

Evaluation der Kooperationen zwischen Land- und Wasserwirtschaft in Rheinland-Pfalz

Masterthesis

zur Erlangung des akademischen Grades
„Master of Science“
im Studiengang „Nutzpflanzenwissenschaften“ (M. Sc.)
am Fachbereich 09 der Justus-Liebig-Universität Gießen

vorgelegt im **März 2024**

eingereicht von:

Alisa Diehl
geboren am 25.09.1998 in Lich
Matrikel-Nummer: 4012595
E-Mail: Alisa.Diehl@ag-uni-giessen.de

Gutachter:

Dr. Martin Bach
Prof. Dr. Lutz Breuer

Inhaltsverzeichnis

INHALTSVERZEICHNIS	II
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	V
TABELLENVERZEICHNIS	VII
RECHTSVERZEICHNIS.....	VIII
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	IX
ZUSAMMENFASSUNG	10
1 EINLEITUNG.....	12
1.1 PROBLEMSTELLUNG UND HINTERGRUND	12
1.2 ZIELSETZUNG	13
2 METHODIK	15
2.1 BETRIEBSLEITERBEFRAGUNG	15
2.2 MESSBARE INDIKATOREN: HERBST-N _{MIN} -GEHALT & SCHLAGSPEZIFISCHE STICKSTOFFBILANZ	16
2.2.1 Herausforderungen an die Auswertung – die Datenaufbereitung der WSB RLP	16
2.2.2 Vorgehen im Zuge der Beschränkung.....	17
2.3 MESSBARER INDIKATOR: NITRAT-KONZENTRATION IM ROHWASSER	19
3 GRUNDLAGEN DES KOOPERATIONSMODELLS IN RHEINLAND-PFALZ.....	21
3.1 „GEWÄSSERSCHONENDE LANDWIRTSCHAFT“ – DAS KONZEPT DER WSB RLP	22
3.2 DIE KOOPERATIONSVEREINBARUNG.....	23
3.3 IMPLIZIERTE MAßNAHMEN IN DER KOOPERATIONSARBEIT	24
3.3.1 Die verbindlichen Maßnahmen und deren Finanzierung.....	25
3.3.2 Die unverbindlichen Maßnahmen und deren Finanzierung.....	26
4 MESSBARE ERFOLGSINDIKATOREN ALS BEWERTUNGSTRUMENT DER	
 KOOPERATIONSARBEIT	28
4.1 DIE SCHLAGSPEZIFISCHE STICKSTOFFBILANZ ALS ERFOLGSINDIKATOR	28
4.2 DER MINERALISCHE STICKSTOFFGEHALT ALS ERFOLGSINDIKATOR	32
5 DIE KOOPERATIONEN – EINE UMFASSENDE DARSTELLUNG DER KENNGRÖßEN	
 UND STANDORTSPEZIFISCHEN EINFLÜSSE	34
5.1 KENNGRÖßEN DER KOOPERATIONEN	35
5.1.1 Kurzcharakteristik der Kooperation „Bad Dürkheim“	35
5.1.2 Kurzcharakteristik der Kooperation „Frankenthal“	36
5.1.3 Kurzcharakteristik der Kooperation „Maikammer“	36
5.1.4 Kurzcharakteristik der Kooperation „Steinfeld“.....	37

Inhaltsverzeichnis

5.1.5	<i>Kurzcharakteristik der Kooperation „Venningen“</i>	37
5.2	REGIONALE UNTERSCHIEDE DER KOOPERATIONEN: EINFLUSS AUF DIE EVALUATION.....	38
5.2.1	<i>Bodenarten der Standorte im Kontext der Bewertung messbarer Erfolgsindikatoren</i>	39
5.2.2	<i>Stickstoffeinträge in das Bodensystem im Kontext der Bewertung messbarer Erfolgsindikatoren</i>	42
5.2.3	<i>Stickstoffausträge aus dem Bodensystem im Kontext der Bewertung messbarer Erfolgsindikatoren</i>	44
5.2.4	<i>Die Niederschlagsmuster im Kontext der Bewertung messbarer Erfolgsindikatoren</i>	45
5.2.5	<i>Die Lufttemperatur in 20 cm Höhe im Kontext der Bewertung messbarer Erfolgsindikatoren</i>	48
5.3	DER GESAMTEINFLUSS STANDORTSPEZIFISCHER FAKTOREN AUF DIE ERGEBNISSE.....	50
6	ERGEBNISSE DER BEFRAGUNG	51
6.1	BETRIEBSMERKMALE.....	52
6.2	ASPEKTE UND NUTZEN DER BERATUNG SOWIE DER UMFANG DER LEISTUNGEN	54
6.3	ZUFRIEDENHEIT MIT DER BERATUNG UND ZUKUNFT	60
7	ERGEBNISSE DER MESSBAREN ERFOLGSINDIKATOREN	63
7.1	DIE ERGEBNISSE DER SCHLAGSPEZIFISCHEN STICKSTOFF-BILANZEN.....	63
7.2	DIE ERGEBNISSE DES HERBST-N _{MIN} -GEHALTS.....	68
7.2.1	<i>Die Kooperationen im Vergleich</i>	69
7.2.2	<i>Die Kooperation Bad Dürkheim</i>	71
7.2.3	<i>Die Kooperation Frankenthal</i>	73
7.2.4	<i>Die Kooperation Maikammer</i>	75
7.2.5	<i>Die Kooperation Steinfeld, Ackerbau</i>	77
7.2.6	<i>Die Kooperation Steinfeld, Weinbau</i>	79
7.2.7	<i>Die Kooperation Venningen, Weinbau</i>	81
7.3	DIE ERGEBNISSE DER KORRELATION ZWISCHEN DER N-GESAMTZUFUHR EINES JAHRES UND DEN MESSBAREN FAKTOREN.....	84
8	DISKUSSION	87
8.1	HERAUSFORDERUNGEN DER DISKUSSION QUANTITATIVER ERFOLGSINDIKATOREN	88
8.2	ERFOLGSBEWERTUNG ANHAND QUANTITATIVER INDIKATOREN	90
8.3	ERFOLGSBEWERTUNG ANHAND QUALITATIVER FAKTOREN.....	97
9	FAZIT	104
	LITERATURVERZEICHNIS	IX
	EIGENSTÄNDIGKEITSERKLÄRUNG	XIII

Inhaltsverzeichnis

DANKSAGUNG	XIV
ANHANG	XV
<i>Anhang I: Fragebogen an die Betriebsleiter/innen</i>	<i>XV</i>
<i>Anhang II: Mustergültige Kooperationsvereinbarung der Kooperation Steinfeld</i>	<i>XXI</i>
<i>Anhang III: Mustergültiger Maßnahmenkatalog der Kooperation Steinfeld</i>	<i>XXV</i>
<i>Anhang IV: Übersicht zu den Kooperationen und Einordnung in die Gesamtheit</i>	<i>XXX</i>
<i>Anhang V: Voraussetzungstests der Regressionsanalyse</i>	<i>XXXIII</i>
<i>Anhang VI: erweiterte Abbildungen zu den Kooperationen</i>	<i>XXXIV</i>
<i>Anhang VII: Detaillierte Ergebnisse aus der Differenz des Herbst-N_{min}-Gehalts seit Beratungsbeginn bis zum letzten Berichtsjahr, Angaben in [kg N/ha]:</i>	<i>XL</i>
<i>Anhang VIII: Detaillierte Darstellung der flächenspezifischen Bilanz seit Beratungsbeginn bis zum letzten Berichtsjahr</i>	<i>XLI</i>

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Räumliche Verteilung der Kooperationen in Rheinland-Pfalz. Abbildung verändert nach LVERMGEO (2020). **38**

Abbildung 2: Summierter Monatsniederschlag zu den üblichen Probeterminen in den Monaten Oktober und November der nächstgelegenen Wetterstationen der Kooperationen. Eigene Darstellung nach DLR RLP (o.D.). **41**

Abbildung 3: Summierte Jahresniederschläge im Auswertungszeitraum zwischen 2014 und 2022 der den Kooperationen nächstgelegenen Wetterstationen. Eigene Darstellung nach DLR RLP (o.D.). **46**

Abbildung 4: Mittlere Monatstemperatur zu den üblichen Probeterminen in den Monaten Oktober und November der nächstgelegenen Wetterstationen der Kooperationen. Eigene Darstellung nach DLR RLP (o.D.). **48**

Abbildung 5: Antworten zu der Frage: „Was für einen Betrieb haben Sie?“, eigene Darstellung. Neben den dargestellten Antwortmöglichkeiten standen ebenfalls „Veredlungsbetrieb“ und „Futterbau“ zur Wahl, die jedoch von keinem Teilnehmer gewählt und daher aus der Darstellung ausgeschlossen werden. Die Weinbaubetriebe sind in der gleichen Farbe (dunkelgrau) von den weiteren Betriebstypen angehoben. Eigene Darstellung. **52**

Abbildung 6: Antworten zu der Frage: „Welche der folgenden Aussagen treffen auf Sie zu? Mehrfachnennung möglich“. Die drei Antwortmöglichkeiten "Ich gebe Gärreste ab", "Ich nehme fremde Gärreste auf" und "Ich bekomme Gärreste von einer Biogasanlage zurück, an die ich Gärreste liefere" wurde in keinem Fragebogen von den Teilnehmern ausgefüllt und sind daher nicht in der Abbildung dargestellt. Eigene Darstellung. **53**

Abbildung 7: Antworten zu der Frage: „Abschluss der ersten Kooperationsvereinbarung (Jahr)". Insgesamt wissen nur 65 % derer, die den Bogen beantwortet haben, in welchem Jahr die erste Kooperationsvereinbarung abgeschlossen wurde. Der rote Rahmen markiert die Corona-Pandemie. Eigene Darstellung. **54**

Abbildung 8: Antworten zu der Frage: "Wie bewerten Sie die folgenden Aspekte der Gewässerschutzberatung?" anhand der fünfstufigen Skala "gut" bis "schlecht". Eigene Darstellung. **55**

Abbildung 9: Antworten auf die Frage: „Wie bewerten Sie den Nutzen der Gewässerschutzberatung für Ihren Betrieb in Bezug auf folgende Aspekte?". Eigene Darstellung. **56**

Abbildung 10: Häufigkeit, in der die Angeboten der WSB RLP in den letzten zwei Jahre in Anspruch genommen wurden. Eigene Darstellung. **57**

Abbildung 11: Häufigkeit der Angaben nach einem Mehrwunsch nach Information vorgegebener Kategorien. Die Antwortvorgaben "Verzicht auf Herstdüngung", "N- und P-reduzierte Fütterung" sowie "Gülleausbringung mit Schleppschlauch/-schuh/Injektionsverfahren" werden von keinem Teilnehmer ausgewählt und daher nicht in der Abbildung dargestellt. Eigene Darstellung. **58**

Abbildung 12: Antworten zu der Frage: "Wie hoch ist Ihr eigener Aufwand / sind Ihre Kosten für die Teilnahme an der Beratung?". Eigene Darstellung. **59**

Abbildung 13: Antworten auf die Frage nach der Zufriedenheit der Teilnehmer mit der Beratung durch die WSB RLP. Eigene Darstellung. **60**

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 14:	Antworten bezüglich der Relevanz und Bedeutung von Aspekten zur Verbesserung der Zufriedenheit derjenigen, die derzeit mit der Beratung nicht zufrieden sind. Eigene Darstellung.....	61
Abbildung 15:	Antworten auf die Frage: "Sind Ihnen folgende fachliche Hintergründe durch die Gewässerschutzberatung bewusst geworden?". Eigene Darstellung.	62
Abbildung 16:	Entwicklung der mittleren flächenspezifischen Bilanz seit Beratungsbeginn anhand des Mittelwerts. Eigene Darstellung.	64
Abbildung 17:	Lineare Regression der mittleren flächenspezifischen Bilanz. Eigene Darstellung.	66
Abbildung 18:	Vergleich der Herbst-N _{min} -Gehalte anhand des Median aller Flächen einer Kooperation auf einen Bodenhorizont von 0 bis 30 cm über die Jahre 2014 bis 2022. Eigene Darstellung.	69
Abbildung 19:	Vergleich der Herbst-N _{min} -Gehalte anhand des Median aller Flächen einer Kooperation auf einen Bodenhorizont von 30 bis 60 cm über die Jahre 2014 bis 2022. Eigene Darstellung.	70
Abbildung 20:	Vergleich der Herbst-N _{min} -Gehalte anhand des Median aller Flächen einer Kooperation auf einen Bodenhorizont von 60 bis 90 cm über die Jahre 2014 bis 2022. Eigene Darstellung.	70
Abbildung 21:	Herbst-N _{min} -Gehalt (Median) in den einzelnen Bodenhorizonten der Kooperation Bad Dürkheim in den Jahren von 2020 bis 2022. Eigene Darstellung.	72
Abbildung 22:	Herbst-N _{min} -Gehalt (Median) in den einzelnen Bodenhorizonten der Kooperation Frankenthal in den Jahren von 2017 bis 2022. Eigene Darstellung.	74
Abbildung 23:	Herbst-N _{min} -Gehalt (Median) in den einzelnen Bodenhorizonten der Kooperation Maikammer in den Jahren von 2014 bis 2021. Eigene Darstellung.....	76
Abbildung 24:	Herbst-N _{min} -Gehalt (Median) in den einzelnen Bodenhorizonten der Kooperation Steinfeld, Ackerbau, in den Jahren von 2019 bis 2022. Eigene Darstellung.	78
Abbildung 25:	Herbst-N _{min} -Gehalt (Median) in den einzelnen Bodenhorizonten der Kooperation Steinfeld, Weinbau, in den Jahren von 2020 bis 2022. Eigene Darstellung.	80
Abbildung 26:	Herbst-N _{min} -Gehalt (Median) in den einzelnen Bodenhorizonten der Kooperation Venningen in den Jahren von 2016 bis 2022. Eigene Darstellung.	82
Abbildung 27:	Korrelation zwischen der Stickstoffzufuhr und dem Herbst-N _{min} -Gehalt der letzten drei Beratungsjahre einer Kooperation. Zwei Extremwerte der Kooperation Frankenthal für eine summierte Düngemenge von jeweils 0 kg N/ha weisen Herbst-N _{min} -Gehalte von 823 kg N/ha bzw. 1010 kg N/ha auf und sind in dieser Abbildung nicht dargestellt. Eigene Darstellung.....	85
Abbildung 28:	Korrelation zwischen der Stickstoffzufuhr und der schlagspezifischen Stickstoffbilanz der letzten drei Beratungsjahre einer Kooperation. Ein Extremwert der Kooperation Frankenthal für eine summierte Düngemenge eine Bilanz von -877 kg N/ha auf und ist in dieser Abbildung nicht dargestellt. Eigene Darstellung.	86

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Übersicht über die Struktur und Inhalte der Kooperationsvereinbarung. Eigene Darstellung.	24
Tabelle 2:	Bilanzgrößen der Stickstoff-Flächenbilanz, Darstellung verändert nach HÄUßERMANN ET AL. (2019, S. 40). In grau gekennzeichnet sind solche Bilanzgröße, die die Berater der WSB RLP in ihren Berechnung nicht berücksichtigen. Von einer Darstellung der internen Flüsse wird abgesehen, da diese auch bei der WSB RLP keine Anwendung finden.....	29
Tabelle 3:	Stickstoff-Zufuhr und -Abfuhr; Flächenbilanz der Landwirtschaft in Deutschland, gemittelt über die Jahre 2015 – 2017. Abbildung unverändert nach HÄUßERMANN ET AL. (2019, S. 76).	31
Tabelle 4:	Übersicht des Anteils, den die ausgewerteten Kooperationen an der Gesamtberatung der WSB RLP haben. Betriebe, die in mehreren Kooperationen aktiv sind oder in Mischkooperationen (Steinfeld, Venningen) sowohl Acker- als auch Weinbauflächen bewirtschaften, erhalten lediglich einen Fragebogen und werden nur einfach gezählt. Daher reduziert sich die rechnerische Anzahl von 96 Betrieben in der Auswertung auf 87. Gleiches gilt für die Anzahl teilnehmender Betriebe aller Kooperationen. Eigene Darstellung auf Grundlage der Datentabelle der WSB RLP.	34
Tabelle 5:	Bodenarten in den Kooperationen nach dem GeoBox-Viewer, innerhalb einer Kooperation sortiert in absteigender Häufigkeit; mit Besonderheiten in Bezug auf Niederschläge und grundlegender Neigung zur Auswaschung anhand einer fünfstufigen Skala (++ bis --). Eigene Darstellung.....	40
Tabelle 6:	Übersicht der Zeitpunkt der Probenahme aller Kooperationen. Eigene Darstellung.	49
Tabelle 7:	Übersicht über die Verteilung der Betriebstypen in den ausgewerteten Kooperationen samt Anteil an der Gesamtheit der Befragung. Eigene Darstellung.	51
Tabelle 8:	Die schlagspezifischen Bilanzen der Kooperation in Auswertung zwischen den Jahren 2014 und 2022, Angaben in kg N/ha. Die Darstellung einer Zahl in grün zeigt anhand des Erfolgsmaßstabs einen Erfolg, während die Darstellung der Zahl in schwarz von keiner Veränderung zeugt. Eigene Darstellung.	65
Tabelle 9:	Zusammenfassung der Erfolgsbewertung der Kooperationen in Anlehnung an BACH ET AL. (2006) mit den folgenden Regeln: + entspricht einem Erfolg, das heißt einer Minderung der Größe um -15 kg N/ha, - entspricht einen Misserfolg, das heißt einer Zunahme der Größe um +5 kg N/ha. Alles dazwischen wird als unveränderlich bezeichnet und mit o gekennzeichnet. Eigene Darstellung.	83

RECHTSVERZEICHNIS

AVV GEA	Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Ausweisung von mit Nitrat belasteten und eutrophierten Gebieten; § 13a Absatz 1 Satz 2 der geänderten Düngeverordnung sieht vor, dass die Bundesregierung eine allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Vereinheitlichung der Vorgehensweise bei der Ausweisung der Gebiete nach Satz 1 Nummer 1 bis 4 erlässt.
BAYWG	Bayerisches Wassergesetz (BayWG) vom 25. Februar 2010 (GVBl. S. 66, 130, BayRS 753-1-U), das zuletzt durch § 1 des Gesetzes vom 9. November 2021 (GVBl. S. 608) geändert worden ist.
DüV	Düngerverordnung vom 26. Mai 2017 (BGBl. I S. 1305), die zuletzt durch Artikel 97 des Gesetzes vom 10. August 2021 (BGBl. I S. 3436) geändert worden ist.
LDÜVO	Landesdüngerverordnung Rheinland-Pfalz vom 10. Dezember 2020, letzte berücksichtigte Änderung: §§ 1, 2, 5 und 6 geändert sowie Anlagen 1 und 2 neu gefasst durch Verordnung vom 19.12.2022 (GVBl. S. 457).
TRINKWV	Trinkwasserverordnung: Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch vom 20. Juni 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 159).
WHG	Wasserhaushaltsgesetz vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), das zuletzt durch Artikel 7 des Gesetzes vom 22. Dezember 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 409) geändert worden ist.

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

AB	Ackerbau
DLR	Dienstleistungszentren Ländlicher Raum
DüV	Düngeverordnung
FGG	Flussgebietsgemeinschaft
GH	Getränkehersteller
GWK	Grundwasserkörper
Herbst-N _{min} -Gehalt	beschreibt den Gehalt an mineralischem Stickstoff der Messung am Ende der Vegetationsperiode; hierbei handelt es sich um die molekularen Verbindungen Nitrat (NO ₃ ⁻) und Ammonium (NH ₄ ⁺). In dieser Evaluation synonym verwendet wird: Rest-N-Gehalt.
IQR	Interquartilsabstand; ist ein Maß für die Streuung der Daten und gibt an, wie breit das Intervall ist, in dem die mittleren 50 % der Stichprobeelemente liegen.
LDüV	Landesdüngverordnung; in dieser Evaluation für Rheinland-Pfalz
LF	landwirtschaftliche Fläche
MGWL	Mittlerer Grundwasserleiter
MPH	Messpunkthöhe (Rohroberkante) einer Grundwassermessstelle
MUEEF	Ministerium für Umwelt, Energie, Ernährung und Forsten
NLWKN	Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz
OGWL	Oberer Grundwasserleiter
Q1	untere Quartilsgrenze
Q3	obere Quartilsgrenze
UGWL	Unterer Grundwasserleiter
WB	Weinbau
WSB RLP	Wasserschutzberatung Rheinland-Pfalz
WVU	Wasserversorgungsunternehmen

In dieser Evaluation werden die Termini "Berater" und "Landwirt" als Berufsbezeichnungen verwendet. Dabei ist anzumerken, dass Frauen, Männer und Personen jeglicher Geschlechtsidentität gleichermaßen angesprochen werden, ohne eine spezifische Geschlechterzuweisung zu implizieren.

Zusammenfassung

Die vorliegende Masterarbeit untersucht die Kooperationsarbeit als Instrument zur Reduzierung von Nährstoffeinträgen in das Grundwasser in Rheinland-Pfalz. Ziel ist eine umfassende Bewertung der Kooperationsarbeit, die sowohl "weiche" als auch "harte" Faktoren berücksichtigt. Methodisch erfolgt die Auswertung der messbaren Erfolgsparameter seit Beginn der Beratung anhand eines definierten Erfolgsmaßstabs, der einen Rückgang um -15 kg N/ha als Erfolg, eine Zunahme um $+5 \text{ kg N/ha}$ als Misserfolg und Änderungen zwischen den Werten als unverändert betrachtet. Zusätzlich wird die Zufriedenheit mit der Beratung und die Identifizierung potenzieller Mängel in ihrer Implementierung durch die Auswertung eines Fragebogens, der an die Betriebsleiter gerichtet ist, erfasst.

Die Betriebsleiter bewerten das Fachwissen und die Kompetenz der Berater grundsätzlich positiv, während Meinungen zu Praxisnähe, Objektivität und Verständlichkeit der Inhalte variieren. Besonders die Personalfuktuation und die instabilen Beratungsbeziehung werden als Schwachstellen identifiziert und bieten Raum für Verbesserungen. Die Betriebsleiterbefragung unterstreicht die Notwendigkeit, die Beratung auf die individuellen Bedürfnisse der Betriebe abzustimmen und praxisrelevante Informationen bereitzustellen. Die Vielfalt der Meinungen und Erfahrungen der Teilnehmer betont die Wichtigkeit einer kontinuierlichen Anpassung der Beratungsangebote an die sich ändernden Bedürfnisse und Erwartungen der Landwirte. Eine vertrauensvolle Beziehung zwischen Landwirt und Berater wird als unerlässlich für die erfolgreiche Umsetzung von Maßnahmen in Kooperationen betrachtet, die auf freiwilliger Zusammenarbeit beruhen.

Es werden fünf Kooperationen ausgewertet, wobei eine Kooperation in Acker- und Weinbau unterteilt ist, was dazu führt, dass sechs differenzierte Teilbereiche in die Bewertung einbezogen werden. Bei den ausgewerteten Betrieben handelt es sich um Wein-, Acker- und Gemüsebaubetriebe. Seit dem Beginn der Beratung wird im Durchschnitt einen Rückgang der schlagspezifischen Bilanzen um $-27,9 \text{ kg N/ha}$ erzielt. Eine rückläufige Entwicklung wird vor allem seit der Einführung der neuen Düngeverordnung im Jahr 2020 und den damit einhergehenden Auflagen für nitratbelastete Gebiete ab Januar 2021 beobachtet. Damit kann ein Rückgang nicht ausschließlich als Resultat der Beratungsdienste betrachtet werden, da gesetzliche Bestimmungen einen erheblichen Einfluss auf die landwirtschaftliche Praxis und die Stickstoffbilanzen ausüben. Aufgrund fehlender Daten von Referenzflächen ist die Unterscheidung des spezifischen Beitrags der Beratung von den allgemeinen Auswirkungen der gesetzlichen Änderungen nicht möglich. Zudem zeigen sich zwischen den einzelnen Kooperationen deutliche Variationen. Einige Kooperationen weisen einen statistisch signifikanten Rückgang der Bilanzen auf, während andere starke Schwankungen zwischen den Jahren verzeichnen und keine eindeutige Entwicklung erkennen lassen.

Die Analyse der Herbst- N_{\min} -Gehalte illustriert, dass insbesondere die oberste Bodenschicht bis zu einer Tiefe von 30 cm empfindlich auf Veränderungen reagiert. Auf diesem Horizont variieren die mittleren Rest-N-Gehalte am stärksten und können im Mittel Werte von bis zu 79 kg N/ha erreichen. In den Tiefen zwischen 30 und 60 cm sowie zwischen 60 und 90 cm werden entsprechende Werte von bis zu $46,5 \text{ kg N/ha}$ bzw. 39 kg N/ha festgestellt. Auf Grund fehlender Voraussetzungen ist eine

Überprüfung auf statistisch signifikante Regressionsgeraden der Rest-N-Gehalte nicht möglich. Der Einfluss der Auswaschung ist je nach Bodenart verschieden zu berücksichtigen. Erfolge anhand des festgesetzten Maßstabs werden nur im obersten Bodenhorizont von 0 bis 30 cm und zusätzlich in Bezug auf den Rückgang der Bilanz erreicht. Ein Misserfolg stellt sich einmalig auf einem Bodenhorizont von 60 bis 90 cm Bodentiefe ein. Der Großteils der Kooperationen verzeichnet Änderungen, die sich zwischen einer Zunahme um +5 kg N/ha und eine Abnahme um -15 kg N/ha bewegen und damit als unverändert gewertet werden.

Eine umfassende Bewertung des Erfolgs anhand der Kriterien "Entwicklung der Rest-N-Gehalte" und "Entwicklung der schlagspezifische Stickstoffbilanz" gestaltet sich aufgrund verschiedener Faktoren äußerst herausfordernd. Dazu zählen unter anderem der starken Einfluss der Jahreswitterung auf die N-Mineralisierung und den N-Ernteentzug, die begrenzte Laufzeit der Kooperationen, eine fehlende Dokumentation der Erfolgsindikatoren vor Beratungsbeginn, die sich ändernden rechtlichen Rahmenbedingungen sowie die inkonsistente Datenaufbereitung seitens der WSB RLP. Trotzdem liefern die gewonnenen Erkenntnisse aus der Betriebsleiterbefragung wertvolle Impulse für die Gestaltung und Weiterentwicklung der Beratung durch die Wasserschutzberatung Rheinland-Pfalz.

Die Beurteilung der Kooperationsarbeit ist trotz des konservativ gewählten Erfolgsmaßstabs nicht als abschließende Feststellung anzusehen, sondern als aktuelle Einschätzung des Standes, den die jeweiligen Kooperationen gegenwärtig einnehmen. Insbesondere bei Kooperationen, die bislang keine Erfolge verzeichnen konnten, empfiehlt es sich, zukünftig potenzielle Fortschritte zu evaluieren. Für Kooperationen, die bereits Erfolge erzielt haben, ist es gleichermaßen von Bedeutung, sicherzustellen, dass dieser fortbesteht.

1 Einleitung

1.1 Problemstellung und Hintergrund

Gemäß den Daten des Statistischen Landesamts Rheinland-Pfalz aus dem Jahr 2019 beträgt der tägliche Wasserverbrauch pro Einwohner etwa 126 l (STAT. LANDESAMT, o. D.). Über 70 % dieses Verbrauchs werden aus Grundwasser gewonnen, während rund 10 % auf Quell- und etwa 15 % auf Oberflächenwasser entfallen (STAT. LANDESAMT, o. D.). Angesichts dieser Umstände wird die Wichtigkeit des ausreichenden Schutzes des Grundwassers als der am häufigsten genutzten Wasserquelle in Rheinland-Pfalz deutlich. Dies steht im Gegensatz zu der gängigen Praxis, Stickstoffdünger auf landwirtschaftlich genutzten Flächen auszubringen, was zu erheblichen Nitratmengen im Grundwasser und einer nachteiligen Veränderung der Wasserqualität führen kann (BERGMANN & DIETRICH, 2013).

Die Landwirtschaft besitzt jedoch auch das Potenzial, eine Schlüsselrolle bei der Bewältigung der Nitratbelastung zu spielen. Moderne Gewässerschutzstrategien erfordern einen innovativen Ansatz, der über traditionelle und isolierte Maßnahmen hinausgeht. In diesem Zusammenhang ist der Schutz des Grundwassers, durch enge Zusammenarbeit mit dem landwirtschaftlichen Sektor, von entscheidender Bedeutung, um die Verfügbarkeit von qualitativ hochwertigem Trinkwasser auch in Zukunft zu gewährleisten. Die Kooperationen zwischen Landwirtschaft und Wasserwirtschaft haben sich als vielversprechender Ansatz erwiesen, Nährstoffbelastungen und Schadstoffeinträge zu reduzieren (BACH ET AL., 2006).

Angesichts der zunehmenden Herausforderungen im Zusammenhang mit der Nährstoffbelastung rückt die Landwirtschaft immer mehr in den Fokus bezüglich der Aufgabe, Nährstoffeinträge durch verschiedene Maßnahmen zu reduzieren. Gesetzliche Vorgaben, vor allem die Düngeverordnung, schränken die Düngung ein, um eine übermäßige Nährstoffbelastung der Gewässer zu verhindern. In Synergie zum Ordnungsrecht kann die freiwillige Kooperationsberatung einen immer wichtiger werdenden Ansatz bieten, Landwirte zu motivieren, präventive Maßnahmen zur Reduzierung von Nährstoffeinträgen zu ergreifen. Die Etablierung kooperativer Partnerschaften zwischen Landwirten, Wasserversorgern und Getränkeherstellern ermöglicht eine ganzheitliche Herangehensweise zur Verständnisbildung der Ursachen von Wasserbelastungen und zur Entwicklung nachhaltig und wirtschaftlich ausgewogener Lösungen.

Der Schutz der Wasserqualität und der ökologischen Diversität ist nicht nur von nationalem Interesse, sondern wird durch die Wasserrahmenrichtlinie (WRRL, o.D) auf den gesamten europäischen Raum ausgeweitet. In Deutschland erfolgt die Umsetzung der WRRL durch das Wasserhaushaltsgesetz (WHG, o.D). Das WHG verankert den Schutz der Gewässer des Landes durch eine nachhaltige Bewirtschaftung und sieht vor, „Gewässer als Bestandteil des Naturhaushalts und als Lebensraum für Tiere und Pflanzen zu sichern und so zu bewirtschaften, dass sie dem Wohl der Allgemeinheit und im Einklang mit ihr auch dem Nutzen Einzelner dienen“ (BMUV, o. D.).

Die WRRL befindet sich derzeit im dritten Bewirtschaftungszeitraum (2022 – 2027). Für jeden Zeitraum wurden spezifische Bewirtschaftungs- und Maßnahmenpläne konzipiert, die es umzusetzen gilt. Trotz der Bemühungen bleibt die Stickstoffbelastung weiterhin einer der Hauptgründe für einen schlechten chemischen Zustand von Grundwasserkörpern (VÖLKER ET AL., 2022).

In Rheinland-Pfalz obliegt dem Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie und Mobilität die Koordination und Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie. Vor diesem Hintergrund entwickelte die Landesregierung im Jahr 2014 das Konzept "Gewässerschonende Landwirtschaft". Dieses Konzept verfolgt das Ziel, bestehende gesetzliche Bestimmungen um Maßnahmen zur aktiven und gezielten Unterstützung von Landwirten, besonders in Problemgebieten, zu erweitern, um den Anforderungen der europäischen Gewässerschutzpolitik gerecht zu werden. Ein zentraler Aspekt dieses Konzepts ist die Förderung der Zusammenarbeit zwischen Landwirten und Wasserversorgungsunternehmen und die damit verbundene Eindämmung potenzieller Konflikte. Um dieses Ziel zu erreichen, dient eine freiwillige, privatrechtliche Vereinbarung, die als Kooperationsvereinbarung bezeichnet wird, als organisatorischer Rahmen für eine nachhaltige und grundwasserschonende Landwirtschaft.

Die Einrichtung der Wasserschutzberatung Rheinland-Pfalz (im Folgenden als WSB RLP abgekürzt) ist ein integriertes Element des Gesamtkonzepts "Gewässerschonende Landwirtschaft". Die WSB RLP verfolgt das Ziel, Marktfruchtbetriebe sowie ansässige Winzer bei der Umsetzung von gewässerschonenden Maßnahmen beratend zu unterstützen. Die Finanzierung dieser Beratung erfolgt über das Wasserentnahmegeld.

1.2 Zielsetzung

Ziel der Evaluation ist die Bewertung der Kooperationsarbeit hinsichtlich ihrer Wirksamkeit. Dabei wird eine differenzierte Einschätzung nach Standortmerkmalen angestrebt. Das Ziel besteht nicht darin, eine umfassende Darstellung der Stickstoffflüsse, der Festlegungs- und Freisetzungprozesse im Boden-Pflanzen-System oder der Immissionen in das Grundwasser vorzunehmen. Ebenso liegt der Fokus der Evaluation nicht darauf, die Kooperationsarbeit als bundesweites Instrument zum Gewässerschutz zu bewerten. Es wird kein Anspruch auf Vollständigkeit einer derartigen Darstellung gelegt. Stattdessen werden die Indikatoren auf eine erkennbare Entwicklung untersucht, um das Beratungskonzept der WSB RLP zu evaluieren und die bisherigen Erfolge anhand von Trends und Mustern zu analysieren. Dies wird durch zwei wesentliche Methoden umgesetzt: zunächst durch die Befragung der beteiligten Landwirte und anschließend durch eine eingehende Analyse der seit der Initiierung der Kooperationen gesammelten Daten der Berater. Es handelt sich um eine erstmalige Evaluation nach nahezu zehn Jahren Beratungstätigkeit.

Ein **erster Schwerpunkt** liegt auf der Bewertung des Beratungskonzepts unter Verwendung "weicher" Faktoren. Mithilfe einer Befragung der Betriebsleiter soll ein umfassendes Bild über die Zufriedenheit und Akzeptanz der Beratung seitens der Beratenen erstellt werden. Die Befragung erfolgt mittels strukturiertem Fragebogen und umfasst die folgenden zentralen Themenbereiche:

- Kennzahlen und -größen des kooperierenden Betriebs.
 - Inhaltliche Bewertung einzelner Aspekte der WSB RLP und des Nutzens einzelner Maßnahmen.
 - Teilnahme an den angebotenen Beratungs- und Informationsangeboten
- sowie Wünsche nach weiteren Informationen.
 - Einschätzung des Aufwands und der Kosten der kooperierenden Betriebe.
 - Zufriedenheit mit der Beratung und Identifikation von Verbesserungsmöglichkeiten.

Die Auswahl der Themen und somit die Grundlage für den in der Evaluation der WSB RLP verwendeten Fragebogen stützt sich auf die Arbeit von TECHEN (2018). In ihrer Dissertation mit dem Titel „*Reduzierung von landwirtschaftlichen Stickstoffeinträgen in Gewässer: die Wirksamkeit von Beratung am Beispiel der hessischen WRRL-Beratung*“ wurde die Thematik bereits umfassend behandelt. Durch die Berücksichtigung der Ergebnisse von TECHEN (2018) und BACH ET AL. (2006) konnten die im Bogen verwendeten Fragen präzisiert und auf die folgenden Forschungsfragen angepasst werden:

- 1. Wie zufrieden sind die an der Kooperation teilnehmenden Landwirte mit der Beratung durch die Berater?**
- 2. Inwiefern kann das Beratungskonzept verbessert werden?**

Ein **zweiter Schwerpunkt** liegt in der Evaluation der Wirksamkeit der Kooperationsberatung im Gewässerschutz anhand von "harten" Indikatoren seit Beginn der Beratung. Hierbei handelt es sich um messbare Parameter, die quantitativ ausgewertet werden. Die Schlagbilanzen und der Herbst- N_{\min} -Gehalt bieten die Grundlage zur Beurteilung der Effektivität der Beratung und ermöglichen es, den Erfolg der gemeinsamen Anstrengungen anhand eines Trends objektiv zu beurteilen und, falls möglich, statistisch zu überprüfen. Die Auswertung basiert auf den Unterlagen der Kooperationen und den bereitgestellten Jahresberichten der Berater. Folgende Forschungsfragen können formuliert werden:

- 3. Wie haben sich die Herbst- N_{\min} -Gehalte seit Beginn der Kooperation entwickelt?**
- 4. Wie haben sich die schlagspezifischen Stickstoffbilanzen seit Beginn der Kooperation entwickelt?**

Die Analyse von messbaren Erfolgsindikatoren ermöglicht die Identifizierung von Mustern und Tendenzen. Die Bewertung dieser Trends erfolgt qualitativ durch eine interpretative Herangehensweise, da die Kooperationsarbeit im Kontext vieler Einflussfaktoren bewertet werden muss. Das übergeordnete Ziel der Evaluation besteht dabei darin, den Gesamterfolg der Kooperationsarbeit der WSB RLP im Kontext der Zufriedenheit der Beratenen zu reflektieren. Ein Fazit soll die Kooperationsarbeit als Instrument zum Gewässerschutz in Rheinland-Pfalz abschließend bewerten.

Es ist zu beachten, dass die Evaluation **keine** (statistische) Auswertung der Veränderungen der Nitratkonzentrationen im Rohwasser, wie von BACH ET AL. (2006) beschrieben, vornimmt. Kapitel 3.3 erläutert die Gründe für die Entscheidung gegen eine statistische Auswertung der Veränderungen der Nitratkonzentrationen.

2 Methodik

Die Eignung der verwendeten Indikatoren für eine Bewertung des Kooperationserfolgs sowie die Limitationen einer Analyse anhand der verwendeten Erfolgsindikatoren werden in den Kapiteln vier und fünf behandelt. Kapitel sechs präsentiert die Ergebnisse der Betriebsleiterbefragung, die auf "weichen Faktoren" basieren. Kapitel sieben bietet eine Darstellung der Ergebnisse zu den "harten Faktoren".

In dieser Evaluation sind die "harte Faktoren" als objektiv messbare Größen, genauer als schlagspezifische Stickstoffbilanz und Herbst-N_{min}-Gehalt im Boden auf einer Tiefe von bis zu 90 cm, definiert. Die Auswertung der Trends basiert auf den schlagspezifischen Stickstoffbilanzen sowie den Daten der Herbst-N_{min}-Beprobung seit Beginn der Beratung. Die genannten harten Faktoren werden im Rahmen der Kooperationsberatung jährlich erfasst und für diese Evaluation zur Verfügung gestellt.

2.1 Betriebsleiterbefragung

Auf Basis der Erkenntnisse aus Kapitel drei, das sich auf die Kooperationen und die Beratungsarbeit in Rheinland-Pfalz konzentriert und einer vorangegangene Evaluation (TECHEN, 2018), wurde ein Fragebogen entwickelt. Die Befragung wird unter allen Betriebsleitern durchgeführt, die an den fünf zu evaluierenden Kooperationen teilnehmen und bilden damit die Stichprobe aus allen von der WSB RLP betreuten Kooperationen. Die Befragung zielt darauf ab, die Forschungsfragen des ersten Schwerpunkts abschließend zu beantworten.

Der Fragebogen enthält sowohl offene als auch geschlossene Fragen und orientiert sich eng an der Evaluation von TECHEN (2018), wobei einige Themenfelder erweitert und andere ausgeschlossen werden. Die Auswahl der Fragen aus TECHEN (2018) mit identischem oder verändertem Wortlaut erfolgt auf Grundlage der Einschätzung, ob sie zur Beantwortung der Forschungsfragen beitragen können. Hauptziel der Befragung ist die Erfassung von "weichen" Faktoren, die das Stimmungsbild und die Erfahrungen der Teilnehmer in den Kooperationen widerspiegeln sollen.

Der Fragebogen, bestehend aus 15 Fragen und einem Abschnitt für zusätzliche Bemerkungen, wurde über den Mailverteiler der WSB RLP an alle Betriebsleiter versandt. Es wurde kein Teilnahmeanreiz wie beispielsweise ein Gewinnspiel angeboten.

