	1	2	
Artenzusammensetzung & Gilden gesamt					**1,3**

2. Dominanz	**Leitbild**	**Aktuell**	**Differenz**	**Bewertung**	**Gesamt**
Fischregionsindex	**4,3**	**4,4**	**0,10**	1	**1,0**

3. Altersaufbau	**Leitbild**	**Aktuell**	**Anteil**	**Teilbewertung**	**Gesamt**
Leitarten	1	1	100	4,0	
Typische Begleitarten	1	1	100	3,0	
Altersaufbau					**3,7**

Fischindex Austria ohne aktive ko Kriterien			**2,44**

Messenbach 1

In der Probestrecke „Messenbach 1“ (Abb. 50) wurden auf einer Fläche von 160 m² 221 Fische gefangen, die den drei Arten Elritze (135 Ind.), Bachschmerle (63 Ind.) und Blaubandbärbling (23 Ind.) zugeordnet werden können. Daraus errechnet sich eine Abundanz von 14.706 Ind./ha sowie eine Gesamtbiomasse von 35,98 kg/ha (Tab. 8). Die beiden Leitfischarten Bachforelle und Koppe wurden nicht nachgewiesen.

Tab. 8 Ergebnis in der Probestrecke „Messenbach 1“ mit Fangzahl (n), errechneter Abundanz (Ind./ha) und Biomasse pro Hektar (kg/ha).

Fischart	Wissenschaftlicher Name	Leitbild	Fangzahl (n)	Abundanz		Biomasse	
				Ind/ha	%	kg/ha	%
Bachschmerle	*Barbatula barbatula*	I	63	4.560	31,0	13,36	37,1
Blaubandbärbling	*Pseudorasbora parva*	allochthon	23	1.504	10,2	1,11	3,1
Elritze	*Phoxinus phoxinus*	b	135	8.642	58,8	21,51	59,8
Gesamt	**3 Arten**		**221**	**14.706**	**100,0**	**35,98**	**100,0**

Abb. 50 Probestrecke Messenbach 1.

Altersaufbau und Längenhäufigkeitsverteilung

Sowohl Elritze als auch Bachschmerle wurden in sämtlichen Altersklassen und in hohen Dichten nachgewiesen. Beide Arten sind aufgrund ihrer geringen Größe bzw. ihrer versteckten und bodenorientierten Lebensweise elektrofischereilich nur schwer erfassbar. Trotz des vergleichsmäßig geringen Anteils an Juvenilfischen kann der Altersaufbau beider Arten mit 1 bewertet werden.

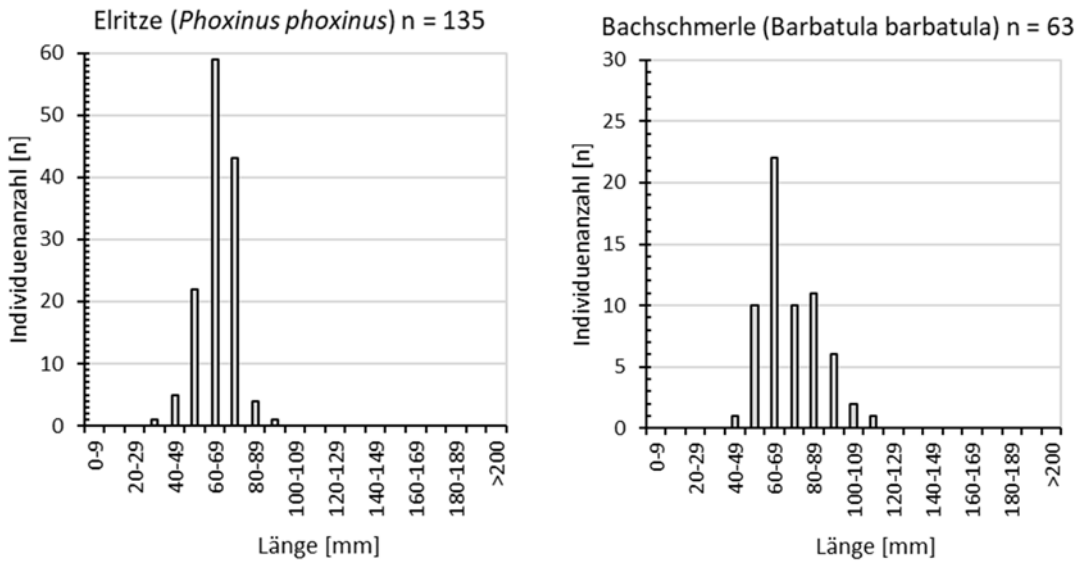


Abb. 51 Längenhäufigkeitsverteilung von Elritze und Bachschmerle in der Probestrecke „Messenbach 1".

Fischökologischer Zustand

Die Auswertung des FIA ergab für die Probestrecke „Messenbach 1" die Note 4,00 und somit den unbefriedigenden fischökologischen Zustand, wobei neuerlich das KO-Kriterium bei der Beurteilung der Biomasse in Kraft trat (Tab. 9). Während der Fischregionsindex als sehr gut eingestuft wurde, traten auch Mängel bei der Artenzusammensetzung sowie beim Altersaufbau auf.

Tab. 9 Fisch Index Austria (FIA) in der Probestrecke „Messenbach 1“.

FIA	Unbefriedigend	4,00

Fluss:	Messenbach	Datum:	24.04.2024
Standort:	Messenbach 1 (oben)		
Fischbioregion:	Bayerisch- österreichisches Alpenvorland und Flysch (J)		
Biozönotische Region:	Hyporhithral klein		
Fischregionsindex:	4,9		

Zustandsbewertung (Detailebene metrics)					
Bestandsdaten:	Abundanz Ind/ha	Biomasse kg/ha			
	13202,0	34,870			4

1. Artenzusammensetzung & Gilden	Leitbild	Aktuell	Anteil/Differenz	Teilbewertung	Gesamt
Arten					4,3
Leitarten	3	1	33	5	
Typische Begleitarten	4	1	25	3	
Seltene Begleitarten	3	0	0	5	
Ökologische Gilden					3,0
Strömung	3	2	1	2	
Reproduktion	5	2	3	4	
Artenzusammensetzung & Gilden gesamt					4,1

2. Dominanz	Leitbild	Aktuell	Differenz	Bewertung	Gesamt
Fischregionsindex	4,9	5,2	0,30	1	1,0

3. Altersaufbau	Leitbild	Aktuell	Anteil	Teilbewertung	Gesamt
Leitarten	3	1	33	3,7	
Typische Begleitarten	4	1	25	4,0	
Altersaufbau					3,8

Fischindex Austria ohne aktive ko Kriterien			3,43

MESSENBACH 2

In der weiter flussabgelegenen Probestrecke im Messenbach wurde eine Fläche von 510 m² beprobt (Abb. 52), auf der insgesamt 221 Individuen aus sieben verschiedenen Fischarten nachgewiesen wurden. Daraus errechnet sich eine Individuendichte von 14.706 Ind./ha und eine Biomasse von 35,98 kg/ha (Tab. 10). Am häufigsten wurde die Elritze (84 Ind.) erfasst, dahinter folgten Bachschmerle (51 Ind.), Gründling (30 Ind.), Koppe (13 Ind.) und Aitel (10 Ind.). Zusätzlich wurden drei Blaubandbärblinge und zwei Bachforellen gefangen.

Tab. 10 Ergebnis in der Probestrecke „Messenbach 2“ mit Fangzahl (n), errechneter Abundanz (Ind./ha) und Biomasse pro Hektar (kg/ha).

Fischart	Wissenschaftlicher Name	Leitbild	Fangzahl (n)	Abundanz		Biomasse	
				Ind/ha	%	kg/ha	%
Aitel	*Squalius cephalus*	b	10	490	9,5	3,43	10,5
Bachforelle	*Salmo trutta fario*	l	2	39	0,8	7,10	21,7
Bachschmerle	*Barbatula barbatula*	l	51	1.424	27,6	2,62	8,0
Blaubandbärbling	*Pseudorasbora parva*	allochthon	3	78	1,5	0,07	0,2
Elritze	*Phoxinus phoxinus*	b	84	1.920	37,3	5,44	16,6
Gründling	*Gobio gobio*	b	30	885	17,2	10,38	31,7
Koppe	*Cottus gobio*	l	13	318	6,2	3,74	11,4
Gesamt	**7 Arten**		**221**	**14.706**	**100,0**	**35,98**	**100,0**

Abb. 52 Probestrecke Messenbach 2.

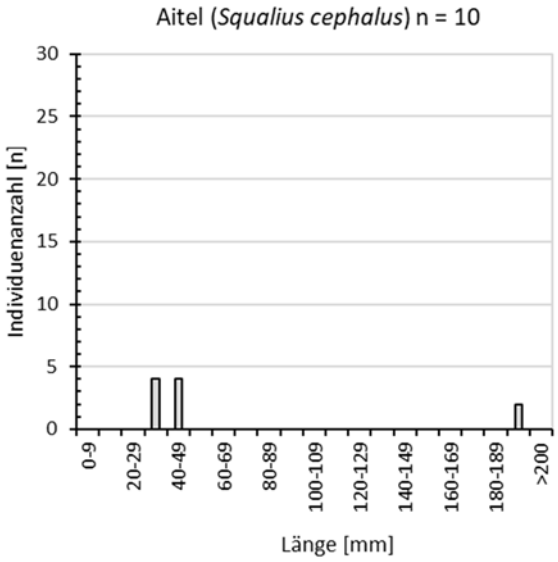
Altersaufbau und Längenhäufigkeitsverteilung

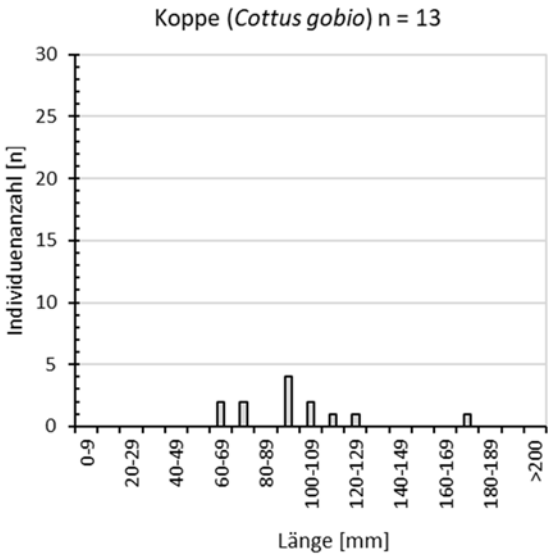
Der Altersaufbau von Aitel und Bachforelle wurde aufgrund der geringen Individuendichten bzw. lückenhaften Größenklassenverteilung mit der Note 4 bewertet.

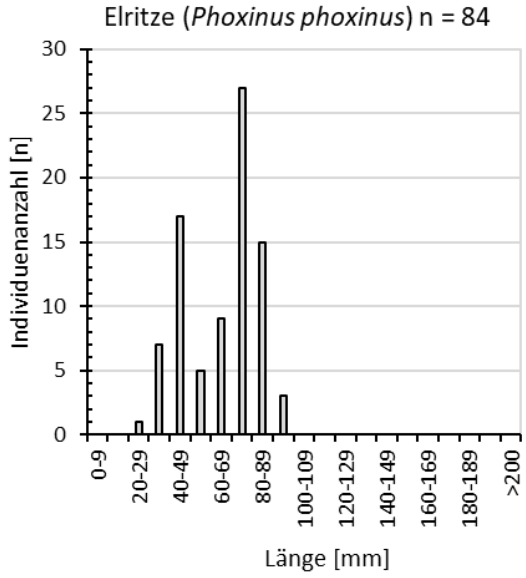
Die Koppe und der Gründling konnte zwar in diversen Größenklassen nachgewiesen werden, aufgrund der geringen Individuendichten und des geringen Anteils an Juveniltieren wurde ihr Altersaufbau dennoch mit der Note 3 bewertet.

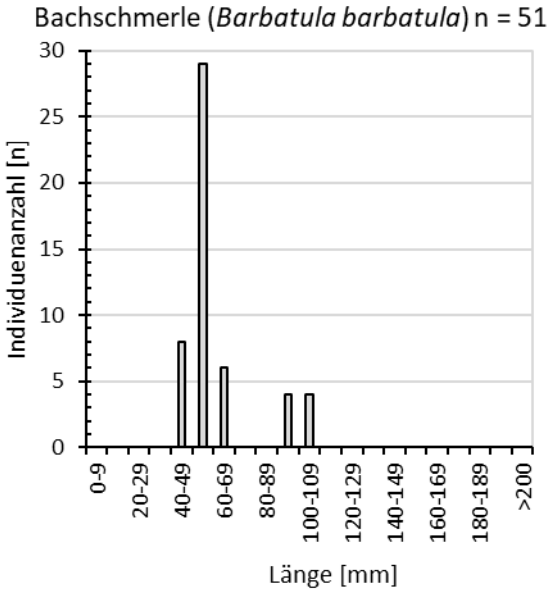
Das Längenfrequenzdiagramm der Elritze attestiert einen gesunden Altersaufbau mit hohen Individuendichten, welcher trotz der leichten Unterrepräsentation des Juvenilstadiums mit der Note 1 beurteilt wurde.

Der Altersaufbau der Bachschmerle weist zwar auf einen hohen Anteil an juvenilen Fischen hin, aufgrund des leichten Mangels an Adulttieren und der lückenhaften Verteilung der Längenklassen wurde dennoch die Note 2 vergeben.









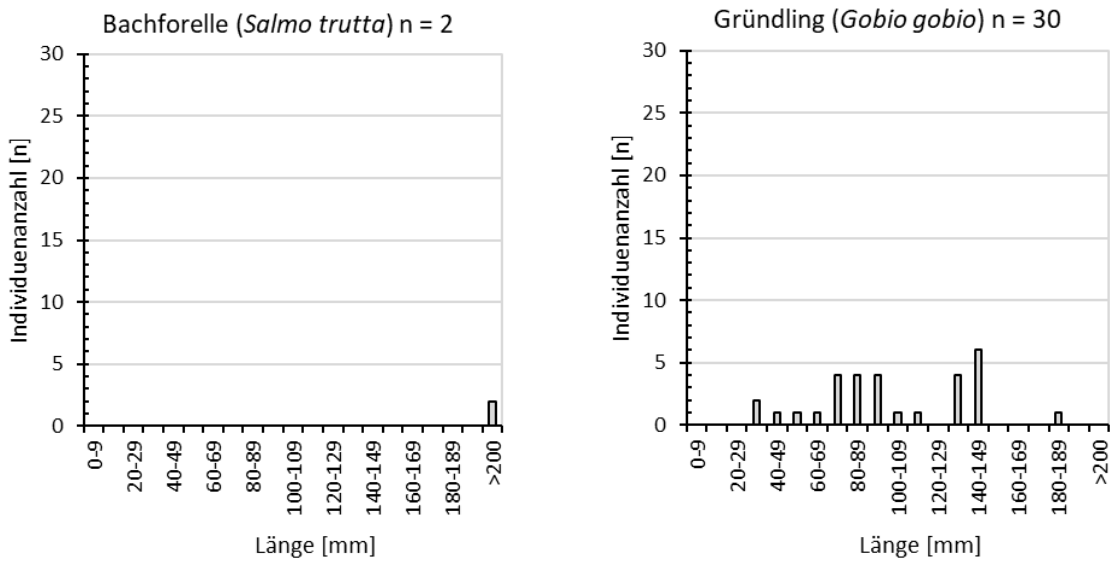


Abb. 53 *Längenhäufigkeitsverteilung von Aitel, Koppe, Elritze, Bachschmerle, Bachforelle und Gründling in der Probestrecke „Messenbach 2“.*

Fischökologischer Zustand

Die Verschneidung der erhobenen Abundanzen, Biomassewerte und Altersstrukturbewertungen ergab für die Probestrecke „Messenbach 2“ einen FIA von 4,00 und somit den unbefriedigenden fischökologischen Zustand (Tab. 11). Wie bei den anderen Untersuchungsstrecken kam es auch in diesem Fall zur Aktivierung des KO -Kriteriums aufgrund einer zu geringen Biomasse. Im Gegensatz dazu wurden die anderen Parameter mit gut bzw. mäßig beurteilt. Wäre die erforderliche Biomasse von 50 kg/ha erreicht worden, so hätte die Gesamtbeurteilung dieses Abschnitts den guten Zustand (2,43) ergeben.

Tab. 11 Fisch Index Austria (FIA) in der Probestrecke „Messenbach 2".

FIA	Unbefriedigend	4,00

Fluss:	Messenbach			**Datum:**	24.04.2024
Standort:	Messenbach 2 (unten)				
Fischbioregion:	Bayerisch- österreichisches Alpenvorland und Flysch (J)				
Biozönotische Region:	Hyporhithral klein				
Fischregionsindex:	4,9				

Zustandsbewertung (Detailebene metrics)					
Bestandsdaten:	Abundanz Ind/ha	Biomasse kg/ha			
	5076,0	**32,710**			**4**

1. Artenzusammensetzung & Gilden	**Leitbild**	**Aktuell**	**Anteil/Differenz**	**Teilbewertung**	**Gesamt**
Arten					2,3
Leitarten	3	3	100	1	
Typische Begleitarten	4	3	75	1	
Seltene Begleitarten	3	0	0	5	
Ökologische Gilden					2,0
Strömung	3	3	0	1	
Reproduktion	5	3	2	3	
Artenzusammensetzung & Gilden gesamt					**1,7**

2. Dominanz	**Leitbild**	**Aktuell**	**Differenz**	**Bewertung**	**Gesamt**
Fischregionsindex	**4,9**	**5,3**	**0,40**	2	**2,0**

3. Altersaufbau	**Leitbild**	**Aktuell**	**Anteil**	**Teilbewertung**	**Gesamt**
Leitarten	3	3	100	3,0	
Typische Begleitarten	4	3	75	3,3	
Altersaufbau					**3,1**

Fischindex Austria ohne aktive ko Kriterien			**2,43**

Zusammenfassung fischökologischer Zustand

Zusammenfassend ergeben sich folgende fischökologische Zustände im Projektgebiet:

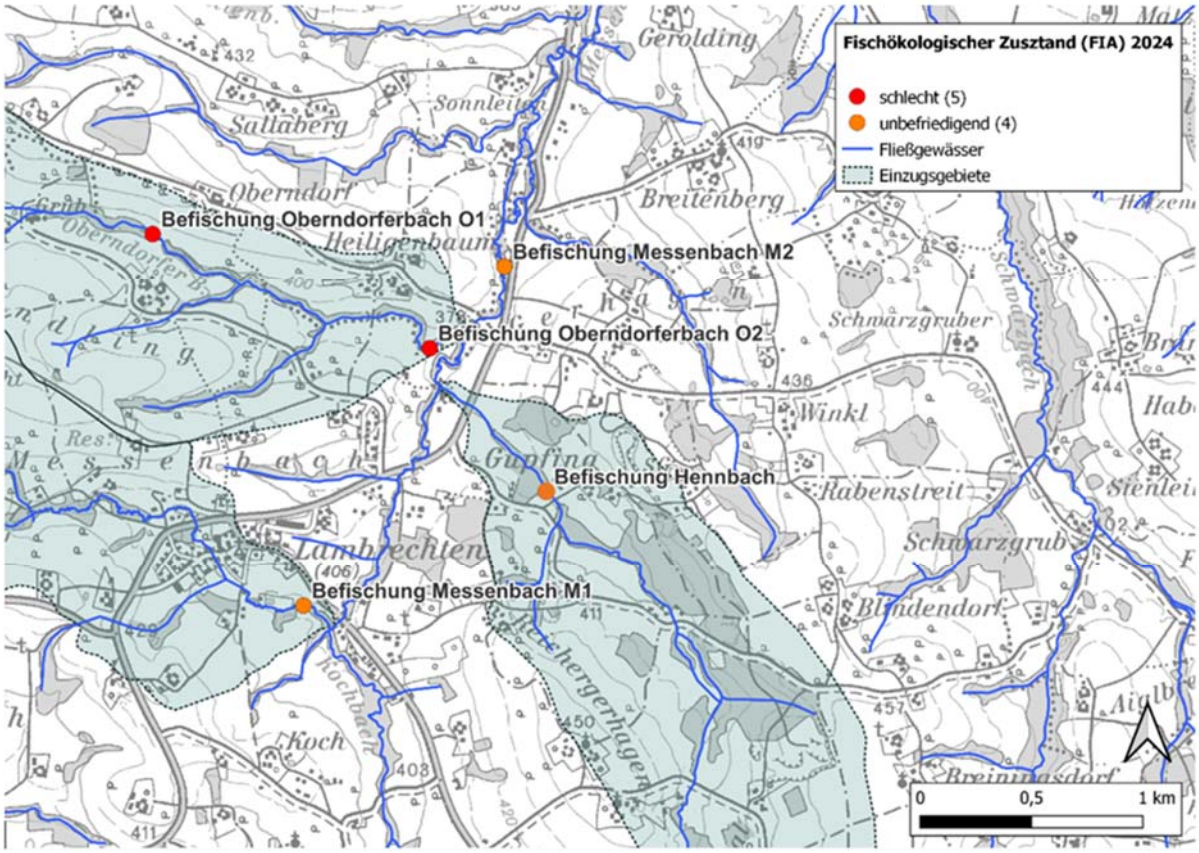


Abb. 54 Gesamter fischökologischer Zustand nach FIA.

4.4.2 Vergleich mit der Befischung 2022

In Abb. 55 sind die Fangzahlen pro nachgewiesener Fischart aus den beiden Untersuchungsjahren 2022 und 2024 vergleichend dargestellt. Dabei wird ersichtlich, dass im Jahr 2024 in Summe beinahe doppelt soviele Individuen wie im Jahr 2022 erfasst werden konnten, was in erster Linie auf die starke Zunahme an nachgewiesenen Elritzen zurückzuführen ist. Bei den restlichen Fischarten zeigen sich hingegen nur geringe Abweichungen in den Fangzahlen: Gegenüber dem erstem Untersuchungsjahr ist ein leichter Anstieg der Individuenzahlen bei den Arten Aitel, Bachschmerle, Blaubandbärbling, Gründling und Koppe zu vernehmen. Eine Abnahme der Individuenzahlen zeigt sich lediglich bei der Bachforelle und beim Schneider, wobei letzterer in der diesjährigen Untersuchung gänzlich fehlte.

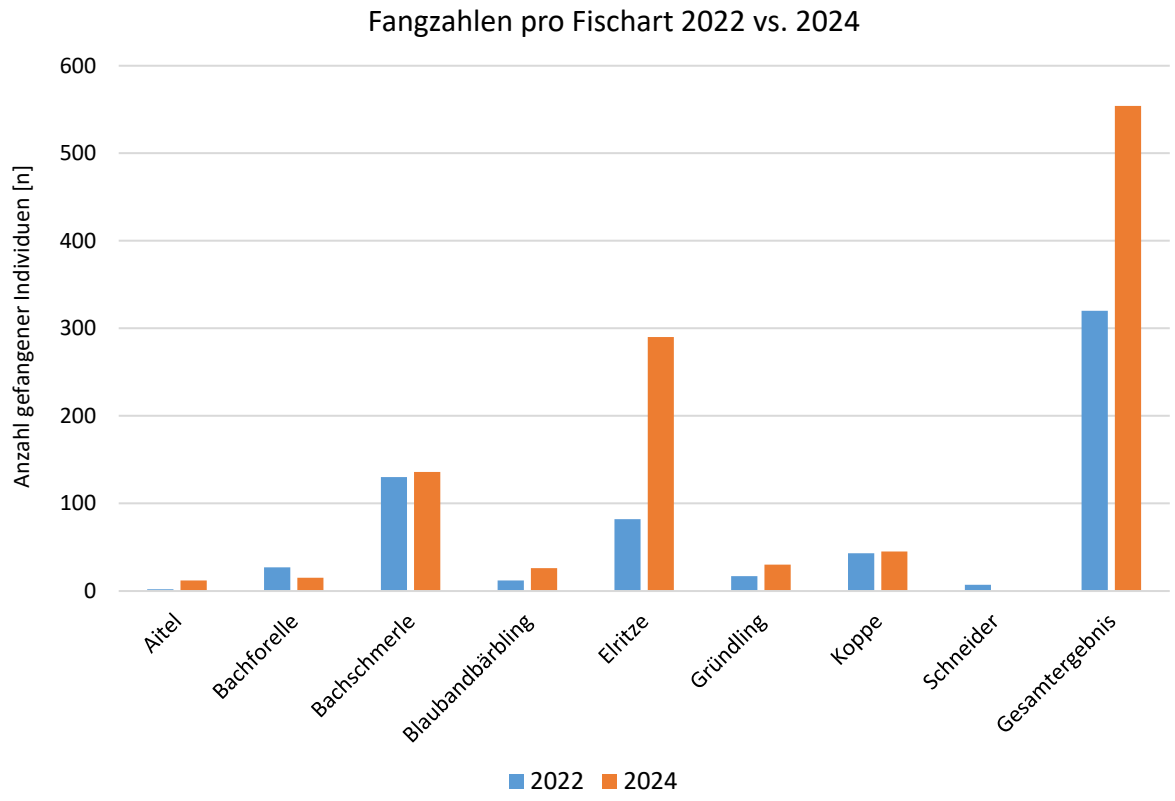


Abb. 55 Vergleich der Fangzahlen pro Fischart zwischen den Untersuchungsjahren 2022 und 2024.

In Abb. 56 und Abb. 57 ist für die beiden Untersuchungsjahre die Längenhäufigkeitsverteilung des jeweils erfassten Fischbestandes dargestellt. Während die Arten Elritze und Bachschmerle 2022 und 2024 im etwa gleichen Größenspektrum erfasst wurden, fielen die Längen der in diesem Jahr gefangenen Gründlinge und Koppen im Mittel etwas höher aus. Die im Jahr 2024 nachgewiesenen Bachforellen befanden sich entweder im 0+- oder im Adultstadium, während diese Art im Jahr 2022 beinahe ausschließlich im Längenbereich zwischen 130 und 200 mm erfasst wurde, was etwa dem 1+ bzw. 2+-Altersstadium entspricht. Zwar wurden im Jahr 2022 weniger Aitel als im Jahr 2024 gefangen, doch stellten die beiden Exemplare damals die mit Abstand größten Individuen des gesamten erfassten Fischbestandes dar.

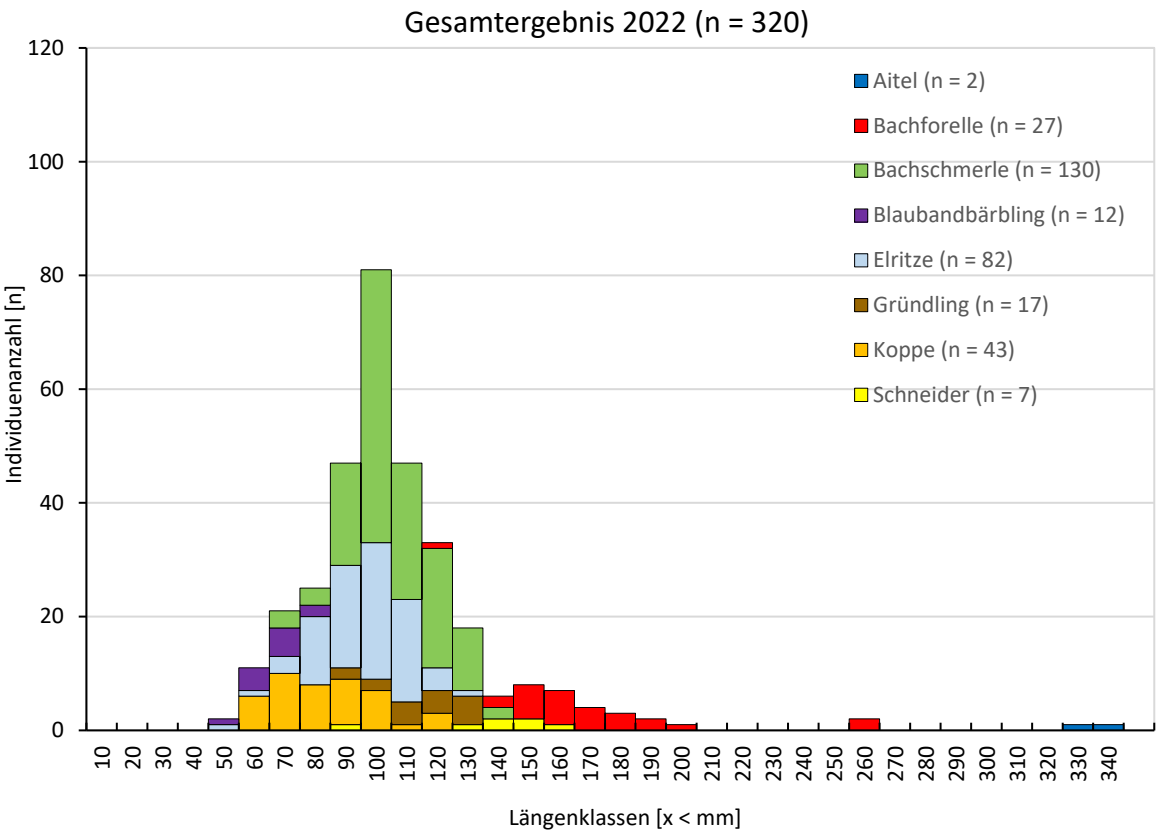


Abb. 56 Längenhäufigkeitsverteilung aller gefangenen Fische im Jahr 2022.

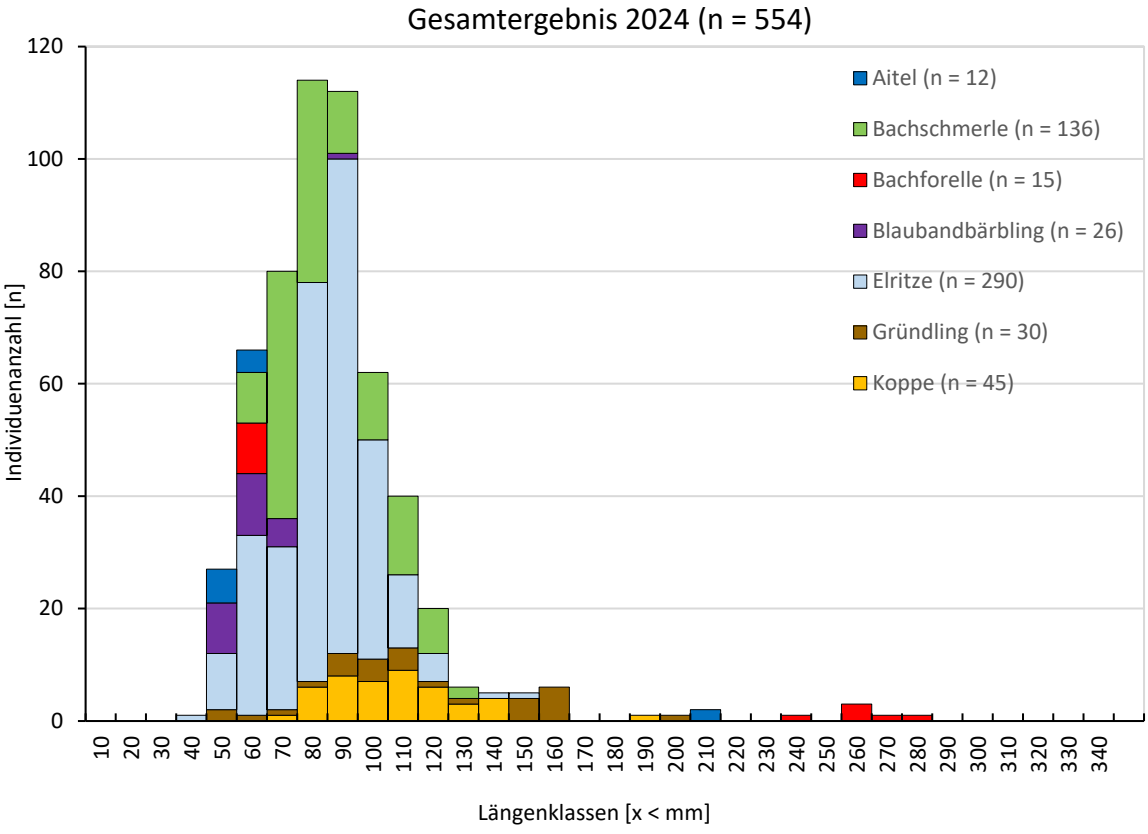


Abb. 57 Längenhäufigkeitsverteilung aller gefangenen Fische im Jahr 2024.

In Tab. 12 sind die fischökologishen Zustandsbewertungen für die fünf Probestrecken in beiden Untersuchungsstrecken angeführt. In beiden Jahren fielen die Bewertungen in etwa ähnlich aus, lediglich der Hennbach wurde in der diesjährigen Untersuchung um zwei Grad schlechter eingestuft. In der aktuellen Untersuchung wurde in allen fünf Probestrecken das KO-Kriterium aufgrund zu geringer Biomassewerte aktiv. In Tab. 13sind zusätzlich die Zustandsbwertungen ohne Berücksichtigung dieses KO-Kriteriums gegenübergestellt. Wird die Biomasse als Kriterium ausgeklammert, dann fällt der FIA in den beiden Probestrecken des Messenbachs jeweils um einen Grad besser gegenüber der Voruntersuchung aus und für den Hennbach erhält man nun das gleiche Ergebnis wie im Jahr 2022, nämlich den guten Zustand.

Die Biomasse nimmt ohne Zweifel einen wichtige Rolle bei der Beurteilung des Zustands eines Fischbestandes ein, doch entschieden im vorliegenden Fall bereits geringe Biomassenunterschiede darüber, ob für einen Gewässerabschnitt eine Verbesserung oder eine Stagnation bzw. eine Verschlechterung des Fischbestandes über die letzten zwei Jahre angenommen werden kann. In der Probestrecke „Messenbach 1" bewispielsweise wurde im Jahr 2022 eine Gesamtbiomasse von 50,96 kg/ha erzielt und somit das KO-Kriterium gerade noch erfüllt. Im Jahr 2024 fiel die Biomasse in diesem Abschnitt trotz deutlich höher Individuendichten um 16,09 kg/ha geringer aus und das Inkraftreten des KO-Kriteriums führte zu einer Abstufung der Gesamtnote um einen Grad, wonach von einer leichten Verschlechterung des fischökologischen Zustandes im Vegleich zu 2022 auszugehen wäre, obwohl die anderen Einzelparameter besser ausfielen und eine Zustandsverbesserung von unbefriedigend auf mäßig anzeigen würden.

In Anbestracht der Tatsache, dass man es im gegenständlichen Untersuchungsgebiet mit Fischbeständen zu tun hat, die aufgrund der Dominanz von Kleinfischarten allgemein geringe Biomassewerte aufweisen, ist festzuhalten, dass der Rolle der Biomasse als Beuretilungskriterium für die gegenständliche Fragestellung zu viel Bedeutung zugeschrieben wird. Demnach erscheint die Betrachtung und der Vergleich der fischökologischen Zustandsbewertungen ohne Berücksichtigung dieses KO-Kriteriums als aussagekräftiger und plausibler. Demnach deuten die gegeständlichen Ergebnisse auf eine leichte Verbesserung der fischökologischen Situatution im Messenbach hin. Inwiefern sich die im Projektgebiet gesetzten Maßnahmen zur Reduktion des Feinsedimenteintrags auf die Fischbestände in den betroffenen Gewässern auswirken, ist zum jetzigen Zeitpunkt nicht feststellbar. Um diesbezüglich konkretere Aussagen treffen zu können, bedarf es jedenfalls weiterer Untersuchungen in den nächsten Jahren.

Tab. 12 Vergleich der Fischökologischen Zustandsbewertungen (FIA) in den fünf gegständlichen Probestrecken zwischen den Untersuchungsjahren 2022 und 2024.

Probestrecke	FIA 2022 (mit KO-Kriterium Biomasse)	FIA 2024 (mit KO-Kriterium Biomasse)
Oberndorferbach 1	schlecht (5,00)*	schlecht (5,00)*
Oberndorferbach 2	schlecht (5,00)*	schlecht (5,00)*
Messenbach 1	unbefriedigend (3,63)	unbefriedigend (4,00)*
Messenbach 2	unbefriedigend (4,00)*	unbefriedigend (4,00)*
Hennbach	gut (2,44)	unbefriedigend (4,00)*

*KO-Kriterium Biomasse aktiv

Tab. 13 Vergleich der Fischökologischen Zustandsbewertungen (FIA) in den fünf gegständlichen Probestrecken zwischen den Untersuchungsjahren 2022 und 2024 ***ohne Berücksichtigung des KO-Kriteriums Biomasse****.*

Probestrecke	FIA 2022 (ohne KO-Kriterium Biomasse)	FIA 2024 (ohne KO-Kriterium Biomasse)
Oberndorferbach 1	schlecht (5,00)	schlecht (5,00)
Oberndorferbach 2	mäßig (3,17)	mäßig (3,46)
Messenbach 1	unbefriedigend (3,63)	mäßig (3,43)
Messenbach 2	mäßig (2,75)	gut (2,43)
Hennbach	gut (2,44)	gut (2,44)

4.5 Kartierung

Im Juni und Juli 2024 wurde eine Erosionskartierung durchgeführt, nachdem kleinere Erosionserscheinungen von den Landwirten berichtet wurden. Insgesamt waren die Erosionserscheinungen sowohl im Maßnahmengebiet als auch im Vergleichsgebiet relativ unauffällig. Laut Aussagen der Landwirte waren die Niederschläge insgesamt moderat, sodass keine größeren Abschwemmungen verursacht wurden. Einzig beim Gutgsellfeld im Maßnahmengebiet, wo nach einem Niederschlag mit 37 mm mehrere Erosionsrillen nebeneinander auf einem Mais-Acker auftraten, trotz Anbau quer zum Hang. Beim Neufeld-Acker wurden Erosionsrillen in der Fahrspur aufgenommen, beim Strassfeld rechts war ebenfalls eine kleine Erosionsrille zu sehen.

Abb. 58 Erosionsrillen am Gutgsellfeld vom 11.6.2024

Bei der Begehung im Vergleichsgebiet wurden Großteils Anlandungen im Unterhang dokumentiert, welche augenscheinlich von großflächigen Erosionen stammen. Erosionsrillen wurden keine dokumentiert, jedoch ist aufgrund des Bewuchses zu diesem Zeitpunkt nicht auszuschließen, dass die Erosionserscheinungen bereits überwachsen waren.

Abb. 59 Anlandungen am Luftbild und bei der Begehung am 9.7.2024

In Vorbereitung zur Kartierung im Juli wurden die zuvor erstellen Drohnenaufnahmen auf sichtbare Erosionserscheinungen durchsucht, um einerseits einen Eindruck über die gesamte Fläche zu erhalten (was bei Begehungen oft nicht möglich ist) und um abzugleichen, inwiefern sich vermutete Erosionsrillen in der Wirklichkeit finden. Besonders in Gewässernähe waren einige verdächtige Spuren auf den Drohnenaufnahmen zu sehen, welche auf den ersten Blick wie linienhafte Erosionsspuren wirkten. Im Zuge der Begehung konnte jedoch festgestellt werden, dass es sich dabei um die Laufpfade von Tieren (vermutlich Bisamratten) handelt. Anlandungen hingegen konnten über die Luftaufnahmen eindeutig identifiziert und bei der Begehung bestätigt werden.

Abb. 60 Drohnenaufnahme mit vermuteter Erosionsspur und bei der Besichtigung festgestellte Tierspur

Bei einer Besichtigung der Gräben im Maßnahmengebiet im Juli 2024 wurde eine Abschätzung des darin befindlichen Materials vorgenommen. Nach Auskunft bei der Gemeinde Lambrechten wurden die Gräben zuletzt im Zuge der Flurneuordnung im Jahr 2022 geräumt. Seither füllten sich die Gräben teilweise beträchtlich, was darauf hinweist, dass der Bodenabtrag im Gebiet durchaus vorhanden ist, auch wenn er nicht immer über eindeutige Erosionsspuren sichtbar ist. Eine Mengenschätzung des Grabeninhalts ist jedoch schwierig, da diese zum Besichtigungszeitpunkt stark überwachsen waren und die ursprüngliche Grabentiefe nicht bekannt ist. Eine Zusammenarbeit mit der Gemeinde Lambrechten bei der nächsten Grabenräumung wäre daher anzustreben.

Abb. 61 Mit Feinsediment aufgefüllter Straßengraben

4.6 Bodenproben und Sedimentproben

In Abstimmung mit dem AG bestand die Möglichkeit Boden- und Sedimentproben beim Labor vom Land OÖ analysieren zu lassen. Bei den Bodenproben wurden die Parameter Gesamtphosphor, Phosphor, Kalium und der pH-Wert analysiert, bei den Sedimentproben (im Gewässer und in Auffangbecken) wurde der Gesamtphosphor analysiert. Zusätzlich wurde bei 10 Proben eine Korngrößenanalyse vom Institut für Kulturtechnik in Petzenkirchen durchgeführt.

Bei der Auswahl der Flächen für die Bodenprobenahme wurden die Lage zum Gewässer, das Eintragsrisiko und die alten Schlagabgrenzungen vor der Flurneuordnung berücksichtigt. Die ausgewählten Teilflächen wurden wiederum unterschieden zwischen Abtrags- und Anlandungsbereich, um so eventuell auftretende Unterschiede bei der Korngrößenverteilung und der Nährstoff-zusammensetzung feststellen zu können. Bei der Bodenprobe Nr. 16 wurde ein im Jahr 2024 beobachteter Erosionsbereich ausgewählt.

Bei den Sedimentproben wurden die 3 großen Absetzbecken im Projektgebiet ausgewählt, sowie 4 Stellen im Gewässer selbst, wobei 2 im Oberndorferbach (Maßnahmengebiet) und 2 im Messenbach-Oberlauf (Vergleichsgebiet) untersucht wurden.

Insgesamt erfolgte die Probenahme und Analytik auf 30 Schlag-Teilflächen, 3 Absetzbecken und 4 Gewässerabschnitten. Nachdem die Nutzung der ausgewählten landwirtschaftlichen Flächen unterschiedlich war, und demnach die Düngung zu unterschiedlichen Zeitpunkten erfolgte, wurden die Bodenproben in Abhängigkeit der angebauten Kultur zu zwei unterschiedlichen Zeitpunkten genommen (Mitte März und Mitte Juli).

Bei den Bodenproben ist nur ein geringer Unterschied zwischen Abtragsbereich und Anlandungsbereich im Gesamtphosphor-Gehalt vorhanden. Der Mittelwert liegt bei 743 mg/kg bzw. 751 mg/kg und ist im Anlandungsbereich daher geringfügig höher. Ähnliches ist auch beim Phosphorgehalt nach der CAL Methode zu beobachten (59 mg/kg bzw. 64 mg/kg). In den Auffangbecken liegt der Gesamtphosphor im Mittel bei 580 mg/kg, und somit weit unter den Werten am Acker. Im neu errichteten Becken Be1 ist der Gesamtphosphor-Gehalt mit 270 mg/kg am niedrigsten. Mit Abstand die höchsten Werte sind im Gewässer zu finden, wo im Mittel 900 mg/kg im Feinsediment enthalten ist. In Tab. 14 und Abb. 62 werden die Ergebnisse zusammenfassend dargestellt.

Tab. 14 Ergebnisse der Boden- und Sedimentuntersuchungen

	Gesamtphosphor mg/kg			Phosphor im CAL mg/kg		
	Min	Max	Mittelwert	Min	Max	Mittelwert
Abtrag	570	870	743	21	100	59
Anlandung	490	920	751	17	150	64
Beckensediment	270	780	580	-	-	-
Gewässersediment	790	960	900	-	-	-

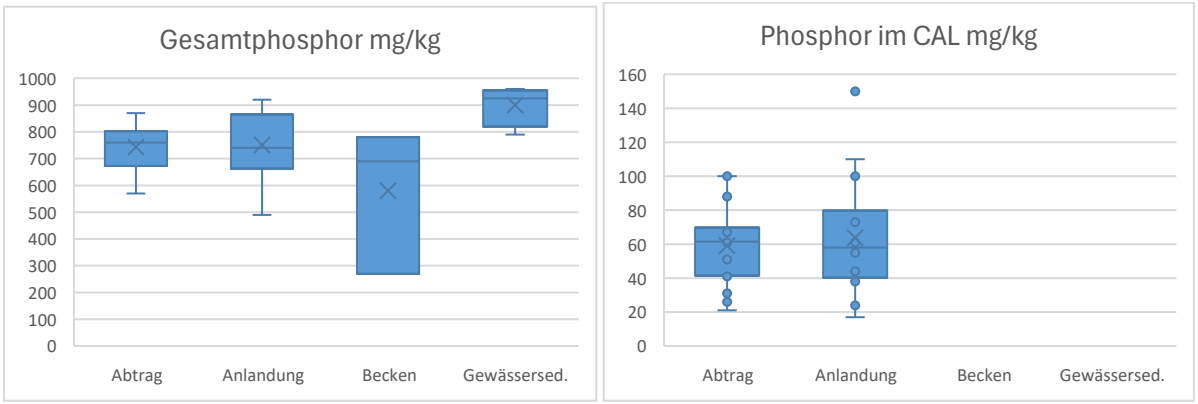


Abb. 62 Boxplot Darstellungen der Gesamtphosphor-Gehalte und der Phosphor-Gehalte im CAL

Die Untersuchungsergebnisse der einzelnen Ackerflächen wurden den Landwirten zur Verfügung gestellt, inklusive Interpretation der Gehaltsklassen und Düngungsempfehlung. Die Lage der Beprobungsstellen und -flächen ist Anhang E zu entnehmen.

4.7 Sedimentproben aus dem Gewässer

Es wurden insgesamt vier Sedimentproben von Ablagerungen im Oberndorferbach und im Messenbach genommen. In Abb. 15 ist die Lage der vier Probenahmenpunkte dargestellt. Es wurde jeweils eine Probe im Unterlauf und im Oberlauf des Vergleichsgebietes (Messenbach) und des Maßnahmengebietes (Oberndorferbach) genommen.

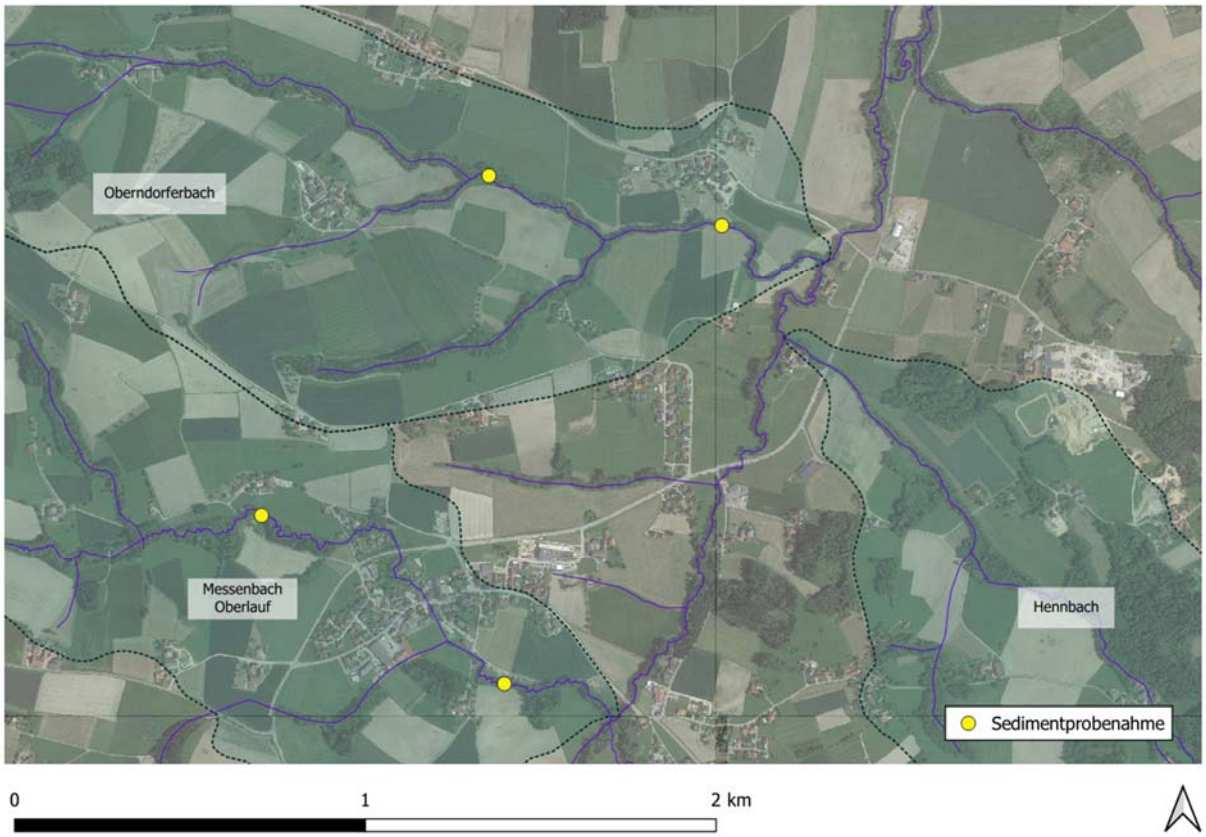


Abb. 63 Lage der vier Punkte der Sedimentprobenahme.

Abb. 64 zeigt das Verhältnis von Feinmaterial (< 0,002 – 1,99 mm) zu Grobmaterial (> 2,0 mm) der vier Sedimentproben.

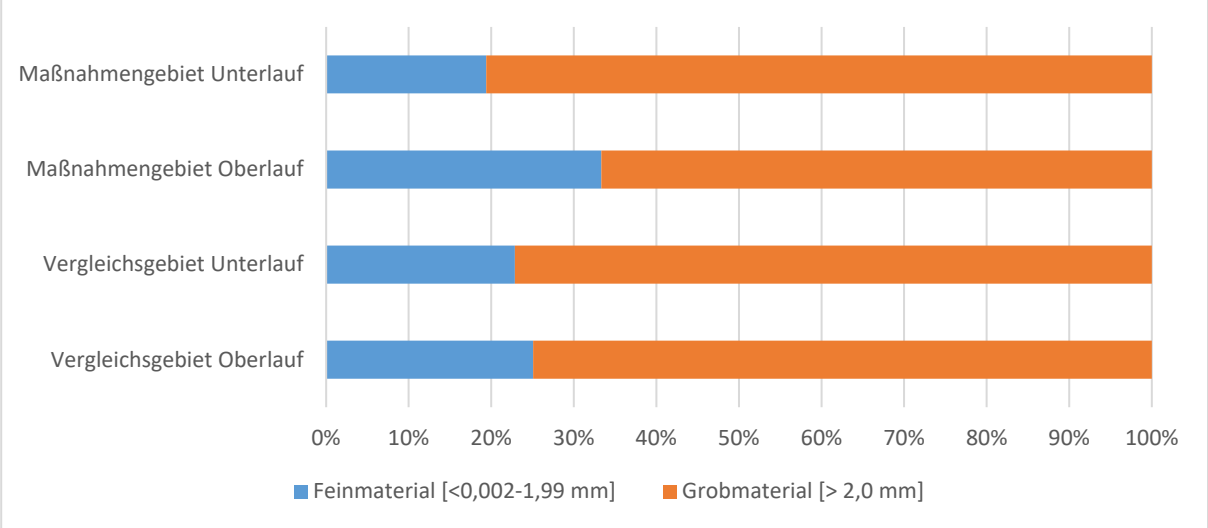


Abb. 64 Verhältnis von Feinmaterial [<0,002-1,99mm] zu Grobmaterial [2,00 mm] der vier Sedimentproben.

Dabei zeigt sich, dass sowohl im Maßnahmengebiet, als auch im Vergleichsgebiet im Oberlauf ein höherer Anteil von Feinmaterial gegeben ist. Allerdings ist insbesondere im Oberlauf des Maßnahmengebiet ein deutlich höherer Feinmaterialanteil ersichtlich. Dies ist gegensätzlich zur natürlichen Verteilung von Korngrößen im Längsverlauf eines Fließgewässers. Es ist davon auszugehen,

dass naturgemäß nach unten hin die Sedimente durch die unterschiedlichen Transportprozesse (z.B. selektiver Transport, Abrieb, etc.) kleiner werden (Jungwirth et al., 2003). Ebenso als gesichert, kann aber auch die menschliche Einflussnahme auf die Korngrößenverteilung angenommen werden, die vor allem in erhöhten Anteilen an sehr groben und sehr feinen Fraktionen sichtbar wird (Höfler et al., 2018).

In Abb. 65 ist das Verhältnis der Sandfraktionen [0,063-2,0 mm] zu den feineren Ton- und Schlufffraktionen [<0,063] abgebildet. Wieder zeigt sich ein höherer Anteil von feinen Fraktionen in den in den Oberläufen im Vergleich zum Unterlauf. Wobei der Oberlauf des Maßnahmengebietes den größten Anteil an feinen Fraktionen aufweist.

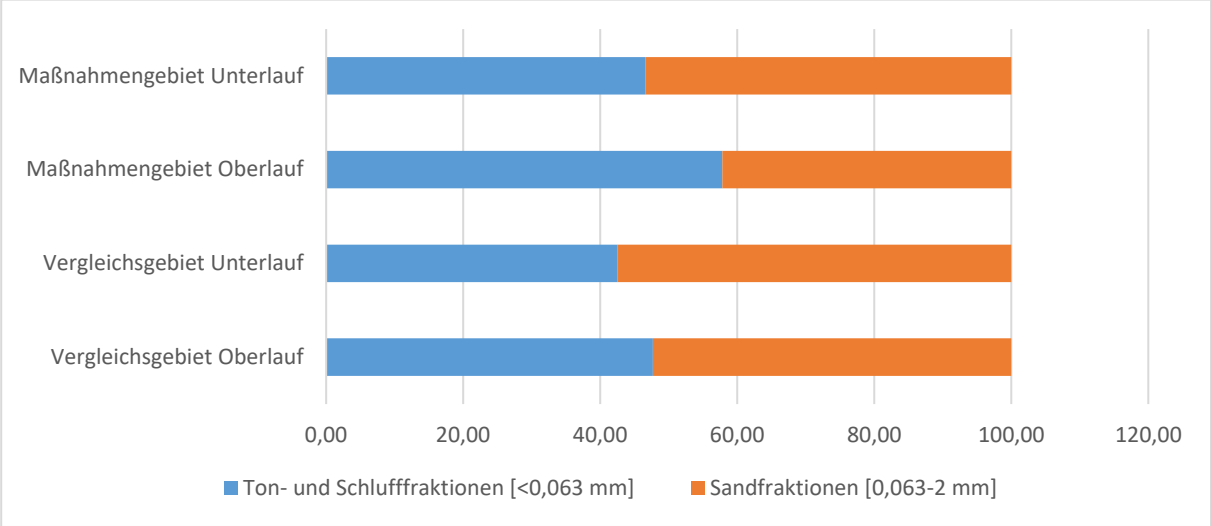


Abb. 65 Verhältnis der Sandfraktionen [0,063-2,0 mm] zu feineren Fraktionen [<0,063].