In den ersten Abschnitten des Fragebogens werden Informationen zum eigenen Betrieb erfragt, darunter der Betriebstyp, die Einordnung als ökologisch oder konventionell, die Flächenlage in einem roten Gebiet, Angaben zum Wirtschaftsdünger, die Dauer der bestehenden Kooperation und die Betriebsführung im Haupt- oder Nebenerwerb. Weitere Abschnitte betreffen die Bewertung verschiedener Aspekte der Wasserschutzberatung, die Inanspruchnahme von Informations- und Beratungsangeboten sowie den Bedarf an weiteren Informationen zu bestimmten Beratungsthemen. Die Zufriedenheit mit der Beratung und Vorschläge zur Verbesserung sind ebenfalls Teil der Befragung. Abschließend hatten die Befragten die Möglichkeit, weitere Anmerkungen oder Ergänzungen anzugeben. Der vollständige Fragebogen ist Anhang I zu entnehmen.

Die Verwendung von Fragebögen als Instrument ermöglicht die effiziente Datensammlung einer großen Anzahl von Teilnehmern. Standardisierte Fragebögen gewährleisten konsistente Datenerhebung, was Vergleichbarkeit und Objektivität fördert. Die Anonymisierung trägt dazu bei, dass die Teilnehmer ehrliche Antworten auf sensible oder persönliche Fragen geben. Trotz ihrer Effizienz birgt die Verwendung von Fragebögen Herausforderungen, wie die potenziell niedrige Rücklaufquote und die Beschränkung auf vordefinierte Antwortkategorien. Die Präzision und Vollständigkeit der Daten können dadurch beeinträchtigt sein. Im Allgemeinen wird das richtige Verständnis der Fragen vorausgesetzt. Teilnehmer könnten Schwierigkeiten haben, die Fragen richtig zu verstehen oder zu interpretieren.

Die gesammelten Daten werden systematisch analysiert. Die Auswertung erfolgt statistisch anhand des χ^2 -Anpassungstests. Dieser wird genutzt, um festzustellen, ob die beobachteten Häufigkeiten in einer Stichprobe signifikant von den erwarteten Häufigkeiten abweichen. Die erwarteten Häufigkeiten basieren auf der Annahme einer Gleichverteilung, bei der jeder Antwortmöglichkeit in einer Frage eine identische Wahrscheinlichkeit zugeordnet wird. Ein signifikanter χ^2 -Wert führt zur Ablehnung der Nullhypothese. Bei einem p-Wert $< 0,05$ wird die Nullhypothese auf dem Signifikanzniveau von 5 % verworfen. Die Hypothesen lauten:

Nullhypothese (H0): Die beobachteten Häufigkeiten folgen einer Gleichverteilungsannahme.

Alternativhypothese (H1): Die beobachteten Häufigkeiten weichen signifikant von einer Gleichverteilung ab und zeigen eine Tendenz.

Die Ergebnisse der Befragung werden im Kontext der Forschungsfragen interpretiert. Die Relevanz, Implikationen und möglichen Limitationen der Antworten werden in einem abschließenden Kapitel ausführlich diskutiert.

2.2 Messbare Indikatoren: Herbst- N_{\min} -Gehalt & schlagspezifische Stickstoffbilanz

Die Aufarbeitung der Daten der WSB RLP stellt Herausforderungen in Bezug auf die Auswertung dar. Im Folgenden wird präzisiert, in welcher Form und mit welchen Einschränkungen trotzdem eine Analyse der Daten erfolgen kann.

2.2.1 Herausforderungen an die Auswertung – die Datenaufbereitung der WSB RLP

Um eine valide Grundlage für die statistische Auswertung zu gewährleisten, wird eine umfassende Sichtung und Überprüfung der bereitgestellten Datensätze der Wasserschutzberatung Rheinland-Pfalz durchgeführt. Ein besonderes Augenmerk liegt dabei auf der Sicherstellung der Vollständigkeit und Integrität der Daten. Dabei werden Herausforderungen in Bezug auf die Aufbereitung der Daten festgestellt, die die Auswertung in dieser Evaluation maßgeblich beeinflussen. Für die Auswertung der messbaren Erfolgsindikatoren werden die Datensätze intensiv geprüft, um zuverlässige Ergebnisse zu gewährleisten. Hierfür werden klare Auswahlkriterien definiert. Es wird darauf geachtet,

dass die in die Bewertung einbezogenen Flächen über den gesamten Evaluationszeitraum hinweg eindeutig identifizierbar sind. Die präzise Identifikation der Flächen ist von entscheidender Bedeutung, um sicherzustellen, dass jede Fläche während des gesamten Beratungszeitraums konstant bleibt und nicht willkürlich durch eine andere ersetzt wird. Ein solcher Austausch könnte zu plötzlichen Veränderungen der Ausgangsbedingungen führen, den Effekt des zeitlichen Verlaufs verfälschen und damit die Ergebnisse beeinträchtigen. Nach dieser Auswahl wurden die Datentabellen erneut überarbeitet, wobei nur Flächen, die in höchstens einem der analysierbaren Jahre Fehlwerte aufwiesen, weiterhin in die Analyse einbezogen werden. Der Ausschluss von Flächen, die nicht regelmäßig beprobt oder über den zeitlichen Verlauf nicht eindeutig identifizierbar sind, trägt dazu bei, konsistente und verlässliche Ergebnisse sicherzustellen.

Das Datenmanagement offenbart, dass den jeweiligen Kooperationsflächen vor allem für die Jahre vor 2020 oft ausschließlich die berechneten Bilanzen oder die Ergebnisse der Herbst-N_{min}-Beprobung zugeordnet werden. Diese Daten enthalten entweder keine oder nur sehr unstrukturierte und nicht einheitliche Informationen zu Standort, Management und Düngung. Die Unregelmäßigkeiten beeinträchtigen die Auswertung in Bezug auf den Einfluss von Managementmaßnahmen auf die messbaren Erfolgsparameter erheblich. Die Möglichkeit, den Einfluss von Managementmaßnahmen auf die messbaren Erfolgsindikatoren zu bewerten, ist dadurch auf die Korrelation zwischen der Gesamtzufuhr von Stickstoff und dem Rest-N-Gehalt sowie der schlagspezifischen Bilanz beschränkt.

Obwohl ab dem Jahr 2020 grundsätzlich öfter Daten zu Standort, Management oder Düngung in die Datentabellen der WSB RLP integriert werden, weisen die vorliegenden Informationen oft Lücken auf und sind nicht einheitlich dokumentiert. Informationen zur Bodenbearbeitung und Boniturergebnisse sind meist nur in stichpunktartiger Form erfasst und zwischen den Kooperationen unterschiedlich in der Wortwahl, was einen Vergleich erschwert. Die Angaben zur Düngung sind häufig unter dem Oberbegriff "Zufuhr" zusammengefasst, was Rückschlüssen der einzelnen Düngearten in Bezug auf die messbaren Indikatoren nicht möglich macht. Obwohl die Datenaufbereitung zwischen den Kooperationen variiert und teilweise Informationen zum Management vorliegen, ist eine umfassende Gesamtbewertung des Einflusses der Maßnahmen auf die Erfolgsindikatoren nicht zielführend realisierbar. Durch die Nutzung des GeoViewers Rheinland-Pfalz können die fehlenden Informationen zur Bodenart ergänzt werden, wodurch die Auswertung der messbaren Indikatoren im Zusammenhang mit der Bodenart ermöglicht wird. Zusätzlich ermöglicht die Integration der Klimadaten von benachbarten Wetterstationen eine kontextbezogene Darstellung der Ergebnisse. Dadurch kann neben der Bodenart auch das Wetter als Einflussfaktor auf die messbaren Erfolgsindikatoren berücksichtigt werden.

Es ist abschließend zu diskutieren, inwieweit die Datenaufbereitung angepasst werden muss, um eine fundierte Auswertung einzelner Maßnahmen in Zukunft zu ermöglichen.

2.2.2 Vorgehen im Zuge der Beschränkung

Die Bewertung der Wirksamkeit der Kooperationsberatung im Gewässerschutz seit Beratungsbeginn erfolgt durch die Analyse von zwei messbaren Erfolgsindikatoren: dem Herbst-N_{min}-Gehalt und der

flächenspezifischen Stickstoffbilanz. Die Analyse umfasst nicht nur den zeitlichen Verlauf der Werte, sondern beinhaltet auch eine Korrelation in Bezug auf die Gesamtzufuhr von Stickstoff innerhalb eines Jahres.

Für jede Kooperation werden aus den bereinigten Datensätzen der Median und der Mittelwert der flächenspezifischen Bilanz sowie für die Beprobungstiefen des Herbst- N_{\min} -Gehalts eines Jahres ermittelt. Vor der statistischen Überprüfung der Trendgeraden auf Signifikanz werden verschiedene Tests durchgeführt, um die Voraussetzungen für eine aussagekräftige Regression sicherzustellen. Zu diesen Tests gehören die Überprüfung der metrischen Skalierung der abhängigen Variable, die Normalverteilung der Residuen (mittels Shapiro-Wilk-Test), die Homoskedastizität (mittels Breusch-Pagan-Test) und das Fehlen von Autokorrelation (mittels Durbin-Watson-Test). Ein bewusster Verzicht auf einen Ausreißertest erfolgt, da die Werte gründlich auf Plausibilität überprüft werden und keine überzeugenden Gründe für einen Ausschluss vorliegen. Die Ergebnisse der Voraussetzungs-tests finden sich in Anhang V. Anschließend werden die bereinigten Daten in das Statistikprogramm R importiert, um den potenziellen Zusammenhang zwischen der Beratungszeit und den messbaren Erfolgsindikatoren mittels einer linearen Regression zu untersuchen. Die Laufzeit der Kooperationen fungiert dabei als unabhängige Variable X, während die schlagspezifische Stickstoffbilanz [kg N/ha] oder der mineralische Stickstoff [kg N/ha] als abhängige Variable Y dient. Die statistische Auswertungen sind um Abbildungen aus Microsoft Excel ergänzt.

Das übergeordnete Ziel der Regression besteht darin, den besten linearen Zusammenhang zwischen den Variablen zu identifizieren. Dies ermöglicht das Verständnis von Mustern oder Trends in den Daten und die Bewertung, ob sich die Erfolgsindikatoren im Laufe der Beratungszeit (signifikant) verändern. Die statistische Überprüfung der Signifikanz der Regressionsgeraden für die Herbst- N_{\min} -Messwerte ist aufgrund von Voraussetzungsverletzungen nicht möglich. Im Gegensatz dazu erweisen sich die Mittelwerte der flächenspezifischen Stickstoffbilanz als nahezu vollständig geeignet für eine statistische Überprüfung auf Signifikanz. Bei den Hypothesen handelt es sich um:

Nullhypothese (H0): Es besteht kein linearer Zusammenhang zwischen den beiden Variablen. Die Steigung der Geraden beträgt null.

Alternativhypothese (H1): Es besteht ein linearer Zusammenhang zwischen den beiden Variablen. Die Steigung der Geraden unterscheidet sich signifikant von null.

Bei einem p-Wert $< 0,05$ wird die Nullhypothese auf dem Signifikanzniveau von 5 % verworfen und die Steigung wird als statistisch signifikant von Null und damit als signifikanter Trend betrachtet. Bei einem Signifikanzniveau von $p < 0,001$ werden drei Sternchen (***) als Kennzeichnung verwendet, während für das Signifikanzniveau $p < 0,01$ zwei Sternchen (**) verwendet werden und ein Signifikanzniveau von $p < 0,05$ durch einen einzelnen Stern (*) repräsentiert wird.

Zusätzlich zur Regressionsanalyse wird eine Korrelation zwischen dem Herbst- N_{\min} -Gehalt sowie der schlagspezifischen Stickstoffbilanz und der gesamten Stickstoff-Zufuhr eines Jahres durchgeführt. Aufgrund von Voraussetzungsverletzungen für eine Pearson-Korrelation wird stattdessen eine ungerichtete Korrelation nach Spearman durchgeführt. Die Hypothesen lauten:

Nullhypothese (H0): Es besteht kein Zusammenhang zwischen den beiden Variablen. Der Spearman-Korrelationskoeffizienten beträgt null.

Alternativhypothese (H1): Es besteht ein Zusammenhang zwischen den beiden Variablen. Der Spearman-Korrelationskoeffizienten weicht signifikant von null ab.

Die Signifikanz der Korrelation zeigt an, ob ein realer Zusammenhang zwischen den Variablen besteht, während der Korrelationskoeffizient die Stärke dieser Beziehung aufzeigt. Es ist wichtig zu betonen, dass die Signifikanz allein keine Aussage über die Stärke oder Richtung der Korrelation macht, sondern lediglich darauf hinweist, dass die beiden Variablen miteinander in Verbindung stehen. Es gelten dieselben Kennzeichnungen des Signifikanzniveaus wie für die Regression.

Die Anwendung des Bestimmtheitsmaßes (R^2) ergänzt die statistische Analyse der Regression und der Korrelation. Das R^2 , dessen Wert zwischen 0 und 1 liegt, dient der Bewertung der Stärke des linearen Zusammenhangs. Im Kontext einer Trendanalyse gibt das Bestimmtheitsmaß an, wie gut die beobachteten Schwankungen in der abhängigen Variable (Herbst- N_{\min} -Gehalt, schlagspezifische Bilanz) durch die unabhängige Variable (zeitlicher Verlauf) erklärt werden können. Ein niedriges R^2 weist auf (a) eine beschränkte Erklärungskraft oder (b) einen schwachen linearen Zusammenhang hin. Beide Schlussfolgerungen zeigen, dass die Vorhersagekraft der reinen Beratungszeit in Bezug auf die Höhe der Werte der abhängigen Variable begrenzt ist. Es besteht die Möglichkeit, dass nicht berücksichtigte Variablen eine bedeutendere Rolle bei den beobachteten Veränderungen spielen. Die Datenaufbereitung gestattet keine spezifische Untersuchung der Effektstärke der durchgeführten Maßnahmen. Eine qualitative Analyse, bei der die Bodenart und die Witterung in Bezug auf ihre möglichen Einflüsse auf die Ergebnisse betrachtet werden, kann jedoch durchgeführt werden.

Zusätzlich ist zu betonen, dass die begrenzte Laufzeit der analysierten Kooperationen (zwischen minimal drei und bis maximal acht Jahre) zu einer vergleichsweise geringen Anzahl von Beobachtungen führt. Daher basiert die Regressionsgerade maximal auf acht Beobachtungen, was im Vergleich zur statistischen Literatur als „gering“ zu beschreiben ist. Ein Stichprobenumfang von mindestens 30 Beobachtungen wird empfohlen (CORTINHAS & BLACK, 2012).

In der Analyse quantitativer Daten liegt in dieser Evaluation der Fokus darauf, Muster, Trends und Zusammenhänge zu identifizieren, um eine tiefgreifende qualitative Interpretation zu ermöglichen. Diese qualitative Interpretation zielt darauf ab, ein umfassenderes Verständnis der Ergebnisse zu erlangen und ihre Bedeutung im Kontext der Forschungsfragen zu erfassen. Anstatt sich ausschließlich auf Aussagen hinsichtlich der Signifikanz zu konzentrieren, werden die numerischen Daten analysiert, um darüber hinausgehende Einsichten zu gewinnen und sie in einem breiteren Kontext zu interpretieren.

2.3 Messbarer Indikator: Nitrat-Konzentration im Rohwasser

Die Untersuchung hinsichtlich des Erfolgs in Bezug auf die Nitratkonzentration im Rohwasser der Brunnen wurde bewusst ausgelassen, obwohl die Menge an Nitrat im Rohwasser von BACH ET AL. (2006) als entscheidender Faktor betrachtet wird, um den Erfolg der Kooperation abschließend

anhand der Trinkwasserverordnung und der zu beachtenden Grenzwerte zu bewerten. "Von den Methoden der Erfolgskontrolle weist die Nitratkonzentration im Rohwasser jedoch die längste zeitliche Verzögerung von der Maßnahmendurchführung bis zum Nachweis des Maßnahmenerfolges auf" (NLWKN, 2023a, S.56).

Die vorliegenden hydrogeologischen Gutachten der Kooperation Maikammer geben Aufschluss darüber, dass auf Grund der Reaktionszeiten Effekte der Maßnahmen lediglich in den obersten installierten Saugkerzen in 1,2 m bzw. 1,5 m Tiefe erfasst werden können (IBG, 2014). Die Berichte für die Jahre 2015 (Projekt-Nr.: 136 – 09f) und 2016 (Projekt-Nr.: 136 – 09g) kamen zu übereinstimmenden Ergebnissen. In den Jahren 2021 und 2022 wurde für die Kooperation Steinfeld überwiegend von geringen Nitratfrachten in Richtung Grundwasser berichtet, was auf die insgesamt niedrige Grundwasserneubildungsrate und vorherrschend moderate Nitratkonzentrationen zurückzuführen ist (IBG, 2022). Das Gutachten der Kooperation Venningen berichtet für das Jahr 2019 von „wenigen ersten Messergebnissen, bei oftmals fehlendem oder zu geringem Sickerwasseranfall“ (IBG, 2019, S. 6), aus denen noch keine weitergehenden Erkenntnisse abgeleitet werden konnten. Zu einem gleichen Entschluss kamen auch die Gutachten desselben Büros für die Jahre 2020 (Projekt-Nr.: 064 - 19b), 2021 (Projekt-Nr.: 064 - 19c) und 2022 (Projekt-Nr.: 064 - 19d).

In einem vergleichbaren Zusammenhang berichtet der Niedersächsische Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN), der die Kooperationsarbeit in Niedersachsen überwacht und analysiert. Hier heißt es: „Ein zeitnahe Rückgang der Nitratkonzentrationen im Rohwasser aufgrund von Grundwasserschutzmaßnahmen ist i.d.R. lediglich bei Brunnen mit geringer Fördertiefe und/oder in Gebieten mit hohen Fließgeschwindigkeiten festzustellen. Bei tiefen Grundwasserentnahmen, geringdurchlässigen Bodenschichten oder langen Fließzeiten ist der Rückgang der Nitratgehalte dagegen erst mit entsprechender Zeitverzögerung zu erwarten“ (NLWKN, 2023a, S.56).

Unter Berücksichtigung der Informationen aus den Gutachten, der Literatur und der Tatsache, dass die analysierten Kooperationen erst seit dem Jahr 2014 Daten zur Verfügung stellen, wurde in dieser Evaluation auf die Auswertung des Nitratgehalts im Rohwasser verzichtet.

3 Grundlagen des Kooperationsmodells in Rheinland-Pfalz

Der Grundwasserschutz nimmt in Rheinland-Pfalz eine herausragende Stellung ein, da eine erhebliche Menge des Trinkwassers aus Grundwasserressourcen gewonnen wird. Insbesondere die Landwirtschaft wird oft als Hauptverursacher für Verunreinigungen des Grundwassers mit Stickstoffverbindungen benannt (MUEEF, 2016). In diesem Kapitel werden die rechtlichen Rahmenbedingungen der Kooperationen in Rheinland-Pfalz als nachhaltige Instrumente zur Umsetzung der Ziele der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) erläutert und das Konzept der Wasserschutzberatung sowie die Struktur der Kooperationsvereinbarungen beschrieben.

Die Wasserrahmenrichtlinie 2000/60/EG legt europaweite Vorschriften für die nachhaltige Bewirtschaftung und den Schutz von Wasserressourcen fest. Die Umsetzung der WRRL auf nationaler Ebene basiert auf zehn Flussgebietseinheiten, die sich entlang der Fließgewässer Donau, Eider, Elbe, Ems, Maas, Oder, Rhein, Schlei/Trave, Warnow/Peene und Weser erstrecken. Rheinland-Pfalz liegt vollständig innerhalb der Flussgebietseinheit Rhein, die in verschiedene Bearbeitungsgebiete unterteilt ist und von der Flussgebietsgemeinschaft (FGG) Rhein verwaltet wird.

Die Bearbeitungsgebiete umfassen den Alpenrhein/Bodensee, Neckar, Main, Hochrhein, Oberrhein, Niederrhein, Mittelrhein und Mosel/Saar, wobei die vier letztgenannten mit unterschiedlichem Flächenanteil in Rheinland-Pfalz liegen (FGG RHEIN, o.D.). Jede Flussgebietseinheit fordert die Erstellung eines Bewirtschaftungsplans sowie zugehöriger Maßnahmenprogramme, die den Anforderungen der WRRL entsprechen.

Im Kontext der internationalen Flussgebietseinheit Rhein, die Rheinland-Pfalz vollständig umschließt und den Gewässerschutz gemäß des rheinland-pfälzischen Methodenbands (MKUEM, 2021, S.7), erfolgt die Ausweisung von Schutzgebieten gemäß Anhang IV der EG-WRRL, die verschiedene Richtlinien berücksichtigen. Dazu gehören unter anderem die EU-Trinkwasserrichtlinie 98/83/EG, die Nitratrichtlinie 91/676/EWG und die Richtlinie 79/409/EWG zur Ausweisung von Schutzgebieten für Natura-2000-Standorte. Die Nitratrichtlinie verfolgt das Ziel, die Verschmutzung von Grund- und Oberflächenwasser durch Nitrate aus landwirtschaftlichen Quellen zu verhindern. Ein zentraler Aspekt dieser Richtlinie besteht darin, die gute fachliche Praxis der Landwirtschaft zu fördern. Die Umsetzung in nationales Recht erfolgt in Deutschland durch die Düngeverordnung (DüV), die erstmals im Jahr 1996 realisiert wurde und unter anderem die Aufwandsmengen und den Zeitraum für die Ausbringung von Düngemitteln regelt (MKUEM, 2021). Spätere Änderungen der Nitratrichtlinie wurden schließlich durch mehrfache Novellierung der Düngeverordnung übernommen.

Mit dem Urteil vom 21. Juni 2018 wurde Deutschland aufgrund der unzureichenden Umsetzung der EU-Nitratrichtlinie vom Europäischen Gerichtshof verurteilt. Als Reaktion auf dieses Urteil wurde im Jahr 2020 die Düngeverordnung (DüV) geändert. Eine wesentliche Neuerung besteht darin, dass die Bundesländer gemäß §13a der Düngeverordnung Gebiete zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat oder Phosphat ausweisen müssen, in denen eine Reduzierung der Stickstoffdüngung um 20 % verpflichtend ist.

Die Ausweisung der mit Nitrat belasteten und eutrophierten Gebiete ("rote Gebiete") erfolgt gemäß der "Allgemeinen Verwaltungsvorschrift Gebietsausweisung" (AVV GeA). Diese Verwaltungsvorschrift berücksichtigt verschiedene Verfahren zur Ausweisung von betroffenen Gebieten. Dabei werden Standorteigenschaften sowie die Mobilisierung und der Rückhalt von Nitrat berücksichtigt, um belastete Flächen differenziert auszuweisen. In Rheinland-Pfalz führte die Umsetzung der AVV GeA zu einem Anstieg der belasteten Flächen von 20 % auf 28 % (MEKUM, 2023). Die Ausweisung erfolgt anhand der Nitratkonzentration an Grundwassermessstellen. Entscheidend sind dabei der Schwellenwert von 50 mg/l Nitrat gemäß Trinkwasserverordnung und eine steigende Tendenz bei Überschreitung von 37,5 mg/l Nitrat über die letzten Messperioden. Obwohl es kleinräumige Unterschiede möglicherweise nicht ausreichend berücksichtigt, wird aufgrund der Messstellendichte das Voronoi-Verfahren für die Gebietsausweisung verwendet. Die Erweiterung des Messstellennetzes von 341 (Stand Ende 2022) auf 560 Messstellen bis Ende 2024 (MKUEM, o. D.) soll dazu beitragen, Fehlansweisungen zu minimieren und die Genauigkeit der Gebietsausweisung zu verbessern.

Die Bildung von Kooperationen in belasteten Gebieten zur Implementierung von Wasserschutzmaßnahmen ist ein bewährtes Instrument im Rahmen des geltenden Wasserschutzrechts. Solche Zusammenschlüsse zwischen Wasserversorgern und Landwirten verfolgen das Ziel, Umweltauswirkungen durch landwirtschaftliche Aktivitäten zu minimieren und eine weitere Verschlechterung der Wasserqualität zu verhindern. Kooperationen werden in Rheinland-Pfalz nicht nur in belasteten Gebieten eingegangen, sondern auch in Gebieten, in denen das Grundwasser (noch) nicht belastet ist. Hier steht die frühzeitige Identifikation möglicher Belastungen im Vordergrund, um eine Verschmutzung bereits im Vorfeld zu verhindern. Diese präventiven Maßnahmen stehen im Einklang mit den Prinzipien des Wasserschutzrechts, fördern eine effektive Gewässerschutzstrategie und tragen langfristig zur Sicherstellung einer qualitativ hochwertigen Trinkwasserversorgung bei.

3.1 „Gewässerschonende Landwirtschaft“ – das Konzept der WSB RLP

Kooperationen zur Förderung des Gewässerschutzes sind in Rheinland-Pfalz seit dem Jahr 2014 ein etabliertes Instrument; unter anderem zur Umsetzung der Ziele der Wasserrahmenrichtlinie, wobei die Maßnahmen der Kooperationen über die Anforderungen des geltenden Ordnungsrechts hinausgehen. Sie zielen darauf ab, den Zustand der Gewässer nachhaltig und positiv zu beeinflussen. Dies geschieht durch die Zusammenarbeit verschiedener Akteure, Wasserversorgungsunternehmen und Landwirten. Ein bedeutender Aspekt der Kooperationen besteht in der proaktiven Herangehensweise an den Gewässerschutz: statt lediglich auf bestehende rechtliche Vorgaben zu reagieren, werden gezielt Maßnahmen implementiert, um Probleme frühzeitig zu erkennen und ihnen vorzubeugen. Die Wasserschutzberatung spielt hierbei eine entscheidende Rolle, indem sie die Unternehmungen beratend begleitet. Die enge Zusammenarbeit zwischen allen beteiligten Akteuren wird dabei von der Wasserschutzberatung intensiv gefördert. Die Kooperationen verdeutlichen, wie eine partnerschaftliche Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Interessengruppen dazu beitragen kann, Umweltziele zu erreichen und gleichzeitig eine nachhaltige Nutzung der Ressourcen zu gewährleisten.

Nach MULEWF (2014) basiert jede Initiierung von Kooperation grundlegend auf dem folgenden Konzept, wobei auch Abweichungen möglich sind: Die Leitung und Steuerung der Kooperationen liegt in den Händen der Wasserversorgungsunternehmen (WVU) oder Mineralbrunnen. Diese sind verantwortlich für die Einleitung der Zusammenarbeit, beginnend mit einer Kontaktaufnahme mit der zuständigen Struktur- und Genehmigungsdirektion (SGD) zur Erörterung der Möglichkeiten für Kooperationen und zur Bekundung des Interesses. Im weiteren Verlauf entscheiden die WVU oder der Mineralbrunnen über die Durchführung von Kooperationen innerhalb des Wasserschutzgebiets oder darüber hinaus im Einzugsgebiet ihrer Wassergewinnungsanlagen. Sie führen Gespräche mit den relevanten Partnern wie der SGD, der WSB RLP und der Landwirtschaftskammer, um den Kooperationsbedarf zu klären. Auf Basis dieser Gespräche wird eine Kooperationsvereinbarung erarbeitet und die Maßnahmen zum Gewässerschutz über bestehende rechtliche Vorgaben hinaus definiert. Es wird sichergestellt, dass beihilferechtliche Vorgaben eingehalten werden. Die Verrechnung der Aufwendungen erfolgt mit dem Wasserentnahmeentgelt. Der Wasserversorger kann das Wasserentnahmegeld zu gewissen Sätzen einbehalten, wenn er Kooperationsvereinbarungen abgeschlossen hat. Damit das Wasserentnahmegeld verrechnet werden kann, müssen die vereinbarten Maßnahmen über das Fachrecht hinausgehen und gleichzeitig wirksam und dabei überprüfbar sein. In Wasserschutzgebieten unbelasteter Grundwasserkörper werden dem Wasserversorger 50 % der Ausgleichskosten aus dem Wasserentgelt erstattet, während in Wasserschutzgebieten belasteter Grundwasserkörper weitere 30 % der Ausgleichsleistungen förderfähig sind und das Wasserversorgungsunternehmen hier nur 20 % der Kosten selbst tragen muss. Zuständig für die Abwicklung der Verrechnung und Förderung ist die Struktur- und Genehmigungsdirektion. Auf Seiten der Landwirte liegt die Verantwortung darin, ihre grundsätzliche Bereitschaft zur Mitwirkung an einer Kooperation zu bekunden und die Kooperationsvereinbarung zu unterzeichnen. Sie nehmen kostenlose Beratungen durch die WSB RLP zu Agrar-, Umwelt- und Klimaschutz- sowie zusätzlichen gewässerschonenden Bewirtschaftungsmaßnahmen in Anspruch und setzen die vereinbarten Maßnahmen um. Sie stimmen Kontrollen zur Überprüfung der Maßnahmeneffizienz zu und sind bereit, vereinbarte Maßnahmen zur Erreichung eines verbesserten Zielerreichungsgrads anzupassen.

3.2 Die Kooperationsvereinbarung

Die Kooperationsvereinbarung bildet die rechtliche Grundlage für die Zusammenarbeit zwischen dem Wasserversorger und dem Landwirt. Es handelt sich um ein vertragliches Abkommen, dessen Nichterfüllung zum Ausschluss aus der Kooperation führen kann. Beide Vertragspartner haben das Recht, den Vertrag zu kündigen.

Die Struktur einer Kooperationsvereinbarung ist in Tabelle 1 dargestellt und umfasst im Wesentlichen die dargestellten Punkte, wobei einzelne Vereinbarungen vom Schema abweichen können:

Tabelle 1: Übersicht über die Struktur und Inhalte der Kooperationsvereinbarung. Eigene Darstellung.

Präambel	Die Präambel skizziert die Absicht des Vertrags und ist rechtlich nicht bindend.
1: Kooperationsgebiet und Ziele der Zusammenarbeit	Die grundlegenden Ziele der Kooperationsvereinbarung und der Zusammenarbeit werden definiert, wie beispielsweise die Entwicklung von Maßnahmen zum Schutz des Grund- und Oberflächenwassers oder die Reduzierung des Nährstoffeintrags.
2: Geltungsbereich, Kooperations- und Mitwirkungspartner	Der Geltungsbereich der Kooperationsvereinbarung erstreckt sich über das Einzugsgebiet des Wasserschutzgebiets (falls vorhanden), das im Anhang durch eine Übersichtskarte explizit benannt wird. Die Kooperationspartner, Wasserversorgungsunternehmen (WVU) und Landwirt, sowie alle Mitwirkungspartner (WSB RLP, Struktur- und Genehmigungsdirektion, Landwirtschaftskammer) werden benannt.
3: Allgemeingültige, verpflichtende Regelungen	Verbindliche Vorgaben für Wasserversorgungsunternehmen und Landwirt/Winzer sind festgelegt. Der Maßnahmenkatalog, als Grundlage für die Umsetzung gewässerschonender Maßnahmen, ist als Anlage II beigefügt.
4: Datenschutz	Der Datenschutz wird sichergestellt, indem die Weitergabe von Daten an Dritte ausdrücklich untersagt ist.
5: Anpassungen	Regelungen für vertragliche Anpassungen sind klar festgelegt.
6: Inkrafttreten und Laufzeit	Beginn, Laufzeit und Kündigungsmöglichkeiten des Vertrags werden präzise festgehalten.
7: Kostenerstattung und Zahlungsziel	Der späteste Zeitpunkt für den Rechnungseingang zur Kostenerstattung sowie das Zahlungsziel werden bestimmt.
8: Schlussbestimmung	Eine Schlussbestimmung entbindet einzelne Vereinbarungen voneinander und verleiht diesen eigenständige Gültigkeit. Mündliche Absprachen werden für nichtig erklärt. Der Vertrag wird durch die Unterschriften des Landwirts und des Ansprechpartners des Wasserversorgungsunternehmens besiegelt.
	Unterzeichnen des Landwirts und des Ansprechpartners des WVU.
9: Anlagen	Zum Vertrag gehören die Gebietskarte des Wasserschutzgebiets (falls vorhanden) und der Maßnahmenkatalog.

Anhang II ist eine mustergültige Kooperationsvereinbarung zu entnehmen, Anhang III umfasst einen mustergültigen Maßnahmenkatalog.

3.3 Implizierte Maßnahmen in der Kooperationsarbeit

Die dauerhafte Etablierung gewässerschonender Produktions- und Bewirtschaftungsformen in der Landwirtschaft erfordert eine umfassende Strategie und die Zusammenarbeit verschiedener Akteure. Es wird angestrebt, klare und kontrollierbare Regeln für die Umsetzung der Maßnahmen zu etablieren, um eine effektive und nachvollziehbare Durchführung zu gewährleisten. Diese

Maßnahmen können verschiedene Aspekte der landwirtschaftlichen Praxis abdecken, darunter die Minimierung von Düngemiteleintrag, die Bodenbearbeitung sowie das Etablieren einer Wasser-schutz-Fruchtfolge oder einer Winterbegrünung, die den spezifischen Gegebenheiten vor Ort ge-recht werden. Die primären Zielsetzungen der Maßnahmen bestehen in der Vermeidung von Nit-ratauswaschung durch überhöhte N-Bilanzüberschüsse (schlagspezifisch) und Herbst- N_{\min} -Gehalte im Boden sowie in der Verringerung von Phosphat- und Pflanzenschutzmitteleinträgen in die Ge-wässer durch Bodenerosion. Die Einbindung der Landwirte und Wasserversorgungsunternehmen sowie die klare Definition der Maßnahmen und ihrer Zielsetzungen sind entscheidende Schritte, um den Erfolg einer Kooperationen sicherzustellen und einen effektiven Beitrag zum Gewässerschutz zu leisten.

3.3.1 Die verbindlichen Maßnahmen und deren Finanzierung

Ein zentraler Fokus besteht darin, die Landwirte bei der Umsetzung der nachhaltigen Praktiken zu unterstützen und ihnen die notwendigen Ressourcen und Informationen zur Verfügung zu stellen. Als Mitwirkungspartner der Kooperationen übernimmt die WSB RLP die betriebsspezifische Bera-tung für die Betriebe, die auf die spezifischen regionalen Gegebenheiten zugeschnitten ist und für den kooperierenden Landwirt kostenfrei angeboten wird.

Allen Kooperationen liegt ein detaillierter Maßnahmenkatalog zugrunde, der je nach spezifischer Ausrichtung der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung, sei es im Wein- oder Marktfruchtanbau, indi-viduell angepasst wird. Dieser Katalog unterliegt einer regelmäßigen Überarbeitung, die jährlich er-folgt, um aktuelle Entwicklungen und Erkenntnisse zu berücksichtigen. Die Initiierung dieser Maß-nahmen erfolgt durch die Wasserschutzberater der Wasserschutzberatung Rheinland-Pfalz die aktiv auf die Landwirte zugehen, um sie über die relevanten Maßnahmen zu informieren und gleichzeitig Daten für eine präzise betriebs- und flächenbezogene Nährstoffanalyse zu erheben. Eine Stickstoff-Düngeempfehlung wird ebenfalls erarbeitet, die anschließend sowohl dem Landwirt als auch dem Wasserversorgungsunternehmen (WVU) kommuniziert wird. Es ist von entscheidender Bedeutung, dass die von der WSB RLP errechneten Höchstdüngewerte von den Landwirten verbindlich einge-halten werden. Eine Abweichung von diesen Empfehlungen ist nur nach ausdrücklichem Einverneh-men und nach Rücksprache mit der WSB RLP gestattet und muss sachlich begründet werden. Mög-liche Gründe für solche Abweichungen können unvorhergesehene Ertragsschwankungen oder spe-zifische Analysen mittels des N-Testers sein.

Bei den Maßnahmen, die als Grundlage der Beratung dienen und für eine nachhaltige Bewirtschaf-tung sorgen sollen, handelt es sich um die Folgende:

- Anlage von Erosions-Pufferstreifen
- Bodenbeprobungen zur Bestimmung von Nährstoffen und Humusgehalt
- Flächenbonituren für Bodenpflege und Wüchsigkeit
- N-Bedarfswernermittlung, schlagbe-zogen
- N-Bilanz, schlagbezogen
- N-Düngeempfehlung, parzellenscharf
- N_{\min} -Untersuchung im Frühjahr

- N_{\min} -Untersuchung zum Vegetationsende ("Nachschau")
- Pflanzenanalysen
- Saugkerzenmonitoring
- **Untersaaten** (in Reihenkulturen)
- Versuche zur Stickstoff-Dynamik
- Wissenstransfer/Erfahrungsaustausch/Beratungsveranstaltungen
- **Zwischenfruchtanbau**

Untersaaten und der Anbau von Zwischenfrüchte gehen über die verbindlichen Maßnahmen hinaus und werden als unverbindliche Maßnahme (Kap. 3.3.3) entlohnt.

Die Implementierung von Erosions-Pufferstreifen zielt darauf ab, den Boden vor Erosion durch Wind und Wasser zu schützen, um den Eintrag von Sedimenten und Schadstoffen in Gewässer zu minimieren. Durch präzise Bodenbeprobungen werden Nährstoff- und Humusgehalte analysiert, was die Umsetzung maßgeschneiderter Düngemaßnahmen ermöglicht. Dies wiederum verhindert eine Überdüngung. Flächenbonituren bewerten landwirtschaftliche Flächen umfassend, leiten gezielte Maßnahmen zur Bodenpflege ab.

Eine akribische Überwachung mittels parzellenscharfer Stickstoff-Bilanzen, ergänzt durch präzise Stickstoff-Düngeempfehlungen und Pflanzenanalysen, liefert fundierte Einblicke in den Ein- und Aus-trag von Stickstoff in das Bodensystem. Diese Maßnahmen fördern eine ausgewogene Düngung und tragen dazu bei, ökologische Auswirkungen zu minimieren. Der N_{\min} -Gehalt im Frühjahr eröffnet ein Verständnis für den vorhandenen Stickstoffpool im Boden, ermöglicht eine gezielte Stickstoffdüngung und unterstützt damit ein gesundes Pflanzenwachstum. Die Analyse des N_{\min} -Gehalts im Spätherbst, vor Einsetzen der Sickerwasserbildung, liefert wertvolle Erkenntnisse über den potenziell auswaschbaren Stickstoffanteil während der Wintermonate. Ein erhöhter Herbst- N_{\min} -Gehalt kann auf eine Überdüngung hinweisen und birgt das Risiko eines Stickstoffverlusts, der das Grundwasser potenzielle negativ beeinflussen kann.

Die Auswahl der Flächen für die Analyse des Rest-N-Gehalts obliegt der Wasserschutzberatung Rheinland-Pfalz, wobei eine Mindest-Beprobungstiefe von 60 cm sowie ein Probenabstand von 30 cm vorgesehen ist. Bei Beprobungen im Spätherbst wird eine Tiefe von 90 cm vorgeschrieben, es sei denn, der Boden ist zu trocken, was eine tiefe Probenentnahme unmöglich macht. Der Landwirt ist verantwortlich für die Dokumentation der Schläge, auf denen die Herbst- N_{\min} -Beprobung erfolgt. Diese Aufzeichnungen sollten zusätzliche Informationen zu Bodenbearbeitung, Bestellung, Düngung, Pflanzenschutz und Erntearbeiten enthalten.

Es scheint eine mangelnde Einheitlichkeit bei der Übertragung der Daten zu den verbindlichen Maßnahmen in die Datentabellen der WSB RLP zu geben, was zu unvollständigen Datensätzen in einigen Kooperationen führt. Diese Inkonsistenz schränkt die kontextuelle Einordnung der einzelnen Maßnahmen in Bezug auf die messbaren Erfolgsindikatoren bedeutend ein.

3.3.2 Die unverbindlichen Maßnahmen und deren Finanzierung

Der Anbau von Zwischenfrüchten und das Etablieren einer Untersaat stellen im Wesentlichen freiwillige Maßnahmen dar. Die Landwirte sind vertraglich im Rahmen von Kooperationsvereinbarungen

nicht dazu verpflichtet. Diese Maßnahmen orientieren sich an der Agrar-Umwelt-Maßnahme "Beibehaltung von Untersaaten und Zwischenfrüchten über den Winter" (MUJEF, 2015). Als Anreiz für den Zwischenfruchtanbau oder die Anlage von Untersaaten gewähren Wasserversorger/Getränkehersteller eine Ausgleichszahlung pro Hektar. Die Nutzung oder Düngung des Aufwuchses der Zwischenfrüchte unterliegt den Bestimmungen des Maßnahmenkatalogs der jeweiligen Kooperationsvereinbarung und muss mit der WSB RLP abgestimmt werden. Die Bedingungen für die Ausgleichszahlung variieren je nach Art der Zwischenfrucht und Untersaat im Acker- oder Gemüsebau und sind kooperationspezifisch festgelegt. Nach BEISECKER UND SEITH (2021) haben umfassende Praxisstudien im Rahmen der Wasserschutzberatung gezeigt, dass gut etablierte Zwischenfrüchte in der Lage sind, sowohl den nach der Hauptfruchternte im Boden verbleibenden Stickstoff als auch den aus der Mineralisation freigesetzten Stickstoff zu fixieren. Dadurch können die Herbst- N_{\min} -Gehalte am Ende der Vegetationsperiode im Durchschnitt um etwa 20 kg/ha reduziert werden (BEISECKER & SEITH, 2021). Es sei jedoch angemerkt, dass aufgrund der Einschränkungen im Datenmanagement der WSB RLP eine direkte Überprüfung der Hypothese von BEISECKER UND SEITH (2021) im Kontext der Kooperationsberatung in Rheinland-Pfalz nicht möglich ist. Ähnlich wie bei den verbindlichen Maßnahmen findet keine einheitliche Übertragung der Informationen bezüglich der unverbindlichen Maßnahmen in das Datensystem der WSB RLP statt. In einigen Datentabellen erfassen einzelne Berater Hinweise zur Zwischenfruchteinsaat, einschließlich Saatgutmischung, Aussaattermin und gegebenenfalls Termin des Umbruchs, während diese Daten in den Datentabellen anderer Berater vollständig fehlen.

Es ist zu beachten, dass die Ausgleichszahlung der Kooperationspartner entfällt, wenn die Zwischenfrucht- und Untersaatflächen im Rahmen des Greenings als ökologische Vorrangflächen genutzt werden. Um die Ausgleichszahlung vom Wasserversorgungsunternehmen oder Mineralbrunnen zu erhalten, müssen die durchgeführten Maßnahmen zum Zwischenfruchtanbau oder zur Anlage von Untersaaten angemessen dokumentiert werden. Dazu gehören Angaben mit Flächenbezug und die Flurstücksnummer. Diese Informationen müssen der Wasserschutzberatung vor einer Zahlung seitens des WVU oder GH vorgelegt werden.

4 Messbare Erfolgsindikatoren als Bewertungsinstrument der Kooperationsarbeit

Die Erfolgsindikatoren zur Bewertung der Beratungsleistung des WSB RLP umfassen den Rest-N-Gehalt und die flächenspezifische Stickstoffbilanz. Um ihre Aussagekraft bezüglich des Kooperationserfolgs zu bewerten, müssen potenzielle Limitierungen und Einflussfaktoren aufgefunden und bei einer abschließenden, diskutierenden Bewertung der Ergebnisse berücksichtigt werden. Hierbei spielt die Verbindung der Indikatoren mit den landwirtschaftlichen Praktiken in den Kooperationen eine entscheidende Rolle. Dazu gehören Maßnahmen wie Düngung, Bodenbearbeitung und Fruchtfolge. Darüber hinaus ist wichtig, die räumlichen Aspekte, einschließlich Unterschiede zwischen verschiedenen Kooperationen, Standortbedingungen und klimatische Verhältnisse, zu berücksichtigen.

4.1 Die schlagspezifische Stickstoffbilanz als Erfolgsindikator

Die Stickstoff-Schlagbilanz ist ein zentrales Instrument in der Landwirtschaft, um die Wirksamkeit und Nachhaltigkeit von Stickstoffmanagementpraktiken zu beurteilen. Die schlagspezifische Bilanzmethode ermöglicht einen Vergleich zwischen der zugeführten Stickstoffmenge auf einem Schlag und der Menge, die durch Ernte und Verluste aus dem Bodensystem entfernt wird. In der Regel übersteigt die Zufuhr von Nährstoffen durch organische und mineralische Düngung die tatsächliche Menge, die durch das Erntegut vom Standort entzogen wird und zeigt sich in den Salden der flächenspezifischen Stickstoffbilanz als Überschuss. Dieser Überschuss an Nährstoffen, insbesondere Stickstoff, kann zu Einträgen ins Grundwasser führen.

FREDE & DABBERT (1999) berichten, dass die Stickstoffeffizienz in den 90er Jahren lediglich 30 % betrug. Das bedeutet, dass nur 30 % der zugeführten Stickstoffmenge tatsächlich in der Ernte gebunden wurde. In Situationen, in denen das Angebot an Stickstoff die Pflanzenaufnahme übersteigt oder nach der Ernte hohe Rest-N-Gehalte im Boden verbleiben, besteht die Gefahr, dass überschüssiges Nitrat vermehrt mit dem Sickerwasser aus dem Oberboden ausgewaschen wird. Dies kann zu Einträgen in tiefere Bodenschichten sowie letztlich ins Grundwasser führen. Aktuellere Studien betreffend hat "die Stickstoffeffizienz der deutschen Landwirtschaft [...] in den letzten 20 Jahren nahezu kontinuierlich von unter 40 Prozent auf rund 50 Prozent zugenommen." (GEUPEL & FROMMER, 2014, S. 16).

Die Berechnung der Schlagbilanzen ermöglicht es Landwirten und Beratern, die Effizienz ihrer Stickstoffdüngung zu überwachen und sicherzustellen, dass nicht mehr Stickstoff zugeführt wird, als von den Pflanzen tatsächlich aufgenommen werden kann. Im Rahmen der Wasserschutzberatung stellt die Schlagbilanz ein wertvolles Instrument für die Düngeoptimierung dar, kann die Wirksamkeit von flächenbezogenen Grundwasserschutzmaßnahmen über die Jahre jedoch nur bedingt bewerten. Im Gegensatz zu mineralischen Stickstoffgehalten im Boden wird die Bilanz nicht direkt gemessen, sondern sie muss berechnet werden. Problematisch an der Berechnung von Schlagbilanzen ist, dass

sie „einerseits von der Qualität und Vollständigkeit der ausgewerteten Schlagkartei, andererseits von den verwendeten Faustzahlen abhängig [ist]“ (BACH ET AL., 2006, S. 33).

Das Heranziehen der Entwicklung von schlagspezifischen Bilanzen als alleinige Grundlage zur Evaluierung der Kooperationsarbeit ist daher grundlegend zu hinterfragen und nicht zu empfehlen. Zusätzlich zu den Unsicherheiten in den vorhandenen Daten wird die Zuverlässigkeit der N-Bilanzsalden dadurch beeinträchtigt, dass Faktoren wie Denitrifikation, gasförmige Ammoniakemissionen und atmosphärische N-Einträge in der Regel entweder gar nicht oder nur mit groben Schätzungen berücksichtigt werden können (BACH ET AL., 2006). Nach CREMER ET AL. (2013) ist die Nutzung der Bilanzen zur Beratung landwirtschaftlicher Betriebe grundsätzlich möglich, wobei Schlagbilanzen allein oft nicht ausreichen, um aus wasserwirtschaftlicher Sicht Betriebe angemessen zu beurteilen. Der Nachteil besteht vor allem in der mangelnden Berücksichtigung der saisonalen Einflussfaktoren wie der Stickstoff-Auswaschung, des Zeitpunkts der Düngung, der Folgebewirtschaftung (Brache, Winterung, Zwischenfrucht) und der Mineralisierung aus Ernteresten (CREMER ET AL., 2013). BACH ET AL. (2006) kommen zu dem Schluss, dass der Nutzen aus den schlagspezifischen Bilanzierungen vor allem in vergleichenden Aussagen innerhalb eines Betriebs oder innerhalb einer bestimmten Kulturart liegt. Darüber hinaus könne man auch die Unterschiede zwischen verschiedenen Bewirtschaftungsverfahren untersuchen.

Nach HÄUßERMANN ET AL. (2019) berechnet sich die Flächenbilanz unter den Annahmen, dass der Stickstoffgehalt im Boden innerhalb einer Bilanzperiode annähernd unverändert bleibt, da von einem Gleichgewicht zwischen Stickstoff-Mineralisation und -Immobilisation im Boden ausgegangen wird, wie folgt:

Tabelle 2: Bilanzgrößen der Stickstoff-Flächenbilanz, Darstellung verändert nach HÄUßERMANN ET AL. (2019, S. 40). In grau gekennzeichnet sind solche Bilanzgröße, die die Berater der WSB RLP in ihren Berechnung nicht berücksichtigen. Von einer Darstellung der internen Flüsse wird abgesehen, da diese auch bei der WSB RLP keine Anwendung finden.

Zufuhr zur Bilanzeinheit	Abfuhr aus Bilanzeinheit
Mineraldünger	Pflanzliche Marktprodukte (Ernteabfuhr zum Verkauf)
Wirtschaftsdünger, Aufnahme aus anderen Bundesländern/Kreisen	Gasförmige N-Emissionen ^a aus [...] Pflanzenbau
Kompost, Klärschlamm, Tiermehl	
Legume Stickstoff-Bindung (N-Fixierung)	
Saat- und Pflanzgut	
Atmosphärische NO _x -Deposition auf Landwirtschaftsflächen	

^a Gasförmige N-Emissionen in Form von NH₃, NO_x, N₂O und N₂. Für Ammoniak: Anteil der NH₃-Emissionen, der den Bereich Landwirtschaft verlässt, das heißt nicht wieder als atmosphärische Deposition auf die landwirtschaftliche Fläche gelangt.

In HÄUßERMANN ET AL. (2019) wird die atmosphärische Stickstoffdeposition in der Berechnung der flächenspezifischen Bilanz berücksichtigt. In anderen Berechnungen, bspw. nach OSTERBURG ET AL. (2007), findet die atmosphärische Deposition bei der schlagspezifischen Bilanz keine Anwendung.

Auch in den Berechnungen der WSB RLP wird die atmosphärische Deposition nicht berücksichtigt. Da sich die Abfuhr über den Ertrag bestimmt und dieser von der Witterung abhängig ist, unterliegt die schlagspezifische Bilanz bedingt dem Einfluss der Witterung (OSTERBURG ET AL., 2007). Nach OSTERBURG ET AL. (2007) erschwert dies die Möglichkeit, die Bilanzen verschiedener Jahre miteinander zu vergleichen.

Die Schlagbilanzen der Kooperationen werden von den Beratern wie folgt berechnet:

Weinbau: Die Stickstoffzufuhr [kg N/ha] setzt sich aus verschiedenen Quellen zusammen, einschließlich legumen Düngeformen sowie mineralischer und/oder organischer Düngemittel. Die Stickstoffabfuhr wird durch die Menge der geernteten Trauben [kg/ha] bestimmt. Zur Berechnung der Stickstoffabfuhr [kg N/ha] wird folgende Formel verwendet:

$$\text{Abfuhr N [kg N/ha]} = \frac{\text{geerntete Traubenmenge [kg/ha]}}{1000 * 2,5 \text{ kg N/t}}$$

Acker-/Gemüsebau: Die Stickstoffzufuhr setzt sich aus der Gesamtmenge der aufgebrauchten Düngemittel zusammen, einschließlich mineralischer, organischer und legumer Düngeformen, die über das gesamte Jahr auf die Haupt- und Zwischenkulturen ausgebracht werden. Die Abfuhr von Stickstoff wird in kg N/ha gemessen und ergibt sich aus dem Produkt der spezifischen Stickstoffmenge einer Kultur (kg/dt) pro abgeernteter Einheit (dt) multipliziert mit dem Ertrag der Kultur (dt/ha). Die kulturspezifischen Verrechnungswerte (kg N/dt FM) sind von den Berater ab dem Jahr 2018 der Anlage 7 (zu § 3 Absatz 2 und 6 und § 4 Absatz 3) der Düngeverordnung vom 26. Mai 2017 (BGBl. I S. 1305) entnommen, die zuletzt durch Artikel 97 des Gesetzes vom 10. August 2021 (BGBl. I S. 3436) geändert wurde.

Der Bilanzsaldo wird letztlich aus der Differenz zwischen der Zufuhr und der Abfuhr bestimmt.

Um die Umweltziele der Bundesregierung in Bezug auf Stickstoffüberschuss und Nitrat im Grundwasser zu erreichen, ist eine Reduzierung der Gesamtstickstoffzufuhr in der Landwirtschaft und eine effizientere Nutzung des eingesetzten Stickstoffs erforderlich (UBA, 2023b). Nach HÄUßERMANN ET AL. (2019) sind die Quellen der Stickstoff-Zufuhr auf landwirtschaftlichen Flächen, die die Bilanzen maßgeblich beeinflussen, von unterschiedlicher Bedeutung. Die Mineraldüngung sei hierbei die größte Quelle der Stickstoffzufuhr in der Landwirtschaft, gefolgt von Wirtschaftsdünger (innerbetriebliche Erzeugnisse wie Gülle und Mist sowie die Gärreste). Ebenfalls sei die N-Fixierung durch Leguminosen und die atmosphärische N-Deposition zu berücksichtigen, welche jedoch auf Grund der Größenordnung eine geringere Rolle spiele als die Erstgenannten. Weitere Zufuhrgrößen (SeRo-Dünger, Saat- und Pflanzgut sowie Einstreu) sind nach HÄUßERMANN ET AL. (2019) von untergeordneter Bedeutung und werden auch in dieser Evaluation nicht näher betrachtet. Grundsätzlich gilt, dass sowohl die Zufuhr als auch die Abfuhr variabel sind und durch verschiedene Faktoren und Maßnahmen beeinflusst werden können. An dieser Stelle setzt die Beratung der WSB RLP an.

Tabelle 3 stellt die gemittelte Stickstoff-Zufuhr und -Abfuhr der Flächenbilanz in Deutschland zwischen den Jahren 2015 und 2017 nach HÄUßERMANN ET AL. (2019) dar.

4 Messbare Erfolgsindikatoren als Bewertungsinstrument der Kooperationsarbeit

Tabelle 3: *Stickstoff-Zufuhr und -Abfuhr; Flächenbilanz der Landwirtschaft in Deutschland, gemittelt über die Jahre 2015 – 2017. Abbildung unverändert nach HÄUßERMANN ET AL. (2019, S. 76).*

Bilanzgröße	kg N/ha LF
Zufuhr (Input) Summe	226,5
Mineraldünger	103,7
Wirtschaftsdünger (innerbetriebliche Erzeugung)	55,6
Wirtschaftsdünger aus grenzüberschreitenden Importen	0,9
Gärreste	33,3
Kompost, Klärschlamm, Tiermehl (SeRo-Dünger)	3,2
Legume Stickstoff-Bindung (N-Fixierung)	12,8
Saat- und Pflanzgut	1,3
Einstreu in die Tierhaltung	2,2
Atmosphärische NO _x -Deposition auf Landwirtschaftsflächen	4,0
Atmosphärische Brutto-NH ₃ -Deposition auf Landwirtschaftsflächen ^b	9,5
Abfuhr (Output) Summe	149,0
Ernteabfuhr pflanzliche Marktprodukte	66,7
Ernteabfuhr Futtermittel und Stroh f. Einstreu (innerbetriebliche Verwendung)	60,5
Ernteabfuhr Energiepflanzen	18,6
NH ₃ -Emissionen aus der Ausbringung von Düngern, die wieder als Deposition auf Landwirtschaftsflächen gelangen ^b	5,4
Bilanzsaldo (N-Überschuss)	77,4

^a Aus methodischen Gründen können die Werte berechnet für Deutschland insgesamt geringfügig abweichen vom Ergebnis summiert über die Kreisregionen

^b Der Anteil der NH₃-Emissionen aus der Ausbringung von organischen Düngern und Mineraldünger sowie Weidegang, der über die atmosphärische Deposition wieder auf Landwirtschaftsflächen gelangt, stellt einen internen N-Fluss in der Landwirtschaft (Bodenproduktion) dar. Zur Vermeidung einer Doppelzählung muss daher die Brutto-Deposition um diesen internen NH₃-Rückfluss auf die LF vermindert werden.

Eine Möglichkeit besteht darin, die Erträge und damit die Abfuhr zu erhöhen, ohne die Stickstoffbilanz auf Grund ertragsfördernder Maßnahmen negativ zu beeinflussen. Dies kann durch verschiedene agronomische Praktiken erreicht werden, wie z.B. die Optimierung von Pflanzendichte und -abstand, die Verbesserung der Bewässerung und Drainage, die Bekämpfung von Schädlingen und Krankheiten sowie die Anpassung der Anbautechniken an die jeweiligen Boden- und Klimabedingungen. Eine Erhöhung des Ertrags der angebauten Kulturen führt dazu, dass höchstwahrscheinlich mehr Stickstoff durch die Ernte entnommen wird. Im Kontext der Kooperationen im Weinbau ist zu berücksichtigen, dass die Rodung und anschließende Neupflanzung von Weinreben mit einem vorübergehenden Rückgang des Ertrags einhergeht. Das bedeutet, dass die schlagspezifische Bilanz für diese Flächen anfangs aufgrund der reduzierten Erträge der Junganlagen zunächst ansteigt. Mit zunehmendem Alter der Junganlagen steigen die Erträge und sorgen dafür, dass die Differenz aus Zufuhr und Abfuhr wieder geringer wird. Zudem trägt ein verbessertes Management, basierend auf regelmäßigen Bodenanalysen und einer präziseren Düngung, dazu bei, den Stickstoffeintrag in den Boden zu optimieren und ungenutzten Stickstoff zu reduzieren. Eine abwechslungsreiche Fruchtfolge sowie der Anbau von Zwischenfrüchten können ebenfalls zur Stabilisierung des Stickstoffhaushalts beitragen und die Verlustrate von Stickstoff verringern, was sich positiv auf die Bilanz auswirkt.

Der Maßnahmenkatalog der WSB RLP beinhaltet eine Vielzahl von Maßnahmen, darunter die Ermittlung des Stickstoffbedarfs, die Berechnung der Stickstoffbilanz auf Schlagbasis sowie Bodenanalysen, die die N-Bedarfswertermittlung sowie die schlagspezifische Düngeempfehlung beeinflussen. Diese Maßnahmen stehen in direktem Zusammenhang mit den Ein- oder Austragsgrößen der Bilanz und fungieren als Mechanismus zur Steuerung der Stickstoffzufuhr. In Kapitel fünf werden

die größten Eintragspfade in Bezug zu den seit Beratungsbeginn generierten Daten gesetzt und hinsichtlich eines möglichen Einflusses auf die Kooperationsarbeit ausgewertet.

4.2 Der mineralische Stickstoffgehalt als Erfolgsindikator

Am Anfang der Sickerwasserperiode wird in jeder Kooperation, zusätzlich zur Bodenuntersuchung im Frühjahr, für die Bodenschichten 0 bis 30 cm, 30 bis 60 cm und 60 bis 90 cm eine erneute Untersuchung des mineralische Stickstoffgehalts durchgeführt. Die resultierenden Ergebnisse der Herbst- N_{\min} -Beprobung haben einerseits eine Überwachungsfunktion in Bezug auf den Erfolg des Stickstoff-Managements während der vorangegangenen Vegetationsperiode. Andererseits dienen sie gemeinsam mit den N_{\min} -Gehalten des darauffolgenden Frühjahrs als Grundlage der Analyse der Stickstoffdynamik während der Sickerwasserperiode, abhängig von den Vor- und Zwischenfrüchten, der Witterung sowie der Sickerwasserrate.

Der Rest-N-Gehalt kann als mittel- bis langfristiger Indikator für den Erfolg einer Maßnahme gesehen werden, während "bei den N-Bilanzsalden im Prinzip eine kurzfristige Reaktion auf die Beratungsmaßnahme möglich [ist], im günstigsten Falle bereits innerhalb eines Jahre" (BACH ET AL., 2007, S. 34). Die Herbst- N_{\min} -Gehalte dienen dazu, den austragsgefährdeten mineralischen Stickstoff in der Wurzelzone abzuschätzen, der während der winterlichen Sickerperiode ins Grundwasser gelangen kann. Wenn die winterliche Sickerwasserrate ausreicht, das Bodenwasser bis zu einer Tiefe von 90 cm vollständig auszutauschen, führt dies dazu, dass der mineralische Stickstoff über den Winter vollständig ausgewaschen wird (NLWKN, 2023a). "Bei einer durchschnittlichen Sickerwasserrate von gut 100 Liter pro m^2 würde bereits ein N_{\min} -Gehalt von 15 kg N (entspricht rund 44 kg NO_3) pro ha und Jahr zu einer Nitratkonzentration von rund 50 mg/l im Sickerwasser führen. Dieser rechnerische Werte berücksichtigt jedoch nicht, dass nicht unbedingt die gesamte gelöste Nitratmenge ausgewaschen wird und eventuelle Denitrifikationsvorgänge diese Nitratmengen verringern können" (EMMERICH ET AL., 2020, S.9). Insbesondere für die Wasserversorgungsunternehmen ist dies in Bezug auf die Wasseraufbereitung von entscheidender Bedeutung. Um Analysefehler vorzubeugen, müssen die Proben fehlerfrei genommen werden. Eine ordnungsgemäße Lagerung und der sachgemäße Transport sind von entscheidender Bedeutung, um genaue und zuverlässige Analyseergebnisse zu gewährleisten. Die unsachgemäße Probenlagerung, wie bspw. die Unterbrechung der Kühlkette (+1 °C bis +4 °C) und eine damit verbundenen Erwärmung der Probe, können zu verstärkter Mineralisierung und damit zu erhöhten N_{\min} -Gehalten in den Proben führen, die nicht repräsentativ für die Fläche sind und damit zu fehlerhaften Schlüssen führen.

Der Zeitpunkt für die Probenahme ist ebenfalls relevant. Er hängt neben den Bodeneigenschaften vor allem von den Niederschlagsmengen im Spätsommer und Herbst ab. Der ideale Zeitpunkt für die Probenahme liegt zwischen dem Ende der Vegetationsperiode bei nahezu vollständiger Mineralisierung und dem Beginn der Sickerwasserperiode, bevor das Nitrat ausgewaschen werden kann. "Sickerwasser wird vorwiegend im hydrologischen Winterhalbjahr gebildet, nachdem in der Wurzelzone die Wassersättigung (Feldkapazität) erreicht ist." (CREMER ET AL., 2013, S.16). Der als "optimal" bezeichnete Termin der Herbst- N_{\min} -Beprobung liegt zwischen Mitte Oktober und Ende November.

Zu diesem Zeitpunkt ist anzunehmen, dass der Stickstoff noch nicht ausgewaschen wurde und daher bei der Messung erfasst werden kann. Mit einer späteren Probenentnahme steigt die Wahrscheinlichkeit, dass der Stickstoff bereits durch die winterlichen Niederschläge die Tiefe von 90 cm durchdrungen hat. Auch, dass die beprobte Fläche repräsentativ ist, ist für die Interpretation des Herbst- N_{\min} -Gehalts unerlässlich. In den Kooperationsflächen des Weinbaus wird eine Mischprobe aus neun Einschlügen entnommen. Davon erfolgen, insofern die Bedingungen gegeben sind, drei Einschlüge in dauerbegrüntem Gassen, drei Einschlüge in über den Sommer offenen Gassen und drei Einschlüge in dem Unterstock-Bereich. Dabei werden die Bodenhorizonte 0 bis 30 cm, 30 bis 60 cm und 60 bis 90 cm separat entnommen und analysiert.

Grundsätzlich lässt sich sagen, dass die Herbst- N_{\min} -Beprobung für die Erfolgskontrolle Einzel Schlag-bezogener Maßnahmen gut, für eine gesamtbetriebliche Sicht jedoch weniger gut geeignet ist (OSTERBURG ET AL., 2007). BEISECKER ET AL. (2018) zeigen in statistischen Analysen, dass die Form der Bewirtschaftung einen maßgeblichen Einfluss auf die Herbst- N_{\min} -Gehalte hat. Die Etablierung von Zwischenfrüchten und Untersaaten trägt aktiv zur Verminderung der Stickstoffauswaschung bei, denn "Zwischenfrüchte leisten einen hervorragenden Beitrag zum Grundwasserschutz durch Bindung von Reststickstoff, der nach der Ernte im Boden verbleibt oder vom Boden nachgeliefert wird" (PREIß, 2014, S. 21). Daneben handele es sich auch bei der Witterung und der Kulturart um maßgeblich beeinflussende Faktoren (BEISECKER ET AL., 2018). Witterungsbedingungen beeinflussen die Freisetzung von Nährstoffen im Boden über die Mineralisierung maßgeblich. Der Mineralisierungsprozess ist temperatur- und feuchtigkeitsabhängig, wodurch organische und mineralische Düngemittel bei trockenem Boden und geringen Temperaturen nur eingeschränkt umgesetzt werden können. Dieser Umstand ist von entscheidender Bedeutung für die Interpretation des Herbst- N_{\min} -Gehalts.

Auf Grund von Witterungs- und Bewirtschaftungseinflüssen kann sich der gemessene N_{\min} -Gehalt im Herbst, vor allem im Oberboden, innerhalb weniger Tage ändern und stellt daher nur eine Momentaufnahme dar. Um eine Erfolgskontrolle in der Gewässerschutzberatung auf Grund der Rest-N-Gehalte durchzuführen, muss der Herbst- N_{\min} -Gehalt im Kontext **aller** Einflussfaktoren gesehen werden. Eine Bewertung auf Grund der Gesamthöhe des Herbst- N_{\min} -Gehalts und auf Stütze der berechneten Regressionsgeraden ohne Berücksichtigung der variablen Umstände kann zu fälschlichen Annahmen hinsichtlich des Beratungserfolgs führen. Bei der Bewertung des Erfolgs der Beratung ist die Wechselwirkungen zwischen dem Herbst- N_{\min} -Gehalt und den jahreszeitlichen Witterungsbedingungen zu berücksichtigen. Weiterhin ist wichtig zu betonen, dass der Rest-N-Gehalt allein keine Informationen über die Ursachen möglicher Überschüsse liefert, sondern lediglich als Indikator für das Ausmaß der Stickstoffbelastung dient. Daher sollte er stets in Verbindung mit zusätzlichen Informationen betrachtet werden, um eine umfassende Bewertung zu ermöglichen und Erklärungen zu finden, anstatt nur eine Tatsache zu beschreiben.

Die Bestimmung der Effektstärke einzelner Managementmaßnahmen auf den Rest-N-Gehalt ist auf Grund des Datenmanagements in dieser Evaluation nicht möglich und es kann lediglich eine Einordnung der Messwerte in den klimatischen Kontext erfolgen.

5 Die Kooperationen – eine umfassende Darstellung der Kenngrößen und standortspezifischen Einflüsse

Eine Analyse aller Kooperationen, die einer Beratung unterliegen, wird aufgrund des Umfangs nicht durchgeführt. Die Grundgesamtheit umfasst 269 Betriebe, die sich auf insgesamt 19 Kooperationen verteilen. Die gezogene Stichprobe entspricht den Daten der messbaren Erfolgsindikatoren der fünf ausgewählten Kooperationen sowie den 87 versendeten Fragebögen. Von diesen wurden 77 Bögen vollständig beantwortet und zurückgesendet. Die folgende Tabelle bietet einen Überblick über die analysierten Kooperationen im Vergleich zur Gesamtanzahl. Sie ermöglicht Schlussfolgerungen hinsichtlich der Gewichtung, vor allem in Bezug auf die Ergebnisse der Befragung in Kapitel 6 und der Ergebnisse der messbaren Faktoren in Kapitel 7.

Tabelle 4: *Übersicht des Anteils, den die ausgewerteten Kooperationen an der Gesamtberatung der WSB RLP haben. Betriebe, die in mehreren Kooperationen aktiv sind oder in Mischkooperationen (Steinfeld, Venningen) sowohl Acker- als auch Weinbauflächen bewirtschaften, erhalten lediglich einen Fragebogen und werden nur einfach gezählt. Daher reduziert sich die rechnerische Anzahl von 96 Betrieben in der Auswertung auf 87. Gleiches gilt für die Anzahl teilnehmender Betriebe aller Kooperationen. Eigene Darstellung auf Grundlage der Datentabelle der WSB RLP.*

	Fläche des WSG in ha	Gesamtfläche Kooperationsgebiet in ha	Anzahl teilnehmender Betriebe	Verteilung der Betriebe			Flächenverteilung Kulturen in ha			Anzahl der Kooperationen
				Ackerbau	Wein-/Obstbau	Marktfrucht	Ackerbau	Wein-/Obstbau	Marktfrucht	
Alle Kooperationen	17.053 ha WSG	2.896 ha Kooperationsfläche	269 Betriebe	131	98	46	2.057 ha	181 ha	1.031 ha	19 Koop.
Kooperationen in der Auswertung	1.780 ha WSG	743 ha Kooperationsfläche	87 Betriebe = 87 Fragebögen	10 <i>(10w. Mischbetriebe)</i>	68 <i>(10w. Mischbetriebe)</i>	18 <i>(10w. Mischbetriebe)</i>	111 ha <i>(abzgl. 85 ha Venningen, zzgl. 226 ha Frankenthal)</i>	95 ha	452 ha <i>(davon ca. 50% Ackerbau; damit nur 226 ha)</i>	5 Koop.
Real anteilig in der Auswertung	10.43%	25.65%	32.34%	7.63%	68.39%	43.47%	16.38%	52.49%	21.92%	26.32%

Tabelle 4 zeigt, dass in der vorliegenden Evaluation rund 25 % der Kooperationen untersucht werden, die insgesamt der Beratung durch die WSB RLP unterliegen. Den Großteil in diesen Kooperationen stellen reine Weinbau- und Mischbetriebe dar, während nur ein sehr geringer Teil reiner Acker- oder Gemüsebaubetriebe in die Auswertung einbezogen werden konnten. Diese Beschränkung resultiert aus unvollständigen Daten für die Ackerbauflächen. Trotz wiederholter Überprüfungen und der Datensichtung mehrerer Kooperationen ergaben sich keine geeigneten Rohdaten für eine Analyse.

Die Datenlücken in den ackerbaulich genutzten Flächen der Kooperation Venningen tragen ebenfalls zu dem geringen prozentualen Anteil der Ackerbaubetriebe bei. Hätten neben den Reb- ebenfalls die ackerbaulich genutzten Flächen der Kooperation Venningen (85 ha) in die Auswertung einfließen können, würde sich der Anteil an der Gesamtauswertung erhöhen. Die Tatsache, dass es sich bei den kooperierenden Betrieben der Kooperation Frankenthal nahezu vollständig um Mischbetriebe des Acker- und Gemüsebaus handelt, deren Flächen jährlich zu etwa 50 % ackerbaulich bewirtschaftet werden, ändert den rechnerischen Anteil der Ackerbauflächen auf etwa 16 % und verringert den Anteil der Flächen des Gemüsebaus auf knapp 22 %. Diese Aspekte sollten bei der Analyse von

Bilanzen und Herbst-N_{min}-Gehalten berücksichtigt werden, besonders im Hinblick auf die unterschiedlichen Bewirtschaftungsformen, die mit den verschiedenen Kulturen einhergehen.

In Anhang IV findet sich eine umfassende Übersicht aller Kooperationen einschließlich ihrer jeweiligen Flächenanteile, Betriebszahlen und zusätzlicher Informationen zum WSG sowie den Grundwasserkörpern.

5.1 Kenngrößen der Kooperationen

Zur Erfassung der Vielfalt innerhalb der Kooperationen ist es essenziell, die Variationen bezüglich der geografischen Lage, der Größenordnung, der Dauer der Beratung sowie der beteiligten Betriebe zu berücksichtigen. Eine knappe Charakterisierung jeder Kooperation liefert Einblicke in ihre spezifischen Merkmale und ermöglicht es, individuelle Eigenheiten zu erfassen. Die folgenden Kurzcharakteristiken beabsichtigen, ein grundlegendes Verständnis für die Vielfalt und die spezifischen Herausforderungen zu schaffen, denen die einzelnen Kooperationen gegenüberstehen.

5.1.1 Kurzcharakteristik der Kooperation „Bad Dürkheim“

Das Kooperationsprojekt "Bad Dürkheim" wurde im Herbst 2019 initiiert. Das übergeordnete Ziel dieses Projekts besteht darin, das Grundwasser im Einzugsgebiet des Brunnens im Dürkheimer Bruch nachhaltig vor potenziellen landwirtschaftlichen Belastungen zu schützen und Erkenntnisse darüber zu gewinnen, wie die aktuelle landwirtschaftliche Bewirtschaftung die Nitratbelastung im Grundwasser beeinflusst.

Das Kooperationsgebiet erstreckt sich über eine Fläche von etwa 1100 Hektar und umfasst die Gemarkungen Leistadt im Norden sowie Kallstadt und Bad Dürkheim (einschließlich Ungstein) im Süden. Ein Großteil der 1100 ha wird intensiv für den Weinbau genutzt. Hydrogeologische Untersuchungen deuten darauf hin, dass der Tiefbrunnen "Bruch" durch unterirdische Grundwasserströme mit Wasser aus diesem Einzugsgebiet versorgt wird.

Das von den Stadtwerken Bad Dürkheim gelieferte Trinkwasser weist durchschnittlich einen Nitratgehalt von 10 mg/l auf; deutlich unter dem von der Trinkwasserverordnung vorgeschriebenen Grenzwert von 50 mg/l. Eine detaillierte Analyse des geförderten Rohwassers aus den in der Stadt verteilten Brunnen zeigt unterschiedliche Nitratwerte. Der westlich gelegene Brunnen "Isenach" weist bedingt durch seine geschützte Lage im Pfälzer Wald einen Nitratgehalt von 2 bis 5 mg/l auf. Der östlich benachbarte Brunnen "Fürth II" überschreitet den gesetzlichen Grenzwert mit Nitratgehalten zwischen 60 und 95 mg/l. Daher wird dieses Rohwasser mit weniger belastetem Wasser (Fürth I, Isenach) gemischt, um den gesetzlichen Vorgaben zu genügen.

Im Kooperationsprojekt sind derzeit (Stand 2023) 21 Weinbaubetriebe aktiv. Ein Betrieb hat sich zurückgezogen, die bewirtschafteten Flächen wurden von einem anderen Kooperationsbetrieb übernommen und bleiben im Projekt erhalten. Von den beteiligten Betrieben haben elf ihren Sitz in Bad Dürkheim, fünf in Ungstein, drei in Leistadt und zwei in Kallstadt. Die Gesamtfläche der Kooperation erstreckt sich über etwa 40 Hektar, die in 86 Einzelparzellen aufgeteilt sind. Die überwiegende

Mehrheit der Betriebe praktiziert eine integrierte Produktionsweise, während drei Betriebe den ökologischen Landbau-Richtlinien folgen. Aktuell befinden sich zwei Betriebe in der Umstellungsphase (drei Jahre) zur biologischen Landwirtschaft.

5.1.2 Kurzcharakteristik der Kooperation „Frankenthal“

Die Wasserschutzkooperation Frankenthal wurde im Frühjahr 2017 ins Leben gerufen. Wie für alle Kooperationen gilt das übergeordnete Ziel des nachhaltigen Schutzes des Grundwassers im Einzugsgebiet des Tiefbrunnens Frankenthal, das die Wasserschutzgebiete Frankenthal und Großniedesheim umfasst. Dieses Bestreben ist eine Reaktion auf die Tatsache, dass in den letzten Jahren an den operativen Grundwassermessstellen zeitweise Nitratwerte von über 450 mg/l gemessen wurden. Im Jahr 2021 überschritten die Nitratwerte an zwei Messstellen den in der Wasserrahmenrichtlinie festgelegten Nitratgrenzwert von 50 mg/l, wobei für Messstelle A (02.06.2021) 147 mg/l und für Messstelle B (23.06.2021) 305 mg/l Nitrat gemessen wurden.

Die Tiefbrunnen der Stadtwerke Frankenthal fördern Wasser aus dem unteren Grundwasserleiter, welcher sich in einer Tiefe von über 100 m befindet. Die Nitratwerte liegen im WSG Frankenthal (13.10.2021) bei 1,9 mg N/l und im WSG Großniedesheim (17.02.2021) bei <0,5 mg N/l und damit deutlich unter dem einzuhaltenden Grenzwert.

Das Wasserschutzgebiet Frankenthal erstreckt sich über insgesamt 1191 Hektar, wovon etwa 1000 ha Acker- und 16 ha Grünland umfassen. Im Jahr 2023 nehmen insgesamt 17 Betriebe an der Wasserschutzkooperation teil und meldeten am Kooperationsprojekt teilnehmende Schläge mit einer Gesamtfläche von 452 Hektar. Das Beratungsgebiet ist bisher nicht an das Großraumberegnungssystem angeschlossen. Die Bewässerung der gartenbaulich genutzten Flächen erfolgt über fest installierte private Brunnen, vorwiegend unter Einsatz von Beregnungsmaschinen. Zudem sind Rohrbewässerung und Tropfbewässerung gängige Praktiken. Innerhalb der Auswertung stellt die Kooperation in Frankenthal die einzige dar, die gartenbaulich genutzte Flächen einschließt.

5.1.3 Kurzcharakteristik der Kooperation „Maikammer“

Seit dem Jahr 2009 findet in der Verbandsgemeinde Maikammer eine aktive Beratung der Winzerschaft hinsichtlich einer umweltverträglichen Bewirtschaftung der Weinberge statt. Die Initiative wurde von den Verbandsgemeindewerken Maikammer ins Leben gerufen, um Maßnahmen zur Verbesserung der Trinkwasserqualität zu etablieren und den Trinkwasserbrunnen Rans, der etwa 8000 ansässige Bewohner versorgt, zu schützen. Die Wasserschutzberatung des DLR Rheinpfalz fungierte als fachliche Betreuung und unterstützte zu Beratungsbeginn die Umsetzung gewässerschonender Maßnahmen bei den Winzern. Ein Ingenieurbüro ist ebenfalls eingebunden, um mittels Saugkerzenanlagen das Sicker- und oberflächennahe Grundwasser auf den Nitratgehalt zu untersuchen und die Kooperationsarbeit hydrogeologisch zu betreuen.

Die Definition der Ausdehnung und Lage des Kooperationsgebiets erfolgte durch ein umfangreiches hydrogeologisches Gutachten, welches als Grundlage für die Planung und Umsetzung von

Schutzmaßnahmen diene. Das Gutachten lieferte wichtige Informationen über den Untergrund, die Grundwasserverhältnisse und potenzielle Gefahren für die Wasserqualität. Die kontinuierliche Betreuung durch das Ingenieurbüro gewährleistet die Aktualität und Effektivität der Schutzmaßnahmen.

Die Kooperation Maikammer im Landkreis Südliche Weinstraße stellt den Ursprung der hier evaluierten Kooperationen, bestehend aus der Zusammenarbeit der Verbandsgemeindewerke mit örtlichen Landwirten, Winzern, Fachbehörden und der WSB RLP, dar. Die Partner sind die Verbandsgemeindewerke Maikammer und 24 Weinbaubetriebe (Stand 2023). Der Grundwasserkörper unter den Kooperationsflächen ist Speyerbach 2:34, mit einem schlechten chemischen Zustand auf einer Fläche von knapp 280 km² (GDA WASSER, o.D.). Das Wasserschutzgebiet umfasst etwa 100 ha, während das Kooperationsgebiet nur etwa 80 ha beträgt und in 70 Kooperationsparzellen auf einer Fläche von 26 ha (Stand 2023) unterteilt ist. Der Großteil der Flächen liegt in der Gemarkung Maikammer, mit einem kleinen Anteil in den Gemarkungen Kirrweiler oder St. Martin. Die Mehrheit der Betriebe betreibt konventionelle Landwirtschaft, während fünf Betriebe den Richtlinien des ökologischen Landbaus folgen.