Gem. Hauer et al. (2015a) scheint das Verhältnis von Sand zu Schluff und Ton vor allem von der Geologie abhängig zu sein. Allerdings wird ebenso die Grundtendenz durch die Nutzungen im Einzugsgebiet und die Lage im Längsverlauf überlagert.

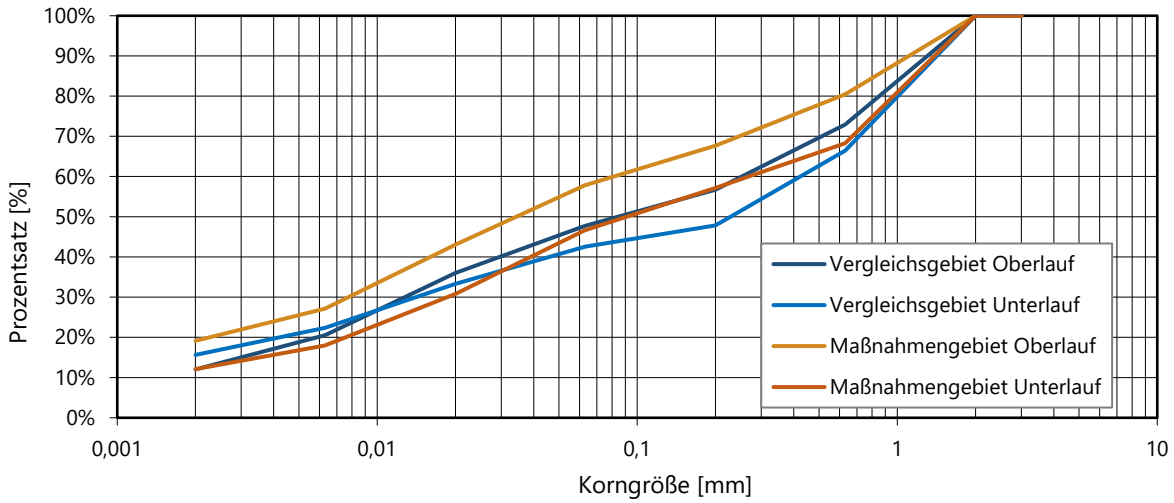


Abb. 66 Siebkurve der Sedimentfraktionen Ton bis Grobsand.

Diese geologisch bedingt ganz feinen Fraktionen bleiben sehr lange in Schwebe und werden weit transportiert. Daher ist der Rückhalt dieser feinen Fraktion in der Gebiet von besonderer Bedeutung. Die Siebkurve (Abb. 66) verdeutlicht ebenso den höheren Anteil an feineren Fraktionen im Oberlauf des Maßnahmengebietes.

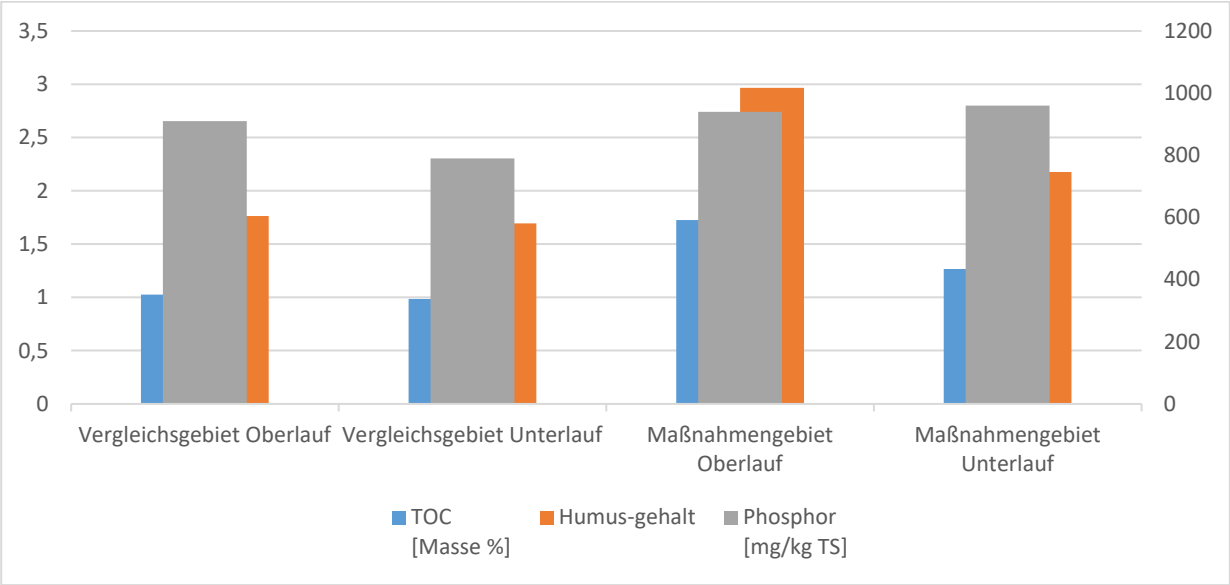


Abb. 67 *Gegenüberstellung von TOC [Masse %], Humus-gehalt [-] und Phosphor [mg/kg TS] der vier Sedimentproben.*

In der Gegenüberstellung von TOC, Humusgehalt und Phosphor zeigt sich ein deutlicher größerer Humusgehalt in der Sedimentprobe des Oberlauf im Maßnahmengebiet. Hier ist auch der größte Anteil von TOC zu verzeichnen. Generell sind höhere organische Anteile im Maßnahmengebiet gegeben. Mit Ausnahme des Unterlauf im Vergleichsgebiet weisen alle Sedimentproben Phosphorkonzentrationen über 2,5% auf.

Untersuchungen in anderen oberösterreichischen Gewässern zeigten den Trend, dass Probenahmestellen im Oberlauf eine deutlich stärkere Anreicherung der organischen Substanz, des Kohlen- und Stickstoff- sowie des Phosphorgehalts auf (Höfler et al., 2018). Dieser Trend zeichnet sich nur im Maßnahmengebiet im Bezug auf organische Substanzen ab. Ebenso muss beachtet werden, dass die Distanz zwischen den Probestellen im Ober- und Unterlauf im Maßnahmen- und Vergleichsgebiet nur rund einen Kilometer aufweist. Höfler et al. (2018) zeigt ebenso den Einfluss der Einzugsgebietsgröße, benetzter Breite, Acker-, Wald- und Siedlungsanteil im Bezug auf TOC Gehalt in Ablagerungen auf.

Zusammengefasst kann eine leichte Tendenz von feineren Fraktionen in den Oberläufen, sowie größeren organischen Anteilen im Maßnahmengebiet, festgestellt werden. Allerdings ist zu betonen, dass vor allem die lokale Hydromorphologie und somit die lokale Hydraulik einen entscheidenden Einfluss auf die Zusammensetzung der Ablagerungen im Gewässer haben. Die Wahl des Probenahmepunktes ist somit entscheidend. Es ist darauf hinzuweisen, dass diese vier Sedimentproben eine Momentaufnahme darstellen und erst im Zuge von umfangreicheren Untersuchungen genauere Aussagen getroffen werden können.

4.8 Flächenbezogenes Monitoring

Zur räumlichen Erfassung von Erosionsspuren, sowie zur Beurteilung der Vitalität der Pflanzengesellschaft im Maßnahmen- und Vergleichsgebiet wurden multispektrale Daten aus Drohnen- sowie Satellitenaufnahmen (Sentinel 2) herangezogen und der Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) (Weinberger et al., 2024) berechnet. Der NDVI ist ein weltweit genutzter Vegetationsindex, welcher die Vitalität der Vegetation anzeigt. Die Werte liegen zwischen -1 und 1 – je

höher der Wert, desto höher ist die Vitalität der Pflanzen. Für das Maßnahmen- und Vergleichsgebiet wurde der NDVI mit Drohnen- und Satellitenaufnahmen zu unterschiedlichen Zeitpunkten und in unterschiedlicher räumlicher Auflösung erstellt. Mit den Sentinel 2 Daten wurde eine Zeitserie des NDVI vom Gebiet gefertigt. Da die Vitalität der Pflanzengesellschaft einen signifikanten Einfluss auf Erosion hat kann der NDVI zur Einschätzung der Funktionalität von flächigen Maßnahmen herangezogen werden.

4.8.1 Monitoring mit Drohnendaten

Zu Beginn des Projektes waren im Jahr 2024 zwei Befliegungen vor und nach einem (Stark-) Regenereignis geplant. Während der erste Flug (29. Mai 2024) zum Monitoring des Ist-Zustandes im Maßnahmen-, sowie Vergleichsgebiet diente, wurde der zweite Flug (19. Juni 2024) drei Wochen später zum Monitoring der beiden Gebiete nach dem ersten signifikanten Regenereignis des Jahres (37 mm) durchgeführt. Im September 2024 wurden das Maßnahmen- und das Vergleichsgebiet aufgrund eines Starkregenereignisses (179,1 mm) ein drittes Mal beflogen (25. September 2024), um eventuelle Erosionsspuren festzuhalten.

Die Befliegungen erfolgten mit einer DJI Mavic 3 Enterprise, ausgerüstet mit einer Multispektralkamera, sowie RTK (Real Time Kinematic – Genauigkeit der Vermessung im cm-Bereich). Das Gebiet wurde dabei im Rot, Grün, Blau und Infrarot-Spektrum aufgenommen.

Zur Erstellung der Aufnahmen wurden die Flüge im Vorhinein über Wegpunkte automatisiert und eine Überlappung der Einzelfotos von mindestens 70% definiert. Die Flughöhe der Drohne betrug 96 - 100 m über Grund. Durch die darauffolgende photogrammetrische Auswertung wurden Orthomosaike mit einer Pixelgröße von 3-4 cm in Echtfarbe (Abb. 68), sowie Vegetationsindizes zur Beurteilung der Pflanzenvitalität erstellt (Abb. 19 - 20). Zur Berechnung des NDVI wurden die Aufnahmen in den spektralen Kanälen Rot und Infrarot herangezogen.

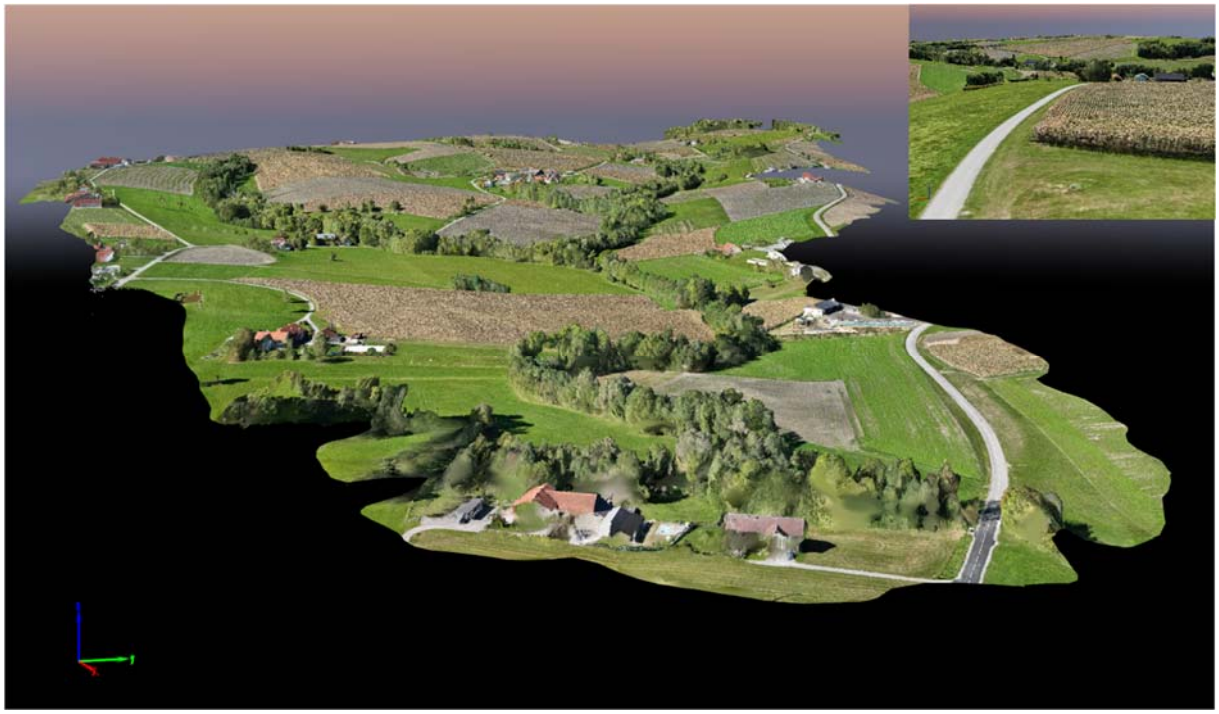


Abb. 68 3D-Modell des Maßnahmengebietes: Drohnenaufnahmen vom 19. Juni 2024

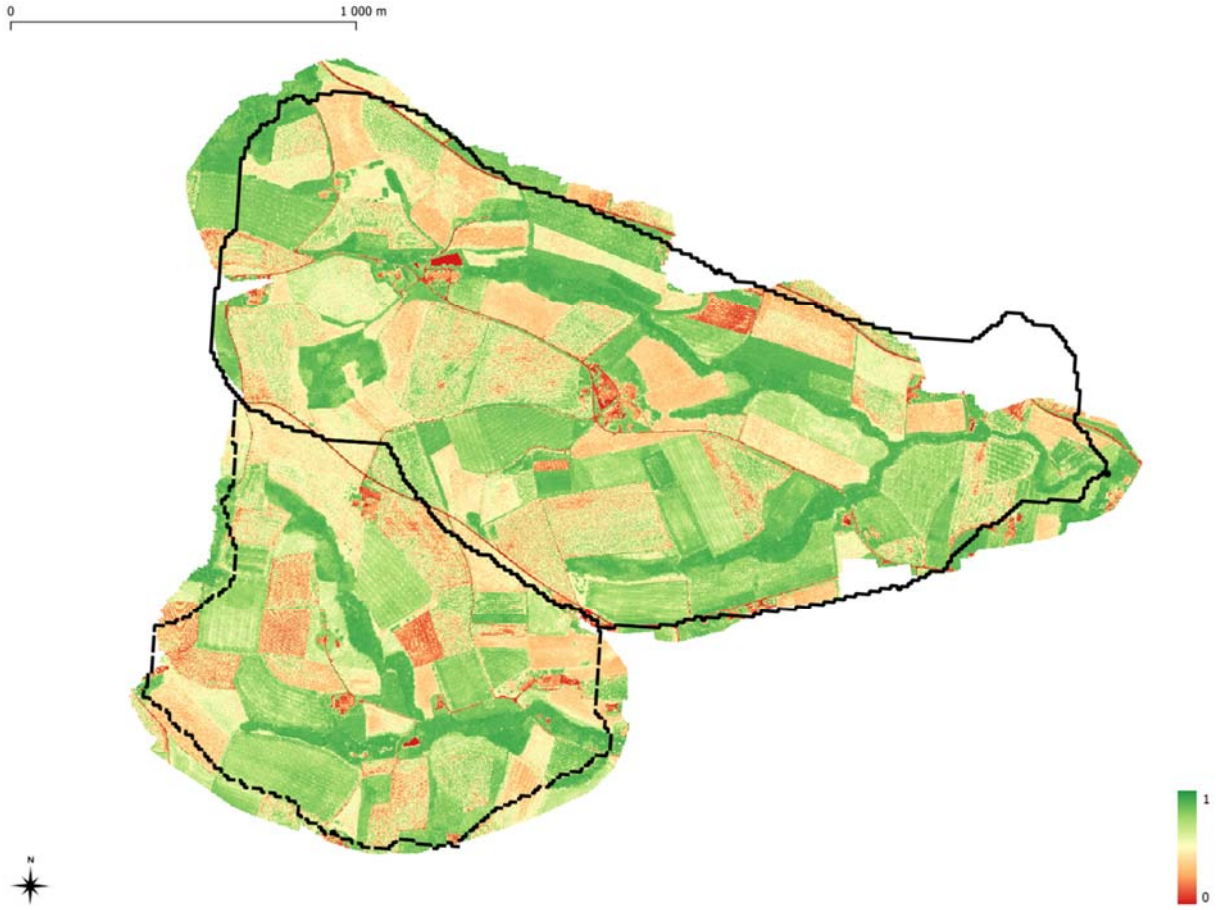


Abb. 69 *NDVI des Maßnahmen- und Vergleichsgebietes: Drohnenaufnahmen vom 19. Juni 2024*

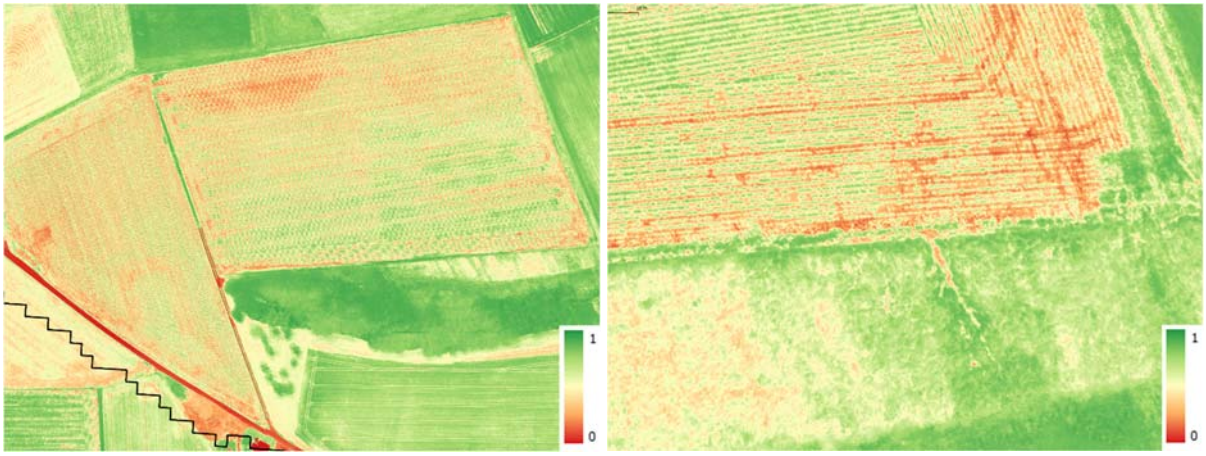


Abb. 70 *NDVI aus Drohnenaufnahmen vom 19. Juni 2024: Detail eines Maisackers im Maßnahmengebiet (links) und leichte Erosionsspuren im Osten desselben Maisackers (rechts)*

4.8.2 Monitoring mit Satellitendaten

Für das flächenbezogene Monitoring der beiden Gebiete mit Hilfe von Satellitendaten wurden 13 Sentinel 2-Szenen zwischen dem 07. Oktober 2023 und dem 04. September 2024 nach Wolkenbedeckung ausgewählt. S2-Daten sind frei zugänglich und können bei Bedarf über den Copernicus Browser (browser.dataspace.copernicus.eu) heruntergeladen werden. Die Aufnahmen

stehen in unterschiedlichen Spektralkanälen (Rot, Grün, Blau, Red Edge, Nahes Infrarot, sowie Kurzwelliges Infrarot) und unterschiedlicher Auflösung (10 m, 20 m und 60 m pro Pixel) je Szene zur Verfügung. Zur Analyse der phänologischen Entwicklung der Vegetation wurde der NDVI im Maßnahmen- und Vergleichsgebiet berechnet und eine Zeitserie erstellt (Abb. 71, Anhang F). Die Entwicklung der Pflanzenvitalität wurde daher über das Jahr mit Hilfe des NDVIs abgebildet.

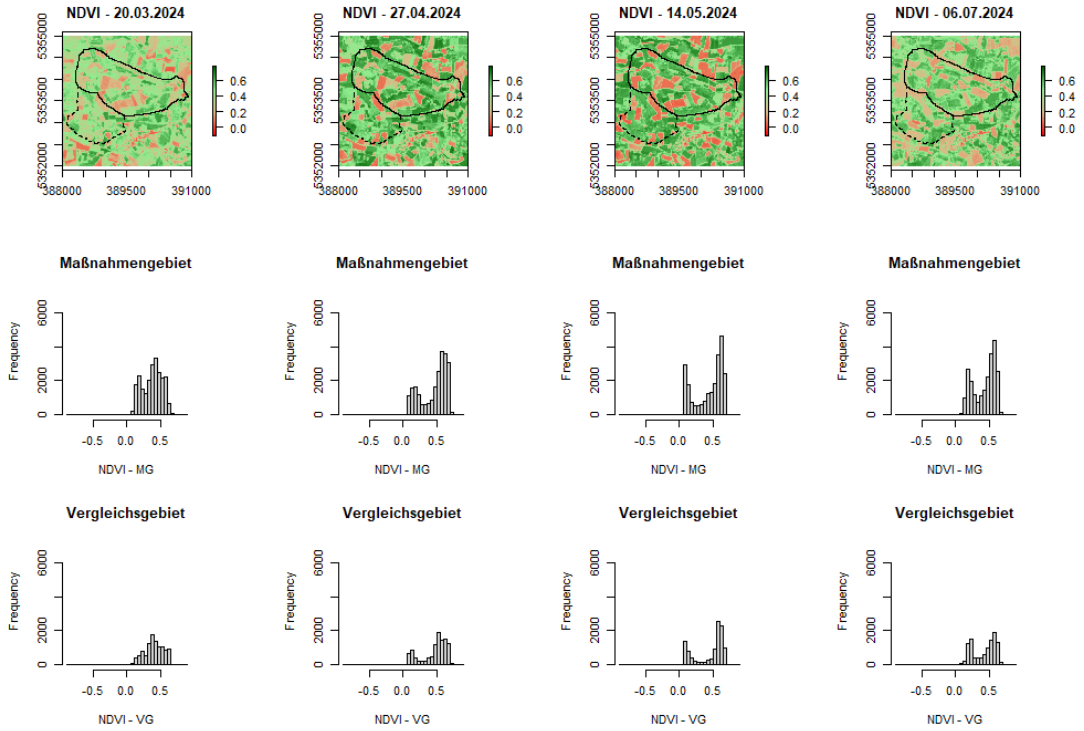


Abb. 71 *Beispiel für die Sentinel 2 basierten NDVI-Berechnungen im Maßnahmen- und Vergleichsgebiet zwischen März und Juli 2024*

Um den NDVI und damit die Vitalität der Pflanzengesellschaft im Maßnahmen- und Vergleichsgebiet gegenüberzustellen wurden statistische Auswertungen durchgeführt (Tab. 15, Abb. 72). Obwohl die Differenz des mittleren NDVI über das Jahr (Oktober 2023 – September 2024) klein war, konnte im Maßnahmengebiet ein statistisch signifikanter, höherer Wert gezeigt werden (VG = 0,427; MG = 0,446). Die Auswirkung der Nutzungsart und des Aufnahmezeitpunktes war dabei deutlich stärker als der Gebietsunterschied. Während über das Jahr der durchschnittliche NDVI auf Grünflächen im Vergleichsgebiet höher war (MG = 0,507; VG = 0,514), konnte im Maßnahmengebiet auf Ackerflächen ein höherer NDVI verzeichnet werden (MG = 0,350; VG = 0,342).

Zusammengefasst lassen sich die Ergebnisse so interpretieren, dass der NDVI im Maßnahmengebiet zwischen Oktober 2023 und September 2024 im Durchschnitt einen geringfügig höheren Wert aufwies. Im Vergleichsgebiet erreichte der NDVI auf Grünlandflächen und sonstigen Flächen (Wege, Straßen, Gebäude, Wald, …) einen höheren Durchschnittswert. Der Effekt im Maßnahmengebiet wurde daher auf den Ackerflächen erzielt, welche Ziel der Maßnahmen im Projekt sind.

Tab. 15 Mittelwert des NDVI zu unterschiedlichen Zeitpunkten und Nutzungsarten (Acker (A), Grünland (G)) im Maßnahmengebiet (MG) und Vergleichsgebiet (VG)

NDVI	Datum	Mittelwert MG	Mittelwert MG A	Mittelwert MG G	Mittelwert VG	Mittelwert VG A	Mittelwert VG G
1	07.10.2023	0,398	0,339	0,533	0,342	0,263	0,503
2	01.11.2023	0,406	0,372	0,507	0,384	0,338	0,510
3	19.12.2023	0,352	0,331	0,440	0,364	0,345	0,467
4	28.01.2024	0,292	0,251	0,405	0,315	0,281	0,432
5	20.03.2024	0,374	0,326	0,519	0,402	0,369	0,530
6	27.04.2024	0,458	0,401	0,615	0,463	0,413	0,613
7	14.05.2024	0,437	0,379	0,571	0,454	0,394	0,600
8	06.07.2024	0,425	0,383	0,521	0,421	0,361	0,557
9	21.07.2024	0,412	0,367	0,503	0,426	0,361	0,582
10	31.07.2024	0,412	0,360	0,525	0,381	0,332	0,468
11	07.08.2024	0,409	0,354	0,525	0,391	0,342	0,478
12	15.08.2024	0,376	0,336	0,465	0,364	0,323	0,452
13	04.09.2024	0,384	0,345	0,465	0,381	0,329	0,492
Mittelwert Zeitserie		**0,446**	**0,350**	**0,507**	**0,427**	**0,342**	**0,514**

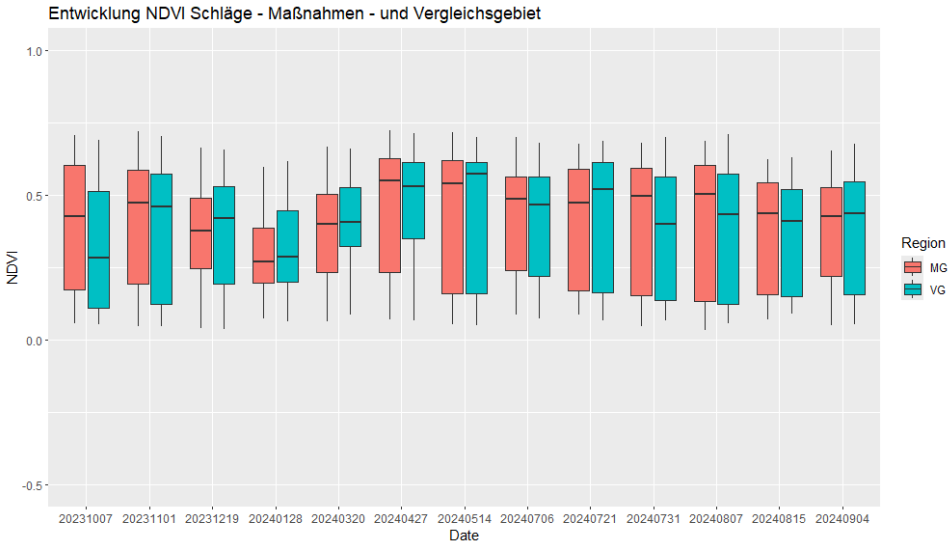


Abb. 72 Entwicklung des Sentinel 2 basierten NDVI im Maßnahmen- und Vergleichsgebiet zwischen Oktober 2023 und September 2024

5 Konzepte zur Übertragbarkeit auf andere Gebiete

5.1 Weiterentwicklung des RPhosFate Modells

5.1.1 Erhöhung der Rasterauflösung

RPhosFate ist ein rasterbasiertes Emissions- und Transportmodell, welches die Transportwege eines erosionsgebundenen Stoffeintrages in Oberflächengewässern darstellt und kritische Quellgebiete identifiziert. Ein Rastermodell kann als eine Matrix von gleich großen Zellen (Pixeln) definiert werden, in denen jede Zelle eine spezifische Information enthält. Die Größe jeder Zelle, wird durch die Auflösung des Modells bestimmt (Chang, 2019). In früheren Projekten wurden die Einzugsgebiete Oberndorferbach und Messenbach mit einer Auflösung von 10m x 10m modelliert (Weinberger et al., 2024). Dies bedeutet, dass jede Zelle im Raster eine Fläche von 100 Quadratmetern auf der Erdoberfläche abbildet.

Im vorliegenden Projekt wurde die Auflösung von ursprünglich 10m x 10m auf 1m x 1m erhöht. Die Anpassung der Rasterauflösung ermöglicht es, den räumlichen Detailgrad des Modells zu variieren. Eine höhere Auflösung bedeutet kleinere Zellen, die detailliertere Informationen liefern und feinere räumliche Strukturen darstellen können (Diana Earshia and Sumathi, 2019). Diese Verfeinerung ermöglicht eine präzisere Modellierung von erosionsbedingten Emissionen und den Transport von sedimentgebundenem Phosphor, da mehr räumliche Details erfasst und genauer abgebildet werden können.

Um die Auflösung des Modelles auf 1m x 1m zu erhöhen, mussten die notwendigen Eingangsdaten (Tab. 16), für die Einzugsgebiete Messenbach und Oberndorferbach und die Jahre 2021 bis 2024, neu berechnet werden.

Tab. 16 Angepasste Eingangsdaten auf eine Auflösung von 1m x 1m

Art der Eingangsdaten	Datenherkunft
Rasterdatei des digitalen Geländemodells	Land Oberösterreich (Land Oberösterreich, 2024)
Rasterdatei des Gewässerverlaufs	Kartierte Gewässer angepasst an Gesamtgewässernetz (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft (BML) and Umweltbundesamt GmbH, 2024)
Rasterdatei des Straßennetzwerkes mit unterirdischer Ableitung	Kartierte unterirdische Straßenanbindungen angepasst an Straßennetzwerk (ÖVDAT, 2024)
Rasterdatei des R-Faktors der R(USLE) Gleichung für die Berechnung der Bodenerosion	Tägliche Niederschlagsdaten (GeoSphere Austria, 2020)
Rasterdatei des K-Faktors der R(USLE) Gleichung für die Berechnung der Bodenerosion	K Faktoren österreichischen Bodenkartierung (Strauss et al., 2020)
Rasterdatei des C-Faktors der R(USLE) Gleichung für die Berechnung der Bodenerosion	INVEKOS CP-Faktoren (Agrarmarkt Austria, 2024)
Rasterdatei des Manning-Rauhigkeitskoeffizienten	Ableitung von INVEKOS CP-Faktoren (Agrarmarkt Austria, 2024)

Rasterdatei mit Informationen zum Tongehalt des Oberbodens	Digitale Bodenkarte
Rasterdatei mit Informationen zum PP-Gehalt im Oberboden	Digitale Bodenkarte
Rasterdatei mit Informationen zu den Landnutzungsklassen	Digitale Katastralmappe (DKM)

5.1.1.1 Anpassung des digitalen Geländemodells, Straßennetzwerk und Gewässernetzwerk

Das digitale Geländemodell (DGM) bildet die Grundlage für die Berechnung der Fließrichtung der Abflussakkumulierung sowie der Hangneigung. Um die Rasterauflösung auf 1 m × 1 m zu erhöhen, war die Verwendung eines DGM mit einer entsprechenden Auflösung erforderlich. Als Grundlage für die weiteren Berechnungen wird das DGM mit einer Auflösung von 0,5 m × 0,5 m herangezogen, welches vom Land Oberösterreich zur Verfügung gestellt wurde. Da der DGM-Layer eine Auflösung von 0,5m hat, wurde das Geländemodell mit dem Programm ArcGIS Pro (ESRI, 2017) auf eine Auflösung von 1m x 1m resampelt. Dabei wurde eine bilineare Interpolation angewendet, da Geländemodelle kontinuierliche Werte haben und somit ein glatterer Übergang entsteht. Generell ist es wichtig zu beachten, dass das Resampeln von Rasterdaten grundsätzlich dann erfolgen sollte, wenn eine Verringerung der Datenauflösung angestrebt wird. Ein Resampeln zur Erhöhung der Datenauflösung ist zu vermeiden, da es sich bei der Interpolation um eine Approximation von Werten für einen nicht vorhandenen Punkt handelt (Diana Earshia and Sumathi, 2019). Eine Verringerung der Datenauflösung auf 1m x 1m bedingt eine Erhöhung der Zellgröße, wobei aus vier Zellen ein Zellwert berechnet wird. Dadurch wird einer Approximation von Werten entgegengewirkt.

Um die Geländemodellrechnungen durchzuführen, mussten das Straßennetzwerk und das Gewässernetzwerk ebenfalls auf die 1m x 1m Auflösung angepasst werden. Dafür wurde das Gesamtgewässernetz (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft (BML) und Umweltbundesamt GmbH, 2024) und das Straßennetzwerk (ÖVDAT, 2024) verwendet. Zudem wurden in dieser Datengrundlage durch kartierte Gewässer und unterirdische Straßenableitungen bzw. Gullys ergänzt.

5.1.1.2 Anpassung der (R)USLE-Inputdaten und Bodendaten

Die auf der „Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)" basierenden Eingangsdaten liegen in den ERWINN-Modellgebieten nur in einer Auflösung von 10 m x 10 m vor. Um das Resampling auf die höhere Auflösung zu vermeiden, wurden die Eingangsdaten mit einer Auflösung von 1m x 1m neu berechnet. Da eine Anwendung des Models vorgesehen war, wurden alle Inputdaten auf Jahreseben, für die Jahre 2021 bis 2024 und mit der entsprechenden Auflösung berechnet. Jährliche Variationen zeigen sich beim CP-Faktor davon abgeleiteten Manning-Wert sowie beim R-Faktor.

- Die jährlichen Bodenbedeckungs- und Bearbeitungsfaktoren (CP-Faktoren) wurden anhand der Invekosdaten der Jahre 2021-2024 berechnet (Agrarmarkt Austria, 2024). In der Vektordatei wird jedem Schlag ein CP-Faktor zugewiesen. Im Anschluss erfolgt eine Umwandlung der Vektordatei in eine Rasterdatei mit der korrekten Auflösung unter Verwendung der jeweiligen Schlag-ID als Rasterungskriterium. Unter Berücksichtigung der aus der Digitalen Katastralmappe (DKM) abgeleiteten Landnutzung erfolgt eine Zuweisung eines CP-Faktors zu den landwirtschaftlichen Flächen. Dabei wurden die bereits definierten CP-Werte für die verschiedenen Landnutzungsklassen angewendet (Strenge et al., 2022).
- Die Berechnung des jährlichen R-Faktors für die Niederschlagserosivität basiert auf den täglichen Niederschlagsdaten der Monate Mai bis Oktober der Jahre 2021 bis 2024, welche aus

dem Spartacusdatensatz (GeoSphere Austria, 2020) entnommen wurden. Aufgrund der Auflösung des Spartacusdatensatzes von 1 km × 1 km können für die modellierten Einzugsgebiete mehrere Datenpunkte entnommen werden. Das Einzugsgebiet (EZG) Messenbach umfasst zwei Rasterzellen, in denen Niederschlagswerte gemessen wurden. Das EZG Oberndorferbach besteht aus drei Zellen (Anhang G). Die täglichen Werte für die Monate Mai bis Ende Oktober wurden für jedes Jahr (2021 bis 2024) und jede Rasterzelle summiert und in weiteren Schritten der Mittelwert für das EZG berechnet. Für das Jahr 2024 konnten aufgrund des Zeitpunktes der Berichtserstellung nur Niederschlagsdaten bis Ende September entnommen werden.

Mit Hilfe der linearen Regression nach Klik und Konecny (2012) wurden die R-Faktoren für die Einzugsgebiete Messenbach und Oberndorferbach berechnet (Formel 1). Die jährliche Variation der R-Faktoren in der Modellierung ermöglicht eine verbesserte Darstellung des Einflusses des Niederschlags auf den Transport erosionsbedingter Stoffeinträge in Oberflächengewässer.

$$y = 1{,}9748x - 290{,}67$$

$$R^2 = 0{,}8357$$

[1]

x = jährlich gemittelter Niederschlag

- Der Bodenerodierbarkeitsfaktor wurde aus dem Projektbericht (Strauss et al., 2020) entnommen und der Boden-ID der digitalen Bodenkarte zugewiesen. Da die digitale Bodenkarte Datenlücken beinhaltet wurden die Lücken durch eine Approximation der Werte mit der Methodik nächster Nachbar berechnet. Dafür wurde das Programm ArcGIS Pro und die Funktion „Nibble" angewendet (ESRI, 2017).
- Der Tongehalt des Oberbodens wurde aus der digitale Bodenkarte entnommen. Um die Datenlücken zu füllen, wurde die gleiche Methodik wie beim Bodenerodierbarkeitsfaktor angewendet.
- Für die Berechnung des Gehaltes an partikulärem Phosphor (PP) des Oberbodens wurde die Methodik von Kovacs, (2013) angewendet. Dabei wurde der PP-Gehalt aus drei Reservoirs, dem labilen anorganischen labilen, anorganischen Reservoir (PP_{lab}), dem stabilen, anorganischen Reservoir (PP_{sta}) und dem organischen Reservoir (PP_{org}) berechnet.
- Der Rauhigkeitsbeiwert (Manning-Wert) wurde auf Basis der Landnutzung sowie des CP-Faktors berechnet. Dabei wurden den Schlägen bereits definierte Manning-Werte in Abhängigkeit von der Kulturart zugeordnet (Strenge et al., 2022).
- Die Berechnung der Landnutzung basiert auf einer Kategorisierung jeder Fläche im EZG anhand der Digitalen Katastralmappe (DKM) und der Invekos-Daten. Diese Einteilung erfolgt gemäß der jeweiligen Nutzungsart (Strenge et al., 2022).

5.1.2 Erweiterung des Models auf einen Multiflow-Algorithmus

In der vorherigen Modellversion von RPhosFate erfolgte die Berechnung der Fließwege unter Zuhilfenahme der sogenannten D8-Methode (O'Callaghan and Mark, 1984). Diese basiert auf dem digitalen Geländemodell (DGM) und weist jedem Pixel im Raster eine Fließrichtung in eine der acht Nebenrasterzellen zu (Abb. 73). Dabei kann die Fließrichtung sowohl diagonal als auch angrenzend sein. Dies impliziert, dass das erodierte Material lediglich in eine Richtung weiterfließen kann. Das Modell

modelliert somit die Emission, Retention und den Transport für jede Zelle im Einzugsgebiet und bestimmt eine Output-Zelle, in der die erodierte Fracht das Gewässer erreicht.

Die Anwendung der D8 Methodik kann jedoch kritisch gesehen werden, da der Abfluss in der Fläche nur in einem 45˚ Winkel, und damit nur in eine der acht möglichen Richtungen fließen kann. Dies stellt eine vereinfachte Darstellung der Fließrichtung da, da die transportierte Fracht in der Natur nicht immer von einer Zelle in die nächste fließt, sondern in Abhängigkeit vom DGM sich die Fracht auf mehrere Zellen aufteilen kann (Tarboton, 1997).

Um eine bessere Darstellung der Fließrichtung und somit der Erosionswege zu gewährleisten, wurde das RPhosFate Modell and den „Multiflow-Algorithmus“ anhand der Methodik von Tarboton, 1997 angepasst.

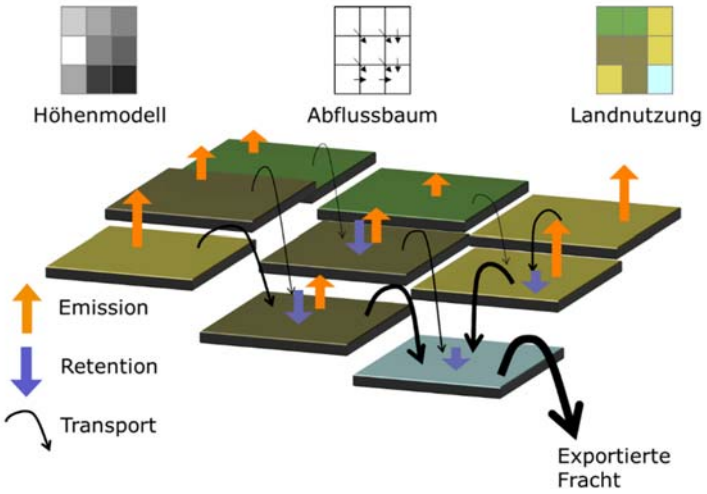


Abb. 73 *Darstellung der D8-Methode zur Bestimmung der Exportierten Fracht im Gewässer durch das RPhosFate Modell (Kovacs, 2013)*

Beim „Multiflow-Algorithmus“ wird jeder Zelle eine Fließrichtung zugeordnet. Wie bei dem D8 Modell gehen wir von acht Zellen in der Nachbarschaft jeder Zelle aus, wobei die Fließrichtung vom Mittelpunkt der mittleren Zelle durch das steilste Gefälle bestimmt wird. Dabei wird der Fließrichtung ein kontinuierlicher Wert zwischen 0 und 2π zugewiesen. Ist die Fließrichtung nicht diagonal (0, 90˚, 180˚, 270˚, 360˚) oder angrenzend kardinal (45˚, 135˚, 225˚, 315˚), wie es der Annahme in der Methodik D8 entspricht, dann wird der Abfluss auf zwei unterliegende Zellen aufgeteilt. Zur Berechnung des Abflussanteils des Transports der beiden in Fließrichtung liegenden Zellen werden acht Dreiecksfacetten mit jeweils 45 ˚ von der Zellmitte der mittleren Zelle aus definiert und der Abflussanteil, in der Facette der Fließrichtung, aus den Neigungswinkeln (p1 und p2) der beiden Pixel berechnet (Abb. 74).

Durch die Anwendung der „Multiflow-Methodik“ entsteht ein verzweigter Fließweg, mit mehreren Ausgangszellen. Dies ermöglicht eine verbesserte und realistischere Modellierung von Emission, Retention und Stofftransport im Einzugsgebiet, da damit nicht nur konvergierender, sondern auch divergierender Abfluss wie er beispielsweise an Schwemmkegeln auftritt, modelliert werden kann (Tarboton, 1997).

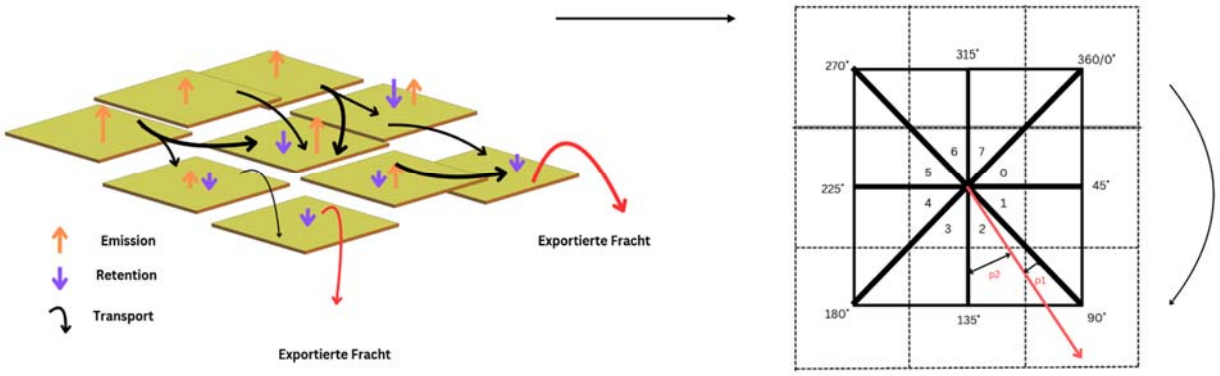


Abb. 74 *Darstellung der Multiflow-Methode zur Bestimmung der Exportierten Fracht im Gewässer durch das RPhosFate Modell (Prischl, 2024)*

Um den Multiflow-Algorithmus anwenden zu können, musste das RPhosFate-Modell umgeschrieben werden. Dabei wurde die Abflussakkumulation aus der neu berechneten Fließrichtung abgeleitet. Des Weiteren mussten die PP-Emissions-, Retentions- und Transportberechnungen im Modell angepasst werden, indem eine Aufteilung nach Fließrichtung zwischen den darunter liegenden Zellen vorgenommen wurde. Wenn die Fließrichtung der Fracht diagonal oder kardinal ist, fließt die gesamte Fracht aus der darüber liegenden Zelle nur in eine Zelle, sonst wird diese auf zwei Zellen aufgeteilt (Abb. 74).

5.2 Abbildung von Maßnahmenwirksamkeiten

5.2.1 RPhosFate

5.2.1.1 Szenarien zur Modellierung von Maßnahmenwirksamkeiten

Die Oberflächenretentionsrate ist der wesentliche Kalibrierungsparameter für das Model RPhosFate. Sie beschreibt die PP-Retention durch die Geländeoberfläche (bzw. in jeder der Rasterzelle) pro Sekunde (Hepp et al., 2022). Eine Kalibrierung dieses Parameters erfolgt üblicherweise anhand von Frachten in den Fließgewässern. Da für die Kalibrierung in den beiden ERWINN-Gebieten noch keine Frachterhebungen vorliegen, wurden für die Modellanwendung in diesen Gebieten, bis zum Vorliegen entsprechender Monitoringergebnisse, zwischenzeitlich mit Hilfe der Frachten aus einer Modelanwendung des alten Models für die gesamte Pram (Hepp et al., 2022) durchgeführt. Für das Maßnahmengebiet Oberndorferbach und das Vergleichsgebiet Messenbach wurden dabei jeweils fünf modellierte Frachten an ausgewählten Punkten entlang des Gewässernetzes ausgewählt und die Kalibrierungsparameter zur Abbildung mit dem neuen Model anhand dieser Frachten bestimmt. Die gebietsspezifischen Eingangsdaten des Oberndorferbachs und des Messenbachs für diese Kalibrierung waren Daten für das Jahr 2022. Für die Modellierung der Szenarien bzw. der damit verbundenen Maßnahmenwirksamkeiten im Maßnahmengebiet Oberndorferbach für die Jahre 2023 und 2024 wurde in weiterer Folge die Oberflächenretentionsrate aus dieser Kalibrierung herangezogen.

Zur Darstellung der Wirksamkeit der Maßnahmen wurden mit einer Szenarienanalyse gearbeitet. Dazu wurden je nach Maßnahmentyp unterschiedliche Szenarien definiert (Tab. 17). Beim Ausgangsszenarios (V0) für die Jahre 2023 und 2024, welches eine RPhosFate Modellierung ohne Maßnahmen darstellt,

wurden nicht die jährlichen C-Faktor aus der INVEKOS Datenbank übernommen, da hier bereits Maßnahmen abgebildet sind. Stattdessen wurden C-Faktoren (und damit auch Manning-Werte) angenommen, die einer Situation vor Setzung spezifischer Maßnahmen entspricht. Dies betrifft vor allem Schläge mit bereits etablierten Maßnahmen wie Grünstreifen, Straßenrandstreifen, Grünbrachen und Hangteilungen Für Grünstreifen und Straßenrandstreifen wurden für das Szenario V0 der C-Faktor und der Manning-Wert aus dem angrenzenden Schlag übernommen. Für die Schläge, in denen Grünbrachen und Hangteilungen durchgeführt wurden, wurde ein C-Faktor aus den durchschnittlichen C-Faktoren der Jahre 2020-2022 berechnet und angewendet. Die Manning-Werte für diese Schläge wurden aus den neu berechneten C-Faktoren abgeleitet. Jedes über das Szenario V0 hinausgehende Szenario beschreibt für getrennt für die beiden Jahre die Implementierung einer bestimmten Maßnahmenklasse (Szenarien V01 bis V03). Die Szenarien 2023_V04 und 2024_V04, stellen die Maßnahmenwirksamkeit einer Kombination aller Maßnahmen des jeweiligen Jahres dar.

Tab. 17 Maßnahmenszenario für RPhosFate Modellierung im Maßnahmengebiet Oberndorferbach

Jahr	Szenario	Maßnahme
2023	V0	Ausgangszenario: Keine Maßnahmen
	V01	Ausgangszenario + Grünstreifen
	V02	Ausgangszenario + Drohneneinsaat
	V03	Ausgangszenario + Landwirtschaftliche Bodenbearbeitung
	V04	Kombination aller Maßnahmen
2024	V0	Ausgangszenario: Keine Maßnahmen
	V01	Ausgangszenario + Grünstreifen
	V02	Ausgangszenario + Bauliche Maßnahmen (3.5 Rückhaltebecken)
	V02_1	Ausgangszenario + Bauliche Maßnahmen (3.2 Wasserüberleitung)
	V02_2	Ausgangszenario + Bauliche Maßnahmen (3.13 Begrünter Straßengraben)
	V03	Ausgangszenario + Landwirtschaftliche Bodenbearbeitung
	V04	Kombination aller Maßnahmen

5.2.1.2 Maßnahmenumsetzung

Die bei der Szenariendefinition aufgenommen Maßnahmen sind jene, die im Zuge des ERWINN-Projektes bereits umgesetzt wurden. In (Weinberger et al., 2024) sind die Maßnahmen aufgelistet und den Maßnahmengruppen gemäß Maßnahmendefinition zugeordnet (Kapitel 5.2.1.1). Die Maßnahmen und deren Nummern wurden aus Weinberger et al. (2024) übernommen (Tab. 18). Um diese Maßnahmen im RPhosFate Modell abzubilden und damit Auswirkungen, auf die in die Gewässer transportierte PP-Fracht zu ermitteln, sind eine Reihe von Annahmen zu treffen. So kann das Modell nur jährliche Frachten berechnet und damit auch die Wirksamkeit festgelegter Maßnahmen nur für das gesamte Jahr modelliert werden. Maßnahmen, die nur zu bestimmten Zeiten im Jahr angewendet werden, müssen als Maßnahmen für das ganze Jahr betrachtet werden oder können nicht durch das Model abgebildet werden. Ein anderes Beispiel ist der Schlag „Ertl-Kirchsteigfeld“. Hier wurden ganzjährig Miststreifen ausgebracht. Da die notwendigen Informationen über den Ausbringungszeitraum und die genaue Lage der Miststreifen fehlen, konnte die Maßnahme in die Modellierung nicht übertragen werden. Bei der Umsetzung der Maßnahmen im Model wurden folgende Ansätze verfolgt.

- Für die Modellierung der Maßnahmen der Kategorie „Grünstreifen“, die Brachfelder, Hangteilungen, Straßenrandstreifen und Grünstreifen beinhaltet, waren keine Änderungen der Rasterdaten erforderlich, da sich die Maßnahmen bereits in den C- und Manning-Faktoren der Jahre 2023 und 2024 widerspiegeln. Nur im Szenario V0 wurden, wie bereits beschrieben, die C-Faktoren in einer Weise geändert, als wären diese Maßnahmen nicht gesetzt worden.

- Um die Drohnenaussaat im Modell abbilden zu können, wurde der C-Faktor für das Jahr 2023 angepasst. Bei der Drohnensaat wurde zwischen Mai und August eine Untersaat streifenförmig oder ganzflächig in drei Schlägen ausgebracht. Da das Modell auf Jahresebene modelliert, wurde die Maßnahme ganzjährig angenommen. Da es sich um eine Bodenbegrünung handelt, wurde entsprechend der Studie von (Panagos et al., 2015a) ein Maßnahmenwirkungsgrad von 35% angenommen: $CFa_{2023} \times 0{,}65 = CFa_{2023Drohneneinsaat}$
- Zur Darstellung der baulichen Maßnahmen wurden Anpassungen im digitalen Geländemodell (DGM) und in den davon abgeleiteten Neigungsrastern vorgenommen. Da die Bauarbeiten erst im November 2023 begangen wurden die Wirksamkeit der baulichen Maßnahmen erst für das Jahr 2024 angenommen. Damit das Oberflächenwasser nicht entlang des Feldes abfließt und die Maßnahme einer Wasserüberleitung (Nr.: 3.2, Freund/Doblhamer – Wasserüberleitung) im Model implementiert werden kann, wurde in das DGM so eingegriffen, dass durch die Absenkung in diesem Model ein steileres Gefälle in Richtung des angrenzenden Grünstreifens entsteht. Dies hat zur Folge, dass ein Teil des transportierte PP in der Maßnahme Nr. 3.2 nicht entlang des Ackers, sondern entlang des Grünstreifens abfließt. Bei der Maßnahme „3.13 Doblhamer - Begrünter Straßengraben" wurde das DGM um einen Meter abgesenkt, um den tieferen begrünten Straßengraben abzubilden.