Die Kooperation Maikammer wurde im Jahr 2021 in eine "Arbeitskreisphase" entlassen und unterliegt seitdem keiner aktiven Beratung mehr.

5.1.4 Kurzcharakteristik der Kooperation „Steinfeld“

Das Wasserschutzgebiet Steinfeld erstreckt sich über eine Fläche von etwa 80 Hektar, während das im Rahmen der Wasserschutzkooperation für den Tiefbrunnen TB II festgelegte Wassereinzugsgebiet etwa 190 Hektar beträgt. Etwa 115 ha dieses Einzugsgebiets repräsentieren das Kooperationsgebiet und erstrecken sich über die Gemarkungen Oberrotterbach, Kapsweyer und Steinfeld, wobei ein erheblicher Teil intensiv landwirtschaftlich genutzt wird.

Die Kooperation im Wasserschutzgebiet wurde im Sommer 2019 initiiert. Stand 2023 nehmen vier Misch- und ein reiner Ackerbaubetriebe teil. Die ackerbaulich bewirtschaftete Fläche beträgt insgesamt 110 ha, aufgeteilt in 47 Einzelschläge, während die Weinbaufläche 5,1 ha umfasst und auf zwölf Parzellen aufgeteilt ist.

Das Kooperationsgebiet ist gemäß den Vorschriften der aktuellen Düngeverordnung des Landes Rheinland-Pfalz als "nicht nitratgefährdet" eingestuft, obwohl der chemische Zustand des Grundwasserkörpers aufgrund der Überschreitung des Nitrat-Grenzwerts von 50 mg NO₃⁻/l als "schlecht" klassifiziert wurde. Die Kooperation Steinfeld wurde initiiert, um dieselben Ziele wie auch die anderen Kooperationen zu verfolgen: die Nitrat-Einträge aus der landwirtschaftlichen Nutzfläche sollen nachhaltig verringert werden.

5.1.5 Kurzcharakteristik der Kooperation „Venningen“

Das Hauptziel der Kooperation in Venningen besteht darin, das Grundwasser im Einzugsgebiet der Tiefbrunnen Venningen und Großfischlingen nachhaltig zu schützen. Die Initiative wurde im Frühjahr 2016 ergriffen, um präventiv sicherzustellen, dass der Nitratgehalt im Grundwasser auf einem

günstigen Niveau bleibt. Dies ist besonders relevant, da in den vergangenen Jahren Trinkwasserbrunnen in westlicheren Regionen aufgrund hoher Nitratgehalte geschlossen werden mussten oder aufwendige Aufbereitungsverfahren erforderlich wurden.

Das Einzugs- und Kooperationsgebiet erstreckt sich über mehr als 200 Hektar, von den Tiefbrunnen zwischen Venningen und Großfischlingen bis hin nach Edesheim im Westen. Der zugrundeliegende Grundwasserkörper ist Speyerbach 2:34, der einen schlechten chemischen Zustand aufweist. Das Wasserschutzgebiet umfasst knapp 500 Hektar, wobei nur ein Teil intensiv landwirtschaftlich genutzt wird. Aktuell sind 20 Betriebe mit etwas mehr als 100 Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche (85 ha Acker- und 24 ha Weinbau) in das Projekt involviert.

Venningen ist neben Steinfeld die zweite Kooperation, deren Flächen sowohl für den Ackerbau als auch für den Weinbau genutzt werden. An der Evaluation sind nur die Flächen der Weinbaubetriebe beteiligt.

5.2 Regionale Unterschiede der Kooperationen: Einfluss auf die Evaluation

Die fünf zu analysierenden Kooperationen sind räumlich eng aneinander angeordnet (siehe Abb. 1). Entgegen der Erwartung dieser geografischen Nähe zeigen sich Unterschiede im durchschnittlichen Jahresniederschlag und in der Temperatur. Inwiefern die Ergebnisse der messbaren Indikatoren im Kontext dieser regionalen Unterschiede berücksichtigt werden müssen, ist Inhalt dieses Kapitels.

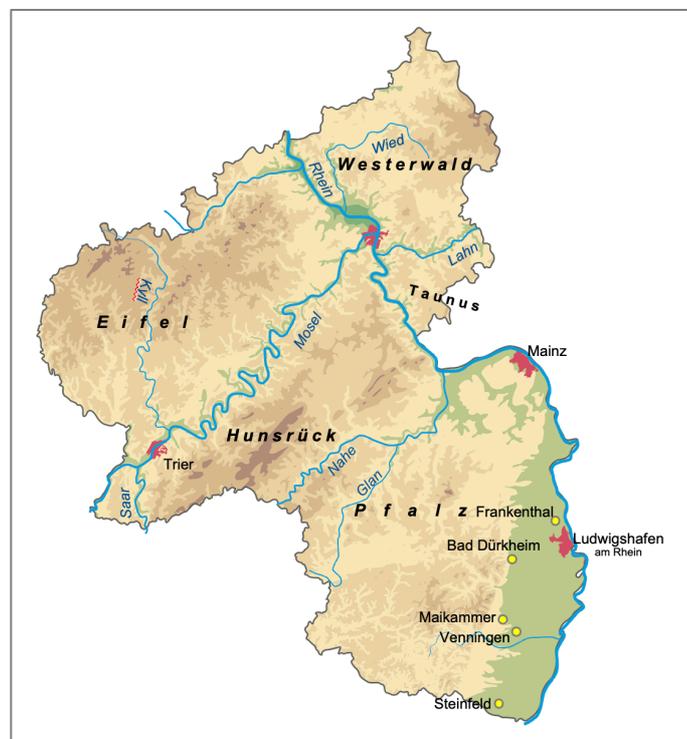


Abbildung 1: Räumliche Verteilung der Kooperationen in Rheinland-Pfalz. Abbildung verändert nach LVERM-GEO (2020).

Neben den klimatischen Faktoren ist es ebenfalls von Bedeutung zu untersuchen, inwiefern sich die Böden der Kooperationen unterscheiden. Der Stickstoff im Boden unterliegt maßgeblich den

vielfältigen Prozessen der Mineralisierung, Umwandlung und Immobilisierung, die von Bodenorganismen und schließlich über klimatische Bedingungen gesteuert werden. Gleichzeitig spielen Ein- und Austräge von Stickstoff aus dem Bodensystem eine entscheidende Rolle.

Die räumlichen Unterschiede haben einen nachweisbaren Einfluss auf die messbaren Erfolgsindikatoren (OSTERBURG ET AL., 2007). Daher ist es entscheidend, die Ergebnisse in Kapitel sieben im Kontext der standortspezifischen Eigenschaften zu betrachten. Im Folgenden werden die relevanten standortspezifischen Eigenschaften der Kooperationen hervorgehoben, die bei der Gesamtbewertung der Kooperationsarbeit im Kontext der messbaren Erfolgsindikatoren berücksichtigt werden müssen.

5.2.1 Bodenarten der Standorte im Kontext der Bewertung messbarer Erfolgsindikatoren

In Bad Dürkheim erstrecken sich die Bodenarten von sandigen Lehmen (sL) über leicht lehmige bis lehmige Sande (IS), schluffige Lehme (uL) bis zu leicht tonigen bis tonigen Lehmen (tL). Aufgrund des überdurchschnittlichen Vorkommens von Sandböden (sL) besteht in dieser Kooperation die höchste Gefahr der Auswaschung, insbesondere im Herbst bei anhaltenden Niederschlägen. In Frankenthal kommen die folgenden Bodenarten in absteigender Reihenfolge vor: sandiger Lehm (sL), Lehm (L), stark sandiger bis sandiger Lehm (ssL - sL) und lehmiger Schluff bis Lehm (IU - L). Die höchste Gefahr der Auswaschung besteht auf Parzellen mit sandigem Lehm (sL) und stark sandigem bis sandigem Lehm (ssL - sL). Auch wenn Lehm- und Schluffböden vorkommen, überwiegt der Anteil der sandigen Parzellen. Die Kooperation Maikammer umfasst die Bodenarten sandiger Lehm (sL) und schluffiger Lehm (uL) sowie lehmiger Sand (IS). Der Anteil der Parzellen mit sandigem Lehm überwiegt, was sich in den Herbst-N_{min}-Beprobungen durch häufig hohe Nitratwerte ab 30 cm Bodenhorizont widerspiegelt. In den Ackerbauparzellen der Kooperation Steinfeld finden sich sandige und schluffige Lehme, die eine moderate Anfälligkeit für eine Auswaschung mit den Herbstniederschlägen zeigen. Die Weinbauparzellen in Steinfeld zeigen durchweg tonige Lehmböden, die generell weniger anfällig für Auswaschungen sind. Lehmiger Schluff (IU) und schluffiger Lehm (uL) sind die dominierenden Bodenarten in den Weinbauparzellen der Kooperation Venningen. Die Gefahr der Auswaschung könnte bei lehmigem Schluff (IU) bestehen, während schluffiger Lehm (uL) eine mäßige Anfälligkeit zeigt.

Tabelle 5 bietet einen Überblick über die maßgeblichen Bodenarten und fasst zusammen, welche speziellen Aspekte im Zusammenhang mit den (herbstlichen) Niederschlägen aufgrund der vorherrschenden Bodenart einer Kooperation bei der Bewertung der Entwicklung messbarer Erfolgsindikatoren besonders beachtet werden muss. Darüber hinaus wird die grundlegende Neigung der Kooperation zur Auswaschung anhand einer fünfstufigen Skala bewertet.

5 Die Kooperationen – eine umfassende Darstellung der Kenngrößen und standortspezifischen Einflüsse

Tabelle 5: *Bodenarten in den Kooperationen nach dem GeoBox-Viewer, innerhalb einer Kooperation sortiert in absteigender Häufigkeit; mit Besonderheiten in Bezug auf Niederschläge und grundlegender Neigung zur Auswaschung anhand einer fünfstufigen Skala (++ bis --). Eigene Darstellung.*

Kooperation	Bodenart nach GeoBox-Viewer, Kürzel nach VDLUFA in Häufigkeit absteigende Reihenfolge	Besonderheit der Bodenarten in Bezug auf die Niederschläge	Neigung zur Auswaschung
Bad Dürkheim	sandiger Lehm (sL) leicht lehmiger bis lehmiger Sand (IS) schluffiger Lehm (uL) leicht toniger bis toniger Lehm (tL)	Sandboden: <i>Eigenschaften:</i> Sandböden bestehen hauptsächlich aus groben (0,063 mm bis 2 mm) Partikeln. Sie weisen eine lockere Struktur auf und zeigen eine hohe Durchlässigkeit für Wasser. <i>Reaktion auf Herbstniederschläge:</i> Aufgrund der lockeren Struktur und hohen Durchlässigkeit ist der Sandboden anfällig für Auswaschung. Nährstoffe wie Stickstoff, Phosphor und Kalium können leicht durch den Boden gespült werden, was sich in einer schnellen Anreicherung der Rest-N-Gehalte in tieferen Bodenschichten nach anhaltenden Herbstniederschlägen oder kurzfristigen Starkregenereignissen zeigt.	++
Frankenthal	sandiger Lehm (sL) Lehm (L) stark sandiger bis sandiger Lehm (sSL - sL) lehmiger Schluff bis Lehm (IU - L)	Schluffboden: <i>Eigenschaften:</i> Schluffböden bestehen aus mittelgroßen (0,063 mm bis 0,002 mm) Partikeln, die damit größer als Sande, jedoch kleiner als Ton sind. Sie weisen eine mäßige Durchlässigkeit auf und zeigen eine bessere Wasserspeicherkapazität als Sandböden. <i>Reaktion auf Herbstniederschläge:</i> Schluffböden zeigt eine moderate Anfälligkeit für Auswaschung. Obwohl Schluffböden eine bessere Wasserspeicherkapazität als Sand haben, ermöglicht die mäßige Durchlässigkeit dennoch eine gewisse Bewegung von Nährstoffen durch den Boden. Durch Regenereignisse um den Probenentnommungszeitpunkt ausgewaschene Stickstoffverbindungen in tieferen Bodenschichten zeigen sich weniger schnell und stark als bei Sandböden, sind jedoch nicht auszuschließen.	+
Maikammer	sandiger Lehm (sL) schluffiger Lehm (uL) lehmiger Sand (IS)	Schluffboden: <i>Eigenschaften:</i> Schluffböden bestehen aus mittelgroßen (0,063 mm bis 0,002 mm) Partikeln, die damit größer als Sande, jedoch kleiner als Ton sind. Sie weisen eine mäßige Durchlässigkeit auf und zeigen eine bessere Wasserspeicherkapazität als Sandböden. <i>Reaktion auf Herbstniederschläge:</i> Schluffböden zeigt eine moderate Anfälligkeit für Auswaschung. Obwohl Schluffböden eine bessere Wasserspeicherkapazität als Sand haben, ermöglicht die mäßige Durchlässigkeit dennoch eine gewisse Bewegung von Nährstoffen durch den Boden. Durch Regenereignisse um den Probenentnommungszeitpunkt ausgewaschene Stickstoffverbindungen in tieferen Bodenschichten zeigen sich weniger schnell und stark als bei Sandböden, sind jedoch nicht auszuschließen.	++
Steinfeld, Ackerbau	sandiger Lehm bis Lehm (sL - L) stark lehmiger Sand (IS)	Schluffboden: <i>Eigenschaften:</i> Schluffböden bestehen aus mittelgroßen (0,063 mm bis 0,002 mm) Partikeln, die damit größer als Sande, jedoch kleiner als Ton sind. Sie weisen eine mäßige Durchlässigkeit auf und zeigen eine bessere Wasserspeicherkapazität als Sandböden. <i>Reaktion auf Herbstniederschläge:</i> Schluffböden zeigt eine moderate Anfälligkeit für Auswaschung. Obwohl Schluffböden eine bessere Wasserspeicherkapazität als Sand haben, ermöglicht die mäßige Durchlässigkeit dennoch eine gewisse Bewegung von Nährstoffen durch den Boden. Durch Regenereignisse um den Probenentnommungszeitpunkt ausgewaschene Stickstoffverbindungen in tieferen Bodenschichten zeigen sich weniger schnell und stark als bei Sandböden, sind jedoch nicht auszuschließen.	0
Steinfeld, Weinbau	toniger Lehm (uL)	Tonboden: <i>Eigenschaften:</i> Tonböden haben feine (< 0,002 mm) Partikel und weisen damit eine sehr dichte Struktur auf. Sie neigen dazu, Wasser gut zu speichern und haben die geringste Wasserdurchlässigkeit. <i>Reaktion auf Herbstniederschläge:</i> Ein Tonboden ist weniger anfällig für Auswaschung aufgrund seiner dichten Struktur und geringen Wasserdurchlässigkeit. Wasser und Nährstoffe bewegen sich langsamer durch den Boden in Richtung Grundwasser und erhöhte Rest-N-Gehalte in tiefen Bodenschichten zeigen sich auch nach hohen Herbstniederschlägen eher selten.	-
Venningen, Weinbau	lehmiger Schluff (IU) schluffiger Lehm (uL)	Tonboden: <i>Eigenschaften:</i> Tonböden haben feine (< 0,002 mm) Partikel und weisen damit eine sehr dichte Struktur auf. Sie neigen dazu, Wasser gut zu speichern und haben die geringste Wasserdurchlässigkeit. <i>Reaktion auf Herbstniederschläge:</i> Ein Tonboden ist weniger anfällig für Auswaschung aufgrund seiner dichten Struktur und geringen Wasserdurchlässigkeit. Wasser und Nährstoffe bewegen sich langsamer durch den Boden in Richtung Grundwasser und erhöhte Rest-N-Gehalte in tiefen Bodenschichten zeigen sich auch nach hohen Herbstniederschlägen eher selten.	-

Im Kontext der Niederschläge und des Nitratmanagements gewinnt die Wasserhaltefähigkeit der Böden zusätzlich an Bedeutung. Unterschiedliche Bodentypen beeinflussen die Retention und Bewegung von Wasser und haben direkte Auswirkungen auf die Verfügbarkeit von Nitrat im Boden. Lehm Böden können nicht nur Wasser effizient speichern, sondern damit auch Nitrat im Sickerwasser durch die Porezusammensetzung zurückhalten und den Nitratverlust durch Auswaschung minimieren. Nach AMELUNG ET AL. (2018) besteht bei Sandböden eine höhere Anfälligkeit für die Auswaschung von Nitrat, bedingt durch ihre schnelle Wasserdurchlässigkeit. Dabei hängt die Höhe der Auswaschung von der NO_3^- -Konzentration im Sickerwasser und der Gesamtmenge des Sickerwassers ab. Durch die Höhe und die Intensität der Niederschläge, die Wasserspeicherkapazität und, ob ein Bewuchs für Wasserverbrauch sorgt, wird die Sickerwassermenge bestimmt (AMELUNG ET AL., 2018). Schluffböden bieten eine ausgewogene Wasserhaltefähigkeit und tragen zu einer moderaten Retention von Nitrat im Boden bei.

Neben den Temperatur- und Niederschlagsmustern sowie der Stickstoff-Zufuhr und dem -Austrag ist es daher von entscheidender Bedeutung, das standortspezifische Bodenvorkommen in die Erklärung der Herbst- N_{min} -Gehalte einzubeziehen und im Kontext einer Trendanalyse zu berücksichtigen.

5 Die Kooperationen – eine umfassende Darstellung der Kenngrößen und standortspezifischen Einflüsse

Der Zusammenhang zwischen Bodentypen und ihren unterschiedlichen Reaktionen auf Niederschlagsereignisse ist dabei von besonderem Interesse.

Die Herbst-N_{min}-Beprobung stellt eine Momentaufnahme des Bodens dar und liefert vor allem für Kooperationen mit leichten Böden (Bad Dürkheim, Maikammer, teilweise Frankenthal) Informationen bezüglich der Nitratverlagerung und damit verbundenen Gefährdungen für das Grundwasser. Kooperationen mit schwereren Böden (Steinfeld, Venningen) weisen in Bezug auf die Auswaschung eine geringere Empfindlichkeit gegenüber herbstlichen Niederschlägen auf. Daher ist wichtig zu beachten, dass die Ergebnisse der Herbst-N_{min}-Beprobungen im Zusammenhang mit den um den Beprobungstermin stattgefundenen Niederschlägen diskutiert werden müssen.

Abbildung 2 zeigt die Niederschläge zwischen 2014 und 2022 in den Monaten Oktober und November, in denen die Herbst-N_{min}-Beprobung üblicherweise durchgeführt wurde. Es wird ersichtlich, dass die Niederschlagsmuster in verschiedenen Jahren erheblich zwischen den Monaten variieren, wie etwa in den Jahren 2017, 2019 und 2020, während sie in anderen Jahren (2018, 2021, 2022) weniger ausgeprägt erscheinen. Es ist keine eindeutige Mustererkennung möglich, was die jährliche Nutzung der aufsummierten Monatsniederschläge zur Erklärung der Rest-N-Gehalte unverzichtbar macht.

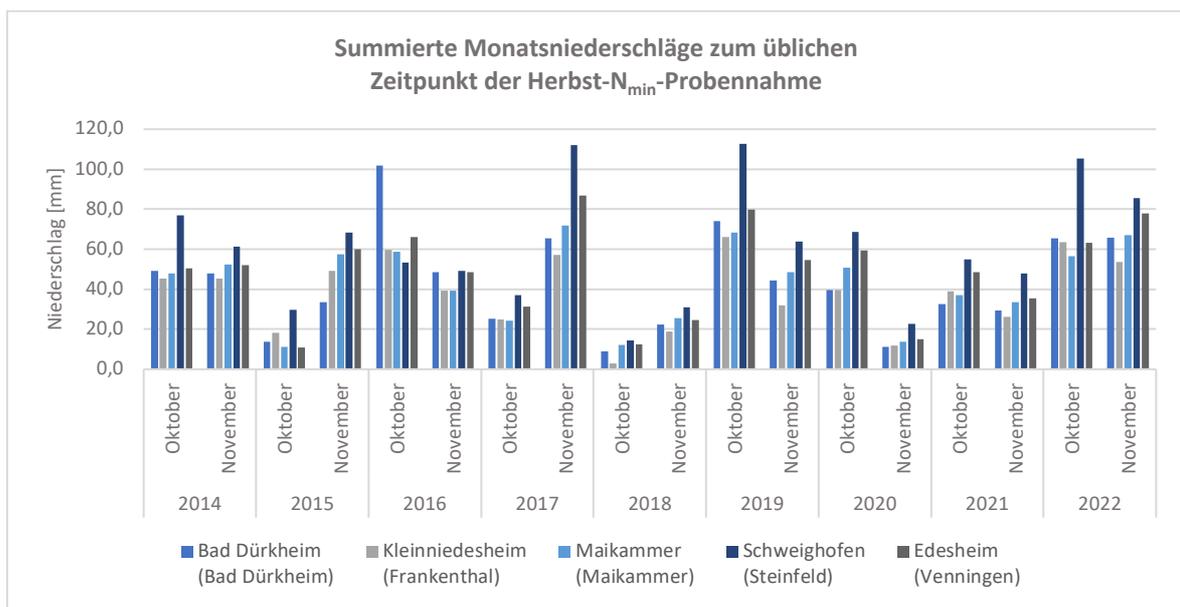


Abbildung 2: Summierter Monatsniederschlag zu den üblichen Probeterminen in den Monaten Oktober und November der nächstgelegenen Wetterstationen der Kooperationen. Eigene Darstellung nach DLR RLP (o.D.).

Die Wechselwirkungen zwischen unbeeinflussbaren Faktoren wie der Niederschlagsmenge rund um den Probetermin und dem zugrundeliegenden Bodentypen in Bezug auf die N_{min}-Gehalte im Herbst, die als Bewertung des Erfolgs einer Kooperation fungieren sollen, betonen die Notwendigkeit einer ganzheitlichen Betrachtung der Ergebnisse in verschiedenen Kontexten. Es ist wichtig zu betonen, dass der Rest-N-Gehalt der verschiedenen Kooperationen nicht uneingeschränkt vergleichbar ist und eine Berücksichtigung der jeweiligen Standortbedingungen erfordert. Eine Kooperation allein anhand des Rest-N-Gehalts in 0 bis 90 cm oder einer einzelnen Bodenschicht gegenüber einer

anderen Kooperation als erfolgreicher oder weniger erfolgreich zu bewerten, ohne den Kontext der Witterung und der Standortbedingungen sowie der angebauten Kulturen zu berücksichtigen, ist nicht zulässig.

Dies impliziert auch, dass verschiedene Bodenstrukturen ein spezifisches Management bedürfen, um effektiv mit unbeeinflussbaren Faktoren umzugehen. Die Anpassung von Bewirtschaftungsstrategien an die einzigartigen Eigenschaften der Bodentypen, die unterschiedliche Durchlässigkeiten für Nährstoffe durch das Sickerwasser aufweisen, ist von entscheidender Bedeutung. Eine präzise Überwachung der Nitratwerte ist dabei unerlässlich, um einerseits eine optimale Nährstoffversorgung für Pflanzen sicherzustellen und andererseits die Auswaschung von Nitrat ins Grundwasser zu minimieren. Die Auswirkungen herbstlicher Niederschläge auf den Rest-N-Gehalt müssen entsprechend der Standortspezifika berücksichtigt und gewichtet werden, um die Ergebnisse angemessen zu interpretieren. Maßnahmen, die von der WSB RLP initiiert werden, müssen unbedingt an die jeweiligen Bodenstrukturen angepasst werden.

5.2.2 Stickstoffeinträge in das Bodensystem im Kontext der Bewertung messbarer Erfolgsindikatoren

In den letzten fünf Jahrzehnten hat der Einsatz von Mineraldüngern die weltweite Nahrungsmittelproduktion zwar erhöht, jedoch gleichzeitig zu einem Anstieg der Stickstoffmenge im globalen Kreislauf geführt. Mineral- sowie Wirtschaftsdünger, die Stickstoff enthalten, sind entscheidend für die Stickstoffversorgung von Pflanzen in der Landwirtschaft. Sie werden verwendet, um den Nährstoffbedarf von Kulturpflanzen zu decken und das Pflanzenwachstum sowie die Erträge zu steigern. Die Stickstoffverbindungen in mineralischen N-Düngern liegen häufig als Ammonium- oder Nitratverbindungen vor, wobei Ammoniumdünger Stickstoff in Form von Ammonium-Ionen (NH_4^+) enthalten und Nitratdünger den Stickstoff in Form von Nitrat-Ionen (NO_3^-) liefern. Nitrat ist im Boden frei beweglich, wird schnell von den Pflanzen aufgenommen und ausgewaschen, während Ammonium eine begrenzte Mobilität aufweist, nicht so leicht ausgewaschen wird aber auch einer höheren Immobilisierung unterliegt.

Mineraldünger sind größtenteils sofort pflanzenverfügbar, während Wirtschaftsdünger wie Tiermist, Gülle und Gärreste Stickstoff in der Regel organisch gebunden enthalten und zunächst im Boden mineralisiert werden müssen, bevor Pflanzen ihn aufnehmen können. Der Prozess der Mineralisierung ist variabel und zeitlich nicht unbedingt synchronisiert mit den Bedürfnissen der Kulturpflanzen. Vor allem nach der Ernte der Hauptfrucht herrschen durch Wärme und Feuchtigkeit in den Böden oft ideale Bedingungen für mikrobielle Aktivitäten. Sofern keine nachfolgende Frucht angebaut wird, die das freigesetzte Nitrat aufnimmt, besteht die Gefahr der Auswaschung aus dem Boden. Mineral- und Wirtschaftsdünger sind dabei diejenigen Variablen, die maßgeblich die schlagspezifischen Bilanzen der Kooperationen hinsichtlich des Inputs beeinflussen. Die Gesamt-Zufuhr aus Düngemitteln eines Jahres und der Bilanzsaldo korrelieren in allen Kooperationen signifikant (Kap. 7.3). Die Entwicklung des schlagspezifischen Bilanzsaldos im Zeitverlauf liefert Einblicke darüber, wie sich Überschüsse oder Verluste seit Beratungsbeginn entwickeln und inwiefern sich ein Trend erkennen lässt.

Eine bedarfsgerechte Düngung ist in jedem Fall unerlässlich, da ein übermäßiger Einsatz zu einer Überdüngung führt, wodurch nicht aufgenommener Stickstoff ins Grundwasser gelangen kann. Daher ist es wichtig, Düngemaßnahmen auf die spezifischen Bedürfnisse von Pflanzen und Böden abzustimmen, um eine nachhaltige und effiziente Stickstoffnutzung in der Landwirtschaft zu gewährleisten. Neben der Zufuhr von Stickstoff durch organische und mineralische Dünger kann auch der Anbau von Leguminosen zu einer Anreicherung von Stickstoff im Boden beitragen. Leguminosen können Luftstickstoff in Ammonium umwandeln, indem sie eine Symbiose mit stickstofffixierenden Bakterien eingehen. Diese Bakterien leben in speziellen Knöllchen an den Wurzeln der Leguminosen und können molekularen Stickstoff (N_2) fixieren.

Darüber hinaus kann Stickstoff durch atmosphärische Deposition in das Bodensystem gelangen. Diese Deposition kann in verschiedene Formen, nasse, trockene und feuchte Deposition, unterteilt werden. Die atmosphärische Stickstoffdeposition kann je nach Region und klimatischen Bedingungen variieren und wird durch natürliche und menschliche Quellen beeinflusst. Die nasse Deposition bezieht sich auf den Eintrag von luftgetragenen Stoffen in ein Ökosystem durch Regen oder Schnee (UBA, o.D.). „Dabei hängt die Höhe des Eintrages unter anderem von der Schadstoffkonzentration in der Luft, dessen Löslichkeit und der Niederschlagsmenge ab“ (UBA, 2023a). Ein Schweizer Fruchtfolgenversuch kam im Jahr 2013 zu dem Ergebnis, dass die Nitratauswaschung sowie die Sickerwasserbildung im Allgemeinen bei steigenden Niederschlägen zunimmt (SPIESS ET AL., 2013). Das heißt, es kann in Regionen mit häufigem und starkem Niederschlag zu einer erhöhten nassen Deposition von Stickstoff kommen, da die Stickstoffverbindungen während der Niederschlagsereignisse aus der Atmosphäre ausgewaschen und auf die Erdoberfläche gespült werden.

HÄUßERMANN ET AL. (2019) haben die atmosphärische Stickstoffzufuhr in reduzierter (NH_y) und oxidiert Form (NO_x) für Deutschland in den Jahren 1995 bis 2015 berechnet. Bei der Ermittlung der Netto-Deposition von reduziertem Stickstoff auf landwirtschaftlichen Flächen (LF) wurde berücksichtigt, dass Ammoniak (NH_3) bei der Ausbringung von organischen und mineralischen Düngemitteln freigesetzt wird. Ein Teil dieses NH_3 gelangt in die Atmosphäre, kann jedoch durch atmosphärische Deposition wieder auf die landwirtschaftlichen Flächen zurückkehren, was als interner N-Fluss betrachtet wird. Um Doppelzählungen zu vermeiden, wurde die Netto-N-Deposition berechnet, die den tatsächlichen zusätzlichen Eintrag von NH_3 aus der Atmosphäre auf die landwirtschaftlichen Flächen darstellt.

Die Ergebnisse von HÄUßERMANN ET AL. (2019) zeigten eine ungleiche Verteilung der atmosphärischen Deposition von Stickstoffverbindungen in Deutschland. Es werden N-Zufuhren in oxidiert Form in der Spanne von 2,4 – 17,3 kg NO_3 /ha LF und Zufuhren in reduzierter Form in Höhe von 0,27 – 19,6 kg NH_3 /ha LF berechnet (HÄUßERMANN ET AL., 2019). Dies ist auf die unterschiedlichen Emissionen von Stickstoffverbindungen aus verschiedenen Quellen und menschlichen Aktivitäten in den verschiedenen Regionen Deutschlands zurückzuführen. Stark industrialisierte und dicht besiedelte Regionen können höhere Emissionsquellen aufweisen, was zu einer erhöhten atmosphärischen Deposition führt. Gleiches gilt für ländliche Gebiete mit intensiver landwirtschaftlicher Tätigkeit. Zusätzlich können die geografische Lage, Topografie und meteorologische Bedingungen in den

verschiedenen Regionen zur ungleichen Verteilung der atmosphärischen Stickstoffdeposition beitragen. Bei der atmosphärischen Deposition handelt es sich um eine Bilanzgröße, die die Berater der WSB RLP im Gegensatz zu HÄUßERMANN ET AL. (2019) in ihrer Berechnung nicht berücksichtigen. Bei OSTERBURG ET AL. (2007) findet die atmosphärische Deposition in den schlagspezifischen Bilanz ebenfalls keine Anwendung.

Aufgrund der hohen Fluktuation der Berater besteht keine einheitliche Dokumentation des Düngeaufwands innerhalb der verfügbaren Datensätze. In einigen Kooperationen und für bestimmte Zeiträume konnten die Düngeart und -menge aus den verfügbaren Daten extrahiert werden, jedoch fehlen die Daten in anderen Kooperationen für mehrere Jahre gänzlich. Dies erschwert die Grundlage für eine umfassende Analyse sowie die Darstellung von Korrelationen zwischen dem Düngeaufwand als beratende Maßnahme und den Stickstoffbilanzen sowie den N_{\min} -Beprobungen im Herbst. Kapitel sieben berechnet die Korrelationen zwischen der Gesamtzufuhr von Stickstoff (entsprechend der Zufuhr aus der Bilanzierung) und dem Herbst- N_{\min} auf 0 bis 90 cm Tiefe sowie der schlagspezifischen Stickstoffbilanz. Es kann jedoch keine Unterscheidung zwischen den Düngeformen erfolgen. Daher ist es nicht möglich, Rückschlüsse bezüglich des Einflusses der Düngearten auf die Erfolgsindikatoren in rheinland-pfälzischen Kooperationen zu ziehen.

Um zukünftig eine Erfolgsbewertung der Düngeart und -menge im Kontext der Bilanzierung sowie der Beprobung des Rest-N-Gehalts durchzuführen, wird dringend ein einheitliches Datenmanagement empfohlen. Eine korrelierende Darstellung mit den messbaren Erfolgsindikatoren kann Aussagen über den Effekt der Düngearten und -mengen auf das eigentliche Ziel, den Grundwasserschutz, im Zuge der unterschiedlichen Standortfaktoren und Bewirtschaftungsweisen der einzelnen Kooperationen ermöglichen.

5.2.3 Stickstoffausträge aus dem Bodensystem im Kontext der Bewertung messbarer Erfolgsindikatoren

Neben dem Eintrag von Stickstoff in das System Boden ist für den Grundwasserschutz auch entscheidend, wie und in welchen Mengen der Stickstoff den Bodenkreislauf, vor allem die Bodenzone auf 0 bis 90 cm Tiefe, verlässt. Der Austrag über die Auswaschung ins Grundwasser stellt im Kontext des Grundwasserschutzes einen problematischen Prozess dar. Grundwasservorkommen erfahren im Herbst und Winter durch Niederschläge eine Wiederauffüllung. Während dieser Zeit kann das überschüssige Nitrat ausgewaschen werden. Im Gegensatz dazu wirken im Frühling und Sommer die Verdunstung von Pflanzen und Boden dem Auswaschungsprozess entgegen. Demnach besteht die effektivste Strategie zur Vermeidung von Auswaschung darin, den verbleibenden Nitratrest im Herbst auf ein möglichst niedriges Niveau zu reduzieren. Weitere Austragspfade (Oberflächenabfluss, Erosion von Oberboden, Ausgasung und weitere) sind grundlegend ebenfalls relevant, werden in diesem Kapitel auf Grund der geringeren Relevanz hinsichtlich der Fragestellung jedoch nicht weiter behandelt werden.

Durch eine gezielte Bodenbewirtschaftung lässt sich der Nährstoffaustrag durch Erosion und Oberflächenabfluss wirksam minimieren, während sich im Gegensatz dazu die Kontrolle der Nährstoffauswaschung unter dem Einfluss von Niederschlägen als herausfordernd erweist (AMELUNG ET AL., 2018). Die Intensität der Nährstoffauswaschung wird nicht allein durch die Konzentration der Nährstoffe im Sickerwasser beeinflusst, sondern auch durch die Menge des abfließenden Sickerwassers. Nitrat wird als ausgewaschen betrachtet, wenn es ungenutzt bleibt und sich in einer Tiefe befindet, die die Wurzelzone unterschreitet und somit von den Pflanzen nicht mehr aufgenommen werden kann. Die Konzentration des Nitrats wird dabei unter anderem durch die Stickstoffzufuhr und die Mineralisierung bestimmt, während die Menge des Sickerwassers unter anderem von den Niederschlägen und der Bodenbeschaffenheit beeinflusst wird.

Die Auswaschung von Nitrat ist ein maßgeblicher Prozess in der Landwirtschaft, der den Transport von Stickstoffverbindungen, insbesondere Nitrat, in tiefere Bodenschichten und letztendlich in das Grundwasser umfasst. Dieser Vorgang hat bedeutende ökologische Konsequenzen. Die Stickstofffracht, die durch Auswaschung transportiert wird, stammt hauptsächlich aus verschiedenen Quellen in der Landwirtschaft. Die Auswaschung erfolgt vor allem in Form von Nitrat-Ionen (NO_3^-) und wird durch Sickerwasser, das durch den Boden nach unten dringt, in tiefere Bodenschichten transportiert. Dieser Prozess wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst, darunter Bodenstruktur, Niederschlagsmuster, Bodenfeuchte und Pflanzenaufnahme. Die N-Fracht, die durch Nitrat-Auswaschung ins Grundwasser gelangt, birgt Umweltrisiken. Hohe Nitratkonzentrationen im Grundwasser können zu Nitratbelastungen führen, die die Trinkwasserqualität beeinträchtigen.

Die Kontrolle und Minimierung der Auswaschung von Nitrat sind entscheidend, um die Gewässerqualität zu schützen und negative Umweltauswirkungen zu verhindern. Praktiken wie das Etablieren von Zwischenfrüchten und eine "fachgerechte Düngung [sind] wichtig für [eine] niedrige N-Auswaschung" (KNOBLAUCH ET AL., 2015, S.70). Eine kontinuierliche Beobachtung und Bewertung der etablierten Maßnahmen anhand der messbaren Erfolgsindikatoren ist unerlässlich, um den Erfolg im Gewässerschutz zu gewährleisten. Die schlagspezifische Stickstoffbilanz bietet die Möglichkeit, das Angebot von überschüssigem Stickstoff im Boden zu überwachen und damit potenzielle Gefahr für eine vermehrte Auswaschung aufzudecken. Der Herbst- N_{\min} -Gehalt zeigt auf, wieviel mineralischer Stickstoff im Boden in welcher Tiefe verfügbar ist und gibt, je nach Bodenart, Aufschluss über die potentielle Auswaschung über den Winter.

Aufgrund der Art der Datenaufbereitung ist es lediglich möglich, die Verlagerung des Herbst- N_{\min} -Gehalte in tiefere Bodenschichten im Zusammenhang mit den Niederschlägen zu analysieren, ohne dabei auf spezifische Managementmaßnahmen einzugehen. Diese Einschränkung begrenzt den Umfang der Auswertung erheblich.

5.2.4 Die Niederschlagsmuster im Kontext der Bewertung messbarer Erfolgsindikatoren

Es wird grundsätzlich das Ziel verfolgt, dass der Herbst- N_{\min} -Gehalt zum Zeitpunkt der Bodenbeprobung im Spätherbst möglichst niedrig ist. Zu dieser Jahreszeit nehmen sowohl die

5 Die Kooperationen – eine umfassende Darstellung der Kenngrößen und standortspezifischen Einflüsse

Reben in den Weinbaukooperationen als auch die Begrünungs- oder Kulturpflanzen in Marktfruchtbetrieben, sofern vorhanden, nur noch sehr geringe Mengen an Stickstoff auf und speichern ihn in ihrer Biomasse. Dadurch besteht das Risiko, dass das Nitrat-Ion während der Zeit erhöhter Sickerwasserbildung durch die herbstlichen Niederschläge in tiefere Bodenschichten verlagert wird; je nach Sickerwasserrate und zeitlichem Verlauf bis ins Grundwasser (SPIESS ET AL., 2013).

Für die Beurteilung der Bedeutung von Niederschlägen im Zusammenhang mit den messbaren Erfolgsindikatoren werden die Niederschlagsdaten der nächstgelegenen Wetterstationen dargestellt. Hierbei ergeben sich deutliche Unterschiede im Niederschlagsverhalten zwischen den betrachteten Kooperationen, die bei der Beurteilung der Ergebnisse quantifizierbarer Faktoren berücksichtigt werden müssen. Abbildung 3 zeigt die Streuung des summierten Jahresniederschlags der Kooperationen. In einigen Kooperationen gibt es Hinweise auf Unregelmäßigkeiten in den Jahresniederschlägen, während in anderen Kooperationen die Schwankungen in der Gesamtniederschlagssumme eines Jahres weniger ausgeprägt sind, was auf stabilere Niederschlagsbedingungen hindeutet. Es ist wichtig, dies auch im Zusammenhang mit der Bodenart zu betrachten.