  Um die Maßnahme „3.5 Ertl - Wasserumleitung Rückhaltebecken (RHB)" abbilden zu können, wurde der Neigungsraster angepasst. Dabei wurde ein negatives Gefälle am Ort des RHB angenommen, um den Effekt eines RHB darzustellen. Damit soll sichergestellt werden, dass die transportierte Fracht durch das RHB abgeleitet wird.
- Um die landwirtschaftliche Bodenbearbeitungsmaßnahmen, Schläge mit einem Vorgewende und Bodenbearbeitung quer zum Hang abzubilden, mussten bei den Maßnahmen „4.3 Mayrhofer - Rumplleiten, Vorgewende quer" und „4.4 Freund - Untergruberfeld, Vorgewende verbreitert" Änderungen des C-Faktors und des Manning-Faktors vorgenommen werden. Für die Darstellung des Vorgewendes und der Querbearbeitung wurde entsprechend der Studie von Panagos et al. (2015b) und Faist Emmenegger et al. (2009) eine Maßnahmeneffizienz in Hinblick auf den C-Faktor von 25% angenommen: $CFa_{2023} \times 0{,}75 = CFa_{2023Vorgewende}$

Tab. 18 In RPhosFate modellierte Maßnahmen in den Jahren 2023 und 2024, Einzugsgebiet Oberndorferbach

Maßnahmenart	Nummerierung	Maßnahme	Umsetzung	2023	2024
Grünstreifen	1.2	Freund – Gugselland, Randstreifen am Unterhang	Jährlicher CP- und Manning- Faktor		x
	1.3	Mayrhofer - Gutgsellfeld, Schlagunterbrechung mit Grünstreifen	Jährlicher CP- und Manning- Faktor		x
	1.4	Mayrhofer - Strassfeld rechts, Brachefläche	Jährlicher CP- und Manning- Faktor		x
	1.6	Egger - Schachafeld, Brachefläche	Jährlicher CP- und Manning- Faktor		x
	1.7	Ertl -Hoffeld, Gewässerrandstreifen	Jährlicher CP- und Manning- Faktor	x	
	1.8	Freund - Untergruberfeld, Straßenrandstreifen	Jährlicher CP- und Manning- Faktor	x	x
	1.9	Ertl - Kirchsteigfeld, Kleestreifen	Jährlicher CP- und Manning- Faktor	x	
	1.10	Verbreitung Gewässerrandstreifen	Jährlicher CP- und Manning- Faktor		x
	1.11	Hangteilung zwei Getreidesorten	Jährlicher CP- und Manning- Faktor		x
	1.12	Hangteilung Sommerung Winterung	Jährlicher CP- und Manning- Faktor		x
Drohneneinsaat	2.2	Egger - Schachafeld, Drohneneinsaat Mais	Anpassung CP- und Manning- Faktor	x	
	2.5	Ertl - Gruberfeld, Drohneneinsaat Weizen	Anpassung CP- und Manning- Faktor	x	
	2.8	Doblhamer - Bachfeld, Drohneneinsaat Weizen	Anpassung CP- und Manning- Faktor	x	
Bauliche Maßnahmen	3.2	Freund/Doblhamer - Wasserüberleitung	Anpassung DGM Raster		x
	3.5	Ertl - Wasserumleitung RHB	Anpassung Neigungsraster		x
	3.13	Doblhamer - Begrünter Straßengraben	Anpassung DGM Raster		x
Landwirtschaftliche Bodenbearbeitung	4.3	Mayrhofer - Rumplleiten, Vorgewende quer	Anpassung CP- und Manning- Faktor	x	x
	4.4	Freund - Untergruberfeld, verbreitertes Vorgewende	Anpassung CP- und Manning- Faktor	x	x

5.2.2 Ergebnisse RPhosFate Modellierung

5.2.2.1 Abflussakkumulation

Die Implementierung eines hochauflösenden digitalen Geländemodells (1 m x 1 m) in Kombination mit dem Multiflow-Algorithmus erlaubt die Darstellung von Fließwegen in Einzugsgebieten auf einer detaillierteren räumlichen Skala als mit einer Auflösung von 10 m x 10 m und der Anwendung des D8-Modells. Dies wiederum ist die Grundlage für eine detailliertere Erfassung des Einflusses räumlicher Strukturen und des Geländes auf den transportierten Schwebstoff (SS) und partikuläre Phosphor (PP) Fracht im EZG. Damit könnten Maßnahmen gezielt an Orten mit einem hohen Transportaufkommen (hohe Abflussakkumulation, in Rot dargestellt) oder auch hohem PP-Transport (siehe auch Kapitel 5.2.2.5) verortet werden, um damit nicht nur eine höhere Maßnahmeneffizienz zu erreichen, sondern auch die Landwirtinnen und Landwirt:innen durch eine gezielte Maßnahmenausweisung finanziell zu entlasten. Einschränkend ist jedoch zu erwähnen, dass das DGM mit einer Auflösung von 1 m x 1 m Faktoren, die den Abflussweg der transportierten Fracht beeinflussen können, wie beispielsweise die Bodenbearbeitung, beispielsweise Furchen, Traktorspuren, Vorgewende, nicht in der mit RPhosFate berechneten Abflussakkumulation darstellen kann. Die Berücksichtigung der Bodenbearbeitung im digitalen Geländemodell kann zu einer Veränderung der Abflusspfade und somit zu einer Abweichung der Ergebnisse führen. Daher sollte im Zuge der Implementierung von Maßnahmen neben der Berücksichtigung der durch das Modell berechneten Fließwege ebenfalls ein Austausch mit Landwirtinnen und Landwirten vor Ort stattfinden.

Darüber hinaus könnte ein Höhenmodell, das die Richtung der Bodenbearbeitung berücksichtigt, durch eine Drohnenbefliegung, in der die Bodenbearbeitung sichtbar ist, abgeleitet werden. Allerdings müsste jedes Jahr ein neues DGM berechnet werden, da sich die Bodenbearbeitung von Jahr zu Jahr ändern kann. Daher ist diese Option mit einem erheblichen Zeit- und Kostenaufwand verbunden. Eine einmalige Ableitung des DGM über Drohnendaten könnte jedoch zu einer Verbesserung der Erfassung der Fließrichtungen im Modell führen.

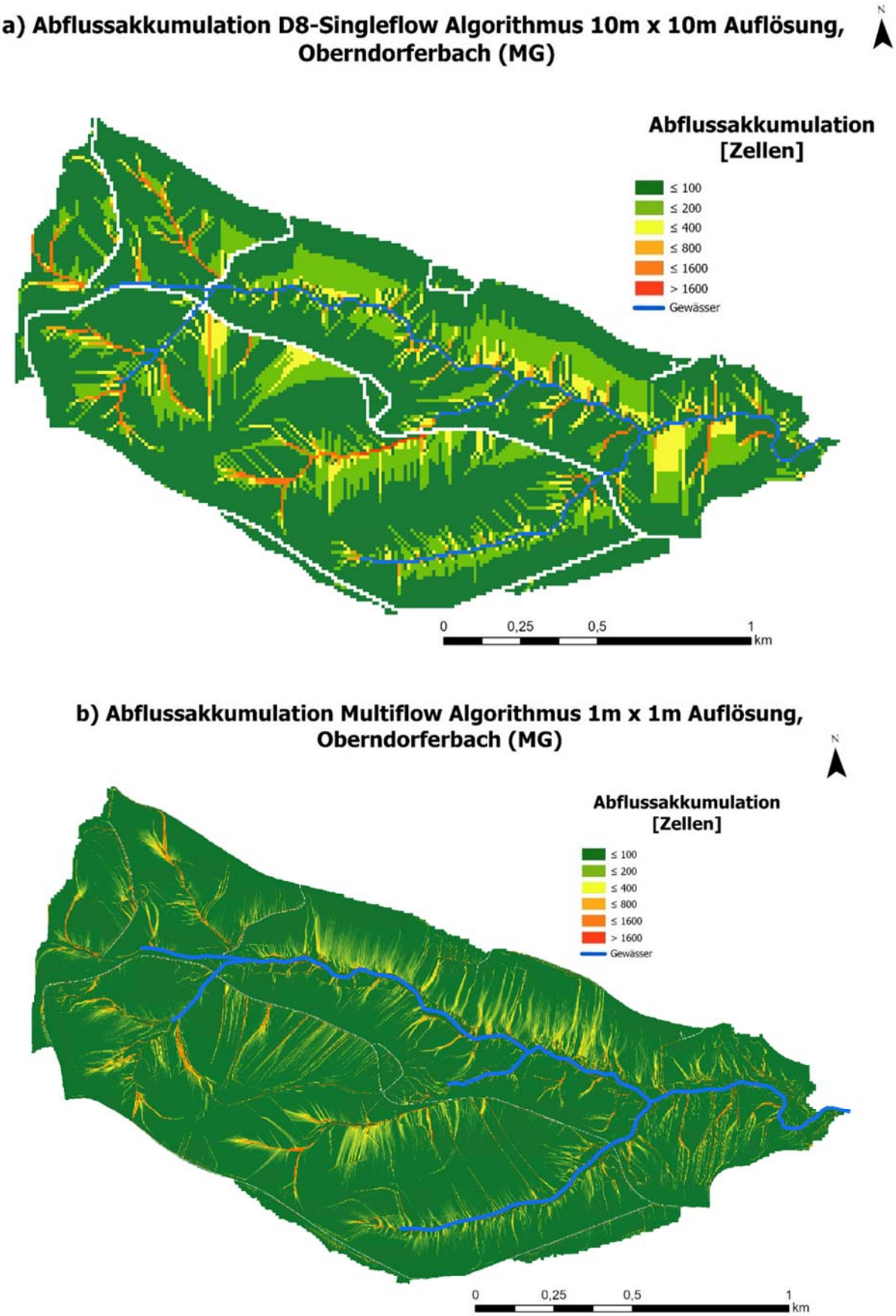


Abb. 75 *Vergleich der Abflussakkumulation bei unterschiedlichen räumlichen Auflösungen (10m x 10m vs. 1m x 1m) Abfluss Algorithmen (D8 Singleflow vs. Mulitflow) im EZG Oberndorferbach. Der Farbverlauf von grün nach rot stellt die Abflusswege dar, wobei rot die höchste Abflussakkumulation kennzeichnet.*

Zum besseren Vergleich des alten (10m x 10 m Raster und Singleflow) und des neuen Models (1m x 1m Raster und Mulitflow) werden in Abb. 76 die Fließwege in einem Schlag in unterschiedlichen Auflösungen veranschaulicht. In Abb. 76a mit einer Auflösung von 10m x 10m sind die Fließwege nur grob erkennbar, der Fließweg verläuft von links in der Mitte des Schlages zu der oberen Straße, hellgrün markiert. Abb. 76b (1 m × 1 m Auflösung) zeigt hingegen einen deutlich höheren räumlichen Detaillierungsgrad der Fließwege, einschließlich der Verzweigungen und des divergierenden Abflusses, wie er etwa im Schwemmkegel vorkommt. Die hellgrünen, gelben und roten Linien stehen für die Fließwege, deren Konvergenz zu einer erhöhten Abflussakkumulation führt.

Zusätzlich ermöglicht die höhere Auflösung des digitalen Geländemodells die Darstellung von Straßengräben durch das Abflussakkumulationsraster. Diese wurden mit den im Jahr 2021 kartierten Straßengräben (Weinberger et al., 2024) verglichen und eine hohe Übereinstimmung festgestellt. Somit müssen in Zukunft nicht mehr alle Straßengräben für die Modellierung kartiert werden, sondern nur noch die unterirdischen Einleitungen, z.B. Gullys: die die transportierte PP-Fracht in die Gewässer ableiten.

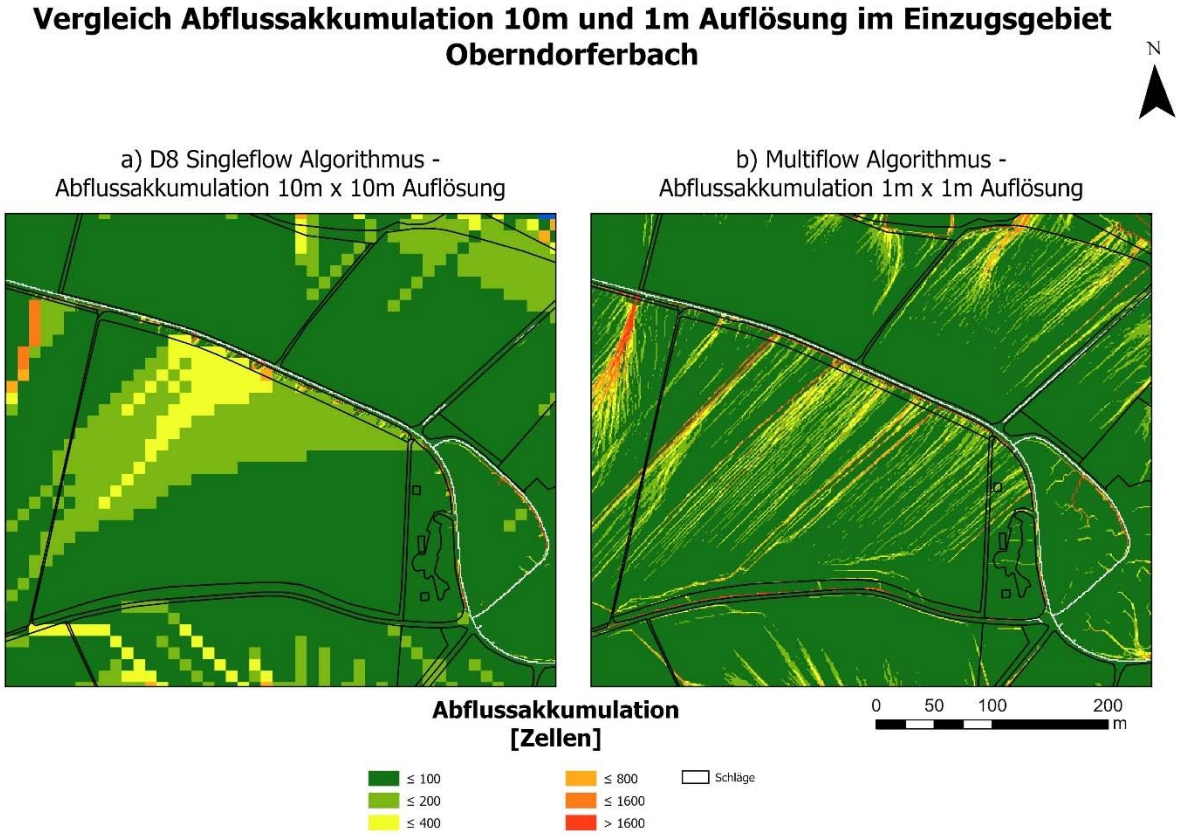


Abb. 76 *Vergleich Schlagbezogene-Abflussakkumulation im Einzugsgebiet Oberndorferbach, bei verschiedenen räumlichen Auflösungen (10m und 1m) und unterschiedlichen Abfluss-Algorithmen (D8 Singleflow und Multiflow Algorithmus).*

5.2.2.2 Modellkalibrierung

Zur Berechnung der für die Modellierung der Maßnahmenszenarien notwendigen Oberflächenretention wurde eine Modellierung für das Jahr 2022 durchgeführt und mit den Frachten aus der Publikation (Hepp et al., 2022) für die Einzugsgebiete Oberndorferbach (MG) und Messenbach kalibriert, welche im weiteren als Referenzfrachten bezeichnet werden. Zur Darstellung der Modellkalibrierung und -leistung wird das Kling-Gupta-Effizienzkriterium (KGE) verwendet, da es ein guter Indikator für die Bewertung der

Modellleistung in der hydrologischen Modellierung ist (Gupta et al., 2009). Ein KGE > 0,5 gilt als gute Modellleistung (Knoben et al., 2019), wobei der Wert zwischen -inf und 1 liegen kann.

Die Kalibrierungsergebnisse zeigen mit dem neuen Modell in beiden Einzugsgebieten eine gute Übereinstimmung (KGE > 0,5) mit den zum Vergleich herangezogenen Modellfrachten aus Hepp et al. 2022 (Abb. 77). Die gestrichelten Linien in der Abbildung stellen eine Abweichung von 30% zwischen modellierten und Referenz-Frachten dar. Die schwarze Linie stellt eine Übereinstimmung zwischen modellierten und beobachteten Frachten dar (KGE =1). Das Verhältnis zwischen der modellierten Fracht und der Referenzfracht an jedem Beobachtungspunkt des Gewässersystems ist durch die Punkte (orange) dargestellt. Die Punkte mit den niedrigeren Gewässerfrachten repräsentieren die Frachten in kleineren Zubringern, die Punkte mit den höchsten Frachten sind im Gewässerlauf am Auslass des betrachteten EZG zu verorten. Im EZG Messenbach (VG) (Abb. 77a) ist die Modellgüte mit KGE = 0,75 etwas geringer als im EZG Oberndorferbach (MG) (KGE = 0,89) (Abb. 77b). Die geringere Modelleffizienz ist auf die Abweichung der Fracht am Ende des betrachteten Gewässersabschnittes (Punkt VG-F5) zurückzuführen (Abb. 77a), wo die Fracht durch das Modell unterschätzt wird. In Oberndorferbach kommt es zu einer Unterschätzung (MG_F1, MG-F4) von mehr als 30% durch das Modell in zwei Referenzpunkten. Die durch die Kalibrierung bestimmte Oberflächenretentionsrate pro Sekunde zeigt in beiden Gebieten eine ähnliche Größe, wobei die Rate am Oberndorferbach etwas geringer ist. Für die Modellierung der Maßnahmenszenarien der Jahre 2023 und 2024 wird die Oberflächenretentionsrate (Kob) des Oberndorferbaches angenommen, da es sich dabei um das Maßnahmengebiet handelt, in dem die Maßnahmen umgesetzt werden.

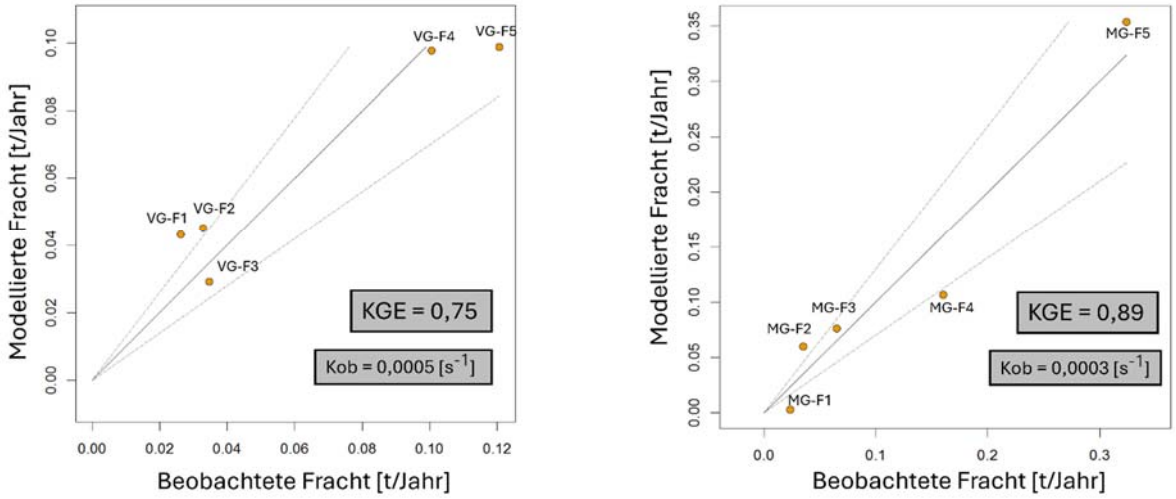


Abb. 77 *Kalibrierungsergebnisse für modellierte und beobachtete Fracht 2022 in Messenbach (VG) und Oberndorferbach (MG): Vergleich mit 30%-Abweichungsgrenzen (grau gestrichelt), KGE-Werten und Oberflächendespositionsraten pro Sekunde (Kob).*

5.2.2.3 Modellierungsergebnisse im Vergleichs- und Maßnahmengebiet mit RPhosFate

RPhosFate wurde sowohl im Maßnahmengebiet (MG) Oberndorferbach als auch im Vergleichsgebiet (VG) Messenbach für die Jahre 2022-2024 angewendet. Da im VG Messenbach im Zuge des Projektes keine Maßnahmen gezielt umgesetzt und erhoben wurden, wird in diesem Gebiet keine Wirksamkeit von Maßnahmen betrachtet. Eine modelltechnische Umsetzung der Maßnahmen und ein Vergleich ihrer Wirksamkeit erfolgt daher nur im MG Oberndorferbach für die Maßnahmenjahre 2023 und 2024.

Zwischen den beiden Gebieten kann lediglich ein Vergleich der mobilisierten und über die Gewässer aus dem Gebiet exportierten PP-Fracht durchgeführt werden (Abb. 78).

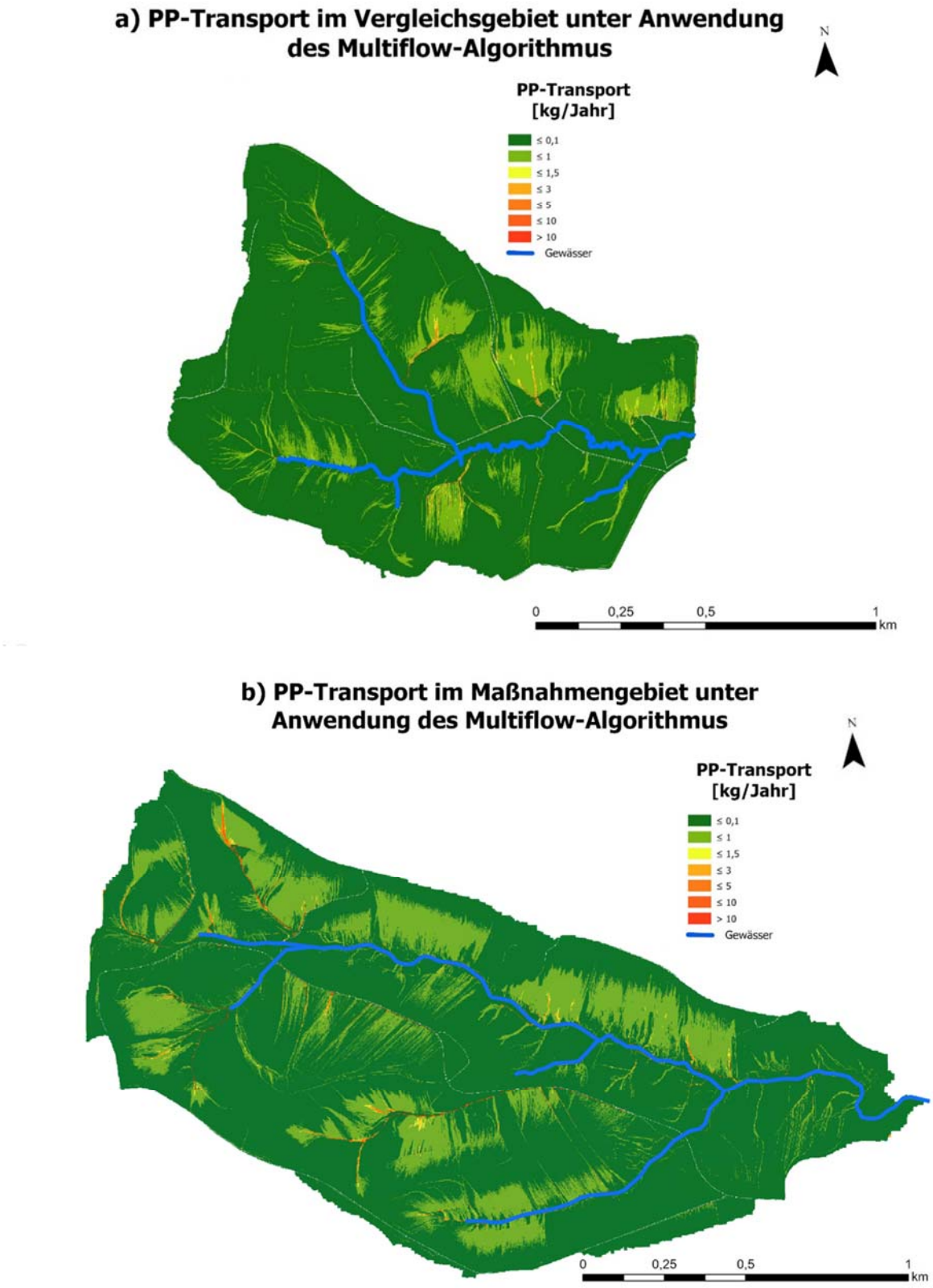


Abb. 78 *PP-Transport im Vergleichsgebiet (VG) und Maßnahmengebiet (MG) unter Anwendung des Multiflow-Algorithmus und 1m x 1m Auflösung.*

Der Vergleich der exportierten PP-Fracht und der EZG-Charakteristika (Tab. 19) zeigt die enge Beziehung zwischen dem CP-Faktor, der Ackerfläche, dem R-Faktor und der exportierten PP-Fracht in den jeweiligen Einzugsgebieten. Die höhere exportierte PP-Fracht im Maßnahmengebiet ist durch den höheren Anteil an Ackerfläche bedingt.

Im Jahr 2022 beträgt die exportierte PP-Fracht im Maßnahmengebiet (MG) Oberndorferbach 2 kg ha^{-1} a^{-1}. Die exportierte PP-Fracht im MG Oberndorferbach ist somit doppelt so hoch wie die im VG Messenbach, wo 0,9 kg ha^{-1} a^{-1} exportiert werden. Im Jahr 2024 zeigt sich ein ähnliches Bild wie im Vorjahr: Die exportierte PP-Fracht im MG ist doppelt so hoch im Vergleich zum VG. Während das MG in diesem Jahr eine exportierte Fracht von 2 kg ha^{-1} a^{-1} aufweist, beträgt die exportierte Menge im VG 0,9 kg ha^{-1} a^{-1}.

Im Jahr 2023 ist der Unterschied zwischen den beiden Gebieten geringer. Die exportierte PP-Fracht im MG beträgt in diesem Jahr 1 kg ha^{-1} a^{-1} und im VG 0,8 kg ha^{-1} a^{-1}. Der geringere Unterschied lässt sich durch den CP-Faktor erklären. Obwohl die PP-Fracht im MG höher ist, bedingt durch den größeren Anteil an Ackerfläche, führt der niedrigere CP-Faktor in dem Jahr, im MG zu einer Verringerung von Erosion und PP-Transport, da Flächen mit einem kleineren CP-Faktor weniger erosionsgefährdet sind (Panagos et al., 2015).

Zusätzlich verdeutlichen die jährlichen Schwankungen im Niederschlagserosivitätsfaktor (R-Faktor) den Einfluss der klimatischen Bedingungen auf den PP-Export. Höhere R-Faktor-Werte sind tendenziell mit einem erhöhten PP-Export verbunden.

Tab. 19 Gesamtfläche [ha], Ackerfläche [ha], mittlerer CP-Faktor [dimensionslos], R-Faktor [MJ mm $ha^{-1}a^{-1}$] und PP Export [t ha^{-1} a^{-1}] pro Jahr (202-2024] in den EZG Oberndorferbach und Messenbach.

Jahr	Gesamtfläche [ha]	Ackerfläche [ha]	Mittlerer CP-Faktor [-]	R-Faktor [MJ mm ha^{-1} a^{1}]	PP-Transport [kg ha^{-1} a^{-1}]	EZG
2022	220	180	0,12	1749	2	Oberndorferbach (MG)
2022	120	100	0,15	1747	0,9	Messenbach (VG)
2023	220	180	0,10	1524	1	Oberndorferbach (MG)
2023	120	100	0,13	1512	0,8	Messenbach (VG)
2024	220	180	0,13	2160	2	Oberndorferbach (MG)
2024	120	100	0,15	2157	0,9	Messenbach (VG)

5.2.2.4 Kritische Herkunftsgebiete (KHG)

Die Erhöhung der Modellauflösung auf 1 m x 1 m führt zu einer Steigerung des räumlichen Detailgrads des Modells. Basierend auf den neuen Modellergebnissen wurden für die Jahre 2023 und 2024 kritische Herkunftsbereiche (KHG) für die Referenzszenarien ohne Projektmaßnahmen berechnet. Das Konzept der kritischen Herkunftsgebiete besagt, dass 80 % des PP-Transports aus 20 % der Fläche stammen. Durch die Implementierung von wirksamen Maßnahmen an diesen Standorten kann folglich ein effektiver Erosionsschutz erreicht werden, was sich positiv auf die Gewässergüte auswirkt (Hepp et al., 2022).

Ein Vergleich der Ergebnisse der KHG für das Ausgangszenario und den in den Jahren 2023 und 2024 etablierten Maßnahmen zeigt, dass weitere Potentiale zur Reduktion von PP Emissionen im MG bestehen. Unter Berücksichtigung der neuen Modellierungsergebnisse bei erhöhter Auflösung ist bei zukünftigen Maßnahmenimplementierungen eine Abdeckung der KHG-Standorte anzustreben. Dabei

ist zu berücksichtigen, dass sich die KHG jährlich, je nach Bewirtschaftung der Schläge, verändern können. So geht beispielsweise von Schlägen, auf denen Mais angebaut wird, ein höheres Erosionsrisiko aus, weshalb die Implementierung von Maßnahmen auf solchen Flächen vorteilhaft für die Reduktion von PP-Transport wäre.

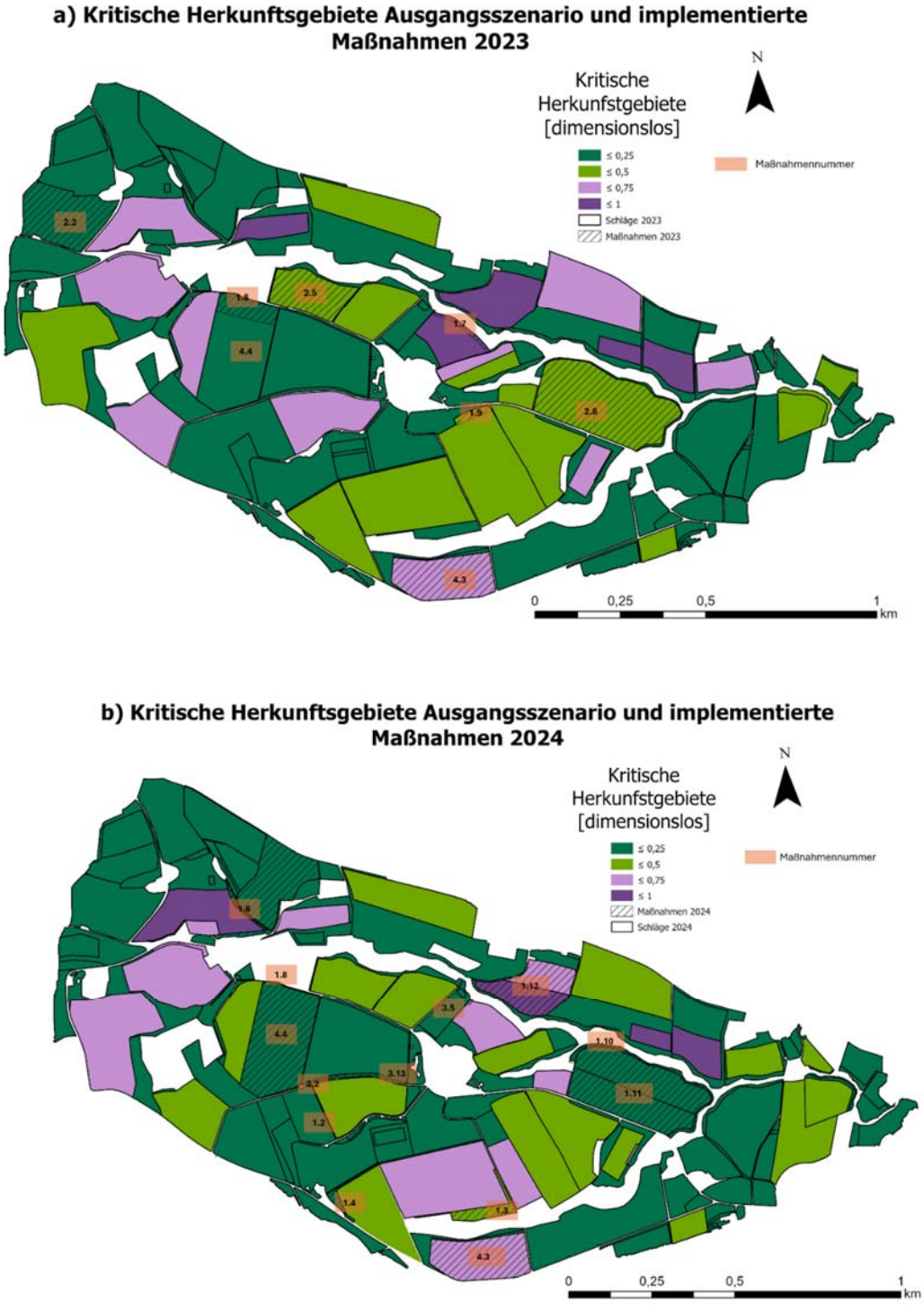


Abb. 79 *Kritische Zonengebiete im MG Oberndorferbach: Vergleich zwischen KHG im Ausgangsszenario ohne Maßnahmen und Verortung der etablierten Maßnahmen in den Jahren 2023 und 2024 (orange). Der Verlauf von Grün nach Lila zeigt die zunehmende Sicherheit, dass es sich um ein kritisches Herkunftsgebiet (KHG) handelt. (Die Sicherheit, dass es sich um ein kritisches Gebiet handelt, wird über einen dimensionslosen Faktor von 0-1 dargestellt. Mit einem Faktor von > 0,5 sind jene 20 % der Flächen ausgewiesen von denen 80 % des PP-Eintrags erwartet wird)*

5.2.2.5 Berechnung der Maßnahmenwirksamkeit mit RPhosFate

Die jährliche Maßnahmenwirksamkeit wurde in Abhängigkeit klimatischer Bedingungen (R-Faktor) und des jeweiligen Bewirtschaftungsbedingungen (CP-Faktor) für das Maßnahmengebiet Oberndorferbach über Abbildung der in Tab. 17 und Tab. 18 definierten Szenarien mit Hilfe des Model RPhosFate ermittelt.

Im Jahr 2023 führten die implementierten Maßnahmen insgesamt zu einer Reduktion des PP- Transports im Einzugsgebiet um 5% (Tab. 20). Besonders wirksam waren die landwirtschaftlichen Bodenbearbeitungsmaßnahmen wie z.B.: Etablierung von Vorgewende, die allein eine Reduzierung des gesamten PP-Transports um 3% bewirkte. Die Drohneneinsaat trugen zu einer weiteren Reduzierung von 2% bei, während Grünstreifen eine rechnerische Auswirkung von 1% hatten. Betrachtet man die lokale Maßnahmenwirksamkeit auf den PP-Transport, zeigt sich, dass für das Vorgewende mit einer Reduktion des PP-Eintrags aus den betrachteten Flächen von 96% die höchste lokale Maßnahmenwirksamkeit ermittelt wurde. Im Vergleich dazu lag die lokale Maßnahmenwirksamkeit bei der Drohneneinsaat bei 20% und bei den Grünstreifen bei 12%. Damit sind die Maßnahmen dort, wo sie umgesetzt wurden, zwar teilweise wirksam, aber der Umfang der erfassten Flächen ist derzeit noch deutlich zu gering, um im gesamten Einzugsgebiet die Einträge von SS und PP in die Bäche deutlich zu reduzieren.

Tab. 20 Maßnahmenwirksamkeit für das Jahr 2023 im MG Oberndorferbach.

Maßnahme	Szenario	Maßnahmen-wirksamkeit auf den PP-Transport [% des Gesamteintrages im EZG]	Maßnahmen-fläche [ha]	Oberlieger Flächen Maßnahme [ha]	Lokale Maßnahmenwirksamkeit auf den PP-Transport [% des Eintrages aus den betroffenen Flächen]
Keine Maßnahmen	2023_V0	0	0	0	0
Grünstreifen	2023_V01	1	14	12	12
Drohneneinsaat	2023_V02	1,5	13	13	20
Landwirtschaftliche Bodenbearbeitung	2023_V03	2,3	4	4	96
Alle Maßnahmen	2023_V04	5	31	29	19

In Bezug auf das Jahr 2024 lässt sich im MG eine Maßnahmenwirksamkeit aller Maßnahmen in Hinblick auf die Reduktion des PP-Transportes in die Gewässer von 7 % errechnen (Tab. 20). Dabei weist das Szenario 2024_V03 durch die Umsetzung der Maßnahmen zur landwirtschaftlichen Bodenbearbeitung, mit 4 % die höchste Wirksamkeit. Die Implementierung der Maßnahmen Grünstreifen, Brachfelder und Hangteilung, resultiert in einer Reduktion des gesamten PP-Transports um 3 %. Wie im Jahr 2023 zeigt sich, dass durch die Implementierung von landwirtschaftlichen Bodenbearbeitungsmaßnahmen z.B.: Vorgewende eine hohe lokale Wirksamkeit von 63% erzielt werden kann. Aufgrund des geringen Anteils von Flächen mit diesen Maßnahmen ist jedoch die Wirkung für das gesamte Gebiet begrenzt.

Im Vergleich zu anderen Maßnahmen zeigen Grünstreifen (Gewässerrandstreifen, Straßenrandstreifen, begrünte Abflusswege, Hangteilung und Grünbrache) im Szenario 2024_V01 eine geringe lokale Wirksamkeit von 14 %. Diese geringere Gesamt-Effektivität könnte u.a. aus der der Platzierung von Brachfeldern und Hangteilungen in Bereichen mit einem geringeren Erosionsrisiko resultieren (Abb. 78). Darüber hinaus sollten Gewässerrandstreifen und Straßenrandstreifen je nach stofflicher Belastung und

Hangneigung bis zu 20 m breit sein, um eine ausreichende Wirksamkeit zu erzielen (Schmaltz et al., 2022).

Tab. 21 Maßnahmenwirksamkeit für das Jahr 2024 im MG Oberndorferbach.

Maßnahme	Szenario	Maßnahmen-wirksamkeit auf den PP-Transport [% des Gesamteintrages im EZG]	Maßnahmen-fläche [ha]	Von Maß-nahme zusätzlich beeinfluss te Fläche [ha]	Lokale Maßnahmenwirksam-keit auf den PP-Transport [% des Eintrages aus den betroffenen Flächen]
Keine Maßnahmen	2024_V0	0	0	0	0
Grünstreifen	2024_V01	3	38	41	14
Rückhaltebecken	2024_V02	0,002	0,005	0,6	75
Wasserüberleitun g	2024_V02_ 1	0,001	0,0004	0,1	58
Begrünter Straßengraben	2024_V02_ 2	0	0,05	0,4	0
Landwirtschaftlic he Bodenbearbeitun g	2024_V03	4	11	11	63
Alle Maßnahmen	2024_V04	7	49	53	26

Die implementierten baulichen Maßnahmen zeigen insgesamt eine geringe Auswirkung auf den gesamten PP-Transport im MG. Das Rückhaltebecken reduziert den gesamten PP-Transport in die Gewässer um etwa 0,002 %, die Wasserüberleitung um etwa 0,001 %, während die Maßnahme „3.13 Doblhamer – begrünter Straßengraben" vernachlässigbare Auswirkungen hat. Betrachtet man jedoch die lokale PP-Retention im Rückhaltebecken, ist die Wirksamkeit erheblich, da hier die Retention 26-mal höher ist als ohne Maßnahme (Szenario 2024_V09) und der PP-Transport lokal um 75 % reduziert wird. Die geringe, ganzheitliche Auswirkung auf den PP-Transport im EZG kann unter anderem auf die Verortung des RHB zurückgeführt werden. Wie in Abb. 80 ersichtlich, wird ein geringer Anteil des PP-Transports in Richtung des RHB transportiert, während der Großteil des transportierten PP entlang der gekennzeichneten Pfeile akkumuliert und schließlich am Ende der Feldfurche (durch den Stern dargestellt) in das Grünland in Richtung Bach übergeht.

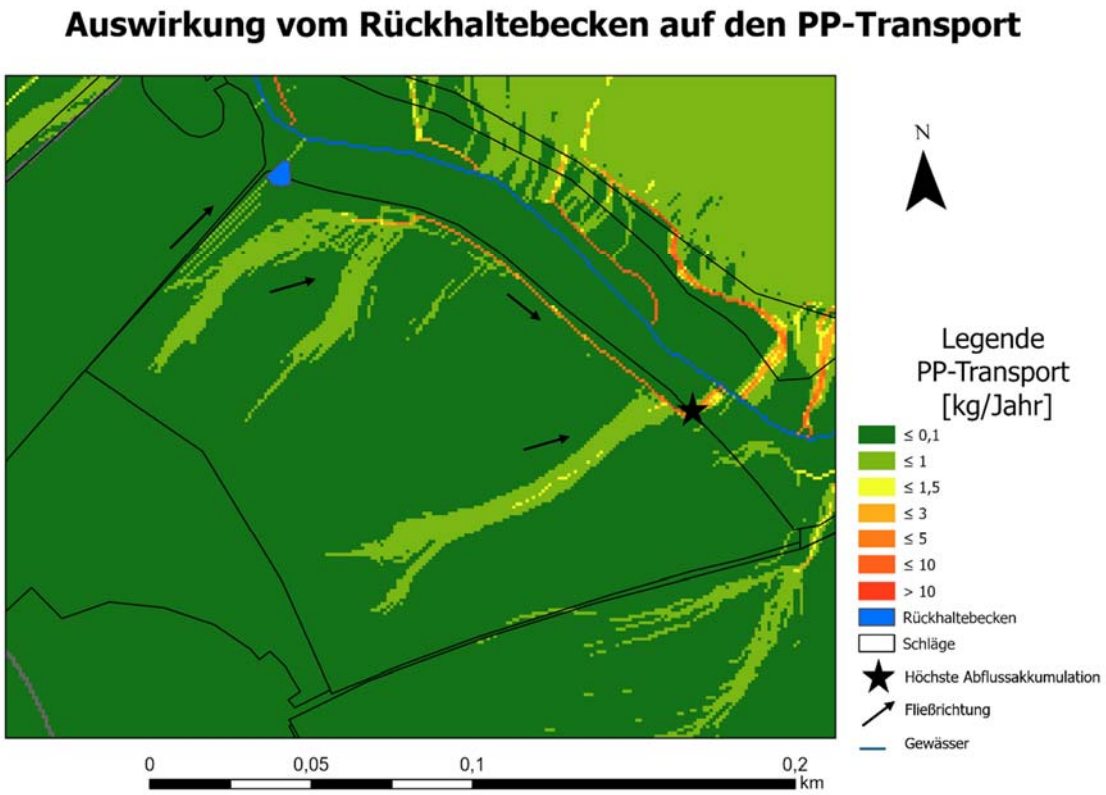


Abb. 80 *Maßnahmenauswirkung vom Rückhaltebecken auf den PP-Transport im Maßnahmengebiet. Die Pfeile kennzeichnen die Fließrichtung des PP Transport. Der Stern kennzeichnet die höchste Abflussakkumulation im Schlag dar.*

Die geringe Effektivität der Maßnahmen der "3.2 Freund/Doblhamer – Wasserüberleitung" ist darauf zurückzuführen, dass durch die Maßnahme ebenfalls nur ein geringer Anteil des PP-Transports im Einzugsgebiet erfasst wird, während der Großteil des PP weiterhin über den Schlag abfließt (Abb. 81). Der Anteil des PP-Transportes, der durch die Wasserüberleitung aufgefangen wird, fließt über den Grünstreifen ab, was zu einer guten lokalen Wirksamkeit der PP-Retention führt, allerdings bezogen auf das gesamte Einzugsgebiet eine geringe Wirkung hat.

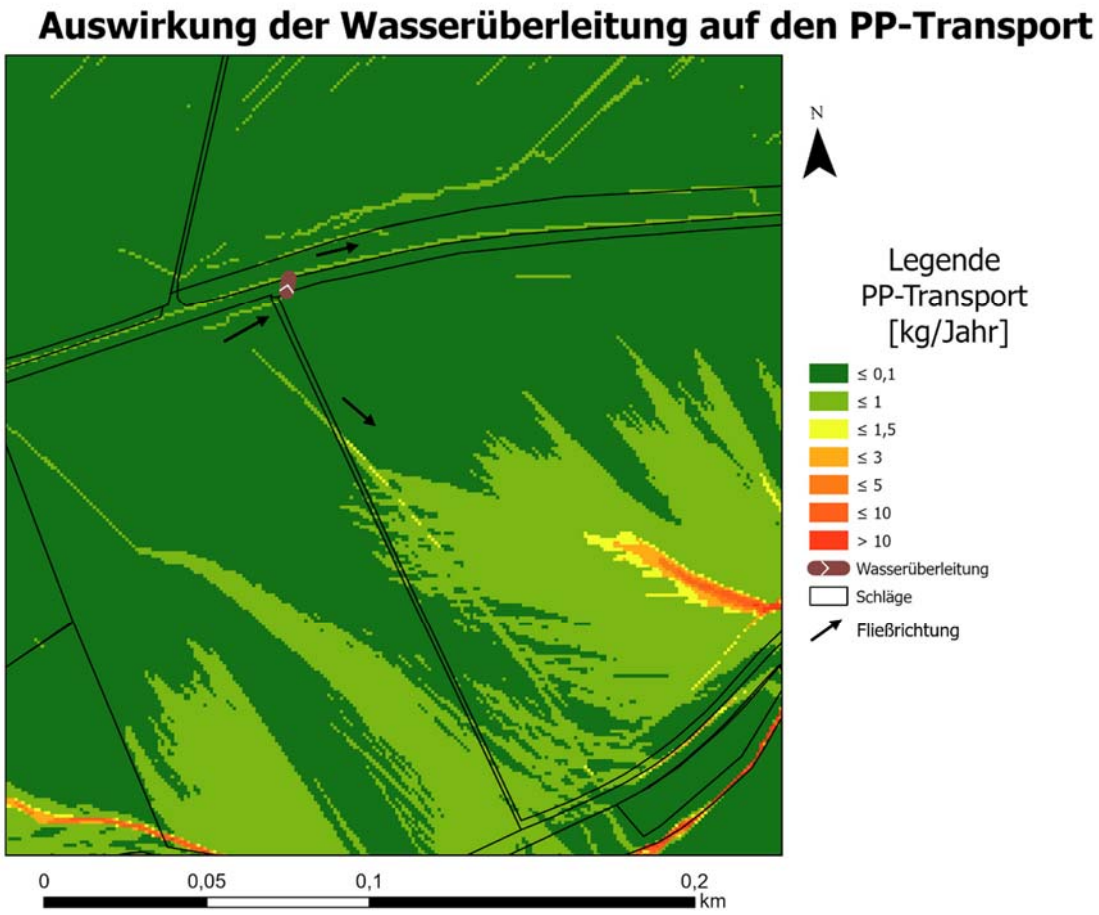


Abb. 81 *Maßnahmenauswirkung der Wasserüberleitung auf den PP-Transport im Maßnahmengebiet. Die Pfeile kennzeichnen die Fließrichtung des PP Transport*

Die Maßnahme "3.13 Doblhamer – begrünter Straßengraben" zeigt gemäß RPhosFate keine Auswirkung auf das Transportverhalten von Phosphor im Einzugsgebiet. Dieses Ergebnis erscheint plausibel, da der bereits vorhandene begrünte Straßengraben im Rahmen der Umsetzung dieser Maßnahme breiter und tiefer gegraben wird, was keine direkte Auswirkung auf den PP-Transport hat, da aufgrund des konzentrieren Abflusses in einem Graben nicht anzunehmen ist, dass dies zu einer höheren PP-Retention führt.

An dieser Stelle sei nochmals darauf verwiesen, dass die Bodenbearbeitungsrichtung bei der Modellierung nicht berücksichtigt werden konnte und sich dies auf die baulichen Maßnahmenwirksamkeit auswirken kann, wenn ein höherer Anteil des PP-Transportes in Richtung der Maßnahme geleitet wird. Zur Verbesserung könnte das Ableiten von einem digitalen Geländemodell durch eine Drohnenbefliegung bei geeigneten Verhältnissen von Vorteil sein, da dadurch auch die Bodenbearbeitungsrichtung im Modell dargestellt werden könnte.

5.2.3 Fernerkundung

Die Wirksamkeit der getätigten Maßnahmen lässt sich einerseits durch das Fehlen von Erosionsspuren auf den hochaufgelösten Orthomosaiken, andererseits durch einen erhöhten NDVI auf den Ackerflächen im Maßnahmengebiet feststellen. Mit Hilfe der hochaufgelösten optischen Daten aus den Drohnenbefliegungen lassen sich vor allem Rillenerosion und Anlandungen auf, sowie unterhalb der Äcker gut erkennen. Weiters können flächige Maßnahmen wie beispielsweise begrünte Abflusswege gut

monitoriert werden. Die Begrünung von Abflusswegen trägt zur Reduktion der Bodenerosion bei, da durch den dauerhaften Bewuchs der Boden geschützt, und die Oberfläche rauer ist, wodurch der Transport von Bodenteilchen erschwert wird.

5.2.3.1 Drohnenaufnahmen nach Starkregenereignis im September 2024

Beim visuellen Vergleich der Orthomosaike des Maßnahmen- und des Vergleichsgebietes fällt auf, dass nach dem Starkregenereignis vom September 2024 im Maßnahmengebiet deutlich weniger sichtbare Erosionspuren zu finden sind. Ein Grund dafür ist die Tatsache, dass im Vergleichsgebiet einige Flächen bereits vor dem Regenereignis geerntet wurden, wodurch weniger Schutz durch Vegetation vorhanden war. Während im Maßnahmengebiet auf den meisten Ackerflächen noch Vegetation bestand, wurde nur eine größere Erosionsrille auf einer vegetationsfreien Fläche im Nordwesten entdeckt. Diese Erosionsrille befindet sich innerhalb eines laut ÖPUL ausgewiesenen Abflussweges, welcher nicht begrünt wurde (Abb. 82, Abb. 83). Außerhalb der Ackerflächen wurden nur wenige Erosionsspuren im Maßnahmengebiet auf dem Orthomosaik gefunden.

Im Vergleichsgebiet konnten nach dem Starkregenereignis 2024 mehrere Erosionsrillen und Bodenanlandungen am Hangfuß der Ackerflächen identifiziert werden (Abb. 84 -Abb. 87). Auf den kürzlich bearbeiteten, vegetationslosen Flächen war ersichtlich, dass der Niederschlagsabfluss innerhalb der Fahrspurrinnen abfloss, welche bei zu hoher Wasserführung schließlich in Falllinie durchbrachen Die daraus entstehenden Erosionsrinnen transportierten fertilen Boden von Äckern talabwärts in die anschließenden Gewässer. In ähnlicher Weise waren Furchen am Rand der Äcker betroffen, welche durch den Niederschlagsabfluss ähnlich wie die Fahrspuren durchbrochen wurden. Im Vergleich zum 2D Orthomosaik fiel die optische Detektion von Erosionsrillen im 3D Modell leichter.

Abb. 82 Erosionsspur im Maßnahmengebiet nach dem Starkregenereignis im September 2024 mit laut ÖPUL ausgewiesenem Abflussweg (weiß)

Abb. 83 *3D Ansicht der Erosionsspur im Maßnahmengebiet nach dem Starkregenereignis im September 2024*

Abb. 84 *Erosionsspuren im Vergleichsgebiet nach dem Starkregenereignis im September 2024 mit laut ÖPUL ausgewiesenem Abflussweg (rechts, weiß)*

Abb. 85 *Erosionsspuren im Vergleichsgebiet nach dem Starkregenereignis im September 2024 mit laut ÖPUL ausgewiesenem Abflussweg (rechts, weiß)*

Abb. 86 *Erosionsrinnen im Vergleichsgebiet nach dem Starkregenereignis im September 2024 (links); Fahrspuren durch Bodenbearbeitung als Abflussweg (rechts)*

Abb. 87 *Fahrspuren durch Bodenbearbeitung als Abflussweg (links) und Erosionsanlandung außerhalb des Ackers im Vergleichsgebiet (rechts) nach dem Starkregenereignis im September 2024*

5.2.3.2 Erosionsmonitoring mit Hilfe von RUSLE und S2-Daten

Für die Erosionsmodellierung im Maßnahmen- und Vergleichsgebiet wurde die Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) herangezogen (Renard et al, 1991). Dabei wird die durch Wasser induzierte Erosion in Tonnen pro Hektar und Jahr abschätzt. Die Erosion berechnet sich aus unterschiedlichen Faktoren wie Niederschlagsintensität (R-Faktor), Erodibilität des Bodens (K-Faktor), Hanglänge und Hangneigung (L- und S Faktoren), Bodenbedeckung und Management (C-Faktor; Berücksichtigung von Bodenbearbeitung, Feldfrüchten, Fruchtfolgen, sowie Erosionsschutzmaßnahmen, wie Begrünungen oder Mulch- und Direktsaat), sowie dem Schutzfaktor (P-Faktor). Die Input-Faktoren wurden im Zuge der PhosFate Berechnungen ausgearbeitet. Um die Verwendbarkeit von Satellitendaten mit einem dynamischen C-Faktor zu prüfen, wurde dieser über den mittleren NDVI der ausgearbeiteten Zeitserie und dem Ansatz nach v.d. Knijff (v.d. Knijff et al, 2000) angenähert.

Bei beiden Methoden war der geschätzte Erosionswert im Maßnahmengebiet höher als im Vergleichsgebiet. Die Berechnung der Erosion mit den Daten zum C-Faktor aus der Literatur ergab im Maßnahmengebiet im Durchschnitt 27,39 t/ha/Jahr und im Vergleichsgebiet 26,06 t/ha/Jahr. Bei der Implementierung des NDVI basierten C-Faktors wurden im Maßnahmengebiet 66,59 t/ha/Jahr und im Vergleichsgebiet 60,91 t/ha/Jahr geschätzt.

Die Einbindung von Satellitendaten in die Berechnung des C-Faktors ergab daher deutlich höhere Erosionswerte im Vergleich zu jenen aus der Literatur. Generell wird das Verhältnis zwischen NDVI und C-Faktor nach v.d.Knijff in mehreren Literaturquellen als zu hoch bewertet. Da das Potential von Sentinel 2 Daten zum Vegetationsmonitoring sehr hoch ist kann eine Adaptierung der Relation zur Annäherung an den C-Faktor eine zukünftige Fragestellung sein. Der tatsächliche Erosionswert auf dem Feld kann dabei eine große Rolle zur Verifizierung dieser Relation beitragen.

5.2.3.3 Übertragbarkeit auf andere Gebiete:

Das Monitoring von Erosionsereignissen mit hochauflösenden Drohnendaten ist auf andere Gebiete einfach übertragbar. Die strikte Einhaltung von Flugverbotszonen ist dabei zu beachten. Für Erosionsmonitoring nach Starkregenereignissen ist die zeitnahe Befliegung nach dem Ereignis wichtig, um Erosion adäquat abzubilden. Vor allem während der Vegetationsperiode können Erosionsspuren durch die Bodenbearbeitung auf Ackerflächen schnell verschwinden, wodurch das Monitoring verfälscht wird.

Auch die Verwendung von Satellitendaten und -auswertungen sind in anderen Gebieten wie beschrieben möglich. Die kostenlos verfügbaren Sentinel 2 Daten ermöglichen einen Rückblick über mehrere Jahre, wodurch Zeitserien erstellt werden können. Um jedoch aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten, muss die Wolkenbedeckung berücksichtigt werden, wodurch sich die Anzahl der verfügbaren Szenen deutlich verringert. Generell ist die optische Bestimmung von Maßnahmen mit Hilfe von S2-Daten aufgrund der Auflösung von 10 m schwieriger als jene von hochaufgelösten Drohnenaufnahmen. Flächige Maßnahmen wie Begrünungen können allerdings ab einer gewissen Größe gut monitoriert werden.

Die Kombination von Drohnen- und Satellitendaten bietet mehrere Vorteile. Während für die Akquisition von hochaufgelösten Daten durch Drohnenbefliegungen Feldarbeiten nötig sind, können Sentinel 2 Daten von mehreren Tagen direkt von der ESA (European Space Agency) heruntergeladen werden. Die Aufbereitung der Daten aus beiden Methoden benötigt mehrere Arbeitsschritte, um eine Interpretation der Bilder zu ermöglichen. Der größte Unterschied beider Methoden ist die räumliche und zeitliche Auflösung. Während bei den Drohnendaten die räumliche Auflösung hoch ist, hängt die zeitliche Auflösung von der Anzahl der Aufnahmen vor Ort ab. Bei Sentinel 2 Daten ist die räumliche Auflösung deutlich geringer, wobei die zeitliche Auflösung aufgrund der Aufnahmen eines Ortes alle 5 Tage von der Wolkenbildung abhängt. Die phänologische Entwicklung kann daher einfacher über Sentinel 2 Daten

festgehalten werden. Kleinräumige Erosionsprozesse (kleiner als Pixelgröße) sind auf Satellitendaten unzureichend abgebildet. Die Kombination aus räumlich hochaufgelösten Drohnen-, sowie zeitlich hochaufgelösten Satellitendaten ist daher eine gute Möglichkeit, um Erosionsereignisse festzuhalten und bestimmte Maßnahmenwirksamkeiten wie Begrünungen festzustellen.