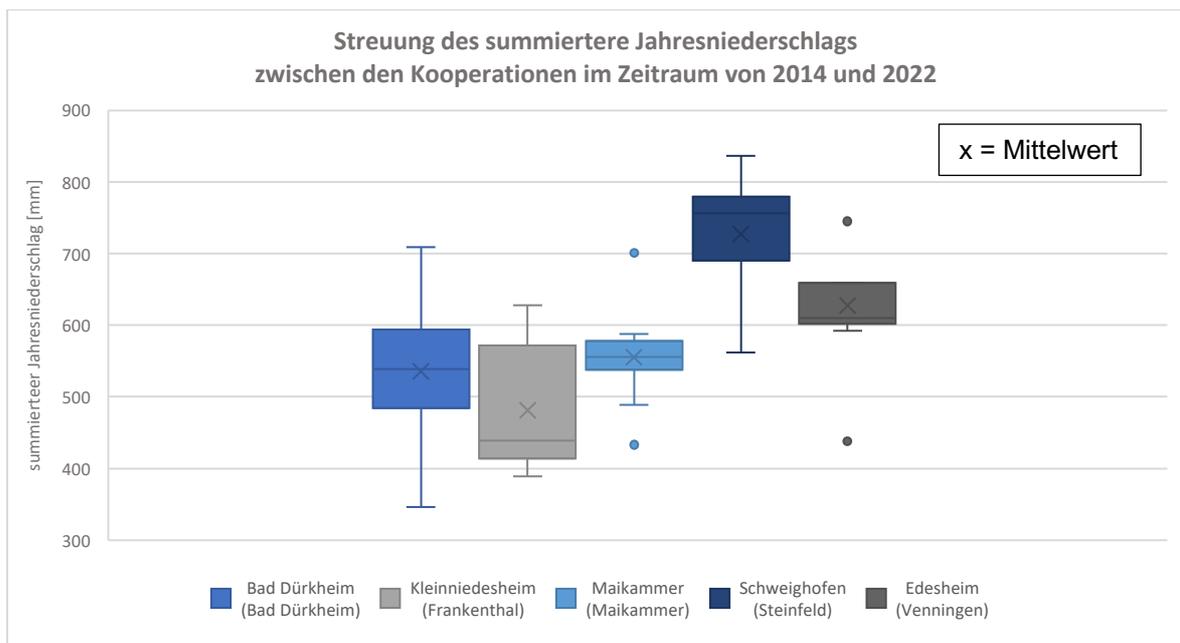


Abbildung 3: Summierte Jahresniederschläge im Auswertungszeitraum zwischen 2014 und 2022 der den Kooperationen nächstgelegenen Wetterstationen. Eigene Darstellung nach DLR RLP (o.D.).

Die Kooperation "Bad Dürkheim", mit der gleichnamigen Wetterstation, weist die größten Schwankungen auf. Die Spanne der Jahresniederschläge liegt hier zwischen 346 mm im Minimum und einem Maximum von 710 mm. In der Kooperation "Frankenthal" variieren die Jahresniederschläge zwischen einem Minimum von 388 mm und einem Maximum von 630 mm über den Zeitraum von 2014 bis 2022, was gegenüber der Kooperation "Bad Dürkheim" als geringer einzustufen ist. Die Niederschläge in der Kooperation "Maikammer" zeigen im Allgemeinen eine größere Stabilität, da sie geringeren Schwankungen unterliegen; die Whisker sind sehr kurz und die Box sehr schmal.

Sowohl der maximale Niederschlag von 700 mm als auch der minimale Niederschlag von 433 mm stellen sich als Ausreißer dar. Im Vergleich dazu weist die Kooperation "Steinfeld", die mit der Wetterstation Schweighofen assoziiert ist, die durchschnittlich höchsten Niederschläge auf und zeigt die zweitgrößte Differenz zwischen dem minimalen und maximalen Niederschlag. Hier stehen eine maximale Niederschlagssumme von nahezu 850 mm einem minimalen Jahresniederschlag von 562 mm gegenüber. Die Wetterstation Edesheim, die mit der Kooperation Venningen in Verbindung steht, zeigt eine Spanne von einem minimalen Jahresniederschlag von 438 mm bis zu einem maximalen Jahresniederschlag von 745 mm. Wie bei der Kooperation Maikammer handelt es sich beide Male um Ausreißer.

Die Variation der Niederschläge *innerhalb* der Kooperationen verdeutlicht die Unvorhersehbarkeit bestimmter Faktoren wie intensiver Niederschläge, die jährlich in unterschiedlichem Maße und zu unterschiedlichen Zeitpunkten auftreten können. Diese Schwankungen müssen bei der Beurteilung des Trends, vor allem von Herbst- N_{\min} -gehalten, seit Beginn der Beratung berücksichtigt werden. Es genügt nicht, die Messwerte mit den Werten des Vor- oder Folgejahres zu vergleichen, da die Auswirkungen der Niederschläge auf die Auswaschung von Nährstoffen stark variieren können. In Kooperationen mit sandigen Böden, die eine höhere Durchlässigkeit aufweisen, können intensive Niederschläge eine verstärkte Auswaschung von Nährstoffen bedingen. Diese unvorhersehbaren Ereignisse führen dazu, dass die Herbst- N_{\min} -Gehalte von Jahr zu Jahr und in unterschiedlichen Bodenschichten erheblich variieren, selbst wenn keine Änderungen in den Bewirtschaftungspraktiken vorgenommen wurden, was den Niederschlag als maßgeblichen Einflussfaktor bestärkt.

Die Vielfalt der Niederschlagsmuster *zwischen* den verschiedenen Kooperationen reflektiert die regionalen Unterschiede. Aufgrund ihrer spezifischen geografischen Lage und topografischen Eigenschaften erleben die Kooperationen individuelle Niederschlagsbedingungen. Diese Unterschiede können erhebliche Auswirkungen auf den Wasserhaushalt und die Auswaschung von Nährstoffen haben. Eine detaillierte Betrachtung der Niederschlagsdaten zeigt, dass bestimmte Kooperationen tendenziell höhere oder niedrigere Niederschlagsmengen aufweisen. Diese regionalen Divergenzen sind von entscheidender Bedeutung für das Verständnis der Auswaschungsdynamik. Kooperationen mit erhöhten Niederschlagsmengen neigen möglicherweise dazu, mehr Sickerwasser zu generieren, was wiederum die Auswaschung von Nährstoffen beeinflusst. Die Variation der Niederschläge zwischen den Kooperationen verdeutlicht die Bedeutung einer differenzierten Analyse. Erfolgreiche Maßnahmen in einer Kooperation sind möglicherweise nicht ohne Weiteres auf andere übertragbar und erzielen dort nicht zwangsläufig die gleichen Ergebnisse.

Es ist folglich von besonderer Wichtigkeit, die Herbst- N_{\min} -Gehalte im Rahmen der Niederschlagsmuster zu kontextualisieren, um das Ausmaß des Einflusses auf die Auswaschung zu erfassen und Rückschlüsse darauf zu ziehen, inwiefern vorbeugende Maßnahmen grundsätzlich möglich gewesen wären.

5.2.5 Die Lufttemperatur in 20 cm Höhe im Kontext der Bewertung messbarer Erfolgsindikatoren

Während der Periode zwischen Ernte und Vegetationsende unterliegt der Herbst-N_{min}-Gehalt verschiedenen Einflüssen, welche stark von den Witterungsbedingungen wie Niederschlag und Temperatur abhängen, was zu einer potenziellen Erhöhung oder Verringerung des Herbst-N_{min}-Gehalts führen kann (HEROLD ET AL., 2010). Eine erhöhte Lufttemperatur sorgt dafür, dass sich auch der Boden erwärmt. Die Bodentemperatur hat einen erheblichen Einfluss auf die mikrobielle Aktivität im Boden, die wiederum die Stickstoffverfügbarkeit beeinflusst. Höhere Temperaturen steigern die Aktivität von Bodenmikroorganismen (ONWUKA, 2016), was bei entsprechender Bodenfeuchte die Freisetzung von Stickstoff beschleunigt und zu einem Anstieg des Herbst-N_{min}-Gehalts im Boden führt. Bei anhaltend hohen Temperaturen oder einem erneuten Anstieg im Herbst nach der Ernte besteht die Möglichkeit einer verstärkten Mineralisation. Dabei wird Stickstoff freigesetzt, der nach Abschluss der Hauptvegetationsperiode von den Weinreben oder bei fehlender Einsaat nur noch eingeschränkt aufgenommen werden kann. Eine effektive Methode, um diesen Stickstoff zu bewahren und Auswaschung zu verhindern, besteht darin, eine Zwischenfrucht einzusäen. Indem im Herbst eine Zwischenfrucht etabliert wird, kann der im Boden vorhandene Stickstoff konserviert und nach dem Frühjahrs-Umbruch für die nachfolgende Kultur nutzbar gemacht werden.

Abbildung 4 veranschaulicht die durchschnittlichen Temperaturen in 20 cm Höhe während der Monate Oktober und November, in denen die Herbst-N_{min}-Beprobung üblicherweise erfolgt.

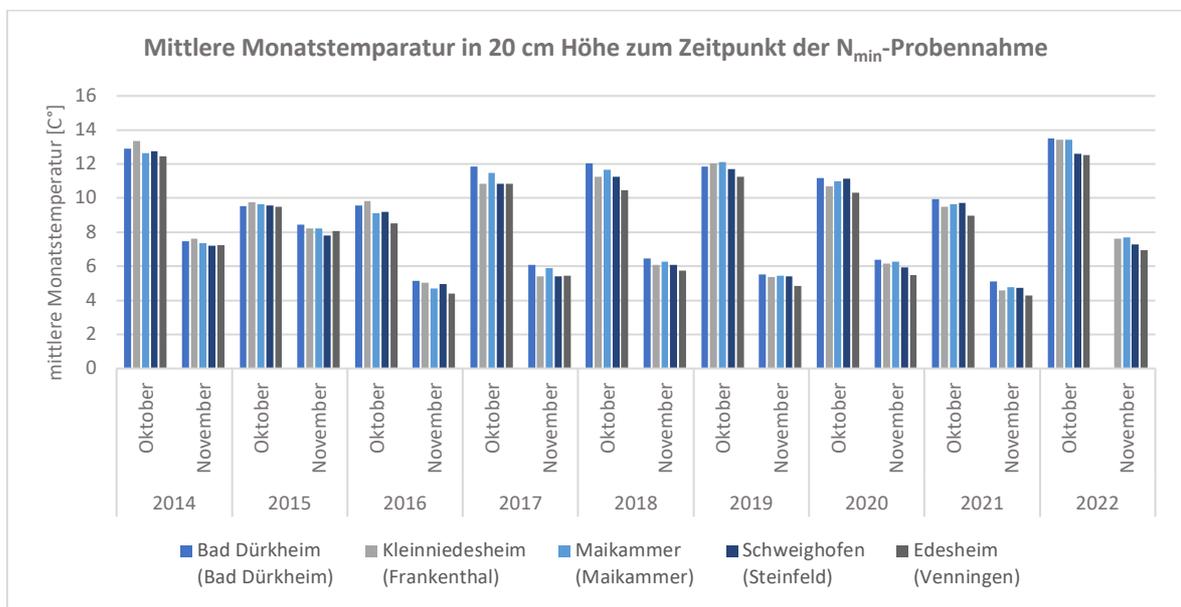


Abbildung 4: Mittlere Monatstemperatur zu den üblichen Probeterminen in den Monaten Oktober und November der nächstgelegenen Wetterstationen der Kooperationen. Eigene Darstellung nach DLR RLP (o.D.).

Die Darstellung in Abbildung 4 verdeutlicht, dass im Gegensatz zu den Niederschlägen (siehe Abbildung 3) die Temperatur in 20 Zentimeter Höhe weniger *zwischen* den Kooperationen, sondern vielmehr *zwischen* den Jahren variiert. Während ein Vergleich der Herbst-N_{min}-Messwerte im

5 Die Kooperationen – eine umfassende Darstellung der Kenngrößen und standortspezifischen Einflüsse

Zusammenhang mit den Niederschlägen zwischen den Kooperationen nicht problemlos möglich ist, zeigt sich bezüglich der Temperatur keine nennenswerte Differenz zwischen den betrachteten Kooperationen.

Die Betrachtung der Messwerte *innerhalb* der Kooperation seit Beratungsbeginn gestaltet sich jedoch weniger problemlos. Der Vergleich zwischen einer Probe aus dem Oktober und einer Probe aus dem November kann aufgrund der deutlichen Temperaturdifferenz zwischen den beiden Monaten zu einem Mineralisationseffekt führen. Die Temperatur ist im Oktober über alle Kooperationen und Jahre hinweg höher als im November. Erfolgt die Beprobung im Oktober, ist grundsätzlich mit einer erhöhten Mineralisation im Vergleich zum Monat November zu rechnen. Daher ist es wichtig, den Zeitpunkt der Probenahme bei der Interpretation der Werte über einen zeitlichen Verlauf hinweg angemessen zu berücksichtigen.

Zum Schluss sind die Niederschlagsintensität, die Temperatur in 20 cm Höhe und die Bodenart als bedeutende Standortfaktoren bekannt. Falls keiner dieser Faktoren oder die Temperatur klare Erklärungen für die Variation der Erfolgsindikatoren liefert, bleibt als letzte Möglichkeit die Vermutung, dass Managementpraktiken die Messwerte beeinflussen könnten. Allerdings ist eine Überprüfung dieser Vermutung schwierig, da den Jahresberichten der Kooperationen nicht zwangsläufig Rohdaten beiliegen und somit die Ergebnisse und Interpretationen nicht verifizierbar sind.

Tabelle 6 fasst die Termine der Herbst-N_{min}-Beprobungen jedes Jahres und jeder Kooperation zusammen, um in Kapitel 8 die Effektstärke des Beprobungstermins auf die Messwerte zu ermöglichen.

Tabelle 6: Übersicht der Zeitpunkt der Probenahme aller Kooperationen. Eigene Darstellung.

Jahr	Bad Dürkheim	Frankenthal	Maikammer	Steinfeld, Ackerbau	Steinfeld, Weinbau	Venningen, Weinbau
2014			28.10. bis 03.11.			
2015			21.10. bis 09.11.			
2016			28.10. bis 03.11.			
2017		20.10. bis 03.11.	16.10. bis 20.11.			23.10. bis 15.11.
2018		21.11. bis 12.12.	<i>zu trocken</i>			<i>zu trocken</i>
2019		28.10. bis 11.11.	06.11. bis 14.11.	25.11. bis 27.11.		14.11. bis 04.12.
2020	18.11. bis 27.11.	30.10. bis 09.11.	28.10. bis 03.11.	27.11. bis 11.12.	10.12. bis 11.12.	05.11. bis 17.11.
2021	23.11. bis 06.12.	28.10. bis 07.11.	26.10. bis 08.11.	29.11. bis 07.12.	19.11. bis 22.11.	08.11. bis 18.11.
2022	01.11. bis 25.11.	08.11. bis 11.11.		30.11. bis 01.12.	22.11. bis 23.11.	13.10. bis 20.10.

Die Übersicht verdeutlicht, dass die Probenentnahme innerhalb derselben Kooperation teilweise zu sehr unterschiedlichen Zeitpunkten erfolgte. Die Annahme einer temperaturbedingt erhöhten Mineralisation im Oktober erschwert die uneingeschränkte Vergleichbarkeit bei mehrjährigen Analysen. Die Ackerbauflächen der Kooperation Steinfeld wurden regelmäßig zwischen Mitte November und spätestens 11. Dezember eines Jahres beprobt, was die Vergleichbarkeit der Herbst-N_{min}-Gehalte im Kontext der Temperatur erhöht. Ein ähnlicher Umstand, der eine vergleichbare Basis

gewährleistet, ist auch bei den Kooperationen Bad Dürkheim und Frankenthal (mit Ausnahmen im Jahr 2018) gegeben. Die Kooperation Maikammer zeigt im Jahr 2017 einen sehr langen Beprobungszeitraum (16.10. bis 20.11.), während für die Weinbauflächen der Kooperation Venningen im Jahr 2019 eine besonders späte und im Jahr 2022 eine besonders frühe Beprobung stattfand. Diese Umstände müssen berücksichtigt werden.

5.3 Der Gesamteinfluss standortspezifischer Faktoren auf die Ergebnisse

Im siebten Kapitel werden die Ergebnisse der messbaren Faktoren seit Beginn der Kooperationsarbeit im zeitlichen Verlauf präsentiert. Das Ziel besteht darin zu prüfen, ob ein Trend abgeleitet werden kann, der die Forschungsfragen des zweiten Schwerpunkts abschließend beantwortet. Die jährlichen Messwerte lassen sich nicht zielführend in den Kontext der durchgeführten Gewässerschutzmaßnahmen integrieren, sei es bezüglich der Fruchtfolge, des Bodenmanagements, der Zwischenfruchteinsaat oder der Winterbegrünung. Die standortspezifischen und klimatischen Einflüsse aus diesem Kapitel sind im Gegensatz zu den Managementmaßnahmen bekannt und werden bei der anschließenden Diskussion der Ergebnisse und der Einordnung hinsichtlich eines Erfolgs berücksichtigt.

Die Herbst- N_{\min} -Beprobung erfasst den aktuellen Zustand des Bodens sowie die Verteilung des verbliebenen Stickstoffgehalts über die verschiedenen Bodenschichten als Momentaufnahme, unterliegt dabei im Verlauf einer Vegetationsperiode diversen Änderungen. Die Auswirkungen der Witterung auf den Herbst- N_{\min} -Gehalt sind von großer Bedeutung und erschweren die Vergleichbarkeit sowohl innerhalb einzelner Jahre als auch zwischen den verschiedenen Kooperationen erheblich (NLWKN, 2012). Ein Herausrechnen des Witterungseinflusses zeigt nach NLWKN (2012) keine realistischen Prognoseergebnisse und sollte daher vermieden werden. Die Standortbedingungen spielen eine ebenfalls entscheidende Rolle, insbesondere die Bodenart im Zusammenhang mit der Auswaschung von Nährstoffen. Die schlagspezifische Bilanz wird hauptsächlich durch Düngemaßnahmen und die ertragsbedingte Abfuhr bestimmt, während klimatisch bedingte Ein- und Austräge eine untergeordnete Rolle spielen. In dieser Evaluation erfolgt die Interpretation in Bezug auf den Erfolg im Kontext des Bilanzsaldos ausschließlich vor dem Hintergrund der geltenden rechtlichen Rahmenbedingungen, unter Berücksichtigung der Witterung und der damit verbundenen Schwankungen in der Ernteleistung sowie hinsichtlich der N-Gesamtzufuhr eines Jahres.

Das Eindringen von Nitrat ins Grundwasser ist das Ergebnis einer komplexen Wechselwirkung zwischen natürlichen Faktoren wie Bodentyp und -zusammensetzung (DE RUIJTER ET AL., 2007), Temperatur und Niederschlag sowie landwirtschaftlichen Einflüssen. Die effektive Bewältigung der Stickstoffproblematik erfordert daher eine ausgewogene Kombination von Bodenbearbeitungstechniken und Düngungspraktiken, die sorgfältig auf die standortspezifischen Faktoren abgestimmt sein müssen. Die Integration geeigneter Bodenbearbeitungsmethoden in Verbindung mit der Einsaat von Zwischenfrüchten und dem Etablieren einer Winterbegrünung bietet eine vielversprechende Herangehensweise, um den Stickstoffgehalt im Boden zu optimieren, wirtschaftliche Erträge zu erzielen und gleichzeitig Umweltauswirkungen durch Auswaschung und damit eine Gefährdung des Grundwassers zu minimieren.

6 Ergebnisse der Befragung

Die vorliegende Evaluation hat neben der Analyse quantitativer Indikatoren (siehe Kapitel 7) auch das Ziel, die Beratungstätigkeit der WSB RLP zu bewerten. Dabei ist die Identifizierung und Dokumentation von Verbesserungspotenzialen von entscheidender Bedeutung, um die Qualität und Effektivität der Beratungsleistungen kontinuierlich zu steigern. Dieser Prozess umfasst die systematische Erfassung von Stärken und Schwächen sowohl in der Beratungsarbeit selbst als auch in den angebotenen Dienstleistungen.

Die Durchführung einer Befragung ermöglicht es, umfassende Einblicke in die Sichtweisen, Meinungen und Erfahrungen der Teilnehmer zu gewinnen. In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der durchgeführten Befragung präsentiert. Die Befragung, die im Rahmen dieser Forschungsarbeit konzipiert und durchgeführt wurde, zielt darauf ab, die bereits in der Einleitung benannten Forschungsfragen zu beantworten:

1. **Wie zufrieden sind die an der Kooperation teilnehmenden Landwirte mit der Beratung durch die Berater?**
2. **Inwiefern kann das Beratungskonzept verbessert werden?**

Die Fragebögen wurden Anfang August 2023 an die Betriebsleiter der fünf ausgewählten Kooperationen mit der Bitte um Rücksendung bis zum 1. Dezember 2023 verschickt. In einigen Kooperationen sind über längere Zeiträume hinweg kontinuierlich dieselben Berater aktiv, während in anderen Kooperationen einzelne Berater aufgrund von zeitlich begrenzten Verträgen nur für kurze Zeit involviert sind. Generell sind die Berater der WSB RLP kooperationspezifisch aktiv, wobei es zu Überschneidungen kommt und einzelne Berater mehrere der ausgewerteten Kooperationen bzw. Teilbereiche wie z.B. den Fachbereich "Weinbau" übernehmen.

Bei der Analyse ist zu beachten, dass in einigen Kooperationen ausschließlich Betriebe eines spezifischen Typs vertreten sind, wie etwa Acker- oder Weinbaubetriebe, während in anderen Kooperationen eine Mischung verschiedener Betriebstypen vorliegt. Die Verteilung der Betriebstypen in Bezug auf die Gesamtanzahl der versandten Fragebögen ist in Tabelle 7 dargestellt und gestaltet sich wie folgt:

Tabelle 7: *Übersicht über die Verteilung der Betriebstypen in den ausgewerteten Kooperationen samt Anteil an der Gesamtheit der Befragung. Eigene Darstellung.*

		Bad Dürkheim	Frankenthal	Maikammer	Steinfeld	Venningen	Summe (absolute Anzahl der Betriebe)	Anteil an der Befragung in %
Anzahl der versendeten Bögen		21	17	24	5	20	87	Rücklaufquote insgesamt = 88,5%
Anzahl der Rücksendungen		18	13	22	4	20	77	
A U F T E I L U N G	Anteil der Weinbaubetriebe in %	100%	0	100%	0	70%	59	67,8%
	Anteil der Ackerbaubetriebe in %	0	0	0	20%	15%	4	4,6%
	Anteil Mischbetriebe (Wein-Ackerbau oder Gemüse-Ackerbau) in %	0	100%	0	80%	15%	24	27,6%

Von den 87 versandten Fragebögen wurden 77 vollständig ausgefüllt und zurückgesandt. In Bezug auf die Kooperation Frankenthal ist zu beachten, dass etwa 50 % der Gesamtfläche in allen

Beratungsjahren für ackerbauliche Kulturen genutzt werden, während die restlichen Flächen ausschließlich dem Anbau von Gemüse und Kräutern dient. Daher sind die Betriebe der Kooperation Frankenthal in Tabelle 7 vollständig als Mischbetrieb aufgeführt.

Statistisch wird der χ^2 -Anpassungstest zur Auswertung genutzt. Er überprüft, ob eine Stichprobe mit einer unterstellten theoretischen Verteilung übereinstimmt. Unterstellt wird, dass die Antworthäufigkeiten aller Antwortoptionen derselben Wahrscheinlichkeit unterliegen, d.h. jede Angabe der Optionen zu den Fragen wird in der Theorie gleich häufig ausgewählt. Dabei repräsentieren die erwarteten Häufigkeiten die jeweilige Nullhypothese. Wenn die Nullhypothese abgelehnt wird, gibt es eine statistisch signifikante Abweichung zwischen den beobachteten und erwarteten Häufigkeiten. Ein signifikanter χ^2 -Wert (p -Wert $< 0,05$; 5 % Irrtumswahrscheinlichkeit) führt zur Ablehnung der Nullhypothese und zur Annahme der Alternativhypothese. Je kleiner der p -Wert, desto weniger beruht die Abweichung von Gleichverteilung auf dem Zufall, sondern auf einem tatsächlichen Unterschied in den beobachteten Häufigkeiten.

Der Test ergibt, dass sich alle Antworten, mit Ausnahme der Frage 8, signifikant von einer Gleichverteilung unterscheiden.

6.1 Betriebsmerkmale

In einer ersten Frage werden die Betriebsleiter gebeten, ihren spezifischen Betriebstyp anzugeben. Es ist anzumerken, dass die Winzer ihren Betriebstyp entweder als "Dauer-" oder "Sonderkulturbetrieb" klassifizieren. In acht Fällen wird die Kategorie "anderer" verwendet, wobei im Freischreibefeld spezifiziert wird, dass es sich um Weinbaubetriebe handelt. Abbildung 8 zeigt den Anteil der Antworten auf die erste Frage. Die Antworten weichen signifikant von einer Gleichverteilung ab, was bedeutet, dass bestimmte Antworten häufiger und andere seltener gegeben wurden als unter einer Gleichverteilung erwartet. Diese Abweichungen sind bei der Interpretation zu berücksichtigen und deuten darauf hin, dass Weinbaubetriebe signifikant am häufigsten Teil der Betriebsleiterbefragung sind.

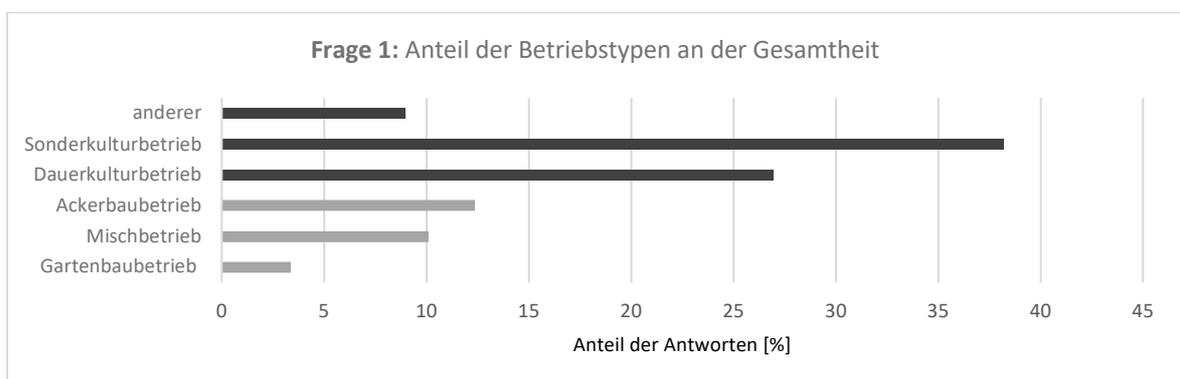


Abbildung 5: Antworten zu der Frage: „Was für einen Betrieb haben Sie?“, eigene Darstellung. Neben den dargestellten Antwortmöglichkeiten standen ebenfalls „Veredlungsbetrieb“ und „Futterbau“ zur Wahl, die jedoch von keinem Teilnehmer gewählt und daher aus der Darstellung ausgeschlossen werden. Die Weinbaubetriebe sind in der gleichen Farbe (dunkelgrau) von den weiteren Betriebstypen angehoben. Eigene Darstellung.

Im Rahmen der vertiefenden Einordnung werden die Betriebsleiter gebeten, genaue Angaben zur Klassifizierung ihrer Betriebe als "konventionell" oder "ökologisch" zu machen. Der χ^2 -Anpassungstest zeigt eine signifikante Abweichung von der angenommenen Gleichverteilung und zeigt statistisch einen signifikant höheren Anteil konventioneller (80 %) im Vergleich zu ökologisch wirtschaftenden Betrieben (20 %).

Die Betriebsleiter werden in Bezug auf ihr Düngemanagement hinsichtlich der anfallenden und aufgenommenen Wirtschaftsdünger sowie zur Nutzung von Gärresten befragt. Die Ergebnisse sind in Abbildung 6 dargestellt und verdeutlichen, inwiefern und in welchem Umfang Gärreste und Wirtschaftsdünger für die Beratung von Relevanz sind oder zukünftig werden können. Sie liefern Einblicke darüber, welche besonderen Aspekte bei der Beratung berücksichtigt werden müssen und identifizieren Handlungsfelder für die Beratung in gleichem Maße, wie Beratungsfelder aufgezeigt werden, die weniger Aufwand erfordern.

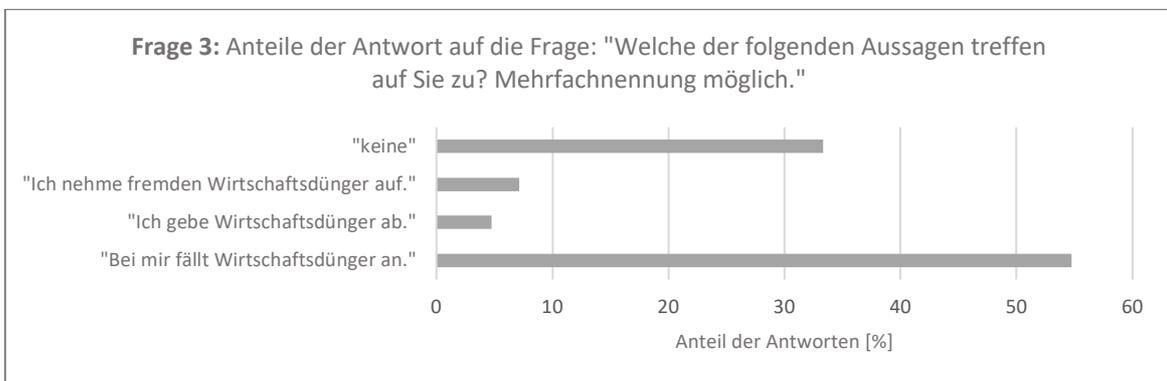


Abbildung 6: Antworten zu der Frage: „Welche der folgenden Aussagen treffen auf Sie zu? Mehrfachnennung möglich“. Die drei Antwortmöglichkeiten "Ich gebe Gärreste ab", "Ich nehme fremde Gärreste auf" und "Ich bekomme Gärreste von einer Biogasanlage zurück, an die ich Gärreste liefere" wurde in keinem Fragebogen von den Teilnehmern ausgefüllt und sind daher nicht in der Abbildung dargestellt. Eigene Darstellung.

Insgesamt fällt in 55 % der untersuchten Betriebe Wirtschaftsdünger an, wobei kein Betriebsleiter die Abgabe oder Aufnahme von Gärresten als für seinen Betrieb relevant angibt. Etwa ein Drittel der Befragten sagt aus, dass keine der genannten Aussagen auf ihren Betrieb zutrifft. Die Abgabe von Wirtschaftsdünger und die Aufnahme von fremdem Wirtschaftsdünger machen zusammen lediglich 12 % aus. Der χ^2 -Anpassungstest geht in der Nullhypothese von Gleichverteilung aus, welche für die dritte Frage verworfen und dagegen von einer signifikanten Abweichung der Gleichverteilung ausgegangen werden muss.

In 74 % der Betriebe befinden sich sämtliche Flächen vollständig innerhalb eines "roten Gebiets", während hingegen bei 22 % der kooperierenden Betriebe die Flächen außerhalb solcher Gebiete liegen. Vier Prozent geben an, dass ihre Flächen teilweise in einem roten Gebiet liegen. Statistisch betrachtet besteht ein signifikanter Unterschied zur Nullhypothese, welche von einer gleichmäßigen Verteilung von Flächen innerhalb und außerhalb nitratbelasteter Gebiete ausgeht. Angesichts der verschärften Düngebedingungen in roten Gebieten seit Januar 2021 ist es von Bedeutung, den deutlich höheren Anteil der Flächen innerhalb roter Gebiete besonders bei der Bewertung der Bilanzsal- den zu berücksichtigen.

In Bezug auf die Betriebsführung geben lediglich 7 % der Teilnehmer an, im Nebenerwerb tätig zu sein, während 93 % angeben, im Haupterwerb zu wirtschaften. Auch hier zeigt sich ein statistisch signifikanter Unterschied zur Nullhypothese einer gleichmäßigen Verteilung.

Die sechste Frage betrifft das Jahr des Abschlusses der ersten Kooperationsvereinbarung. Die Ergebnisse sind in Abbildung 7 dargestellt.

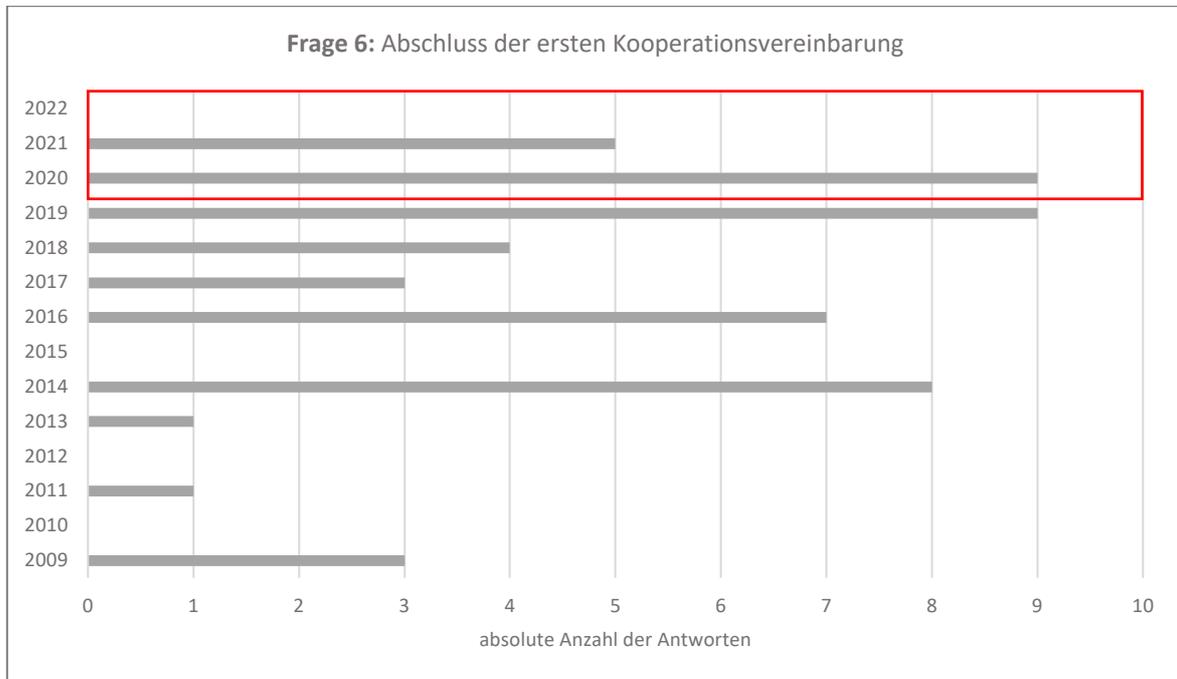


Abbildung 7: Antworten zu der Frage: „Abschluss der ersten Kooperationsvereinbarung (Jahr)". Insgesamt wissen nur 65 % derer, die den Bogen beantwortet haben, in welchem Jahr die erste Kooperationsvereinbarung abgeschlossen wurde. Der rote Rahmen markiert die Corona-Pandemie. Eigene Darstellung.

Lediglich etwa zwei Drittel der Befragten können das Jahr ihrer ersten Kooperationsvereinbarung angeben, was auf eine mögliche Verzerrung der Daten und fehlerhafte Angaben hinweist. Von den 50 Betrieben geben 14 (28 %) an, einen Kooperationsvertrag erst ab dem Jahr 2020 und damit in einem pandemiebedingten Kontext abgeschlossen zu haben. Dieser Aspekt ist vor allem in Bezug auf die wahrgenommenen Beratungsleistungen der letzten zwei Jahre zu berücksichtigen. Statistisch wird auf Grund der mangelnden Voraussetzung keine Überprüfung auf Gleichverteilung vorgenommen.

6.2 Aspekte und Nutzen der Beratung sowie der Umfang der Leistungen

Im Rahmen der Evaluation werden die Aspekte und der Nutzen der Beratung sowie der Umfang der erbrachten Leistungen detailliert untersucht, um die Forschungsfrage zu beantworten. Hierbei erfolgt eine umfassende Befragung der Betriebsleiter, um ihre Zufriedenheit mit verschiedenen Aspekten der Beratung sowie den daraus resultierenden Nutzen zu erfassen. Dabei werden spezifische Bereiche wie das landwirtschaftliche Fachwissen, die Expertise im Gewässerschutz, die Objektivität und das Engagement der Berater betrachtet. Ebenso wird die Praxisnähe, die Aktualität der vermittelten Inhalte und deren Verständlichkeit unter Berücksichtigung regionaler Gegebenheiten beleuchtet.

Abbildung 8 zeigt anhand einer fünfstufigen Skala von "schlecht" bis "gut" die Bewertung der genannten Aspekte.

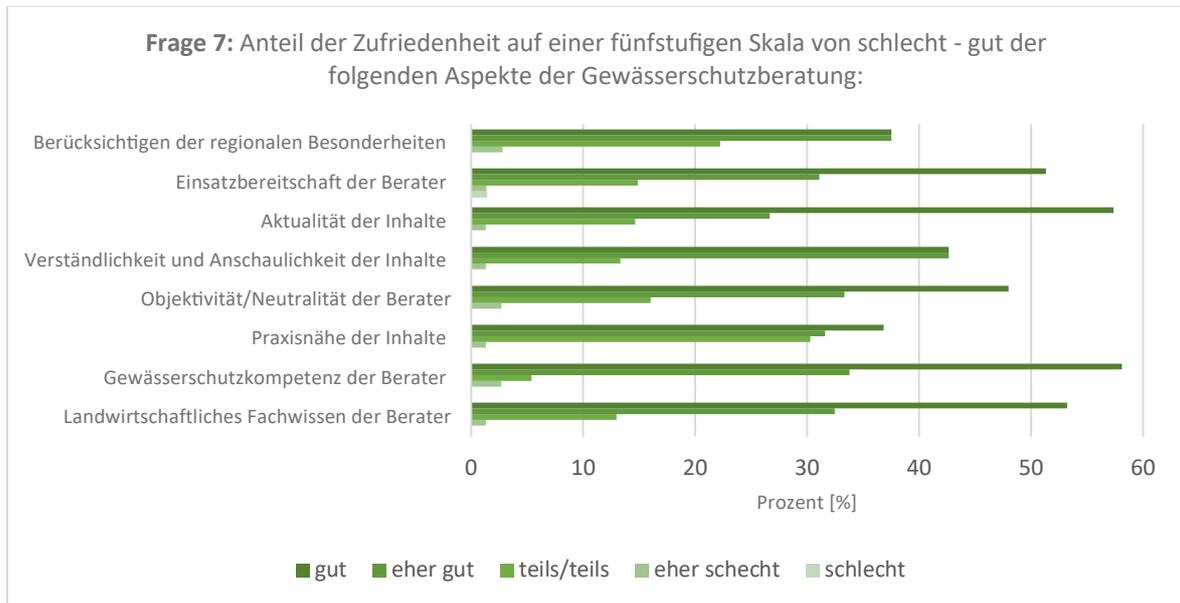


Abbildung 8: Antworten zu der Frage: "Wie bewerten Sie die folgenden Aspekte der Gewässerschutzberatung?" anhand der fünfstufigen Skala "gut" bis "schlecht". Eigene Darstellung.

Keiner der abgefragten Aspekte wird von mehr als 10 % der Betriebsleiter als "eher schlecht" oder "schlecht" bewertet. Die Rückmeldung zeigt sich grundlegend positiv, vorwiegend im Bereich von "eher gut" bis "gut". Die Einsatzbereitschaft der Gewässerschutzberater wird lediglich einmal als "schlecht" bewertet, ebenso wird der "ständige Personalwechsel" unter sonstiges einmalig als negativ genannt. Von keinem weiteren Kooperationsteilnehmer wird ein Aspekt darüber hinaus als "schlecht" bewertet. Besonders die Einsatzbereitschaft und das landwirtschaftliche Fachwissen der Berater sowie die Gewässerschutzkompetenz und die Aktualität der vermittelten Inhalte werden von über 50 % als "gut" beschrieben, was auf hohe Zufriedenheit seitens der Beratenen hinweist. Insgesamt wird jeder Aspekt von mindestens 35 % der Betriebsleiter als "gut" bewertet.

Statistisch betrachtet unterscheiden sich die fünf Antwortmöglichkeiten (schlecht bis gut) über alle Aspekte signifikant von einer Gleichverteilung. Es zeigt sich eine Verschiebung der Antworten in Richtung "eher gut" bis "teils/teils", während "schlecht" und "eher schlecht" als Beschreibung der Zufriedenheit weniger häufig gewählt werden.

Die Erfassung der Betriebsleiterzufriedenheit mit den verschiedenen Aspekten der Wasserschutzberatung in Rheinland-Pfalz ist entscheidend für die Bewertung ihrer Relevanz. Eine alleinige Zufriedenheitsbewertung reicht jedoch nicht aus. Es ist ebenso wichtig zu untersuchen, ob und inwieweit die Aspekte einen konkreten Nutzen für die Betriebe haben. Durch die Analyse der Wirksamkeit und Nutzenstiftung einzelner Beratungsbereiche können wertvolle Erkenntnisse gewonnen werden, die es ermöglichen, die Beratungspraktiken gezielt an die spezifischen Bedürfnisse und Anforderungen der Landwirte anzupassen. Zusätzlich bietet die Identifizierung weniger nutzenstiftender Aspekte die Gelegenheit, Themenfelder zu identifizieren, die möglicherweise überarbeitet oder neu strukturiert werden müssen. Die Erkenntnisse ermöglichen eine effizientere Nutzung der Ressourcen der

Wasserschutzberatung und gewährleisten, dass die Beratungsangebote optimal auf die Bedürfnisse der Landwirte zugeschnitten sind. Abbildung 9 zeigt die Ergebnisse auf die Frage nach dem Nutzen einzelner Aspekte für den Betrieb.

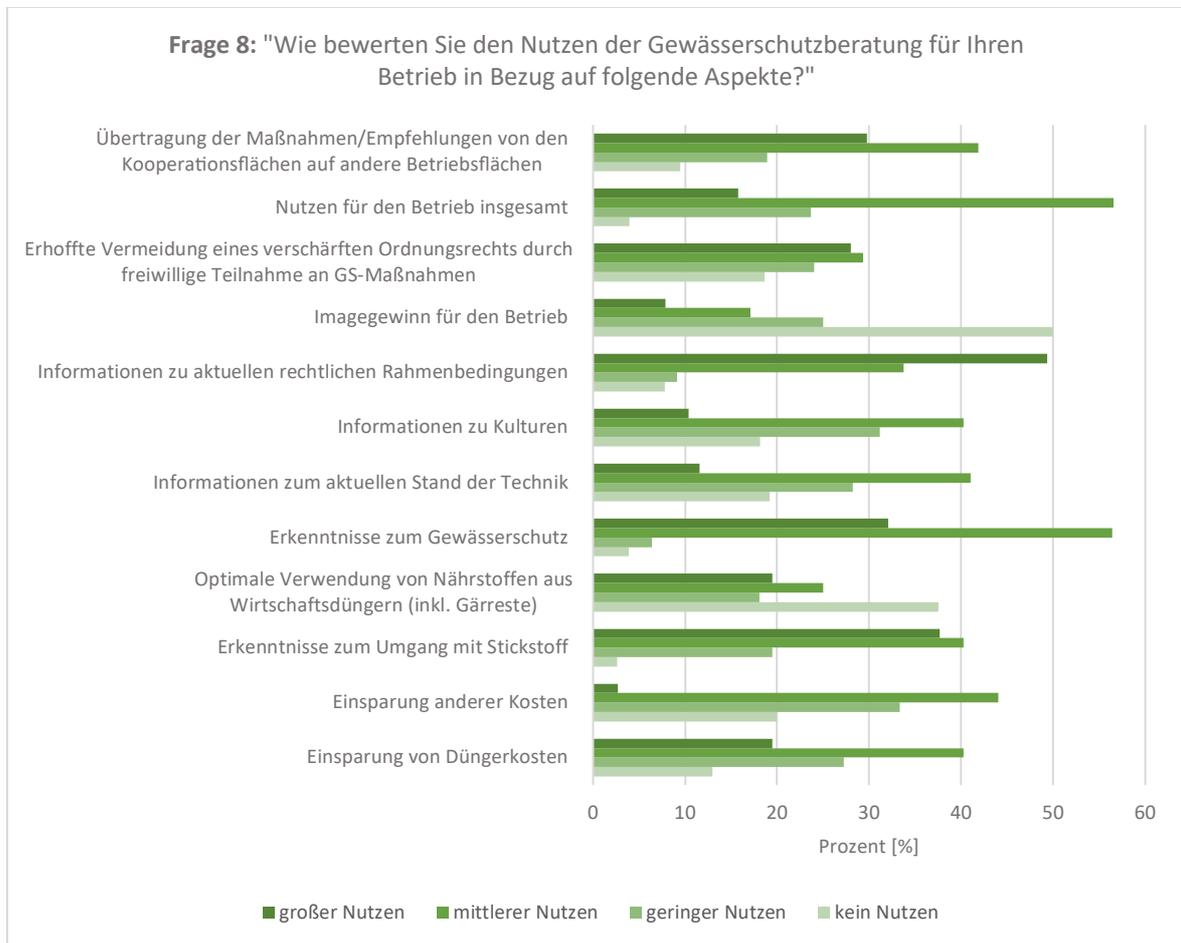


Abbildung 9: Antworten auf die Frage: „Wie bewerten Sie den Nutzen der Gewässerschutzberatung für Ihren Betrieb in Bezug auf folgende Aspekte?“. Eigene Darstellung.

Insgesamt sehen 50 % der Betriebe keinen Gewinn für das Image ihres Betriebs durch die Teilnahme an der Gewässerschutzkooperation. Die optimale Verwendung der Gärreste wird von knapp 40 % der Teilnehmer der Kooperationen als kaum nutzbringend angesehen. Hingegen wird der größte Nutzen von den Teilnehmern in Informationen zu den aktuellen rechtlichen Rahmenbedingungen gesehen. Es zeigt sich ein breites Meinungsbild je nach Aspekt, wobei deutliche Trends hinsichtlich eines großen bis mittleren Nutzens nur bei den Aspekten "Informationen zu den rechtlichen Rahmenbedingungen" und "Erkenntnisse zum Gewässerschutz" erkennbar sind. Die Frage nach der allgemeinen Gültigkeit des Nutzens für bestimmte Aspekte aus Sicht der Teilnehmer lässt sich nicht pauschal beantworten. Die Diskrepanz in den Antworten unterstreicht die Komplexität und Vielschichtigkeit der Gewässerschutzberatung, die jeweils betriebsindividuell abgestimmt werden muss, um auf größte Zufriedenheit zu stoßen. Statistisch gesehen unterscheiden sich die Aspekte "optimale Verwendung von Nährstoffen aus Wirtschaftsdüngern (inklusive Gärreste)" und "Erhoffte Vermeidung eines verschärften Ordnungsrechts durch freiwillige Teilnahme an Gewässerschutzmaßnahmen" nicht signifikant von einer Gleichverteilung. Das bedeutet, dass die vierstufige

Bewertungsskala von "kein Nutzen" bis "großer Nutzen" eine beobachtete Verteilung zeigt, die sich nicht signifikant von einer Gleichverteilung mit der erwarteten Häufigkeit von 25 % pro Bewertungsstufe unterscheidet. Diese Erkenntnis unterstreicht die Subjektivität hinsichtlich des Nutzens einzelner Aspekte für den einzelnen Betriebsleiter.

In einer dritten und vierten Frage zu den Aspekten und dem Nutzen der Beratung sowie dem Umfang der Leistungen wird erfragt, wie häufig Informations- und Beratungsangebote innerhalb der letzten zwei Jahre in Anspruch genommen wurden und zu welchen Themenbereichen ein erhöhter Informationsbedarf besteht. Abbildung 10 zeigt die Antworten auf die Frage nach der Häufigkeit einer Teilnahme, Abbildung 11 die Antworten auf die Frage, zu welchen Themenbereichen und in welchem Umfang mehr Informationsbedarf besteht:

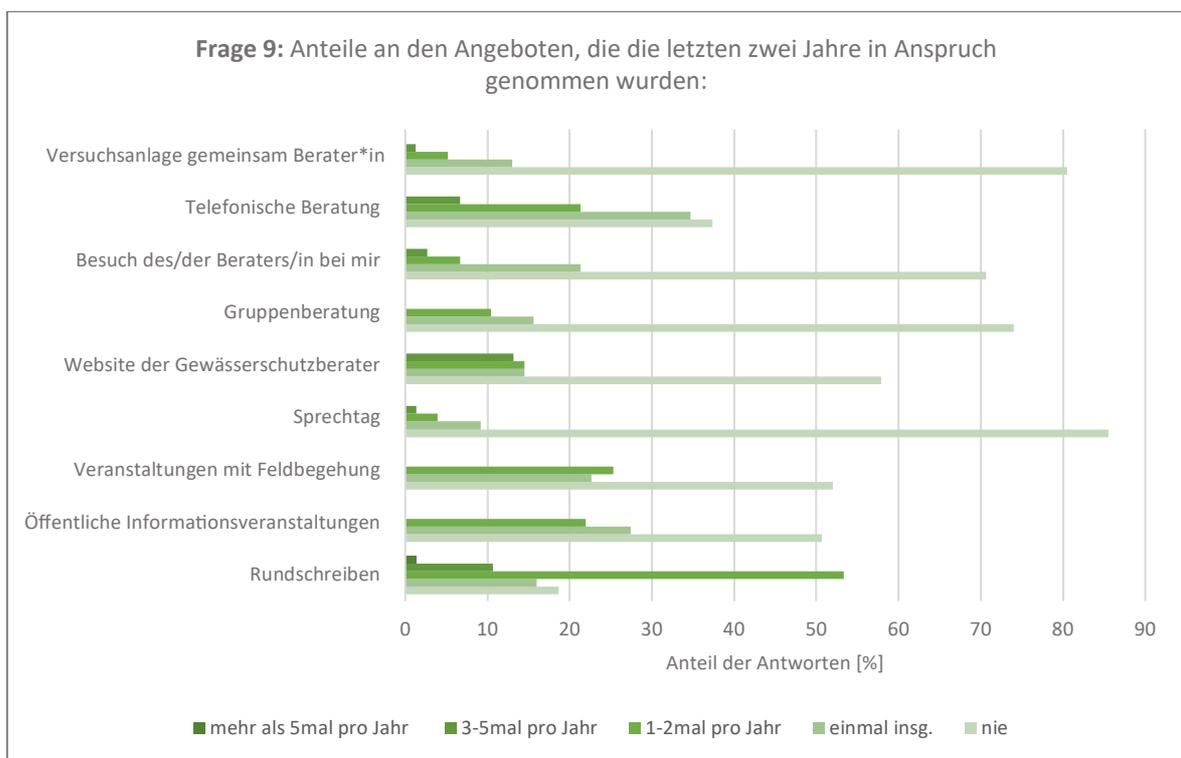


Abbildung 10: Häufigkeit, in der die Angebote der WSB RLP in den letzten zwei Jahre in Anspruch genommen wurden. Eigene Darstellung.

Bei der Auswertung ist zu berücksichtigen, dass die Frage neun des Fragebogens die wahrgenommenen Informations- und Beratungsangeboten der letzten zwei Jahre (2021 und 2022) abfragt, die in die Zeit der COVID-19-Pandemie fallen. Dies kann Auswirkungen auf die gegebenen Antworten zur Häufigkeit der besuchten Veranstaltungen und der genutzten Beratungsangebote haben, da viele Veranstaltungen aufgrund der Pandemiebeschränkungen nicht stattfinden konnten. Dadurch besteht das Potenzial für eine Verfälschung der Ergebnisse, da die Teilnehmer nur weniger Veranstaltungen besuchen konnten, als es ihnen unter normalen Umständen möglich gewesen wäre. Daher ist es bei der Interpretation der Daten angebracht, diesen pandemiebedingten Kontext angemessen zu berücksichtigen.

Es zeigt sich deutlich, dass über 80 % der Befragten während des gesamten abgefragten Zeitraums weder einen Praxisversuch mit ihrem Berater initiierten noch an einem Sprechtag teilnahmen. Der Informationsaustausch und die Kontaktpflege zwischen Berater und Landwirt fanden hauptsächlich in einer Frequenz von ein- bis zweimal pro Jahr durch verschiedene Beratungsangebote (Gruppenveranstaltungen, telefonische Beratung, individuelle Betriebsbesuche), die Nutzung der Website sowie durch Rundschreiben statt. Insbesondere das Rundschreiben erwies sich mit einer Häufigkeit von mehr als 50 % bei einer Frequenz von ein- bis zweimal pro Jahr als wirksames Mittel, um Kooperationspartner mehrmals im Jahr zu erreichen und Informationen bereitzustellen. Unter dem Feld "Sonstiges" wurde von einem Teilnehmer der zweimal jährliche Mailaustausch mit den Beratern als zusätzliche Antwortoption angegeben. Das Wahrnehmen von Rundschreiben mehr als fünfmal im Jahr wurde ebenfalls von nur einem Teilnehmer angegeben. Somit ist es unwahrscheinlich anzunehmen, dass Berater und Betriebsleiter grundsätzlich mehr als zweimal im Jahr in Kontakt stehen. Statistisch betrachtet weichen die beobachteten Werte über alle Aspekte hinweg signifikant von den erwarteten Werten ab. Mit Ausnahme des Aspekts "Rundschreiben" zeigt sich eine Verschiebung der Antwortmöglichkeiten hin zu "nie" als am häufigsten gewählte Option.

Gleichzeitig ist es von Bedeutung, Lücken in der Beratung zu identifizieren. In Frage zehn wird ermittelt, zu welchen Themenbereichen und in welchem Umfang Informationsbedarf besteht:

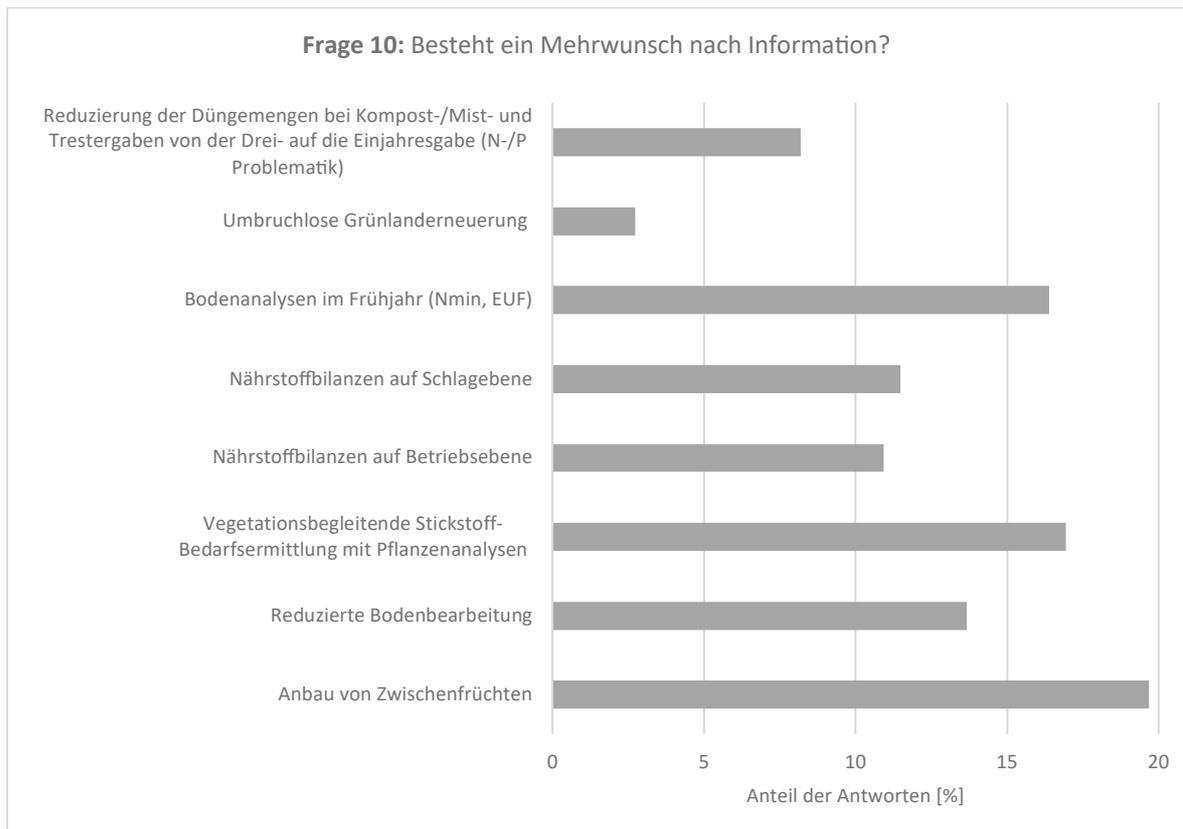


Abbildung 11: Häufigkeit der Angaben nach einem Mehrwunsch nach Information vorgegebener Kategorien. Die Antwortvorgaben "Verzicht auf Herbstdüngung", "N- und P-reduzierte Fütterung" sowie "Gülleausbringung mit Schleppschlauch/-schuh/Injektionsverfahren" werden von keinem Teilnehmer ausgewählt und daher nicht in der Abbildung dargestellt. Eigene Darstellung.

Kein einziger Teilnehmer bestätigt einen spezifischen Mehrbedarf an Informationen bezüglich der Gülleausbringung mit Schleppschlauch/-schuh/Injektionsverfahren, dem Verzicht auf Herbstdüngung sowie einer N- und P-reduzierten Fütterung, weshalb diese Themengebiete aus der Darstellung ausgeschlossen werden. Von einem einzelnen Teilnehmer wird nach einer Hilfestellung zum korrekten Einsaattermin der Winterbegrünung gefragt, was ebenfalls nicht in Abbildung 11 dargestellt ist.

Es wird deutlich, dass ein grundlegender Informationsbedarf besteht. Dennoch wird in 21 % der zurückgesandten Fragebögen keine der vorgegebenen Antwortmöglichkeiten ausgewählt. Dies lässt darauf schließen, dass bei diesen Teilnehmern kein zusätzlicher Informationsbedarf zu den angegebenen Themenfeldern besteht. Die Tatsache, dass diese Teilnehmer auch die Möglichkeit zur Angabe eigener Themenbereiche nicht nutzen, lässt die Annahme zu, dass sie keine spezifischen Bereiche in der Beratung vermissen.

Abschließend im Kapitel der Analyse der Aspekte und des Nutzens der Beratung sowie des Umfangs sollen die Teilnehmenden angeben, wie sie den bisherigen Aufwand und die Kosten ihrer Teilnahme einschätzen und ihre Antwort kurz begründen. Abbildung 12 zeigt die Verteilung der Ergebnisse bezüglich der Aufwands- und Kosteneinschätzung.

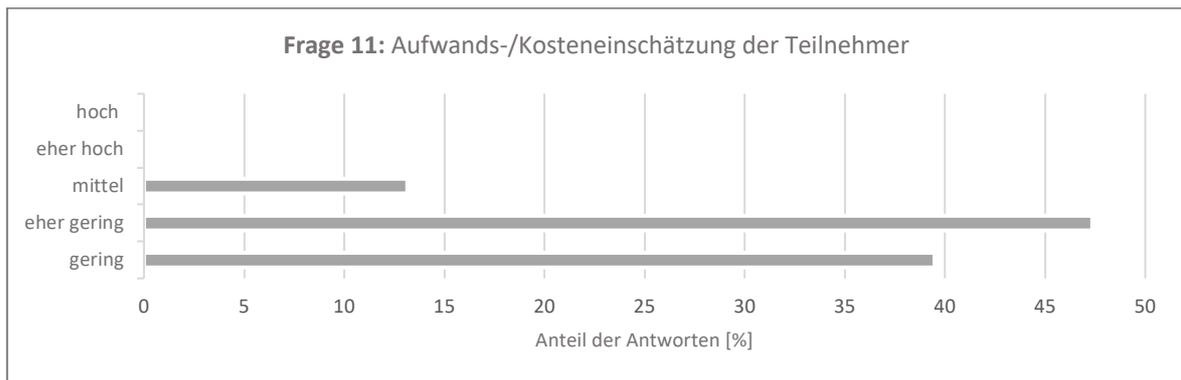


Abbildung 12: Antworten zu der Frage: "Wie hoch ist Ihr eigener Aufwand / sind Ihre Kosten für die Teilnahme an der Beratung?". Eigene Darstellung.

In Bezug auf die Einschätzung von Aufwand und Kosten zeigt die Auswertung, dass 86 % der Befragten den Aufwand und die Kosten als "eher gering" oder "gering" einschätzen. Lediglich 13 % der Teilnehmer geben an, den Aufwand und die Kosten in mittlerer Intensität zu erleben. Es gibt keinen einzigen Teilnehmer, der den Aufwand als "eher hoch" oder "hoch" empfindet. Diese Wahrnehmung wird auch durch statistische Analysen gestützt. Im Falle einer Gleichverteilung wäre eine gleichmäßige Verteilung von jeweils 20 % bei jeder Intensitätsstufe zu erwarten, was sich jedoch nicht bestätigt. Stattdessen zeigt sich ein signifikanter Unterschied zwischen den erwarteten und beobachteten Werten, wobei eine Verschiebung hin zu geringerem Aufwand und Kosten festzustellen ist.

Die Auswertung der Begründungen offenbart, dass die Teilnehmer im Allgemeinen nur einen geringen Aufwand oder zusätzliche Kosten mit der Teilnahme an der Beratung verknüpfen. Viele geben an, dass die Beratung problemlos in den betrieblichen Ablauf integriert werden kann und bereits vorhandene Praktiken durch die Beratung optimiert werden und, dass spezifische Projekte oder Programme keine zusätzlichen Kosten verursachen.

6.3 Zufriedenheit mit der Beratung und Zukunft

Eine umfassende Analyse der Zufriedenheit mit den Beratungsdiensten verfolgt das primäre Ziel, direkte Rückmeldungen von den Teilnehmern zu erhalten, um die Qualität der Beratungsdienste zu bewerten und potenzielle Bereiche für Verbesserungen zu ermitteln. Durch die Beurteilung der Zufriedenheit wird indirekt die Gesamtqualität der Beratungsdienste in Bezug auf ihre Effektivität, ihren Mehrwert, die Freundlichkeit und Kompetenz der Berater reflektiert. Dieser Prozess ermöglicht es, sowohl herausragende Aspekte der Beratungsdienste zu erkennen und zu betonen als auch Schwachstellen oder potenzielle Verbesserungsbereiche zu identifizieren und zu benennen.

In einer einleitenden Frage zum Thema Zufriedenheit werden die Teilnehmer gebeten, ihre generelle Zufriedenheit mit der Beratung auf einer vierstufigen Skala von "sehr zufrieden" bis "nicht zufrieden" anzugeben. Zudem besteht die Möglichkeit, die Frage mit "keine Antwort" zu beantworten. Die Ergebnisse sind in Abbildung 13 dargestellt.



Abbildung 13: Antworten auf die Frage nach der Zufriedenheit der Teilnehmer mit der Beratung durch die WSB RLP. Eigene Darstellung.

Die Antworten zeigen, dass 80 % der Befragten ihre Zufriedenheit mit der Wasserschutzberatung als "zufrieden" oder "sehr zufrieden" angeben. Im Gegensatz dazu äußern 15 % der Teilnehmer Einschränkungen in der Zufriedenheit oder geben an, überhaupt nicht zufrieden zu sein. Fünf Prozent der Befragten lassen die Frage unbeantwortet und wählen das Feld "keine Antwort". Die visuelle Darstellung der Antworten spiegelt sich statistisch wider, wobei eine deutliche Verschiebung in Richtung zufriedener Teilnehmer zu beobachten ist. Die χ^2 -Anpassungstest bestätigt eine signifikante Abweichung von der Annahme einer gleichmäßigen Verteilung.

Teilnehmer, die ihre Zufriedenheit als "mit Einschränkungen zufrieden" oder "nicht zufrieden" angeben, werden in einer nachfolgenden Frage gebeten, spezifische Informationen zur möglichen Verbesserung anzugeben. Betriebsleiter sollen vorgegebene Aspekte hinsichtlich ihrer persönlichen Relevanz bewerten, um einzuschätzen, inwiefern diese dazu beitragen können, die Zufriedenheit mit der Beratung in Zukunft zu steigern. Die Bewertung erfolgt auf einer Skala von "keine Bedeutung" bis "sehr wichtig".

Abbildung 14 verdeutlicht, dass die Meinungen der Betriebsleiter erheblich voneinander abweichen, wenn es darum geht, welche Aspekte und in welchem Ausmaß diese zur Steigerung der Zufriedenheit beitragen können.

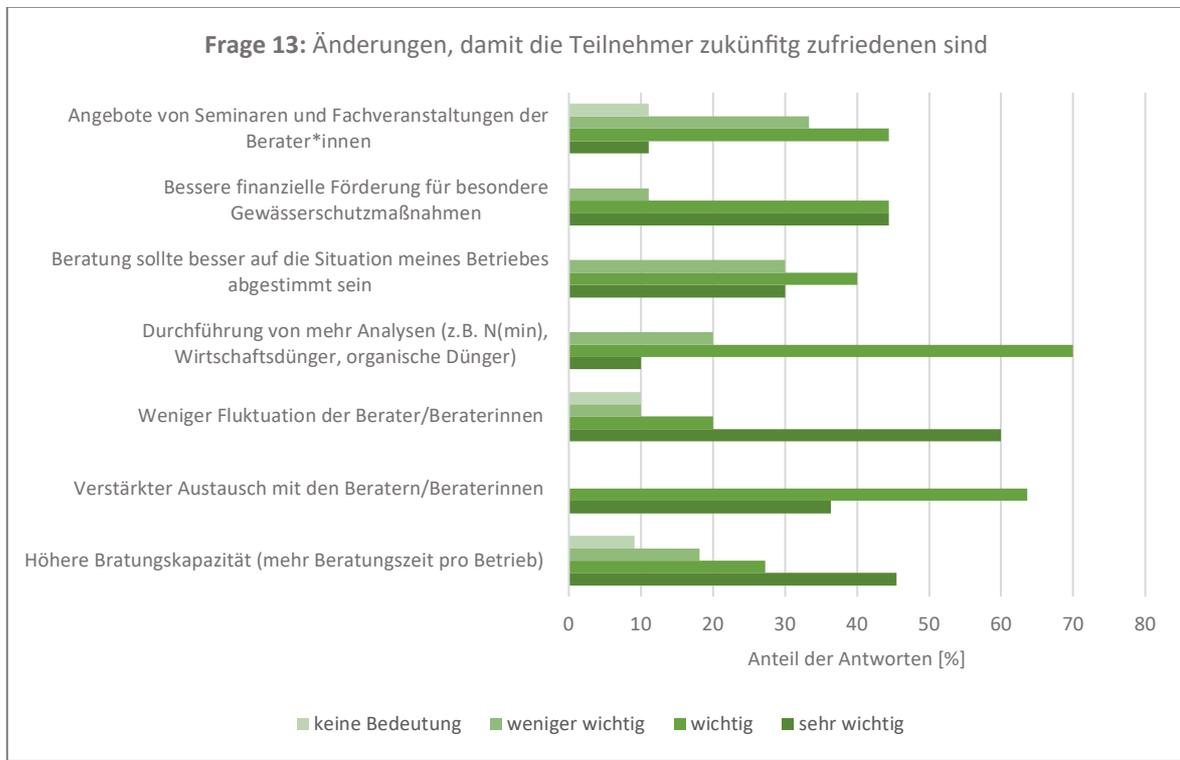


Abbildung 14: Antworten bezüglich der Relevanz und Bedeutung von Aspekten zur Verbesserung der Zufriedenheit derjenigen, die derzeit mit der Beratung nicht zufrieden sind. Eigene Darstellung.

Es lässt sich keine allgemeingültige Regel ableiten, die besagt, dass bestimmte Aspekte generell zu einer höheren Zufriedenheit führen. Dennoch ist hervorzuheben, dass 60 % der unzufriedenen Teilnehmer eine geringere Fluktuation der Berater als äußerst wichtig für eine gesteigerte Zufriedenheit erachten. Ebenso wird von den Kooperationsteilnehmern eine Erhöhung der Beratungskapazität und eine verstärkte Kommunikation mit den Beratern als wünschenswert angesehen. Aufgrund des geringen Stichprobenumfangs wurde Frage 13 nicht statistisch auf Gleichverteilung hinsichtlich der Häufigkeit der Antworten untersucht.

Zwei abschließende Fragen des Themenkomplexes ermitteln die Einschätzung der Teilnehmer bezüglich einer zukünftigen Steigerung des Nutzens aus der Gewässerschutzberatung, etwa durch eine verstärkte Einbindung der Berater oder den Aufbau von Vertrauen. Die Ergebnisse der Umfrage zeigen, dass 15 % der Teilnehmer nicht davon ausgehen, dass ihr Nutzen aus der Beratung künftig zunehmen wird. Im Gegensatz dazu erwarten 38 % der Landwirte eine Steigerung ihres Nutzens in der Zukunft, während 47 % angeben, dass sie vielleicht mit einer Nutzensteigerung rechnen. Statistisch gesehen unterscheiden sich die beobachteten Häufigkeiten der Antworten signifikant von einer Gleichverteilungsannahme.

Abschließend wird erfragt, ob die Teilnehmer die genannten fachlichen Hintergründe erst durch die Gewässerschutzberatung erlangt haben und diese dahingehend einen Mehrwert bietet, oder ob die Themen bereits vor der Beratung bekannt waren. Die Ergebnisse sind in Abbildung 15 dargestellt.

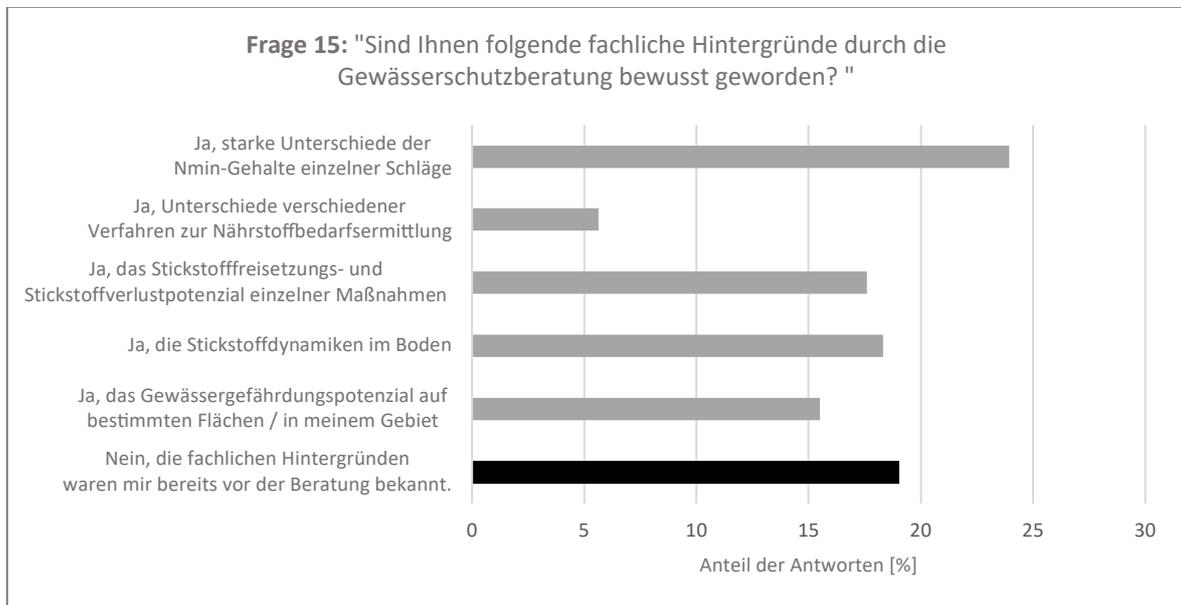


Abbildung 15: Antworten auf die Frage: "Sind Ihnen folgende fachliche Hintergründe durch die Gewässerschutzberatung bewusst geworden?". Eigene Darstellung.

Nahezu einem Viertel der Teilnehmer wurde erst durch die Gewässerschutzberatung die Variation der Herbst-N_{min}-Gehalte auf ihren Feldern bewusst. Zwischen 15 % und 18 % geben an, dass Aspekte der Stickstoffdynamik im Boden und die damit verbundenen Risiken erst durch die Beratung bekannt wurden. Bei 19 % der Teilnehmer waren die vermittelten Informationen jedoch bereits vor der Beratung bekannt.

Am Ende jeder Umfrage wird die Gelegenheit geboten, in einem freien Feld ihre Anmerkungen oder Ergänzungen zu formulieren. Dies ermöglicht es den Betriebsleiter, zusätzliche Informationen oder Gedanken mitzuteilen, die möglicherweise in den vorherigen Fragen nicht erfasst werden. Von den insgesamt 77 beantworteten Fragebögen machten 17 Personen von dieser Möglichkeit Gebrauch. Die Bemerkungen der Betriebsleiter verdeutlichen unterschiedliche Erfahrungen und Anliegen. Einige Teilnehmer äußern Zufriedenheit mit der Beratung im Bereich Weinbau, vermissen jedoch eine vergleichbare Unterstützung im Bereich Ackerbau. Andere zeigen sich insgesamt zufrieden, sehen jedoch grundsätzliches Verbesserungspotenzial durch eine intensivere Beratung. Es wird auch angemerkt, dass die Qualität der Beratung zwar bereits gut sei, jedoch Verbesserungsbedarf in der Umsetzung im Betrieb bestehe. Einige Teilnehmer loben die jährlichen Auswertungen und den Betriebsvergleich, während andere Enttäuschung über mangelnde Erklärungen zu unterschiedlichen Ergebnissen äußern. Bedenken hinsichtlich der Fortführung der Teilnahme an Kooperationsprojekten aufgrund der vermeintlich unzureichenden Berücksichtigung praktischer Erfahrungen durch politische und behördliche Instanzen werden geäußert. Die Notwendigkeit einer kontinuierlichen Zusammenarbeit mit denselben Beratern wird betont. Darüber hinaus herrscht Kritik bezüglich unerfüllter Versprechungen und auf Grund fehlender Veranstaltungen während der Pandemie.

7 Ergebnisse der messbaren Erfolgsindikatoren

Der Erfolg der Kooperationsarbeit im Allgemeinen sollte hauptsächlich anhand von sogenannten "harten" Indikatoren bemessen werden. „Diese Auffassung wird auch von den [hessischen] Beratungsträgern vertreten, die bei der Befragung [...] neben dem Kriterium „Teilnehmerquote“, als wichtigste Erfolgskriterien „N-Bilanzsalden“, „Herbst-N_{min}“ sowie „Nitrat-Konzentration im Rohwasser“ genannt haben“ (BACH ET AL., 2006, S.33). Der Erfolgsindikator „Nitrat-Konzentration im Rohwasser“ wird in dieser Arbeit nicht berücksichtigt (Kap. 2.3).

Zu Beginn einer neuen Kooperation wird nicht zwangsläufig eine umfassende Gebietserfassung und Ist-Zustandsanalyse durchgeführt, um den Zustand des Gebiets vor der Implementierung der Kooperation zu erfassen. Eine potenzielle Veränderung kann daher nur während des Beratungszeitraums analysiert werden, ohne einen direkten Vergleich mit dem Zustand vor der Beratung zu ermöglichen. Diese Vorgehensweise erschwert die Bewertung grundlegender Veränderungen durch die Einführung von Kooperationen.

7.1 Die Ergebnisse der schlagspezifischen Stickstoff-Bilanzen

Die für die schlagspezifische Bilanzierung erforderlichen Daten, wie die Verwendung von Düngemitteln und die Erträge, werden von den Beratern mittels elektronischer Abfragebögen bei den Betrieben angefordert. Falls keine Bilanzen für bestimmte Flächen erstellt werden konnten, lag dies daran, dass die Betriebe keine Daten zu Düngemitteln und Erträgen gemeldet haben.

Zusätzlich zu der zeitlichen Verlaufsgrafik der mittleren schlagspezifischen Bilanzen werden die Salden basierend auf der Differenz zwischen dem ersten und dem zuletzt dokumentierten Beratungsjahr untersucht. Hinsichtlich der Bewertung des Erfolgs der Beratungsleistung entschieden BACH ET AL. (2006) recht willkürlich (eigene Wortwahl der Autoren), einen „Rückgang des N-Bilanzüberschusses um mehr als -5 kg N/ha im letzten dokumentierten Berichtsjahr gegenüber der ersten Aufzeichnung nach Beginn der Beratungsmaßnahmen“ als Erfolg zu werten. Entsprechend stellt eine Zunahme von mehr als +5 kg N/ha einen Misserfolg dar und eine Veränderung ± 5 kg N/ha wird als unverändert bewertet.

In dieser Evaluation wird die Bewertung als Erfolg auf einen Schwellenwert von -15 kg N/ha angehoben, während eine Zunahme um +5 kg N/ha weiterhin als Misserfolg gewertet wird. Falls die Veränderung zwischen diesen Werten liegt, wird die Kooperation als unverändert bewertet. Ein Erfolg ist demnach schwieriger zu erreichen, während eine Einordnung als Misserfolg den Standards nach BACH ET AL. (2006) entspricht. Die Entscheidung der Anpassung des Erfolgsmaßstabs basiert auf der Erwägung, dass die Hälfte der Kooperationen eine teils sehr begrenzte Beratungsdauer von minimal drei bis maximal neun Jahren aufweisen und eine konservativere Erfolgsbewertung angemessen erscheint. In Bezug auf die schlagspezifischen Bilanzen trat zusätzlich am 01. Januar 2021 eine Auflage der Düngeverordnung aus dem Jahr 2020 in Kraft, die vorsieht, dass in nitratbelasteten Gebieten eine Reduzierung der Stickstoffdüngung um 20 % unter dem errechneten Düngebedarf erfolgen muss. Von den analysierten Flächen befinden sich 74 % in solchen nitratbelasteten

Gebieten und sind daher von der Auflage betroffen. Da das letzte dokumentierte Berichtsjahr das Jahr 2022 umfasst und die Auflage ab Januar 2021 damit berücksichtigt wird, ist ein Rückgang der Bilanzsalden unabhängig von den Kooperationsberatung zu vermuten. Daraus lässt sich schließen, dass ein Rückgang der Bilanzsalden nicht ausschließlich auf die Beratungsleistungen der Kooperationen zurückzuführen ist. Vor allem gilt dies für diejenigen Kooperationen, die erst im Jahr 2020 etabliert wurden. Dies rechtfertigt ebenfalls eine konservativere Bewertung des Erfolgs.

Abbildung 16 zeigt die mittlere schlagspezifische Bilanz der Kooperationen in Abhängigkeit der Laufzeit.