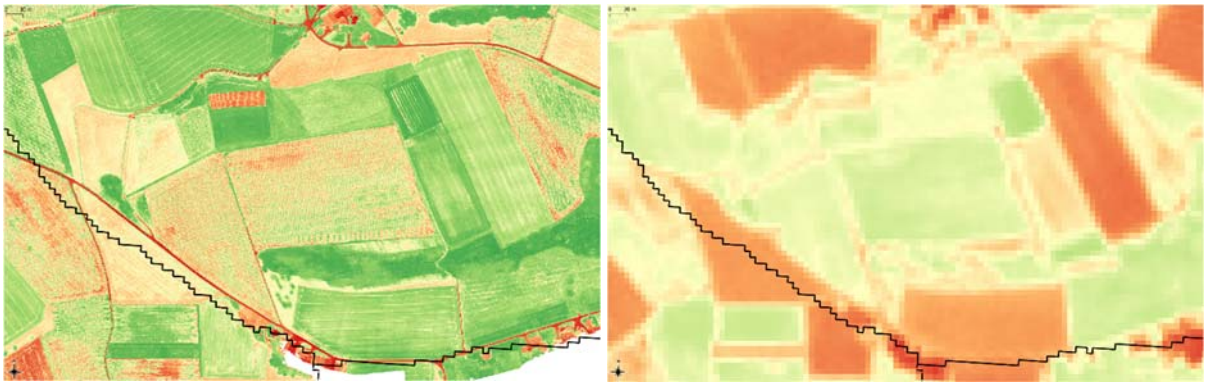


Abb. 88 *Detailunterschied zwischen Drohnen- und Sentinel 2 basierten NDVI Berechnungen: NDVI aus Drohnenaufnahmen vom 19. Juni 2024 (links) und NDVI aus Sentinel 2 Aufnahmen vom 6. Juli 2024 mit bereits geernteten Weizenäckern (rechts)*

5.3 Zustand des Einzugsgebiets und Ereignisfrachten

Zur Betrachtung von Ereignisfrachten ist es nötig den Abfluss zu kennen. Da dieser wegen bisher fehlender Pegelschlüssel nicht berechnet werden kann, wurde der normalisierte Wasserstand (siehe auch Kapitel 4.2.2.2) verwendet und die Schwebstoffkonzentrationen der beiden Gewässer zu vergleichen. Eine Verbesserung der Vergleichbarkeit wird in Zukunft durch die Ermittlung des Abflusses und einer verbesserten Trübungs-Schwebstoffbeziehung erreicht werden können. In Abb. 89 ist der mittlere Schwebstoffgehalt über den normalisierten Wasserstand für Einzelereignisse dargestellt. Es zeigt sich, dass sich bei den niedrigen Wasserständen und niedrigeren Schwebstoffgehalte, sprich den kleineren Events keine Unterschiede zwischen den Stationen gibt. Bei höheren Wasserständen und Schwebstoffgehalten zeigt sich, dass der Messenbach, bis auf eine Ausnahme, höhere Schwebstoffgehalte aufweist als der Oberndorferbach. Betrachtet man die maximalen Schwebstoffgehalte so zeigt sich die Unterschiede noch deutlicher besonders bei den sehr großen und den kleinen Ereignissen. Ob dies als Indiz auf die erosionsschonendere Bewirtschaftung im Maßnahmengebiet gewertet werden kann, kann derzeit noch nicht abgeleitet werden, da noch zu viele Verfeinerungen der Auswertung erforderlich sind. Trotzdem soll diese Form der Auswertung schon jetzt dargestellt werden um die Konzeption der weiteren Vorgangsweise zu verdeutlichen.

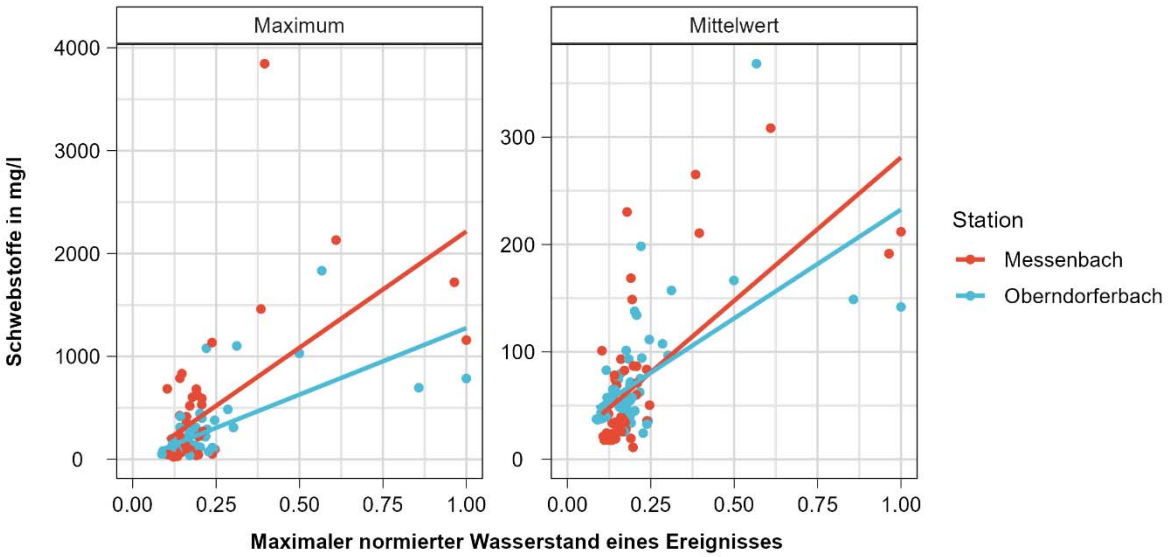


Abb. 89 *Zusammenhang zwischen dem über den maximalen Wasserstand normalisierten Wasserstand und dem maximale bzw. mittleren Schwebstoffgehalt für Einzelereignisse und als lineare Interpolation der beiden Monitoringstationen.*

Um den Vegetationsgrad im Einzugsgebiet in die Analyse mit einzubeziehen wurden NDVI Beobachtungen aus Kapitel 5.2.3 herangezogen. Dabei wurde jedem Ereignis die zeitlich nächstgelegene Satellitenbeobachtung zugewiesen und der mittlere NDVI-Wert des gesamten Einzugsgebietes und jener nur für Ackerflächen berechnet. Im ungünstigsten Fall lagen die Satellitenbeobachtungen bis zu 36 Tage vor oder nach einem Ereignis. Ein Vergleich der NDVI zwischen Gesamt- und Ackerfläche ist in Abb. 90 im rechten Bild zu sehen. Es zeigt sich, dass es im Bereich der niedrigen NDVI am Oberndorferbach einen leichte Tendenz zu vergleichsweise höheren NDVI auf Ackerflächen gibt. Vergleicht man die mittleren NDVI auf Ackerfächen mit den maximalen Schwebstoffgehalten je Ereignis so zeigt sich, dass es beim Messenbach tendenziell höhere Schwebstoffkonzentrationen über alle NDVI werte gibt als beim Oberndorferbach gibt. Auch hier sind explizite Schlussfolgerungen, dass es am Oberndorferbach durch die Erosionsschutzmaßnahmen in der Fläche zu höheren NDVI-Werten und somit auch zu niedrigeren Schwebstofftransport ins Gewässer kommt noch verfrüht. Zurzeit soll vor allem das Konzept für die gemeinsame Auswertung von Einzugsgebietsdaten und Daten der Monitoringstation vorgestellt werden.

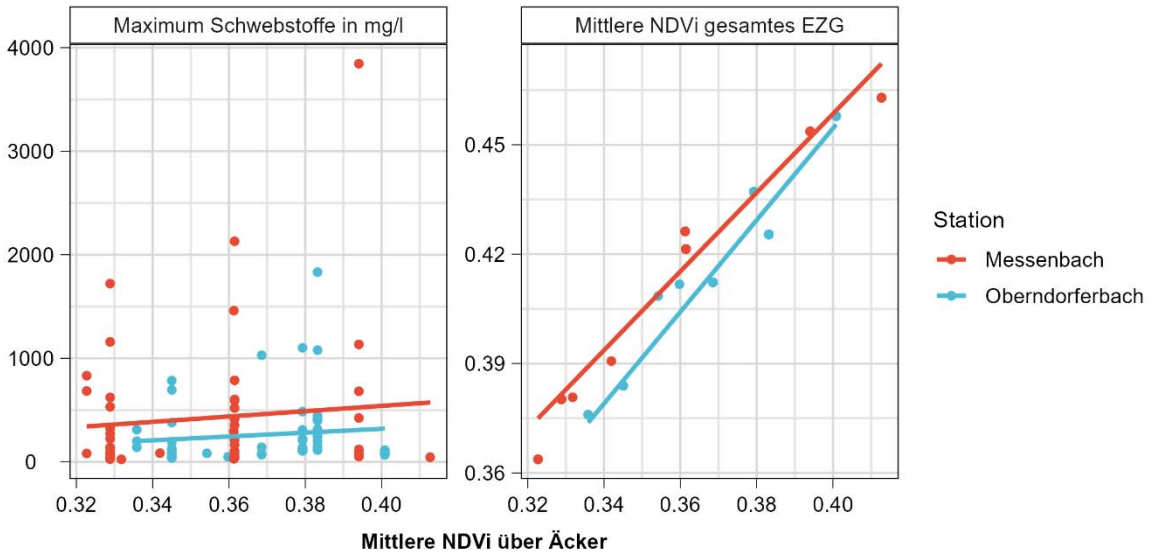


Abb. 90 *Korrelation des Mittleren NDVI im gesamten Gebiet (rechts) sowie den maximalen Schwebstoffgehaltes (links) über den mittleren NDVI auf Äckern farblich unterschieden nach Gebiet. Zusätzlich findet sich eine lineare Interpolation je Station.*

Abschließend ist zu sagen, dass mit dem Fortschreiten des Monitorings mehr Daten zur Verfügung stehen werden. Die verbesserte Datenlage wird es dann ermöglichen komplexere statistische Methoden der Datenanalyse, wie etwa die „Principal component analysis"- Method, anzuwenden. Dadurch soll es ermöglicht werden, aus dem großen Pool der Kennwerte (hydrographisch, hydrologisch, Gewässerqualitätskennwerte, Landnutzungsstatistik, Satellitendaten wie NDVi) die wesentlichen Einflussgrößen auf Erosion und Schwebstofftransport im Gewässer zu identifizieren und zu zeigen ob Unterschieden zwischen den Gebieten (Oberndorferbach und Messenbach) auf gezielt umgesetzte Maßnahmen zurückgeführt werden können.

6 Konzept zur Integration von Methoden für die Evaluierung von Erosions- und Wasserschutz in Oberösterreich

Die Feinsediment- und Phosphorbelastung der oberösterreichischen Fließgewässer stellt ein relevantes wasserwirtschaftliches und ökologisches Problem dar. Die Betrachtung der stofflichen Belastungskarte des Nationalen Gewässerbewirtschaftungsplans (NGP) 2021 zeigt deutlich, dass in den oberösterreichischen Regionen Innviertel, Traun-Enns Platte und Mühlviertel ein hohes Risiko der diffusen stofflichen Belastung und damit der Zielverfehlung der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) besteht. Ein Grund für die hohe Belastung ist der erosionsbedingte Eintrag von Feinsedimenten aus landwirtschaftlich genutzten Flächen in die Gewässer. Im Rahmen des Projektes ERWINN 24 wurde im Einzugsgebiet Lambrechten eine Vielzahl von Instrumenten zur Erfassung der Erosion, zur Planung und Bewertung von Maßnahmen und zur Überwachung der Gewässerbelastung eingesetzt. Durch den integrierten Einsatz von Satelliten- (Sentinel-2) und Drohnendaten, Erosionskartierung, Erosionsmodellierung, Gewässerüberwachung, Überblicksüberwachung, chemisch-physikalischer Gewässerbelastung und gewässerökologischem Monitoring konnte der ökologische und chemische Zustand der Gewässer in Lambrechten bewertet werden. Darüber hinaus konnte die Wirksamkeit von Maßnahmen durch die Erstellung eines hochauflösenden Erosions- und Transportmodells (RPhosFate) ermittelt werden.

Das übergeordnete Ziel ist die Erreichung eines guten ökologischen Gewässerzustandes in ganz Oberösterreich. Daher ist es im Rahmen dieses Projektes von großer Bedeutung, die angewandten Methoden, sowie deren Skalierbarkeit und Übertragbarkeit zu untersuchen. Folgende Fragen sollen beantwortet werden:

- Wie wirkt sich die Größe der betrachteten Einzugsgebiete auf die Anwendbarkeit der Instrumente zur Bestimmung der Gewässergüte, der Erosionserscheinungen und der Maßnahmenauswahl und -wirksamkeit aus?
- Inwieweit kann die integrierte Anwendung der Instrumente zu einer verbesserten Beurteilung der Maßnahmenwirksamkeit führen und wo liegen die Grenzen?

6.1 Projektskalierung und Methoden-Auswahl

Um die Übertragbarkeit und die Auswahl von Instrumenten zur Bewertung des Gewässerzustandes, zur Umsetzung von Maßnahmen und zur Bewertung der Wirksamkeit von Maßnahmen zu bestimmen, muss in einem ersten Schritt die Fragestellung des Projektes betrachtet werden.

1. Was sind die Ziele des Projektes?
2. Welchen Maßstab hat das Projekt?
3. Welche Ressourcen stehen zur Verfügung?

Generell kann gesagt werden, dass mit zunehmender Größe der betrachteten Region der Detaillierungsgrad der Anwendung der Instrumente abnimmt und der Ressourcenaufwand zunimmt (Abbildung 91). Soll z.B. der erosionsbedingte PP-Transport in allen Risiko-EZG in Oberösterreich und die Umsetzung der Maßnahmenwirksamkeit bewertet werden, muss in einem gröberen räumlichen Detaillierungsgrad gearbeitet werden, wodurch die Anwendung der Instrumente nur eingeschränkt möglich ist. Bei der Bewertung einer Kleinregion kann ein größerer Detaillierungsgrad angewendet werden.

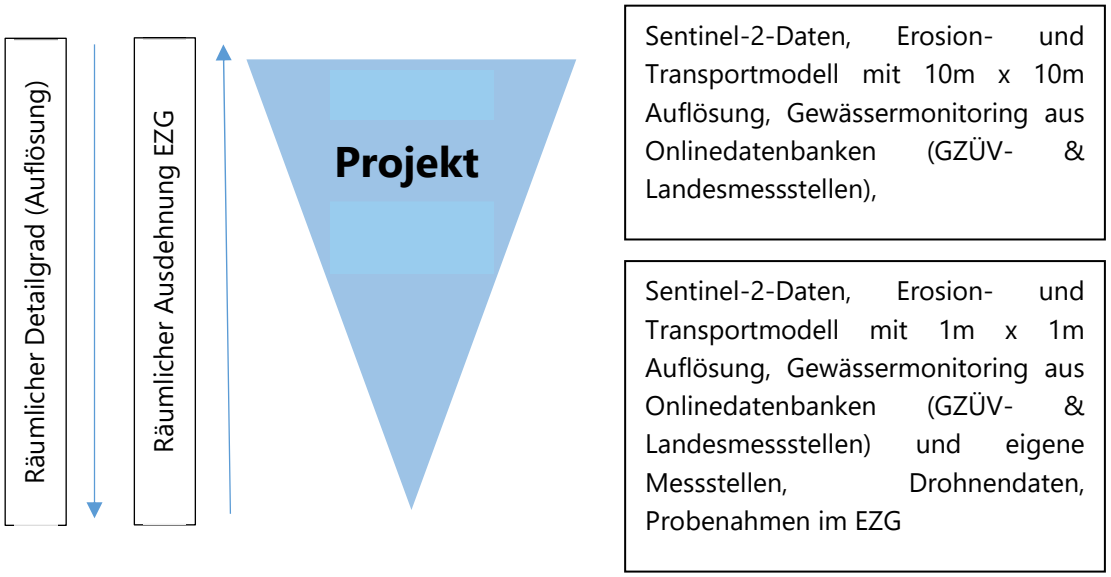


Abb. 91 *Auswirkung der räumlichen Ausdehnung des Projekts auf den räumlichen Detailgrad und die Anwendung von Instrumenten, zur Bewertung des Gewässerzustandes und der Feinsediment Belastung*

- Die Aufnahme von Drohnendaten über weitläufige Gebiete sind ein bedingt geeignetes Instrument, da diese mit einem hohen Zeit- und Verarbeitungsaufwand vor, während und nach der Befliegung verbunden sind. Weiters schränken Flugverbotszonen die Aufnahmen ein. Sie eignen sich daher eher für kleine EZG, in denen die geographischen und vegetationskundlichen Kriterien mit einem hohen räumlichen Detaillierungsgrad betrachtet werden sollen. Die erfassten Daten können die Genauigkeit der Maßnahmenumsetzung und des RPhosFate Modells deutlich erhöhen.
- Sentinel-2-Daten haben im Vergleich zu Drohnendaten eine geringere Auflösung (10m, 20m, 60m), wodurch sie für Anwendungen in großen Gebieten, in welchen ein geringerer räumlicher Detaillierungsgrad erforderlich ist, verwendet werden können. Aussagen zur Pflanzenvitalität und deren Auswirkungen auf den Erosionsschutz sind über große Flächen möglich. Allerdings ist bei der Bewertung von großen Flächen mit einem hohen Speicherbedarf und einer hohen Rechenleistung zu rechnen. Weiters erlauben zeitlich hochaufgelöste Sentinel-2-Daten auch Bewertungen der phänologischen Entwicklung, der Landbedeckung und der Bewirtschaftung. Diese Satellitendaten können daher als Instrument für die Untersuchung großer und kleiner Gebiete eingesetzt werden.
- Kartierungen als Instrument zur Bewertung von Infrastrukturen und Erosionserscheinungen sind sehr zeitaufwendig und sollten daher in kleinen Regionen und EZG durchgeführt werden. Die Kartierung mehrerer kleiner EZG in einer größeren Region ermöglicht die Übertragung der Ergebnisse auf eine größere Region. Beispielsweise könnte die kartierte Information über die Anbindung von Flächen an Gewässer durch künstliche Einleitungen auf die größere Region übertragen werden. Diese Information könnte ohne großen Mehraufwand in die Erosions- und Transportmodellierung großer Regionen implementiert werden.
- Die Erosions- und Transportmodellierung (RPhosFate) ist ein Werkzeug, das für kleine und große Regionen eingesetzt werden kann. Gebiete mit hohem Erosionsrisiko können identifiziert werden, was die Definition von Maßnahmen ermöglicht. Außerdem kann die Wirksamkeit der Maßnahmen dargestellt werden.
- Für eine große Region sollte das Modell mit einer geringeren Auflösung von 10m x 10m eingesetzt werden, da ein höherer räumlicher Detaillierungsgrad zu einem höheren

Ressourcenverbrauch führt. Eine höher aufgelöste Modellierung bringt in diesem Fall keinen höheren Nutzen, da es in diesem Maßstab nicht möglich ist, alle bevorzugten Fließwege einzeln zu betrachten und gezielte Maßnahmen zu setzen. Vielmehr müssen hier großräumige Maßnahmen gesetzt und die Wirksamkeit der Maßnahmen großräumig betrachtet werden. Mit abnehmender Größe der zu modellierenden Region kann der räumliche Detaillierungsgrad zunehmen. Eine hoch aufgelöste Modellierung (1m x 1m) kann in diesem Fall durchaus von großem Nutzen sein, da im Gegensatz zu großen Regionen die bevorzugten Fließwege im Detail betrachtet werden können und somit die Etablierung gezielter Maßnahmen möglich ist. So können z.B. Maßnahmen wie Rückhaltebecken gezielt an Orten mit hoher Abflussakkumulation platziert werden.

- Für die Modellierung werden gemessene Frachten benötigt, da diese die Qualität des Modells beeinflussen. Es ist daher zu prüfen, ob für die Gebiete Frachtmessungen vorliegen. Kleine EZG wie Lambrechten haben keine Gewässerzustandsüberwachungsmessstellen (GZÜV), daher müssen Messstellen eingerichtet werden, was mit einem hohen Ressourcenaufwand verbunden ist. Bei der Betrachtung eines größeren Gebietes ist die Wahrscheinlichkeit höher, dass das Gebiet durch GZÜV oder Landesmessstellen überwacht wird, wodurch Frachtmessungen für die Modellkalibrierung aus den Onlineportalen entnommen werden können.
- Die Überwachung des Gewässerzustands, die chemisch-physikalische und die ökologische Überwachung sind in ihrer zeitlichen Auflösung stark eingeschränkt, da Laboruntersuchungen erforderlich sind. Daher ist dieses Instrument eher für die Bewertung der Gewässergüte in kleinen EZG geeignet. Für die Beurteilung der Gewässergüte in großräumigen Gebieten sollte daher auf die bestehende österreichweite Infrastruktur (GZÜV und Landesmessstellen) zurückgegriffen werden.

In der nachfolgenden Tabelle (Tab. 22) werden die im Projekt ERWINN verwendeten Methoden, deren Stärken und Schwächen, sowie eine Kurzdarstellung was damit abgebildet wird aufgelistet.

Tab. 22 Stärken und Schwächen der einzelnen Methoden

	Stärken	Schwächen	Was wird abgebildet?
Satellitendaten (Sentinel 2)	• Open Access • einfaches, flächendeckendes Monitoring von Vegetation und Landnutzung • Blick in die Vergangenheit durch Erstellung von Zeitserien (Abbildung der Phänologie) • Aufnahmen in mehreren Spektralkanälen (Bewertung der Pflanzenvitalität möglich) • Reine Schreibtischarbeit	• viel Speicherplatz und teilweise hohe Rechenleistung notwendig • vergleichsweise geringe Auflösung (10 m, 20 m oder 60 m pro Pixel) • kleinflächige Erosionsereignisse nicht feststellbar • Rückschlüsse auf Erosion durch Vegetationsindizes • bei hoher Wolkenbedeckung sind Aufnahmen unbrauchbar	• Vegetationsgrad der Einzugsgebietsflächen
Drohnenbefliegung	• Georeferenzierte, hochaufgelöste Fotos (Pixelgröße wenige cm) - hohe Datendichte • Erstellung von Orthomosaik und 3D Modell • Erstellung eines Oberflächenmodells • Erstellung von Vegetationsindizes bei multispektraler Aufnahme (Pflanzenvitalität) • Rillenerosion und teilweise flächige Erosion gut erkennbar (v.a. im 3D Modell) • guter Überblick bei großen Schlagflächen • Vergleichbarkeit bei Aufnahmen über mehrere Jahre	• Equipment, Drohnenführerschein, spezielle Software notwendig • Befliegungen nur in erlaubten Gebieten (Flugverbotszonen) • viel Speicherplatz notwendig • Momentaufnahme • Befliegung direkt nach Erosionsereignis notwendig • mögliche Verwechslung von Erosionsspuren mit Tierspuren möglich	• detailliertes Orthofoto des Gebiets (RGB und Multispektral) • Oberflächenmodell
Erosionskartierung	• Genaue Verortung • Messung der Tiefe/Größe der Erosionserscheinung • Flächige Erosion nicht erkennbar • Anlandungen erkennbar (dadurch Rückschlüsse möglich) • Ursachenfindung teilweise möglich	• Großer Zeitaufwand • Schlechter Überblick bei großen Schlagflächen (besonders bei Bewuchs) • Starkes Niederschlagsereignis notwendig, damit Erosionen sichtbar werden • Rasches Handeln nach dem Ereignis erforderlich (bevor Bodenbearbeitungen durchgeführt werden) • Ergebnis ist abhängig von der angebauten Kultur und vom Zeitpunkt des Ereignisses • Momentaufnahme	• Sichtbare Erosions-erscheinungen (jedoch nur nach eingetretenem Erosionsereignis)

	Stärken	Schwächen	Was wird abgebildet?
Kartierung/ Räumung Grabeninhalt	• Rückschlüsse auf Erosion • Beim Aushub: Mengenermittlung • Bei Probenahme: Analytik Nährstoffinhalt und Korngrößenverteilung	• Großer Zeitaufwand • bei Überwachsung schlecht sichtbar • nur Aussage zum Zeitraum bis zur letzten Räumung	• Sedimentrückhalt in künstlich angelegten Strukturen
Erosions-Modellierung	• Rückschlüsse auf Erosion • Zellspezifische Emission, Retention und Transport • Verortung von kritischen Herkunftsgebieten • Prüfen von Maßnahmenwirksamkeit • Darstellung der Fließwege • Hohe Auflösung möglich	• Abhängigkeit von Datenverfügbarkeit, für das Modell (Bodendaten, Niederschlagsdaten, Schläge und Maßnahmen, Höhenmodell, müssen vorhanden sein) • Auflösung abhängig von Datenauflösung der Originaldaten (wenn die Originaldaten mit einer niedrigeren Auflösung gemessen wurden, hat eine niedrigere Skalierung der Modelldaten nur begrenzte Auswirkung) • Frachtdaten der Messstation für Kalibrierung notwendig • vereinfachte Darstellungen der Realität und daher mit Unsicherheiten behaftet	• 1m x 1m Rasterbasierte Emission, Retention und Transport von Frachten im EZG • Darstellung der Fließwege und Verortung von kritischen Bereichen
Verteilte Gewässerprobenahme im Einzugsgebiet	• Räumliche Abschätzung von Belastungshotspots • Abschätzung der zeitlichen Sediment- und Stoffdynamik im Gewässer • Unterstützung und Validierung der Online-Erfassungen	• Abstimmungsbedarf (Landwirt:innen, Labor, Gebindemanagement, Transport) • Rasches Handeln während eines Starkregenereignisses nötig • Begrenzte Probenanzahl	• Räumlich und zeitlich differenzierte Parameterkonzentrationen im Gewässer während Starkregenereignissen
Chemisch-physikalisches Basismonitoring	• Einfach umzusetzende Erhebung der Basisbelastung in Fließgewässern • Chemische Laboranalytik für eine Vielzahl von Parametern möglich • Standardmethoden zur Erhebung von Langzeittrends	• Große Beschränkung in der zeitlichen Auflösung	• Konzentrationen unterschiedlicher Wasserqualitätsparameter zu einem bestimmten Zeitpunkt an einem bestimmten Ort im Bach

	Stärken	Schwächen	Was wird abgebildet?
Gewässermonitoring mittels Monitoringstationen	• Zeitlich kontinuierliche Aufzeichnung der direkten Auswirkungen von Niederschlagsereignissen auf Gewässer • Quantifizierung des Schwebstoffaustrages aus dem Gebiet (Transport) als entscheidende Bilanzgröße auf Ereignisebene für eine Stoffbilanz des Gebietes • Zeitlich hohe Auflösung möglich • Quantitativer Vergleich der Auswirkungen von Niederschlagsereignissen auf Gewässer • Erfassung weiterer Ereignis-bezogener Gewässergüteparameter (z.B. Phosphor) über gezielte Probenahme möglich	• Räumlich auf Punktuelle Zustandserfassung limitiert • Abflussmessung mit Unsicherheiten verbunden • großer Ressourcen-, Zeit- und Personalaufwand • mehrjährige Aufzeichnung nötig • Zusätzliche Laboranalytik nötig	• Zeitlich hoch aufgelöster Wasserstand/Abfluss und Konzentration/Frachten von Wasserqualitäts-parametern. • Niederschlags-Abfluss Bedingungen, durch gezielte automatische Probenahme • Spezifische Belastungssituation der Gewässer während Event
Gewässerökologisches Monitoring	• Vergleichbarkeit der Ergebnisse durch leitfadenkonforme, konsistente Methodik und durch gleiche Probestellen • Evaluierung der Wirksamkeit der gesetzten Maßnahmen am lebenden Organismus • Aussagekräftige Darstellung der Ergebnisse	• Momentaufnahme • Einfluss vieler Variablen auf die Untersuchungsergebnisse • langjährige Aufzeichnung nötig • Zusätzliche Laboranalyse nötig	• Leitfadenkonforme Zustandseinstufung von Makrozoobenthos, Phytobenthos und Fischökologie

6.2 Integration von Instrumenten innerhalb eines Projektes

Der Einsatz verschiedener Instrumente wie z.B. Drohnenbefliegungen, Gewässermonitoring und Modellierung ermöglicht eine genaue räumliche und zeitliche Betrachtung der Problemstellung im EZG Lambrechten. Die Betrachtung der Wirksamkeit dieser Instrumente sollte nicht einzeln, sondern gemeinsam und unter Berücksichtigung der anderen Instrumente erfolgen, da diese hilfreichen Informationen zur Verbesserung der Methoden führen können.