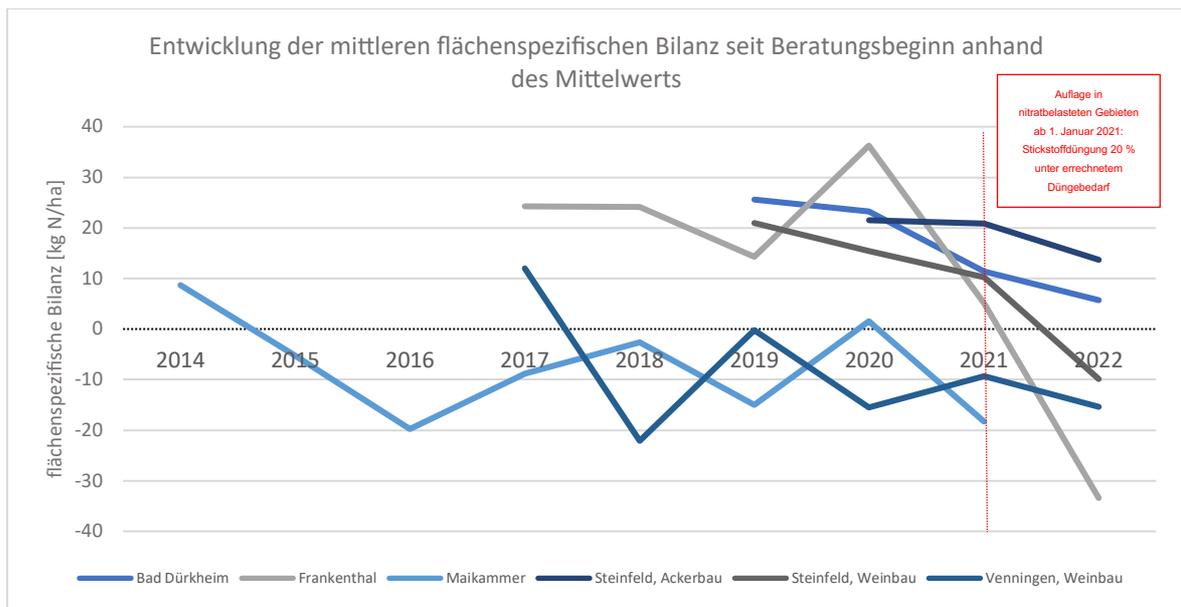


Abbildung 16: Entwicklung der mittleren flächenspezifischen Bilanz seit Beratungsbeginn anhand des Mittelwerts. Eigene Darstellung.

Besonders deutlich ist der Rückgang seit dem Jahr 2021, als die Auflage der novellierten Düngeverordnung in Kraft trat. Die Überarbeitung der Düngeverordnung erfolgte vor dem Hintergrund übermäßiger Nitratüberschüsse, die im Widerspruch zur EU-Nitratrichtlinie stehen. Die Europäische Kommission drängt seit 2012 wiederholt auf Anpassungen der Düngeregeln durch die deutsche Bundesregierung. Dies führte schließlich zur Einleitung eines Vertragsverletzungsverfahrens gegen Deutschland durch Brüssel im Jahr 2016. Das Urteil des Europäischen Gerichtshofs erging im Jahr 2018 und bewertete die Neufassung der Düngeverordnung von 2017 als unzureichend. Daraufhin sah sich die Bundesregierung 2020 gezwungen, eine erneute umfassende Änderung der Düngeverordnung sowie die Ausarbeitung der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zur Ausweisung der mit Nitrat belasteten und eutrophierten Gebiete (AVV GeA) vorzunehmen. Die neue DüV bringt verschiedene Änderungen mit sich, wobei für rote Gebiete zusätzliche Auflagen gelten, die jedoch erst mit dem 01. Januar 2021 in Kraft traten.

Die Erfolgsbewertung wird anhand der Differenz in der Bilanz zwischen dem ersten und dem zuletzt dokumentierten Beratungsjahr durchgeführt. Das zuletzt dokumentierte Beratungsjahr ist in allen Kooperationen, außer in Maikammer, das Jahr 2022. Zusätzlich wird eine diskutierende Einordnung der Bilanz in den Kontext der Witterung durchgeführt, die wie die Interpretation der Differenz der

Bilanz ebenfalls in Kapitel 8 stattfindet. Tabelle 8 zeigt die mittleren schlagspezifischen Bilanzsalden aller ausgewerteten Kooperationen und zusätzlich den Differenzwert seit Beratungsbeginn.

Tabelle 8: Die schlagspezifischen Bilanzen der Kooperation in Auswertung zwischen den Jahren 2014 und 2022, Angaben in kg N/ha. Die Darstellung einer Zahl in grün zeigt anhand des Erfolgsmaßstabs einen Erfolg, während die Darstellung der Zahl in schwarz von keiner Veränderung zeugt. Eigene Darstellung.

Jahr	Bad Dürkheim	Frankenthal	Maikammer	Steinfeld, Ackerbau	Steinfeld, Weinbau	Venningen, Weinbau
2014			8,7			
2015			-5,3			
2016			-19,8			
2017		24,3	-8,8			12,0
2018		24,1	-2,7			-22,1
2019	25,6	14,2	-14,9		21,0	-0,2
2020	23,2	36,3	1,5	21,5	15,4	-15,5
2021	11,4	5,1	-18,3	20,9	10,3	-9,3
2022	5,7	-33,4		13,7	-9,9	-15,4
Rückgang/ Zunahme	-19,9	-57,7	-26,9	-7,8	-30,8	-27,4

Die Daten in Tabelle 8 verdeutlichen einen kooperationsübergreifenden Rückgang der Bilanzen seit Beginn der Beratung, wobei dieser mindestens -7,8 kg N/ha beträgt. Gemäß der Bewertungsskala von BACH ET AL. (2006) kann dies als voller Erfolg angesehen werden. Unter Berücksichtigung der für diese Evaluation angepassten Bewertungsskala zeigt sich eine Erfolgsquote von etwa 83 %, da eine von sechs Kooperationen bzw. Teilbereichen nicht die definierte Schwelle eines Rückgangs von -15 kg N/ha seit Beginn der Beratung erreicht wird und daher eine Einstufung als unverändert erfolgt. Misserfolge werden nicht festgestellt. Besonders hervorzuheben ist die Kooperation Frankenthal, die den größten Erfolg mit einem Rückgang der Bilanz um -57,7 kg N/ha erzielt. Insgesamt kann seit Beginn der Beratung über alle Kooperationen ein durchschnittlicher Rückgang der Flächenbilanz um -27,9 kg N/ha verzeichnet werden. Im zuletzt dokumentierten Beratungsjahr weisen vier von sechs Kooperationen eine negative flächenspezifische Bilanz auf. Falls keine negative Bilanz im letzten Beratungsjahr erzielt wird, beträgt die Bilanz zwischen +5,7 kg N/ha in Bad Dürkheim und +13,7 kg N/ha bei den Ackerbaubetrieben in Steinfeld.

Die Bewertung der Entwicklung der mittleren schlagspezifischen Stickstoffbilanzen erfolgt zudem durch eine statistische Auswertung mittels linearer Regression, wobei die jährlichen Bilanzen über alle Kooperationsflächen gemittelt werden. Eine wesentliche Voraussetzung für die Eignung einer Fläche zur Analyse ist, dass sie keiner Rotation unterliegt, was bedeutet, dass sie über sämtliche Beratungsjahre eindeutig identifizierbar bleibt und zudem höchstens in einem Jahr keine Bilanz berechnet wurden. Vor der Analyse wurden die Erfüllung dieser Voraussetzungen für eine Regressionsanalyse überprüft. Mit einer Ausnahme, den Ackerbauflächen der Kooperation Steinfeld, erfüllen alle Datensätze die Anforderungen einer linearen Regression und können auf Signifikanz überprüft werden.

Abbildung 17 zeigt die mittleren Bilanzsalden der Kooperationen eines Jahres und die zugehörigen Regressionsgeraden.

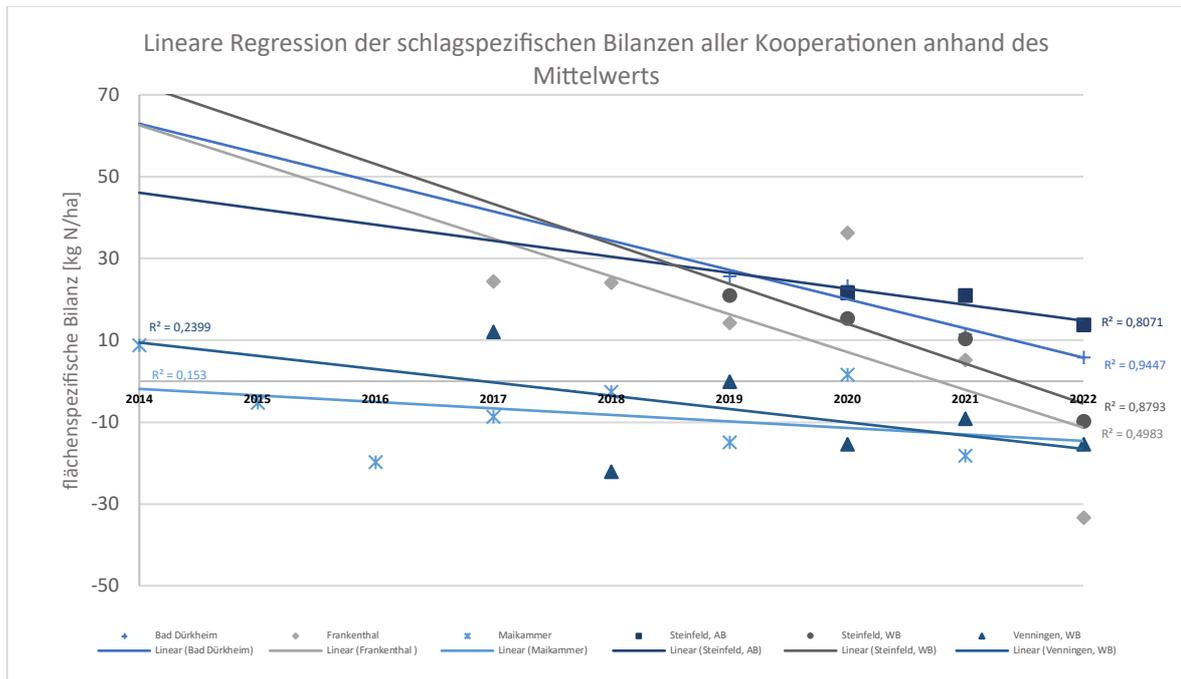


Abbildung 17: Lineare Regression der mittleren flächenspezifischen Bilanz. Eigene Darstellung.

Ein Trend wird mittels linearer Regression als signifikant angesehen, wenn die Steigung der Regressionsgeraden signifikant von Null abweicht. Dabei dient die Steigung dazu, den Anstieg oder Abfall einer abhängigen Variablen (die schlagspezifische Bilanz) in Bezug auf eine unabhängige Variable (die Zeit) zu quantifizieren. Für die Kooperation Bad Dürkheim (p -Wert = 0,028; *) und die Weinbauflächen der Kooperation Steinfeld (p -Wert = 0,049; *) ist die lineare Regression signifikant.

Die Signifikanz der Steigung wird durch den p -Wert des entsprechenden Regressionskoeffizienten angezeigt. Ein niedriger p -Wert deutet darauf hin, dass die beobachtete Veränderung in der abhängigen Variablen mit erhöhter Wahrscheinlichkeit nicht auf Zufall beruht. Das heißt, bei einem p -Wert $< 0,05$ wird die Nullhypothese auf dem Signifikanzniveau von 5 % verworfen und die Steigung wird als statistisch signifikant von Null betrachtet. Die Interpretation der Ergebnisse sollte jedoch stets unter Berücksichtigung weiterer Einflussfaktoren und Kontextinformationen erfolgen, wie in Kapitel 8 ausführlich erörtert wird. Insbesondere ist die kurze Laufzeit einiger Kooperationen zu beachten, was zu einer begrenzten Anzahl von Bilanzsalden führt, die der Regressionsanalyse zugrunde liegen. Die Ergebnisse spiegeln den aktuellen Stand der Kooperationen wider, können sich jedoch mit zunehmender Dauer der Kooperationslaufzeit verändern und sollten daher nicht als endgültige Bewertung angesehen werden.

Im Rahmen der linearen Regression deutet ein R^2 -Wert nahe 1 darauf hin, dass die unabhängige Variable einen erheblichen Teil der Variation in der abhängigen Variable erklärt. Ein niedrigerer R^2 -Wert deutet hingegen darauf hin, dass die unabhängige Variable weniger Variation erklärt, was auf eine geringere Genauigkeit des Modells hinweist. In den Fällen von Bad Dürkheim und Steinfeld

(WB), wo der R^2 -Wert größer als 0,9 ist, erklärt das Modell rechnerisch mehr als 90 % der Varianz in der abhängigen Variable. Dies deutet auf eine starke Beziehung zwischen den Variablen hin.

Auch, wenn zwei der sechs Kooperationen bzw. deren Teilgebiet einen signifikanten, linearen Trend zeigen, der auch von den Witterungsverhältnissen und möglichen Ertragsschwankungen der einzelnen Jahre nicht überlagert worden zu sein scheint, gilt dies nicht für alle Kooperationen. Es zeigt sich der bereits von BACH ET AL. (2006) beschriebene Charakter einer kurzfristigen Änderung der flächenspezifischen Bilanzsalden binnen eines Jahres besonders in den Kooperationen Frankenthal, Maikammer und Venningen (Weinbau) deutlich.

Eine grafische Darstellung sämtlicher berechneter Bilanzen einer Kooperation, die den Auswertungskriterien entsprechen, wird durch Boxplots in Anhang VIII veranschaulicht. Diese zeigen für Bad Dürkheim im Jahr 2022 eine Stabilisierung der Bilanzsalden ohne Ausreißer. Die Breite der Box im Boxplot bleibt dabei über die Beratungszeit weitgehend unverändert. Die obere Quartilsgrenze, unterhalb derer 75% der Daten liegen, zeigt eine maximale Stickstoffbilanz von unter 30 kg N/ha. Frankenthal hingegen präsentiert sich als Kooperation mit der weitesten Variation in Bezug auf die Whisker. Für die unteren Whisker wird kooperationsübergreifend die Grenze als Q1 (unteres Quartil) minus 1,5-mal IQR (Interquartilsabstand) festgelegt, während für den oberen Whisker die Grenze als Q3 (oberes Quartil) plus 1,5-mal IQR festgelegt wird. Diese Grenzen gelten für alle Auswertungen. Trotz der breiten Streuung der Bilanzen deuten der Median und der Mittelwert auf einen rückläufigen Trend hin. Ausreißer, das heißt Datenpunkte außerhalb der Whisker-Grenzen, sind sowohl nach oben als auch nach unten zu verzeichnen, wobei die Werte der Whisker zwischen rund -100 kg N/ha und rund +100 kg N/ha variieren. Die Kooperation Maikammer zeichnet sich durch deutliche Ausreißer in den Jahren 2014, 2018 und 2020 aus, welche nicht an die Whisker angegliedert, sondern deutlich darüber liegen. Die Boxen der Boxplots, und damit 50 % der Werte, zeigen nahezu durchweg negative Bilanzsalden. Zudem unterscheiden sich in den Jahren 2015 und 2018 der Mittelwert und der Median deutlich voneinander. Eine klare Tendenz hinsichtlich der Boxenbreite ist für die Kooperation Maikammer nicht erkennbar, was auf jährlich deutlich in der Höhe schwankende Bilanzsalden hindeutet. Für die Ackerbauflächen der Kooperation Steinfeld sind insgesamt lediglich zwei Ausreißer festzustellen, während im Laufe der Beratungszeit weder die Whisker kürzer noch die Boxen schmaler werden. Für die Weinbauflächen von Steinfeld weisen die Boxen nach vier Jahren Beratungszeit eine deutlich größere Breite gegenüber dem Kooperationsbeginn auf, wobei sich der Median und auch der Mittelwert erheblich verringern. Ausreißer sind nicht zu verzeichnen, jedoch ist der Stichprobenumfang mit maximal 12 Werten pro Jahr vergleichsweise gering. Venningen zeigt keinen klaren Trend, wobei die Boxen zunächst schmaler und ab dem Jahr 2020 wieder breiter zu werden scheinen. Der Mittelwert zu Beginn der Beratungszeit liegt deutlich höher als der Median, was auf vereinzelte, sehr hohe Ausreißer zurückzuführen ist. Ab dem Jahr 2020 befinden sich sowohl der Median als auch der Mittelwert der Bilanz unter einem Saldo von 0 kg N/ha.

Trotz der Tendenz eines allgemeinen Rückgangs der mittleren schlagspezifischen Bilanzen über alle Kooperationen hinweg und der Einordnung als Erfolg in fünf von sechs Fällen, gibt es weiterhin bedeutende Einflussfaktoren, die kurzfristige Änderungen der Bilanzsalden verursachen können.

Witterungsbedingte Ertragsschwankungen, Veränderungen in den prozentualen Anteilen der angebauten Kulturen, die natürliche Varianz der Stichprobengröße und betriebliche Managementfaktoren wie Düngemaßnahmen haben einen erheblichen Einfluss auf die Veränderungen in den Bilanzwerten und können nicht mit Sicherheit vorhergesagt werden. Die Aussage der Trendgerade, selbst wenn sie signifikant ist, ermöglicht keine eindeutige Prognose hinsichtlich eines anhaltenden Erfolgs.

7.2 Die Ergebnisse des Herbst-N_{min}-Gehalts

Der Nitrat-Schwellenwert für einen guten chemischen Grundwasserzustand gemäß Trinkwasserverordnung (TRwV, 2011) liegt bei 50 mg/l. Je nach Standort und Sickerwasserrate sind demnach unterschiedliche Herbst-N_{min}-Gehalte anzustreben, um das Trinkwasser nachhaltig zu schützen.

Grundlage der Auswertung des Herbst-N_{min}-Gehalts in dieser Evaluation sind die von der WSB RLP bereitgestellten Daten, die sich in ihrer Aufbereitung und Qualität stark unterscheiden. Hierbei handelt es sich teilweise um lückenlose, einem Schlag über Jahre deutlich zuzuordnende Aufbereitungen, während für andere Kooperationen Jahre gänzlich fehlen, nicht alle Flächen beprobt wurden oder eine Rotation der Flächen stattfand. Letzteres macht eine aussagekräftige Trendanalyse bezüglich des Erfolgs der Kooperationsarbeit über einen längeren Zeitraum unbrauchbar. Für die Evaluation werden nur jene Flächen berücksichtigt, in denen in maximal einem Jahr eine Datenlücke verzeichnet wird. Kooperationsflächen, für die in mehr als einem Jahr keine Daten erhoben wurden, werden in der Analyse nicht berücksichtigt und aus der Auswertung ausgeschlossen. Damit einher geht, dass sich der Stichprobenumfang der Kooperationsflächen in unterschiedlichem Maße dezimiert. Die Entscheidung, als Grundlage der Auswertung der Herbst-N_{min}-Gehalte nicht den Mittelwert, sondern den Median darzustellen, wird aufgrund statistischer Überlegungen getroffen und ist von der Art der vorliegenden Daten sowie den Analysezielen abhängig. Der Median erweist sich als widerstandsfähiger gegenüber Ausreißern oder extremen Werten in einem Datensatz. In den vorliegenden Datensätzen treten in Bezug zur Herbst-N_{min}-Beprobung zahlreiche Ausreißer auf, die die Berechnung des Mittelwerts erheblich beeinflussen. Im Gegensatz dazu bleibt der Median von derartigen Ausreißern weitgehend unbeeinflusst und behält somit seine Stabilität. In Anbetracht einiger sehr hoher und sehr niedriger Werte, erweist sich der Median als ein geeigneteres Maß für den „durchschnittlichen“ Herbst-N_{min}-Gehalt. Dies ermöglicht eine präzisere Darstellung, unabhängig von den Ausreißern. Der Median repräsentiert den Wert, der die Daten genau in der Mitte teilt, unbeeinflusst davon, wie weit die Werte auseinander liegen. Dadurch bietet er eine robuste und zuverlässige Maßzahl, um den zentralen Wert einer Verteilung zu bestimmen, insbesondere wenn der zeitliche Verlauf betrachtet wird.

In den folgenden Kapiteln wird eine kooperationspezifische Darstellung der Ergebnisse der Herbst-N_{min}-Beprobungen über die Jahre und im Kontext der jährlichen Witterung vorgenommen. Da die Voraussetzungen für eine lineare Regression nicht erfüllt sind, wird kein statistischer Signifikanztest durchgeführt. Die Regressionsgerade wird dennoch berechnet, um die bestmögliche lineare Darstellung des zeitlichen Verlaufs zu visualisieren.

Zusätzlich wird untersucht, wie sich der Herbst- N_{\min} -Gehalt seit Beginn der Kooperationsarbeit verändert hat. Dies erfolgt simultan zur Auswertung der schlagspezifischen Bilanzen, wobei ein identischer Erfolgsmaßstab (Rückgang um -15 kg N/ha entspricht Erfolg, Zunahme um + 5 kg N/ha entspricht Misserfolg, dazwischen entspricht keiner Veränderung) zur Auswertung dient. Die ausführlichen Ergebnisse bezüglich der Salden seit Beginn der Beratung bis zum letzten Berichtsjahr sind in Anhang VII zu finden.

7.2.1 Die Kooperationen im Vergleich

Vergleicht man die Kooperationen hinsichtlich der Entwicklung der Herbst- N_{\min} -Gehalte, zeigen sich in Abbildung 18 folgende mittlere Messwerte für die ersten 30 cm Bodenhorizont:

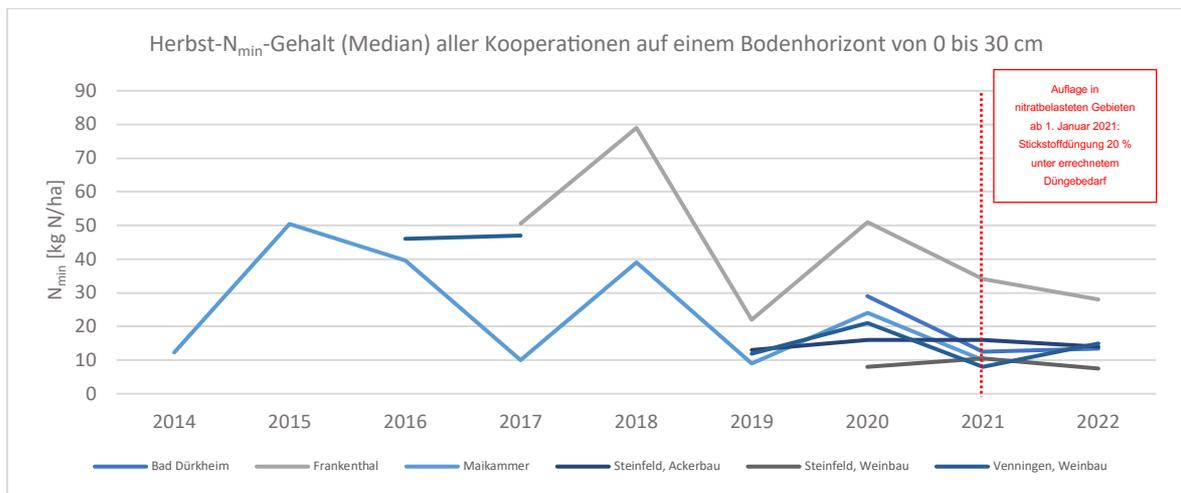


Abbildung 18: Vergleich der Herbst- N_{\min} -Gehalte anhand des Median aller Flächen einer Kooperation auf einem Bodenhorizont von 0 bis 30 cm über die Jahre 2014 bis 2022. Eigene Darstellung.

Das Fehlen der Daten der Kooperation Venningen im Jahr 2018 ist auf die Trockenheit und die damit verbundenen Herausforderungen bei der Probennahme zurückzuführen. Dieselben Schwierigkeiten traten auch bei den Probenentnahmen in den Horizonten von 30 bis 60 cm und 60 bis 90 cm der Kooperation Maikammer auf. In den Jahren 2014 bis 2020 zeigen sich allgemeine periodische Schwankungen der Herbst- N_{\min} -Gehalte. Die Hälfte der analysierten Kooperationen begann ihre Zusammenarbeit erst im Jahr 2019 oder 2020, während die andere Hälfte bereits zwischen den Jahren 2014 und 2017 aktiv war.

In Bezug auf den Bodenhorizont von 0 bis 30 cm wird ab dem Jahr 2020 kooperationsübergreifend ein Rückgang oder zumindest eine stagnierende Tendenz beobachtet, was jedoch für die Tiefen von 30 bis 60 cm und 60 bis 90 cm ausbleibt. Sowohl für den Bodenhorizont von 30 bis 60 cm als auch von 60 bis 90 cm deutet sich ab dem Jahr 2020 eine tendenzielle Erhöhung des Herbst- N_{\min} -Gehalts an.

In Bezug auf die Bilanzierung offenbart sich ein deutlicher Einfluss der zusätzlichen Auflagen für rote Gebiete ab dem Jahr 2021, während ein vergleichbarer Effekt auf die Herbst- N_{\min} -Gehalte über alle Beprobungstiefen hinweg weniger deutlich ausfällt oder gänzlich ausbleibt. Der beobachtete positive

Zusammenhang zwischen einem Rückgang der Bilanz und den Düngebeschränkungen lässt sich nicht in gleichem Maße für den mineralischen Stickstoffgehalt feststellen.

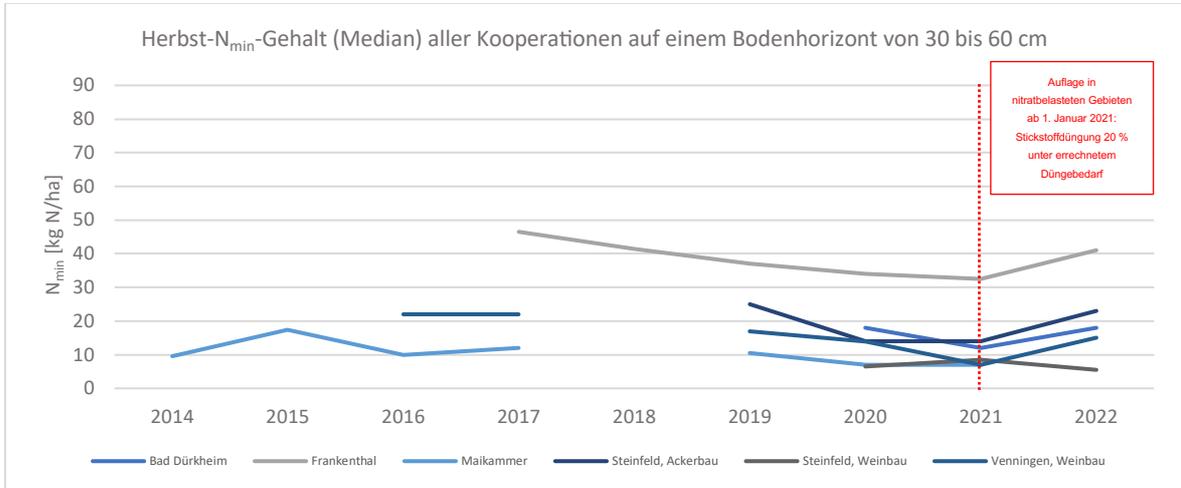


Abbildung 19: Vergleich der Herbst-N_{min}-Gehalte anhand des Median aller Flächen einer Kooperation auf einen Bodenhorizont von 30 bis 60 cm über die Jahre 2014 bis 2022. Eigene Darstellung.

Abbildung 19 zeigt in den Jahren 2014 bis 2017 periodische Schwankungen im Herbst-N_{min}-Gehalt der Kooperation Maikammer, während der Rest-N-Gehalt für die Weinbaubetriebe der Kooperation Veningen zwischen 2016 und 2017 stagniert. Ab dem Jahr 2021 verzeichneten alle Kooperationen, mit Ausnahme der Weinbaubetriebe in Steinfeld, einen Anstieg des Herbst-N_{min}-Gehalts. Der Herbst-N_{min}-Gehalt zeigt sich für die Kooperation Frankenthal zwischen 2017 und 2021 stetig rücklaufend, während ab dem Jahr 2021 ebenfalls ein Anstieg in 30 bis 60 cm Bodentiefe zu verzeichnen ist.

Abbildung 20 zeigt die mittleren Herbst-N_{min}-Gehalte auf einem Bodenhorizont von 60 bis 90 cm.

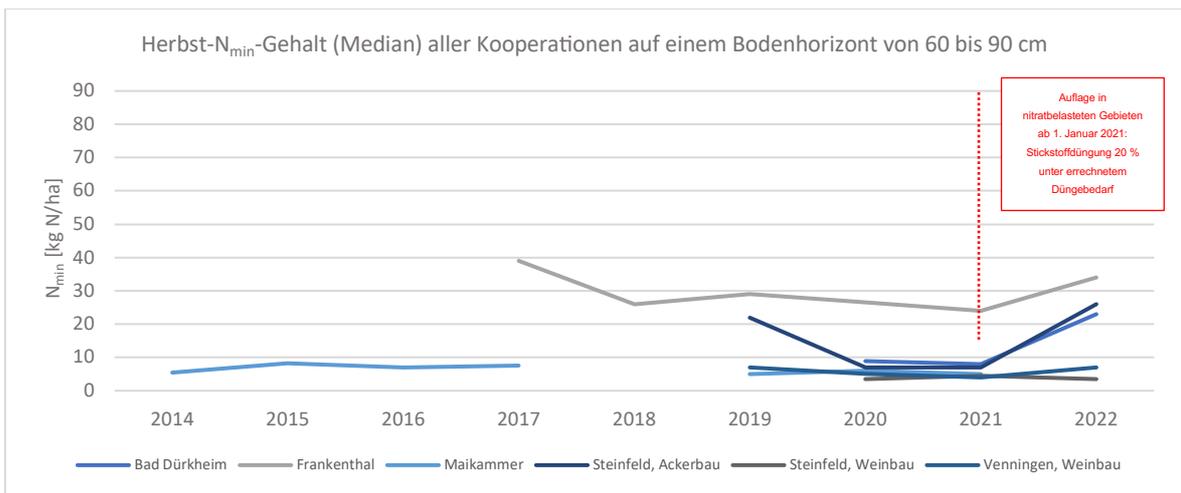


Abbildung 20: Vergleich der Herbst-N_{min}-Gehalte anhand des Median aller Flächen einer Kooperation auf einen Bodenhorizont von 60 bis 90 cm über die Jahre 2014 bis 2022. Eigene Darstellung.

In ähnlicher Weise wie auf dem Bodenhorizont von 30 bis 60 cm, zeigt sich auch in einer Tiefe von bis zu 90 cm ab dem Jahr 2021 ein Anstieg des Herbst-N_{min}-Gehalts bei den Kooperationen Frankenthal, Bad Dürkheim und Steinfeld (Ackerbau), sowie geringfügig auch für die Weinbauflächen der

Kooperation Venningen. Lediglich die Weinbaubetriebe der Kooperation Steinfeld zeigen weiterhin einen stagnierenden bis fallenden Trend der Herbst-N_{min}-Gehalte.

Die Rest-N-Gehalte weisen im Allgemeinen geringere Schwankungen mit zunehmender Bodentiefe auf, was darauf hindeutet, dass die Beratungsarbeit und die Witterungsbedingungen einen besonders starken Einfluss auf die obersten 30 cm des Bodens ausüben. Diese Beobachtung legt nahe, dass der Herbst-N_{min}-Gehalt ab einem bestimmten Zeitpunkt der Verlagerung in tiefere Bodenschichten nur noch mäßig zu beeinflussen ist. Spätestens, wenn die Stickstoffverbindungen die Wurzelzone verlassen haben, ist keine Aufnahme mehr durch die Pflanze möglich. Aus Sicht des Gewässerschutzes stellt dies eine Herausforderung dar. Stickstoffverbindungen können dann effektiv vor Auswaschung geschützt werden, wenn eine Verlagerung in eine Bodentiefe außerhalb der Wurzelzone von vornherein verhindert wird.

7.2.2 Die Kooperation Bad Dürkheim

Die Bewertung des Erfolgs der Kooperationsarbeit in der Kooperation Bad Dürkheim anhand der Differenz der Herbst-N_{min}-Gehalte zwischen dem ersten und dem letzten Beratungsjahr ergibt unterschiedliche Ergebnisse in verschiedenen Bodentiefen. Auf einem Horizont von 0 bis 30 cm ist ein Rückgang von -15,5 kg N/ha zu verzeichnen, was gemäß den Bewertungskriterien als Erfolg eingestuft wird. Für den Horizont von 30 bis 60 cm zeigt sich keine Veränderung, während auf einem Horizont von 60 bis 90 cm eine Zunahme von +14 kg N/ha und somit ein Misserfolg festgestellt wird. Der Rest-N-Gehalt auf 0 bis 30 cm erreicht im Mittel (Median) ein Maximum von 29 kg N/ha im Jahr 2020 und weist einen minimalen Wert von 12,5 kg N/ha im Jahr 2021 auf. Der Horizont von 30 bis 60 cm schwankt zwischen 18 kg N/ha (2020 und 2022) im Maximum und 12 kg N/ha (2021) im Minimum, während der Horizont von 60 bis 90 cm ein Maximum von 23 kg N/ha (2022) und ein Minimum von 9 kg N/ha (2020) aufweist. Die Maxima der Horizonte 30 bis 60 cm und 60 bis 90 cm finden sich somit jeweils im zuletzt dokumentierten Beratungsjahr, das zur Berechnung der Differenz seit Beratungsbeginn genutzt wird. Der Horizont von 0 bis 30 cm zeigt ein entgegengesetztes Ergebnis und verzeichnet den höchsten Herbst-N_{min}-Gehalt zu Beratungsbeginn im Jahr 2020.

Eine grafische Darstellung sämtlicher Herbst-N_{min}-Messwerte der Flächen einer Kooperation, die den Auswertungskriterien entsprechen, wird durch Boxplots in Anhang VI veranschaulicht. Die Darstellung ermöglicht, Verteilungen, Trends und Variationen auf Grund der gesamten Messwerte zu identifizieren und Schlussfolgerungen nicht nur anhand des Medians und dessen Rückgang seit Beratungsbeginn zu treffen. Für sämtliche künftigen Auswertungen gilt, dass die Breite und Höhe der Boxen, die Länge der Whisker und die Anzahl der Ausreißer wertvolle Anhaltspunkte, um die Stabilität oder Variabilität der Messwerte in einem bestimmten Jahr über die Beratungszeit hinweg einzuschätzen. Eine schmale Box und kurze Whisker deuten dabei auf eine geringe Variation und eine relativ stabile, zentrale Tendenz hin. Dies legt nahe, dass die Nährstoffbelastung in den Bodenproben konsistent ist und nur geringfügige Schwankungen aufweist, weder aufgrund der Witterung noch in Bezug auf das Management. Hingegen lassen eine breite Box und längere Whisker in einem Boxplot der Rest-N-Gehalte darauf schließen, dass die gemessenen Werte eine beträchtliche Variation aufweisen. Dies bedeutet, dass die Nährstoffversorgung des Bodens innerhalb einer

Kooperation zwischen den Flächen stark variiert und nicht homogen ist. Eine solche Variabilität kann auf verschiedene Faktoren zurückzuführen sein, darunter ungleichmäßige landwirtschaftliche Praktiken, unterschiedliche Bodentypen oder topografische Gegebenheiten. Idealerweise sollte sich ein tatsächlicher Rückgang der Messwerte in einem rückläufigen Mittelwert bzw. Median der Rest-N-Gehalte widerspiegeln, begleitet von einer Verschmälerung der Boxen, einer Verkürzung der Whisker und Ausbleiben von Ausreißern.

Die Boxplots (siehe Anhang VI) zeigen, dass auf einem Bodenhorizont von 0 bis 30 cm mit zunehmender Beratungszeit eine Verengung der Box beobachtet wird, begleitet von kürzeren Whiskern und einem im Mittel niedrigeren Rest-N-Gehalt. Eventuelle Ausreißer tendieren dazu, näher an den Whiskern zu liegen als zu Beginn der Beratung. Dies deutet auf einen echten Erfolg hin, der sich auch anhand des Erfolgsmaßstabs bestätigt. Für die Tiefe von 30 bis 60 cm zeigt sich nahezu keine Veränderung aller Parameter. Hingegen kehrt sich die Entwicklung auf einem Tiefenbereich von 60 bis 90 cm um: die Boxen werden breiter, während Ausreißer gänzlich ausbleiben. Infolgedessen werden die Whisker länger, was auf eine allgemeine Zunahme der Höhe der Messwerte hindeutet und nicht auf einen Anstieg des Rest-N-Gehalts einzelner, weniger Flächen zurückzuführen ist. Anhand des Erfolgsmaßstabs bestätigt sich der Misserfolg.

Abbildung 21 zeigt den Median des jeweiligen Bodenhorizonts der Kooperation Bad Dürkheim seit Beratungsbeginn.

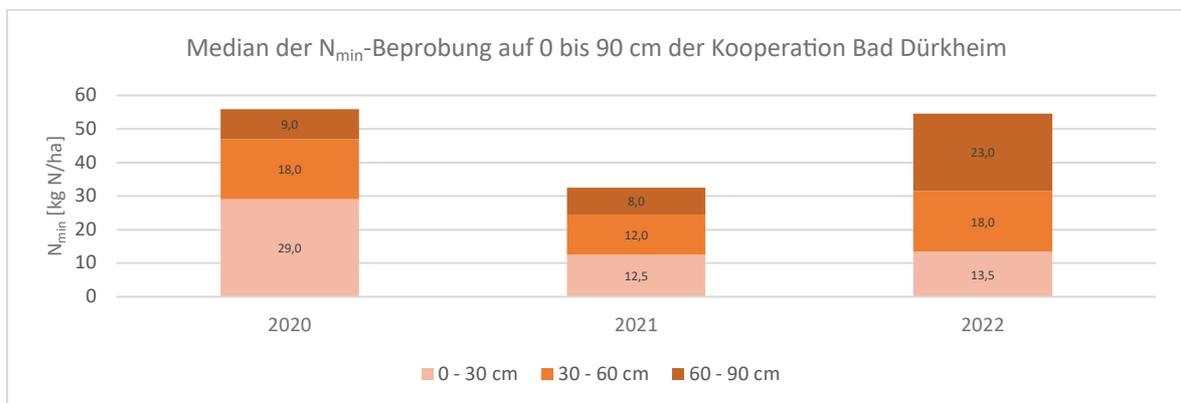


Abbildung 21: Herbst- N_{\min} -Gehalt (Median) in den einzelnen Bodenhorizonten der Kooperation Bad Dürkheim in den Jahren von 2020 bis 2022. Eigene Darstellung.

Das Frühjahr 2020 verzeichnet einen überdurchschnittlich warmen Verlauf mit einer Jahresdurchschnittstemperatur leicht über dem langjährigen Mittel (1971 – 2000, gilt im Folgenden als Referenzzeitraum aller Angaben bezüglich des langjährigen Mittels). Besonders der regenreiche Februar fällt in Bezug auf die Niederschläge auf. Die Herbst- N_{\min} -Gehalte, die im November 2020 nach der Weinlese ermittelt werden, weisen erhebliche Unterschiede zwischen den Flächen auf. Im Jahr 2021 beträgt die Durchschnittstemperatur 9,8 °C, begleitet von leicht überdurchschnittlichen Niederschlägen. Zur Zeit der Herbst- N_{\min} -Probenahme im November liegt die Lufttemperatur unter dem vieljährigen Mittel. Die mittleren Herbst- N_{\min} -Gehalte im Jahr 2021 zeigen im Vergleich zum Vorjahr eine positive Entwicklung. Im Jahr 2020 ist typischerweise etwa die Hälfte des Gesamtnitrats im Bodenhorizont von 0 bis 30 cm zu finden. Zwei Drittel der restlichen Hälfte befinden sich im Horizont von 30 bis

60 cm, während das restliche Drittel in einer Tiefe von 60 bis 90 cm vorliegt. Im Gegensatz dazu verteilt sich der Herbst- N_{\min} im Jahr 2021 im Mittel nahezu gleichmäßig über die drei Bodenschichten. Im Jahr 2022 liegt die Durchschnittstemperatur mit 12,5 °C deutlich über dem vieljährigen Mittel. Bei leicht unterdurchschnittlichen Niederschlägen und Sommerdürre zeigen die mittleren Herbst- N_{\min} -Gehalte eine Verteilung mit den höchsten Nitratgehalten in 60 bis 90 cm Tiefe und grundlegend eine Zunahme des Herbst- N_{\min} -Gehalts mit tieferen Bodenschichten.