Drohendaten und RPhosFate Modellierung

Für die Erosions- und Transportmodellierung mit dem Modell RPhosFate wird ein digitales Geländemodell (DGM) verwendet, das für die Berechnung der Fließwege eingesetzt werden kann. Dazu wurde das vom Land Oberösterreich zur Verfügung gestellte DHM mit einer Auflösung von 1m x 1m verwendet. Dieses DHM ermöglicht eine hochaufgelöste Darstellung der Fließwege, jedoch werden lokale Bearbeitungsmaßnahmen wie Bearbeitungsrichtung und Furchen, die den erosionsbedingten Transport beeinflussen können, nicht dargestellt. Durch den Einsatz von Drohnendaten kann ein Digitales Oberflächenmodell (DOM) mit einem höheren räumlichen Detaillierungsgrad abgeleitet werden, wodurch die Einflussfaktoren wie die Fließrichtung in der Modellierung berücksichtigt, werden können. Darüber hinaus können die Daten der Befliegung zur Überprüfung etablierter Maßnahmen genutzt werden, z.B.: zur genauen Verortung von Maßnahmen im EZG Oberndorferbach.

Weiters können in Zukunft die Phosphorfrachtmessungen der etablierten Gewässergütemessstellen in das EZG Messenbach und Oberndoferbach zur Verbesserung der Modellgüte herangezogen werden, da diese eine wesentliche Komponente zur Kalibrierung des Modells darstellen.

Sentinel-2-Daten und Drohnendaten (Melanie)

Da die Aufnahme von Drohnendaten (inklusive Planung, Flug und Bearbeitung der Daten) zeitintensiv sein kann, ist die Erstellung von S2 Zeitserien eine alternative zur Beurteilung der phänologischen Entwicklung. Die Integration von multispektralen Drohnendaten zeitgleich mit bestimmten S2 Aufnahmedaten lässt einen statistischen Abgleich der berechneten Vegetationsindizes und weiterer abgeleiteter Ergebnisse, z.B. innerhalb Grünlands, Acker oder Hauptfrucht zu. Aus diesen Vergleichen können weitere Erkenntnisse für die Notwendigkeit eines hohen Auflösungsgrades abgeleitet werden.

Sentinel-2-Daten und Inline-Messungen der Monitoringstationen

Ein Beispiel für die gemeinsame Auswertung von Einzugsgebiets- und Messstellendaten ist die Kombination von S2-Satellitendaten, konkret des Vegetationsgrades im Einzugsgebiet, mit den Inline-Messungen der Messstellen. Dabei wird jedem Abflussereignis die zeitlich nächstgelegene Satellitenbeobachtung zugeordnet und der mittlere NDVI-Wert des gesamten Einzugsgebietes bzw. der Ackerflächen berechnet. Durch diese Kombination können weitere Erkenntnisse über die Erosivität von Niederschlagsereignissen und deren Auswirkungen auf Fließgewässer gewonnen werden.

Gewässerproben und Inline-Messungen der Monitoringstationen

Die kontinuierlichen Inline-Messungen der Monitoringstationen werden durch die Gewässerproben validiert. Darauf aufbauend kann durch Korrelation z.B. des Schwebstoffgehalt mit dem Phosphorgehalt eine Zeitreihe der Phosphorkonzentrationen abgeleitet werden. Diese dienen dazu, auch nicht beprobte Abflussereignisse zu bewerten und Rückschlüsse auf die Erosion bei diesen Ereignissen zu ziehen.

6.3 Maßnahmenübertragbarkeit

Für die Übertragbarkeit von Maßnahmen in andere Einzugsgebiete konnte ERWINN24 erste Grundlagen schaffen. Bereits aus früheren Untersuchungen wurde abgeleitet, dass großräumige Betrachtungen, die Daten aus einem bestehenden Gewässermonitoring mit einer Modellierung mit PhoFate in einem gröberen (10 x 10 m) Raster verbinden, als Grundlage für die Auswahl von Einzugsgebieten für die Planung von Maßnahmen heranzuziehen ist. Das gewählte Projektgebiet von ERWINN steht exemplarisch für Einzugsgebiete, die hohe Sediment- und Phosphoreinträge in Oberflächengewässer erwarten lassen. Ackernutzungen in steileren Hanglagen wie eben hier haben ein hohes Potential für eben solche Einträge aber auch für Maßnahmen zur Verbesserung der Gewässerqualität. Es ist daher davon auszugehen, dass Ergebnisse aus ERWINN eine hohe Relevanz für weitere Gebiete mit entsprechenden Problemlagen besitzt.

Für die Übertragbarkeit von Maßnahmen aus dem Untersuchungsgebiet in Lambrechten in weitere Gebiete spielen weitere Faktoren eine Rolle. Bereits zum jetzigen Untersuchungsstand ist offensichtlich, dass eine gute Kenntnis von Emissionsbereichen und Abflusswegen erforderlich ist, damit insbesondere kleinräumige Maßnahmen, beginnend von begrünten Abflusswegen bis zu Retentionsmulden ihre Wirkung entfalten können. Dazu ist es sinnvoll, von bestehenden Grundlagen (wie z.B. dem INSPIRE Agraratlas) auszugehen, wenn Abflusswege begrünt werden sollen, bei punktuelleren Maßnahmen zur Retention des Abflusses, können aber eine detailliertere Modellierung des Abflussgeschehens, die Ergebnisse von Drohnenbefliegungen und gute lokale Kenntnisse erforderlich werden.

Für die Übertragbarkeit spielt außerdem auch eine Rolle, dass die Wirkung von einzelnen Maßnahmen augenscheinlich demonstriert und auch quantifiziert werden kann. Damit schafft ERWINN wichtige Voraussetzungen, einerseits für die Argumentation in der Beratung, zur Überzeugung der Bewirtschafter und für die Konzeption zukünftiger Agrarumweltprogramme. Je nach Wirkungsweise der Maßnahme haben sich unterschiedliche Untersuchungs- und Bewertungsverfahren als zielführend herausgestellt.

Für die praktische Übertragbarkeit entscheidend ist aber auch, dass durch die intensive Zusammenarbeit mit Landwirtinnen und Landwirten praktische Erfahrungen mit der Umsetzbarkeit gewonnen werden, die mit anderen Landwirten von außerhalb des Projektgebiets geteilt werden. Feldtage wurden gut besucht und bieten eine gute Möglichkeit, die Maßnahmenumsetzung unmittelbar wahrzunehmen. Die praktische Erprobung der Maßnahmen schafft aber auch eine hohe Glaubwürdigkeit bei deren Verbreitung und Bewerbung in Kommunikationsmedien. Sie stellt darüber hinaus eine wertvolle Planungsgrundlage für zukünftige Agrarumweltprogramme dar, bei der praktisch gut fundierte Maßnahmenvorschläge aus ERWINN aufgegriffen werden können.

7 Anschauungsmaterial für Beratungszwecke

7.1 YouTube Film über das ERWINN Projekt

Im Laufe des Jahres wurde ausreichend Filmmaterial zur Erstellung eines Image-Films zusammengetragen und schlussendlich in einen 7-minütigen Film zusammengeschnitten. Thematisiert werden die Problematik, welche die Basis für das ERWINN Projekt darstellt, die Motivation der Landwirte bei solch einem Projekt mitzumachen, die Umsetzung der Maßnahmen und die Evaluierung der Ergebnisse. Der Film wurde auf YouTube veröffentlich und ist unter folgendem Link abrufbar: https://youtu.be/uD75QeGzJcc

7.2 Informations-Folder BWSB

Gemeinsam mit der BWSB und dem Auftraggeber wurde ein Folder erstellt, wo die praxistauglichen Maßnahmen, die sich bisher im Gebiet bewährt haben, näher beschrieben werden. Dieser Folder soll zu Beratungszwecken von der Landwirtschaftskammer bzw. der BWSB im Jahr 2025 eingesetzt werden.

8 Interne Projektabstimmung und Öffentlichkeitsarbeit

Innerhalb des Projektteams fanden monatliche Projekttreffen statt, um die Arbeiten untereinander zu koordinieren, den Projektfortschritt zu dokumentieren und erforderlichenfalls Maßnahmen ergreifen zu können. Die Treffen fanden Großteils Online statt.

Anfang des Jahres 2024 wurde gemeinsam mit der BWSB und dem Maschinenring an einem Dokumentations- und Aufnahmeblatt für die für Striger-Versuche gearbeitet. Hierfür fanden mehrere Online-Treffen statt.

Am 10. Juni 2024 wurde gemeinsam mit dem AG, der Boden.Wasser.Schutz.Beratung und dem Netzwerk Zukunftsraum Land ein Feldtag im Projektgebiet organisiert. Im Vorfeld fanden mehrere Abstimmungsbesprechungen dazu statt. Der Feldtag mit dem Titel „Wirksame Methoden im Erosions- und Gewässerschutz" fand am Schnatterhof in Lambrechten beim Projektlandwirt Doblhamer statt. Die Theorie-Vorträge am Vormittag wurden von Christine Weinberger (wpa), Thomas Brunner (Bundesanstalt für Wasserwirtschaft) und Michael Treiblmeier (Ingenieurbüro Blickwinkel) gehalten. Am Nachmittag ging es raus in die Praxis. Max Stadler (Gesellschaft für konservierende Bodenbearbeitung e.V. Arbeitskreis-Leiter Südbayern) zeigte eindrucksvoll, wie der Boden auf Regen reagiert. Christine Weinberger (wpa) führte durch das Projektgebiet zu mehreren umgesetzten Maßnahmen. Elisabeth Lauss (blattfisch) präsentierte die Rechte und Pflichten der Bachanrainer und demonstrierte, wie sich der eingeschwemmte Bodenabtrag auf den Lebensraum Gewässer auswirkt. Aufgrund der schlechten Wetterlage war die Besucherzahl geringer als erhofft. Für Speis und Trank sorgte die Gansl Stubm.

Für die Zeitschrift „Blick ins Land" erfolgte die Erstellung eines Artikels zum Thema „Verwandt und eng befreundet: Bodenschutz und Gewässerschutz". Hier wird insbesondere auf landwirtschaftliche Maßnahmen eingegangen, die im Projektgebiet eingesetzt wurden. Der Artikel wurde in der Ausgabe 11/2024 veröffentlicht. Zusätzlich wurde der Artikel auf der Homepage der LK-online veröffentlicht.

Am 29.11.2024 lud das Projektteam alle Projektlandwirte zu einer Jahresabschlussbesprechung ein. Christine Weinberger (wpa) führte durch das Programm und startete mit einem Rückblick auf das vergangene Jahr. Max Kuderna (wpa) präsentierte wertvolle Hinweise zur Bewertung von Bodenanalysen und Melanie Maxwald (wpa) zeigte bisherige Ergebnisse aus der Drohnen- und Satellitendatenauswertung. Zum Abschluss verwies Christine Weinberger noch auf die bevorstehenden Änderungen im ÖPUL ab dem Jahr 2025 und die weitergehenden Schritte im Projekt. Unterstützt wurde die Veranstaltung durch Elisabeth Murauer von der Boden.Wasser.Schutz.Beratung.

9 Schlussfolgerungen und Ausblick

Im Rahmen des Projekts ERWINN 24 ist es gelungen, im Laufe eines Jahres ein breites Spektrum an Instrumenten zu etablieren und weiterzuentwickeln, die es erlauben das Erosionsgeschehen zu erfassen, Maßnahmen zu planen und umzusetzen sowie letztendlich Maßnahmen zu bewerten, die den Transport von Sedimenten und Phosphor in Oberflächengewässer verringern sollen. Bei diesen Instrumenten handelt es sich um Auswertung von Satellitendaten (Sentinel 2), Drohnenbefliegung für Geländeaufnahmen, Erosionskartierung, Beurteilung von Grabeninhalten, Erosionsmodellierung, eine verteilte Gewässerprobenahme im Einzugsgebiet, Basismonitoring für chemisch-physikalische Gewässerbelastung, hochaufgelöstes Gewässermonitoring mittels online Monitoringstationen und automatischen Probennehmern sowie Gewässerökologisches Monitoring.

Die Basis für die Erfolge des Projektes ist die vertrauensvolle Zusammenarbeit mit Landwirt:innen im Einzugsgebiet, die bereit waren, nach ihren Möglichkeiten Maßnahmen umzusetzen, die geeignet erschienen, den Sediment- und Phosphoreintrag in Oberflächengewässer zu verringern. Der Schwerpunkt wurde dabei auf Maßnahmen gelegt, die über den Erosionsschutz im ÖPUL hinausgehen, da jener in der Landwirtschaft relativ gut etabliert ist und die Wirkung schon früher untersucht wurde.

Ein großer Entwicklungsschritt konnte in Hinblick auf die Identifikation und Charakterisierung Niederschlags-Abflussevents anhand der Ergebnisse des online Monitorings erreicht werden. Erste Auswertungen zeigen bereits, wie eine gemeinsame Darstellung der Zustandsinformationen in den beiden Einzugsgebiet und der online Monitoringdaten zu einer statistischen Evaluierung der wesentlichen Einflussgrößen auf den Schwebstofftransport und damit auf die Wirksamkeit von Maßnahmen führen können. Die kurze Dauer der bisher vorliegenden Messreihe und die hohe Variabilität auftretender Situationen erlaubt noch keine abgesicherten Schlussfolgerungen. Erste Aussagen weisen daher auf Tendenzen hin, die durch eine Ausdehnung des Messzeitraums noch zu bestätigen oder eben zu widerlegen sind.

Da dem Einzugsgebiet, in dem Maßnahmen durch das Projekt gesetzt wurden, ein Vergleichsgebiet gegenübergestellt wird, wird sichtbar, dass sich die allgemeine Charakteristik im Vergleich zu Maßnahmenwirkung relativ stark auswirkt. So bringt der höhere Anteil an Grünland im Vergleichsgebiet eine geringere Schwebstoffbelastung im Gewässer mit sich, die dafür bei Regenereignissen stärker ansteigt als im Maßnahmengebiet. Dies könnte wiederum eine Folge der gesetzten Maßnahmen sein. Einen ersten Hinweis in diese Richtung liefert auch eine Auswertung der Satellitendaten, die einen vitaleren Bewuchs im Maßnahmengebiet insbesondere auf den Ackerflächen ausweist. Für gesicherte Aussagen ist es, wie gesagt, zu früh. Welche Faktoren in komplexer Weise hier zusammenspielen liefert aber erste Hinweise darauf, was es bedarf, um Ergebnisse auf andere Gebiete zu übertragen.

Gut dargestellt werden konnte das Auftreten von Erosionsrillen, die häufig in Fahrspuren oder am Feldrain ihren Ausgang nehmen. Geeignete Maßnahmen, um das hintanzuhalten, wurden bisher nicht umgesetzt, sind aber in einem zuvor erarbeiteten Maßnahmenkatalog bereits enthalten. Sichtbar wurde mit der Drohnenaufnahme auch, dass die im ÖPUL ausgewiesenen Bereiche für die Begrünung von Abflusswegen im Großen und Ganzen zutreffen, da Erosionsrillen überwiegend in dort oder in unmittelbar angrenzenden Bereichen verliefen.

Modellergebnisse mit RPhosFate liefern dank der Weiterentwicklung dieses Modells nun differenziertere Ergebnisse als zuvor. Es zeigt sich, dass dadurch die Lokalisierung die Wirksamkeit einzelner Maßnahmen weiter verbessert werden kann. Dem kommt insofern besondere Bedeutung zu, da einmal mehr gezeigt werden konnte, dass viele Maßnahmen im Prinzip lokal eine hohe Wirkung entfalten können, die Wirkung in der Fläche aber stark von der richtigen Platzierung abhängt. So konnte auch gezeigt werden, dass das Potential wirksame Maßnahmen zu setzen bei weitem noch nicht ausgeschöpft ist und es

weiterer Anstrengungen Bedarf um die Schwebstoff- und Phosphorexporte des gesamten Gebietes maßgeblich reduzieren zu können. Weiters wurde erkannt, dass die Bearbeitungsrichtung und Details, wie die Gestaltung des Vorgewendes, einen erheblichen Einfluss auf erosiven Bodenabtrag haben. Die Implementierung von Maßnahmen zur Berücksichtigung dieser Faktoren stößt aber aufgrund des damit verbundenen Aufwands an Grenzen.

Durch die diesjährige Befischung konnten die Ergebnisse der Zustandseinstufung des Maßnahmengebietes aus dem Befischungsjahr 2022 bestätigt werden. Wieder ist die Leitfischart Bachforelle im Maßnahmengebiet nicht nachgewiesen. Im Vergleichsgebiet wurden hingegen leichte Verbesserungen des fischökologischen Zustandes festgestellt. Insgesamt zeigt sich zwar ein deutlicher Anstieg der Fangzahlen, dies ist allerdings hauptsächlich auf die Elritze zurückzuführen. Für fundierte Aussagen zum Einfluss der Maßnahmen auf die aquatische Fauna sind mehrjährige Untersuchungen nötig, da Befischungsergebnisse sowie der Fischbestand von vielen Variablen abhängen.

Im Projekt ERWINN 2024 wurden Grundlagen für die Übertragbarkeit von Maßnahmen zur Verbesserung der Gewässerqualität in andere Einzugsgebiete geschaffen. Besonders steile Hanglagen, wie sie im Projektgebiet vorkommen, bieten sowohl hohe Risiken für Phosphor- und Sedimenteinträge als auch Potenzial für Verbesserungsmaßnahmen. Für eine erfolgreiche Übertragung in andere Gebiete sind genaue Kenntnisse über Emissionsbereiche und Abflusswege notwendig. Kleinere, punktuelle Maßnahmen erfordern oft detailliertere Modellierungen. Ein wichtiger Faktor ist zudem die Möglichkeit, die Wirkung einzelner Maßnahmen zu quantifizieren, um die Landwirt:innen von deren Wirkung zu überzeugen und in weiterer Folge Agrarumweltprogramme zu gestalten. Durch die enge Zusammenarbeit mit den landwirtschaftlichen Betrieben und die praktische Erprobung der Maßnahmen wird deren Umsetzung und Wirksamkeit demonstriert, was zur Verbreitung der Maßnahmen beiträgt.

10 Referenzen

Agrarmarkt Austria, 2024. INVEKOS Schläge Österreich 2021-2024. https://geometadatensuche.inspire.gv.at/metadatensuche/agrarportal/api/records/3650c224-3a03-4796-907b-a37784a656e2

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft (BML), Umweltbundesamt GmbH, 2024. Gesamtgewässernetz - Fliessgewässer (Routen).

BMLRT. (2021). Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan 2021. in: BMLRT; Bundesministerium Für Landwirtschaft, Regionen Und Tourismus.

Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (BMNT). (2019a). Leitfaden zur Erhebung der biologischen Qualitätselemente Teil A1 - Fische. Wien.

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW). (2015). Leitfaden zur hydromorphologischen Zustandserhebung von Fließgewässern. Wien.

Chang, K., 2019. Geographic Information System, in: Richardson, D., Castree, N., Goodchild, M.F., Kobayashi, A., Liu, W., Marston, R.A. (Eds.), International Encyclopedia of Geography. Wiley, pp. 1–10. https://doi.org/10.1002/9781118786352.wbieg0152.pub2

Diana Earshia, V., Sumathi, M., 2019. A Comprehensive Study of 1D and 2D Image Interpolation Techniques, in: Kumar, A., Mozar, S. (Eds.), ICCCE 2018, Lecture Notes in Electrical Engineering. Springer Singapore, Singapore, pp. 383–391. https://doi.org/10.1007/978-981-13-0212-1_40

ESRI, 2017. ArcGIS Desktop: Release 10.6.1.

Gabriel, O., Höfler, S., Zessner, M., Kuderna, M., Weinberger, C., Strenge, E., Gumpinger, C. (2020) Pilotprojekt Oberflächengewässer – Grundlagen für eine optimierte Maßnahmenumsetzung zur Reduktion von Feinsediment- und Phosphorbelastungen; Projektbericht im Auftrag des Amtes der Oö. Landesregierung – Direktion Umwelt und Wasserwirtschaft Abteilung Wasserwirtschaft.

GeoSphere Austria, 2020. SPARTACUS v2.1 Tagesdaten. https://doi.org/10.1007/s00704-017-2093-x

Hepp, G., Zoboli, O., Strenge, E., Zessner, M., 2022. Particulate PhozzyLogic Index for policy makers—an index for a more accurate and transparent identification of critical source areas. J. Environ. Manage. 307, 114514. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.114514

Haunschmid, R., Wolfram, G., Spindler, T., Honsig-Erlenburg, W., Wimmer, R., Jagsch, A., … Schotzko, N. (2006). Erstellung einer fischbasierten Typologie österreichischer Fließgewässer sowie einer Bewertungsmethode des fischökologischen Zustandes gemäß EU-WRRL. Schriftenreihe des BAW 23, Scharfling/Mondsee.

Hauer, C., Höfler, S., Dossi, F., Flödl, P., Graf, G., Graf, W., Gstöttenmayr, D., Gumpinger, C., Holzinger, J., Hubert, T., Janecek, B., Kloibmüller, A., Leitner, P., Lichtneger, P., Mayer, T., Ottner, F., Riechl, D., Sporka, F., Wagner, B., Haberack, H. (2015a): Feststoffmanagement im Mühlviertel und im Bayerischen Wald. Endbericht. Studie im Auftrag des Amtes der Oö. Landesregierung, gefördert durch das BMLFUW und das Interreg Programm Bayern – Österreich 2007 - 2013. Wien, 391 S. + Anhang.

Höfler, S., Gumpinger, C. & Hauer, C. (2016). Ökologische Maßnahmen an kleinen und mittelgroßen Fließgewässern. in: Österreichische Wasser- Und Abfallwirtschaft, 68(11–12), 519–533. https://doi.org/10.1007/s00506-016-0351-2

Höfler, S., B. Piberhofer, C. Pichler-Scheder & C. Gumpinger (2018): Feinsediment in den Flüssen Oberösterreichs – Auswirkungen von hohen Feinsedimentfrachten auf die aquatische Fauna, die Zielerreichung WRRL und die wasserwirtschaftliche Maßnahmenumsetzung. – Bericht im Auftrag

des Amtes der Oö. Landesregierung, Direktion Umwelt und Wasserwirtschaft, Abteilung Wasserwirtschaft, Wels, 188 S. + Anhang.

Höfler, S., Weinberger, C., Strenge, E., Gabriel, O., Kuderna, M., Gumpinger, C., Zessner, M. (2022): ERWINN 2021, Endbericht, Erarbeitung von Grundlagen für Detailuntersuchungen zur Maßnahmenevaluierung von Erosionsschutzmaßnahmen in einem Pilotgebiet

Huet, M. (1949). Aperçu des relations entre la pente et les populations piscicoles des eaux courants. in: Schweizerische Zeitschrift Für Hydrologie, 11, 332–351.

Jungwirth M., Haidvogel G., Moog O., Muhar S. & S. Schmutz (2003): Angewandte Fischökologie an Fließgewässern. Wien.

Kovacs, A., 2013. Quantification of diffuse phosphorous inputs into surface water systems. Technische Universität Wien, Vienna.

Land Oberösterreich, 2024. Digitales Geländemodell (DGM).

O'Callaghan, J.F., Mark, D.M., 1984. The extraction of drainage networks from digital elevation data. Comput. Vis. Graph. Image Process. 28, 323–344. https://doi.org/10.1016/S0734-189X(84)80011-0

ÖVDAT, 2024. Intermodales Verkehrsreferenzsystem Österreich (GIP.at) Österreich.

Renard, K.G.; Foster, G.R.; Weesies, G.A.; Porterr, J.P. RUSLE: Revised Universal Soil Loss Equation. J. Soil. Water Conserv. 1991, 46, 30–33

Schmaltz, E., Brunner, T., Strenge, E., Weinberger, C., Kuderna, M., Strauss, P., Zessner, M., 2022. Begrünte Fließwege AT. Identifizierung von Maßnahmenflächen für begrünte Fließwege und Pufferstreifen für ÖPUL. Bundesamt für Wasserwirtschaft, Petzenkirchen.

Strauss, P., Schmaltz, E., Krammer, C., Zeiser, A., Weinberger, C., Kuderna, M., Dersch, G., 2020. Bodenerosion in Österreich – Eine nationale Berechnung mit regionalen Daten und lokaler Aussagekraft für ÖPUL. Endbericht.

Strenge, E., Hepp, G., Zessner, M., 2022. Begrünte Fließwege AT. Identifizierung von Maßnahmenflächen für begrünte Fließwege und Pufferstreifen für ÖPUL. Handbuch RPhosFate v1.0.2.

Tarboton, D.G., 1997. A new method for the determination of flow directions and upslope areas in grid digital elevation models. Water Resour. Res. 33, 309–319. https://doi.org/10.1029/96WR03137

van der Knijff, J.M.; Jones, R.J.A.; Montanarella, L. Soil Erosion Risk Assessment in Europe; European Commission: Brussels, Belgium, 2000.

Weinberger, C., Höfler, S., Weber, N., Gabriel, O., Kuderna, M., Gumpinger, C., Zessner, M., 2024. ERWINN 2023, Endbericht Erosions- und Wasserschutz Innovationsprojekt - Umsetzung und Evaluierung von Maßnahmen zum Gewässerschutz. Amtes der Oö. Landesregierung - Abteilung Wasserwirtschaft, Wasserwirtschaftliche Planung und Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft.

11 Anhang

Anhang A Naturschutzfachliche Einreichung

Anhang B Lage der landwirtschaftlichen und baulichen Maßnahmen

Anhang C Niederschlagsereignisse

Anhang D Darstellung der 10 größten Niederschlagsereignissen

Anhang E Boden und Sedimentprobenahmestellen

Anhang F Zeitserie NDVI

Anhang G Rasterzellen Spartacusdatensatz