Die Ergebnisse unterstreichen die jährliche Variabilität von Klima und Bodenfaktoren und ihre Auswirkung auf die Stickstoffverfügbarkeit in Weinanbauflächen. Die Regressionsgeraden in Anhang VI spiegeln dieses Szenario wider. Es ist jedoch wichtig anzumerken, dass aufgrund fehlender Voraussetzungen für eine statistische Überprüfung der linearen Regression die Regressionsgeraden lediglich die beste lineare Anpassung visualisieren und nicht hinsichtlich einer Signifikanz interpretiert werden können. Auch die geringe Beratungszeit schränkt die Aussagekraft ein.

Das Bestimmtheitsmaß (R^2) zeigt für den Horizont von 0 bis 30 cm einen starker Zusammenhang mit $R^2 = 0,70$, während für 30 bis 60 cm kein linearer Zusammenhang vorliegt ($R^2 = 0$) und für 60 bis 90 cm erneut ein starker Zusammenhang mit $R^2 = 0,69$ zu beobachten ist. Auch, wenn es sich um ein hohes R^2 handelt, sind weitere Faktoren hinsichtlich ihres Einflusses zu diskutieren.

Dahingehend gilt grundsätzlich und für jede weitere Ergebnisdarstellung in diesem Kapitel:

Ein geringes Bestimmtheitsmaß (R^2) bei einer linearen Regression über einen zeitlichen Verlauf kann auf verschiedene Gründe zurückzuführen sein: (a) kann das Verhalten der abhängigen Variable durch eine Vielzahl von Faktoren beeinflusst werden, die nicht alle durch die betrachtete unabhängige Variable (Beratungszeit) erfasst werden können, (b) können andere, unberücksichtigte Variablen einen größeren Einfluss auf die abhängige Variable haben als die betrachtete unabhängige Variable oder (c) ist es möglich, dass die Beziehung zwischen der unabhängigen und abhängigen Variable nicht linear ist, was darauf hindeutet, dass eine lineare Regression nicht das geeignete Modell zur Beschreibung des Zusammenhangs darstellt.

Im achten Kapitel werden zusätzlich die bereits im fünften Kapitel vorgestellten, kooperationspezifischen Faktoren wie Niederschläge und Temperaturen zum Probestermin sowie die zugrundeliegende Bodenart als Einflussfaktoren auf die Höhe des Herbst- N_{\min} -Gehalts diskutiert. Die Diskussion der Managementpraktiken im Kontext der Beratung muss auf Grund des Datenmanagements entfallen.

7.2.3 Die Kooperation Frankenthal

Die Kooperation Frankenthal zeigt seit Beratungsbeginn einen unterschiedlichen Rückgang der Herbst- N_{\min} -Gehalte auf verschiedenen Bodenhorizonten. Auf einem Horizont von 0 bis 30 cm beträgt der Rückgang -22,5 kg N/ha, auf 30 bis 60 cm -5,5 kg N/ha und auf 60 bis 90 cm -5 kg N/ha. Dies führt zu einem Erfolg auf 0 bis 30 cm, während auf 30 bis 60 cm und 60 bis 90 cm von keiner Veränderung ausgegangen wird. Der mittlere Rest-N-Gehalt auf 0 bis 30 cm erreicht im Jahr 2018 ein Maximum von 79 kg N/ha und verzeichnet im darauffolgenden Jahr 2019 einen minimalen Wert

von 22 kg N/ha. Auf dem Horizont von 30 bis 60 cm schwankt der Wert zwischen einem Höchstwert von 46,5 kg N/ha im Jahr 2017 und einem Tiefstwert von 32,5 kg N/ha im Jahr 2021. Der Bodenhorizont von 60 bis 90 cm zeigt einen maximalen Median von 39 kg N/ha im Jahr 2017 und einen Minimalwert von 24 kg N/ha im Jahr 2021. Die Minimalwerte im Jahr 2021 auf den Bodenhorizonten von 30 bis 60 cm und 60 bis 90 cm verdeutlichen, dass eine Berechnung der Differenz zwischen dem Beginn der Beratung und dem letzten Beratungsjahr erfolgreichere Ergebnisse erbracht hätte, wenn das Jahr 2021 anstelle des Jahres 2022 als Referenz verwendet worden wäre. Dies unterstreicht die erhebliche Auswirkung der Wahl des Referenzjahres auf das Ergebnis.

Die Boxplots (siehe Anhang VI) zeigen, dass auf einem Bodenhorizont von 0 bis 30 cm mit zunehmender Beratungszeit keine deutliche Tendenz in Bezug auf die Veränderung der Boxenbreite, die Länge der Whisker, die Anzahl und Entfernung der Ausreißer sowie das Mittel des Rest-N-Gehalts zu erkennen ist. Für eine Tiefe von 30 bis 60 cm scheint sich zwischen den Jahren 2017 bis 2020 ein potenzieller Erfolg abzuzeichnen, der sich in einer Verringerung der Länge der Whisker, der Anzahl und der Entfernung der Ausreißer sowie einer Verschmälerung der Box manifestiert. Zwischen dem Jahr 2020 und dem Jahr 2022 zeigt sich jedoch eine gegensätzliche Entwicklung. Für eine Tiefe von 60 bis 90 cm ähnelt die Schwankung des mittleren Rest-N-Gehalts derjenigen für die Bodentiefe von 30 bis 60 cm. Die Ausreißer liegen näher an den Whiskern, jedoch verändern sich diese in ihrer Länge nicht deutlich. Generell zeigen sowohl die Ausreißer als auch die Länge der Whisker, dass die Messwerte im Maximum und Minimum stark variieren.

Abbildung 22 zeigt den Median der N_{min} -Beprobung der jeweiligen Beprobungstiefe im Kontext der laufenden Beratungszeit in der Kooperation Frankenthal.

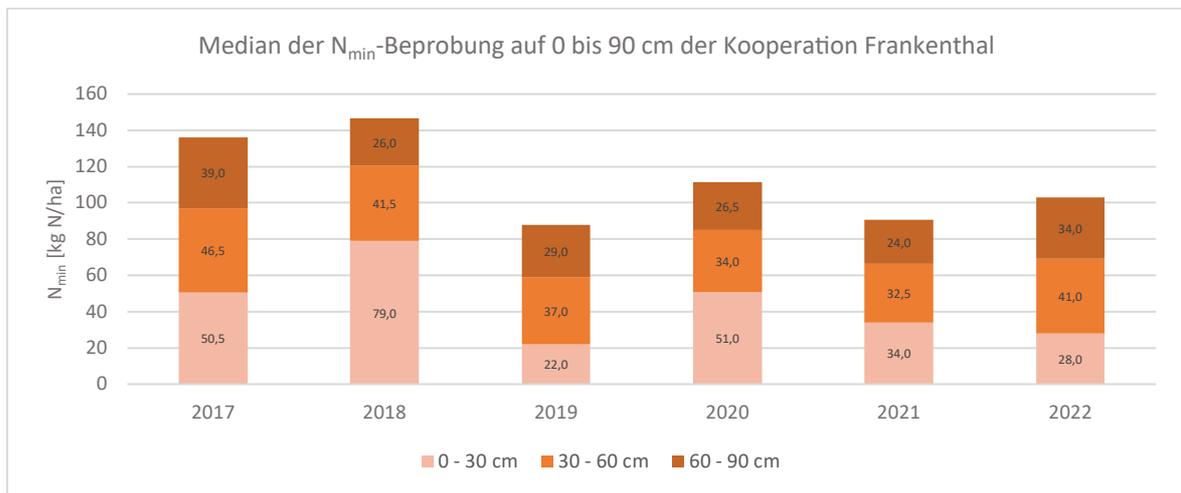


Abbildung 22: Herbst- N_{min} -Gehalt (Median) in den einzelnen Bodenhorizonten der Kooperation Frankenthal in den Jahren von 2017 bis 2022. Eigene Darstellung.

Von Februar bis Mitte August 2017 herrschen außergewöhnlich warme Temperaturen, gefolgt von einer Phase, in der die Lufttemperatur ab September wieder nahe dem langjährigen Mittel liegt. Die Niederschläge bis Oktober 2017 liegen deutlich unter dem langjährigen Mittel. Im März 2018 verläuft das Temperaturmuster nahezu durchschnittlich, gefolgt von einem deutlich über dem langjährigen Mittel liegenden Zeitraum von April bis August 2018. Die Niederschläge im Winter 2017/2018 liegen

über dem Durchschnitt. Im Herbst 2018 wird eine Anreicherung des Herbst-N_{min}-Bodenvorrats in der Bodenschicht von 0 bis 30 cm im Vergleich zum Vorjahr festgestellt. Die Monate Juni und Juli 2019 verzeichnen Niederschläge über dem langjährigen Mittelwert. Der Median des Herbst-N_{min}-Gehalts ist im Jahr 2019 im Vergleich zu 2018 in den oberen 30 cm des Bodens um nahezu 60 kg N/ha rückläufig. Von Dezember 2019 bis April 2020 und in den Monaten Juli und August 2020 ist es überdurchschnittlich warm, begleitet von insgesamt geringem Niederschlag. Die aufsummierten, mittleren Rest-N-Gehalte sind in Summe höher als im Vorjahr, nehmen im Jahr 2021 gegenüber dem Jahr 2020 jedoch wieder ab. Das wünschenswerte Muster abnehmender mittlerer Rest-N-Gehalte mit zunehmender Bodentiefe wird beobachtet. Im Juni, September und November 2021 liegen die Temperaturen oberhalb des langjährigen Mittelwerts, wobei der Juni eine besonders ausgeprägte Abweichung aufweist. Ähnlich wie in den Vorjahren ist der Betrachtungszeitraum generell von Trockenheit geprägt, mit Ausnahmen in den Monaten Januar, Februar und Juni 2021. Letzterer ist jedoch auch von hohen Temperaturen und hohen Verdunstungsraten gekennzeichnet. Besonders trocken sind die Monate März, April und September 2021. Die regenreichsten Monate des Jahres 2022 sind Februar, Juni, August und Dezember. Überdurchschnittlich warm ist es in den Monaten Juli und August, wobei sich der Monat Juli durch extreme Bodentrockenheit auszeichnet. Deutlich wird die Verlagerung über die Bodenhorizonte durch eine Anreicherung des mittleren Herbst-N_{min}-Gehalts in tieferen Bodenschichten gegenüber dem Jahr 2021.

Die Regressionen für die Bodenhorizonte zeigen für den Zeitraum von 2017 bis 2022 einen leichten Rückgang des Herbst-N_{min}-Gehalts in den oberen 30 cm des Bodens. Für den Horizont von 30 bis 60 cm wird ebenfalls ein Rückgang beobachtet, wenn auch noch weniger stark ausgeprägt. Hingegen zeigt sich für den Horizont von 60 bis 90 cm kein linearer Zusammenhang über die betrachteten Jahre hinweg. Die Bestimmtheitsmaße für die einzelnen Bodenhorizonte zeigen einen schwachen linearen Zusammenhang mit $R^2 = 0,32$ für 0 bis 30 cm, $R^2 = 0,34$ für 30 bis 60 cm und keinen linearen Zusammenhang mit $R^2 = 0,09$ für 60 bis 90 cm. Weitere Faktoren sind als Einfluss zu diskutieren.

7.2.4 Die Kooperation Maikammer

Die Kooperation Maikammer weist seit Beginn der Beratung auf einem Bodenhorizont von 0 bis 30 cm einen Rückgang des Herbst-N_{min}-Gehalts von -2,2 kg N/ha, auf einem Bodenhorizont von 30 bis 60 cm einen Rückgang von -2,6 kg N/ha und auf einem Bodenhorizont von 60 bis 90 cm einen Rückgang von -0,4 kg N/ha auf. Gemäß den zuvor festgelegten Bewertungskriterien wird somit über alle Horizonte hinweg keine Veränderung festgestellt. Der mittlere Rest-N-Gehalt auf 0 bis 30 cm erreicht dabei ein Maximum von 50,5 kg N/ha im Jahr 2015 und weist einen minimalen Wert von 9 kg N/ha im Jahr 2019 auf. Auf dem Horizont von 30 bis 60 cm schwankt der Wert zwischen 17,4 kg N/ha (2015) im Maximum und 7 kg N/ha (2020 und 2021) im Minimum, während der Horizont von 60 bis 90 cm ein Maximum von 8,3 kg N/ha (2015) und ein Minimum von 5 kg N/ha (2019 und 2021) aufzeigt. Sowohl auf dem Horizont von 30 bis 60 cm als auch auf dem Horizont von 60 bis 90 cm findet sich der Minimalwert im Jahr 2021, was das zuletzt dokumentierte Beratungsjahr darstellt.

Die Boxplots im Anhang VI zeigen, dass auf einem Bodenhorizont von 0 bis 30 cm im Verlauf der Beratungszeit keine klare Tendenz hinsichtlich der Veränderung der Boxenbreite, der Länge der

Whisker, der Anzahl und Entfernung der Ausreißer sowie des mittleren Rest-N-Gehalts erkennbar ist. Ab dem Jahr 2018 sind kürzere Whisker, weniger Ausreißer und, mit Ausnahme des Jahres 2020, schmalere Boxen zu beobachten. Für eine Tiefe von 30 bis 60 cm zeigen sich im Allgemeinen schmalere Boxen und geringere Maximalwerte im Vergleich zum Horizont von 0 bis 30 cm. Im Jahr 2016 treten sehr hoher Ausreißer ähnliche dem Horizont von 0 bis 30 cm auf. Ab 2017 werden die Whisker kürzer, die Ausreißer liegen näher an den Whiskern und die Boxen werden schmaler. Trotzdem zeigt der mittlere Rest-N-Gehalt keinen Rückgang um mehr als -15 kg N/ha seit Beginn der Beratung, was anhand des Erfolgsmaßstabs als unverändert gewertet wird. Auf einem Horizont von 60 bis 90 cm zeigen sich über alle Jahre hinweg sehr schmale Boxen sowie Ausreißer (mit Ausnahme von 2016), die sehr nahe an den Whiskern liegen. Zwischen 2017 und 2021 erreichen selbst die maximalen Ausreißer keinen Wert, der höher liegt als 50 kg N/ha und liegen ab 2019 unter 30 kg N/ha. Der mittlere Rest-N-Gehalt verzeichnet keinen Rückgang um mehr als -15 kg N/ha seit Beginn der Beratung und wird auch auf diesem Bodenhorizont als unverändert bewertet.

In Abbildung 23 wird der Median der N_{\min} -Beprobung für jede Beprobungstiefe im Verlauf der laufenden Beratungszeit der Kooperation Maikammer dargestellt.

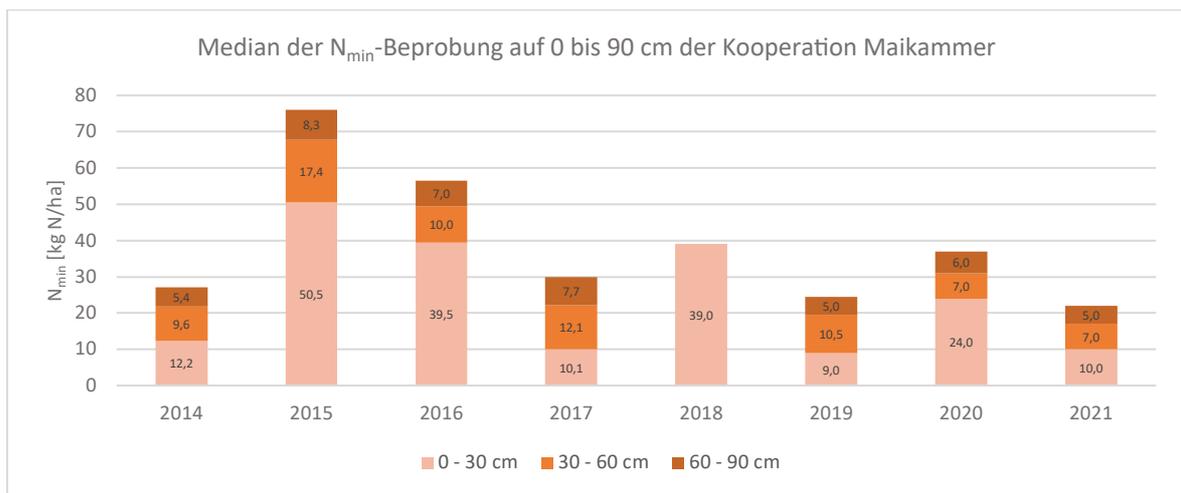


Abbildung 23: Herbst- N_{\min} -Gehalt (Median) in den einzelnen Bodenhorizonten der Kooperation Maikammer in den Jahren von 2014 bis 2021. Eigene Darstellung.

Im Jahr 2014 verzeichnet der Winter eine milde Witterung. Nach vorübergehender Wasserknappheit im Juni fördern ergiebige Niederschläge ab Juli die Vegetations- und Traubenentwicklung. Die Lufttemperaturen liegen durchgehend über dem Durchschnitt, insbesondere im Februar und März. Obwohl es in den Monaten März und April Niederschlagsdefizite gibt, werden diese im Juli und August durch überdurchschnittlich hohe Niederschlagsmengen ausgeglichen. Die Verteilung des Herbst- N_{\min} -Gehalts zeigt über den Bodenhorizont wünschenswerte höhere Gehalte im Oberboden, die mit tieferen Bodenschichten abnehmen. Im Jahr 2015 herrschen geringe Niederschlagsmengen und höhere Lufttemperaturen, am deutlichsten in den Sommermonaten Mai und Juli sowie im Oktober. Diese Witterungsbedingungen führen zu einer ausgeprägten Sommertrockenheit, begleitet von Hitzephasen, bei denen die bodennahen Monatstemperaturen im Vergleich zu 2014 und 2016 um bis zu 4 °C höher liegen. Die Herbst-Bodenbeprobung im Jahr 2017 zeigt niedrigere Herbst- N_{\min} -Gehalte als im Vorjahr und erreicht in etwa das Niveau von 2014. Im Jahr 2018 prägt im Vergleich zu 2017

und dem langjährigen Mittel ein trockeneres Klima von März bis Oktober die Vegetationsphase. Die Lufttemperaturen sind überdurchschnittlich hoch, während die Niederschlagsmengen in den meisten Monaten etwa 20 % oder mehr unter dem langjährigen Mittel liegen. Im November herrscht aufgrund geringer Niederschläge ungewöhnlich hohe Bodentrockenheit. Die Jahre 2019 und 2020 zeigen auffällige Hitze und Trockenheit mit Temperaturen, die durchweg über dem langjährigen Mittel liegen, vor allem in der zweiten Winterhälfte, im Frühjahr und Sommer. Die Niederschläge sind in der ersten Jahreshälfte beider Jahre unterdurchschnittlich. Der regenreiche Februar 2020 bildet einen Ausreißer in diesem Muster. Im Jahr 2021 ist die Durchschnittstemperatur +0.3 °C wärmer im Vergleich zum langjährigen Mittel, mit besonders positiven Abweichungen im Juni und Dezember. Die Herbst- N_{\min} -Gehalte des Jahres 2021 ähneln denen der Jahre 2014, 2017 und 2019. In allen genannten Jahren zeigt sich eine wünschenswerte Verteilung des Herbst- N_{\min} -Gehalts mit höheren Gehalten im Oberboden, die mit tieferen Bodenschichten abnehmen.

Die Regressionen zeigen über alle Horizonte hinweg einen leichten, linearen Rückgang des Herbst- N_{\min} -Gehalts. Die Bestimmtheitsmaße betragen $R^2 = 0,14$ für 0 bis 30 cm, $R^2 = 0,39$ für 30 bis 60 cm und $R^2 = 0,26$ für 60 bis 90 cm, was durchgehend auf einen schwachen, nicht zwingend linearen Zusammenhang der Variablen hinweist. Weitere Faktoren sind als Einfluss zu diskutieren.

7.2.5 Die Kooperation Steinfeld, Ackerbau

Die Ackerbaubetriebe der Kooperation Steinfeld weisen seit Beginn der Beratung unterschiedliche Entwicklungen auf verschiedenen Bodenhorizonten auf. Auf einem Horizont von 0 bis 30 cm ist ein Anstieg des Herbst- N_{\min} -Gehalts von +1 kg N/ha zu verzeichnen, während ein Rückgang von -2 kg N/ha auf einem Horizont von 30 bis 60 cm zu beobachten ist. Auffällig ist eine Zunahme von +4 kg N/ha auf einem Horizont von 60 bis 90 cm, wobei Steinfeld neben Bad Dürkheim die einzige weitere Kooperation ist, die eine Zunahme auf einem Bodenhorizont von 60 bis 90 cm aufweist. Anhand der Bewertungskriterien wird über alle Bodenhorizonte hinweg von keiner Veränderung ausgegangen. Der Rest-N-Gehalt auf einem Horizont von 0 bis 30 cm erreicht im Mittel ein Maximum von 16 kg N/ha in den Jahren 2020 und 2021 und weist zu Beratungsbeginn im Jahr 2019 einen minimalen Wert von 13 kg N/ha auf. Auf dem Horizont von 30 bis 60 cm schwankt der Herbst- N_{\min} -Gehalt zwischen einem Maximum von 25 kg N/ha im Jahr 2019 und einem Minimum von 14 kg N/ha in den Jahren 2020 und 2021. Der Horizont von 60 bis 90 cm zeigt im Mittel ein Maximum von 26 kg N/ha im Jahr 2022 und ein Minimum von 7 kg N/ha in den Jahren 2020 und 2021.

Die Boxplots in Anhang VI zeigen, dass auf einem Bodenhorizont von 0 bis 30 cm im Verlauf der Beratungszeit eine stagnierende Entwicklung hinsichtlich der Veränderung der Boxenbreite, der Länge der Whisker sowie des mittleren Rest-N-Gehalts erkennbar ist. Lediglich die Anzahl der Ausreißer nimmt ab, bis im Jahr 2022 keine Ausreißer mehr auftreten. Diese Stagnation zeigt sich auch in der Bewertung des Erfolgs als unverändert. Für eine Tiefe von 30 bis 60 cm zeigen sich im Beratungsverlauf ähnlich breite Boxen, die im Vergleich zu den Boxen des Horizonts von 0 bis 30 cm breiter ausfallen. Im Verlauf der Beratungszeit werden die Whisker auf 30 bis 60 cm kürzer, die Anzahl der Ausreißer und die Entfernung zu den Whiskern nehmen ab. Jedoch zeigt der mittlere Rest-N-Gehalt keinen Rückgang um mehr als -15 kg N/ha seit Beginn der Beratung, was anhand

des Erfolgsmaßstabs als unverändert gewertet wird. Auf einem Horizont von 60 bis 90 cm zeigen sich zunächst schmalere Boxen, die jedoch mit dem Jahr 2022 wieder breiter werden. Gleiches gilt für die Höhe des mittleren Rest-N-Gehalts. Die Whisker sind im Jahr 2022 länger als zu Beginn der Beratung und die Ausreißer liegen ebenfalls höher. Über den Horizont von 60 bis 90 cm wird keine Veränderung anhand des Erfolgsmaßstabs festgestellt.

Abbildung 24 visualisiert den Median der N_{\min} -Beprobung für jede Beprobungstiefe über den Verlauf der laufenden Beratungszeit der Ackerbaubetriebe in der Kooperation Steinfeld.

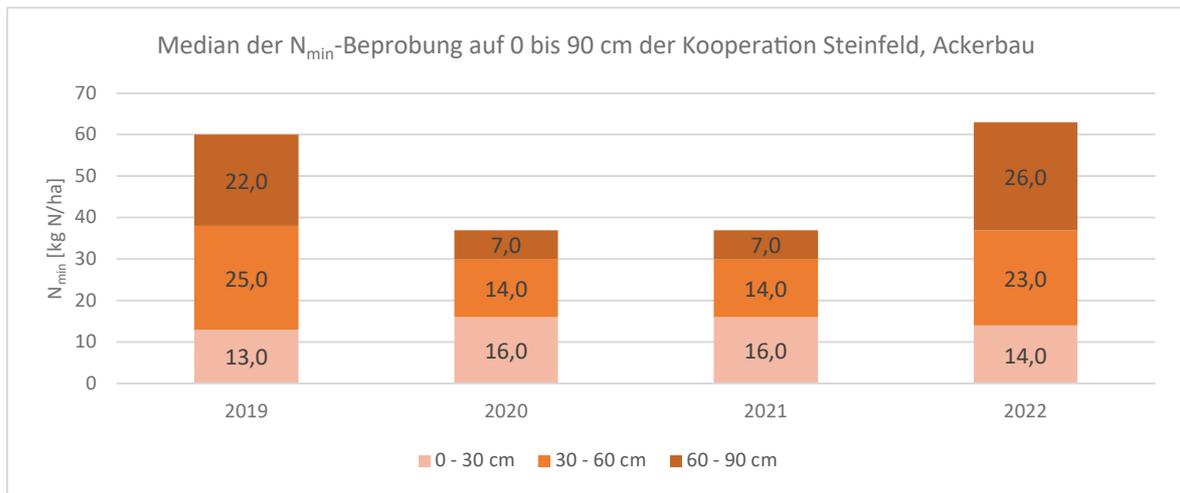


Abbildung 24: Herbst- N_{\min} -Gehalt (Median) in den einzelnen Bodenhorizonten der Kooperation Steinfeld, Ackerbau, in den Jahren von 2019 bis 2022. Eigene Darstellung.

Im November und Dezember 2019 entspricht der Niederschlag etwa dem langjährigen Mittelwert. Im Januar 2020 ist der Niederschlag zunächst geringer und steigt dann im Februar deutlich über den Durchschnitt. Insgesamt liegt die Niederschlagsmenge von November 2019 bis März 2020 über dem Durchschnitt. Die Monate April bis September 2020 sind besonders trocken, abgesehen vom nassen Juni im Jahr 2020. Auch der November 2020 ist trocken, während die Niederschläge im Oktober und Dezember 2020 über dem langjährigen Mittel liegen. Die Temperaturen sind im gesamten Jahr 2020 über dem langjährigen Mittel. In den Monaten Januar, Februar, April und August zeigt sich dies am deutlichsten. Die größten Niederschlagsmengen fallen zwischen der Herbst- N_{\min} -Abschlussmessung im November 2019 und der Frühjahrs- N_{\min} -Bodenuntersuchung im März 2020. Die Verteilung des Herbst- N_{\min} im Boden ist unerwünscht, da sie mit zunehmender Bodentiefe ansteigt. Im Herbst 2020 sind die N_{\min} -Gehalte in den beiden Bodenschichten von 30 bis 90 cm deutlich niedriger als im Herbst 2019, was positiv zu bewerten ist. Generell ist die Aufteilung des Herbst- N_{\min} -Gehalts über den Bodenhorizont im Jahr 2020 im Gegensatz zum Jahr 2019 wünschenswert, da der Herbst- N_{\min} -Gehalt mit zunehmender Bodentiefe abnimmt. Die Monate Dezember 2020 und Januar 2021 verzeichnen mehr Niederschlag als im langjährigen Mittel, gefolgt von deutlich trockeneren Monaten im März und April. Die Monate Mai bis August 2021 sind durch überdurchschnittliche Niederschläge gekennzeichnet, während es im weiteren Verlauf des Jahres, insbesondere im September, erneut sehr trocken ist. Der Niederschlag im Dezember 2021 liegt etwas über dem langjährigen Mittelwert. Der Temperaturverlauf entspricht 2021 weitgehend dem langjährigen Mittelwert, mit Ausreißern nach oben im Juni und Dezember 2021 sowie ungewöhnlich kalten Monaten im April und Mai 2021. Die Verteilung

in den Bodenhorizonten und die Höhe der mittleren Herbst- N_{\min} -Gehalte unterscheiden sich nicht zwischen den Jahren 2020 und 2021. Das Jahr 2022 entspricht zusätzlich nahezu identisch dem Jahr 2019 und zeigt erneut eine Verteilung der Herbst- N_{\min} -Gehalte in den Bodenhorizonten, die der erwünschten Aufteilung entgegenläuft. Im Vergleich zum langjährigen Mittel ist das Jahr 2022 um +1,9 °C wärmer, mit besonders warmen Monaten im August und Oktober. Die Monate März und September bis November sind von stärkeren Niederschlägen geprägt.

Die Regressionen der Bodenhorizonte zeigen für 0 bis 30 cm eine geringe Zunahme des Herbst- N_{\min} -Gehalts über die Jahre 2019 bis 2022. Während für den Horizont von 30 bis 60 cm ein Rückgang, wenn auch wenig stark, beobachtet wird, zeigt sich auf dem Horizont von 60 bis 90 cm über alle Jahre betrachtet eine geringe Zunahme des Herbst- N_{\min} -Gehalts. Der Zusammenhang der Variablen ist über das Bestimmtheitsmaß mit $R^2 = 0,07$ für 0 bis 30 cm, $R^2 = 0,02$ für 30 bis 60 cm und $R^2 = 0,02$ für 60 bis 90 cm als nicht-linear zu bezeichnen. Weitere Faktoren sind als Einfluss zu diskutieren.

7.2.6 Die Kooperation Steinfeld, Weinbau

Die Weinbaubetriebe der Kooperation Steinfeld verzeichnen seit Beratungsbeginn auf einem Bodenhorizont von 0 bis 30 cm eine Abnahme des Herbst- N_{\min} -Gehalts um -0,5 kg N/ha. Auf dem Horizont von 30 bis 60 cm zeigt sich ebenfalls ein Rückgang von -1 kg N/ha und auf dem Horizont von 60 bis 90 cm wird mit 0 kg N/ha keine Veränderung festgestellt. Gemäß den festgelegten Kriterien zur Bewertung des Unterschieds zwischen dem ersten und dem letzten Beratungsjahr bedeutet dies, dass über alle Horizonte keine Veränderung festgestellt wird. Der Rest-N-Gehalt auf dem 0- bis 30-cm-Horizont erreicht im Mittel ein Maximum von 10,5 kg N/ha im Jahr 2021 und weist zum Ende der Beratung im Jahr 2022 einen minimalen Wert von 7,5 kg N/ha auf. Die Rest-N-Gehalte auf dem 30- bis 60-cm-Horizont schwanken zwischen einem mittleren Höchstwert von 8,5 kg N/ha im Jahr 2021 und einem Tiefstwert von 5,5 kg N/ha im Jahr 2022. Der 60- bis 90-cm-Horizont zeigt ein Maximum von 4,5 kg N/ha im Jahr 2021 und ein Minimum von 3,5 kg N/ha im Jahr 2020 und 2022. Damit wird der kooperationsübergreifend allgemein geringste, aufaddierte mittlere Gehalt in 0 bis 90 cm mit 16,5 kg N/ha im Jahr 2022 erzielt. Zwischen Beratungsbeginn und dem letzten Beratungsjahr 2022 zeigen sich nahezu keine Unterschiede.

Die Boxplots im Anhang VI zeigen, dass auf einem Bodenhorizont von 0 bis 30 cm im Verlauf der Beratungszeit zwischen 2020 und 2021 zunächst die Breite der Box zunimmt, bevor sie im Jahr 2022 ähnlich schmal und kurz wie zu Beginn der Beratung ausfällt. Die Whisker zeigen sich im Jahr 2022 ähnlich kurz wie zu Beratungsbeginn und Ausreißer sind nicht vorhanden. Da der mittlere Rest-N-Gehalt kaum Veränderungen aufweist, wird er gemäß dem Erfolgsmaßstab als unverändert bewertet. Für eine Tiefe von 30 bis 60 cm sowie von 60 bis 90 cm zeigt sich ein ähnlicher Verlauf wie auf einem Bodenhorizont von 0 bis 30 cm, wobei im Jahr 2022 jeweils ein einzelner Ausreißer gefunden wird. Für die Weinbauflächen wird simultan zu den Ackerbauflächen weder ein Erfolg noch ein Misserfolg erzielt.

In Abbildung 25 werden die Medianwerte der N_{\min} -Beprobung für jede untersuchte Beprobungstiefe über den Verlauf der Beratungszeit der Weinbaubetriebe in der Kooperation Steinfeld dargestellt.

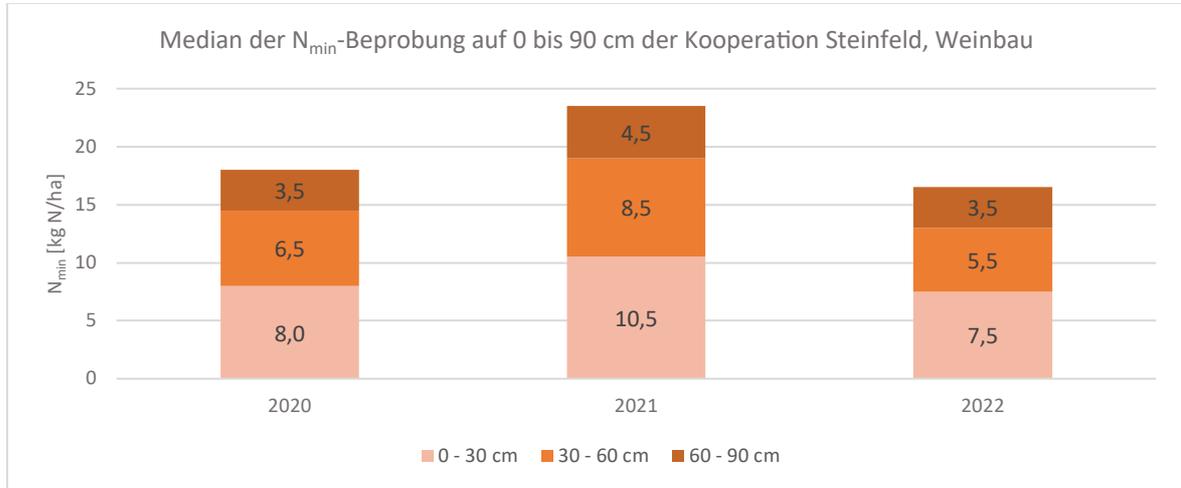


Abbildung 25: Herbst- N_{\min} -Gehalt (Median) in den einzelnen Bodenhorizonten der Kooperation Steinfeld, Weinbau, in den Jahren von 2020 bis 2022. Eigene Darstellung.

Die Jahresdurchschnittstemperatur von 11,3 °C im Jahr 2020 liegt über dem mehrjährigen Mittel von 10,6 °C. Hinsichtlich der Niederschläge zeigt sich, dass in einigen Monaten (Februar, März, Juni, Oktober und Dezember) die Monatsmittel über dem Durchschnitt liegen, während April und Juli mit nur 20 bis 25 % der üblichen Niederschlagsmenge ausgesprochen trocken sind. Die Verteilung des Rest-N-Gehalts zeigt sich über die Bodenhorizonte recht ausgeglichen. Die Durchschnittstemperatur beträgt im Jahr 2021 9,6 °C, was im Vergleich zum langjährigen Mittel eine Abweichung von -0,8 °C bedeutet. Lediglich vier Monate weisen höhere Durchschnittstemperaturen auf, wobei die größte positive Abweichung im Juni mit +1,3 °C verzeichnet wird. Bei der Herbst- N_{\min} -Probenahme Anfang November und auch im vorherigen Monat liegen die Lufttemperaturen unter dem Mittel. Das Jahr 2022 weist eine Durchschnittstemperatur von 11,7 °C auf. Lediglich zwei Monate verzeichnen niedrigere Durchschnittstemperaturen (April, September), während im August die größte positive Abweichung von +3,2 °C festgestellt wird. Zum Zeitpunkt der Herbst- N_{\min} -Probenahme im November und dem vorherigen Monat Oktober liegen die Lufttemperaturen, wie auch die Niederschläge, durchgängig über dem langjährigen Mittel. Die Verteilung der Niederschläge ist jedoch heterogen, mit Monaten, die deutlich überdurchschnittliche Niederschläge aufweisen (April, Juni, September, Oktober), sowie Monaten mit erheblicher Trockenheit (vor allem März, Juli, August).

Die Regressionen der Bodenhorizonte deuten darauf hin, dass über alle Horizonte hinweg ein nahezu stagnierende Entwicklung vorliegt. Die Beziehung zwischen den Variablen zeigt sich über das Bestimmtheitsmaß als nicht-linear, mit einem $R^2 = 0,02$ für 0 bis 30 cm, $R^2 = 0,11$ für 30 bis 60 cm und $R^2 = 0$ für 60 bis 90 cm. Aufgrund dieser niedrigen Bestimmtheitsmaße und der geringen Beratungszeit von drei Jahren wird die Verwendung einer linearen Regressionsgerade zur Beschreibung des Trends über die Jahre nicht empfohlen. Weitere Faktoren sind als Einfluss zu diskutieren.

7.2.7 Die Kooperation Venningen, Weinbau

Die Kooperation Venningen umfasst sowohl Acker- als auch Weinbaubetriebe. Für diese Analyse werden ausschließlich die Daten der Weinbaubetriebe berücksichtigt, da für die Ackerbaubetriebe nicht genügend Daten zur Auswertung vorliegen. Alle verfügbaren Daten wurden seitens der WSB RLP übermittelt, jedoch wurden sie nach sorgfältiger Prüfung als unzureichend für eine Auswertung befunden.

Seit dem Beginn der Beratung verzeichnen die Weinbaubetriebe auf einem Horizont von 0 bis 30 cm den größten Rückgang der Rest-N-Gehalte aller Kooperationen um -31 kg N/ha. Auf einem Horizont von 30 bis 60 cm ist ein Rückgang von -7 kg N/ha zu verzeichnen, während sich der Herbst-N_{min}-Gehalt auf 60 bis 90 cm um 0 kg N/ha ändert. Ein Erfolg wird auf einem Horizont von 0 bis 30 cm verzeichnet, während auf den weiteren Horizonten keine Veränderung festgestellt wird. Der Rest-N-Gehalt auf dem 0- bis 30-cm-Horizont erreicht im Mittel ein Maximum von 47 kg N/ha im Jahr 2017 und weist gegen Ende der Beratung im Jahr 2021 einen minimalen Wert von 8 kg N/ha auf. Die Rest-N-Gehalte auf dem 30- bis 60-cm-Horizont schwanken zwischen einem Höchstwert von 22 kg N/ha in den Jahren 2016 und 2017 und einem Tiefstwert von 7 kg N/ha im Jahr 2021. Auf dem 60- bis 90-cm-Horizont zeigt sich ein Maximum von 7 kg N/ha in den Jahren 2019 und 2022 sowie ein Minimum von 4 kg N/ha im Jahr 2022. Es ist zu erwähnen, dass erst ab dem Jahr 2019 überhaupt bis in eine Bodentiefe von 90 cm beprobt wurde. Der geringste Herbst-N_{min}-Gehalt der Weinbauflächen in Venningen in 0 bis 90 cm wird mit 19 kg N/ha im Jahr 2021 erzielt. Über alle Bodenhorizonte hinweg findet sich der Minimalwert im Jahr 2021. Die Differenzberechnung verdeutlicht die Abhängigkeit der Erfolgsbewertung von dem Vergleichsjahr seit Beratungsbeginn.

Die Boxplots in Anhang VI verdeutlichen, dass auf einem Bodenhorizont von 0 bis 30 cm während der Beratungszeit eine rückläufige Entwicklung in Bezug auf die Veränderung der Boxenbreite, der Länge der Whisker, der Anzahl der Ausreißer und ihres Abstands zu den Whiskern sowie des mittleren Rest-N-Gehalts erkennbar ist. Diese Abnahme des mittleren Rest-N-Gehalts um mehr als -15 kg N/ha wird als Erfolg gewertet. Für eine Tiefe von 30 bis 60 cm zeigt sich im Verlauf der Beratungszeit eine ähnliche Tendenz zwischen den Jahren 2016 und 2021. Im Jahr 2022 wird die Box wieder breiter, die Ausreißer nehmen sowohl in ihrer Anzahl als auch in ihrem Abstand zu den Whiskern zu und der obere Whisker wird erneut länger. Auch der mittlere Rest-N-Gehalt nimmt im Jahr 2022 erneut zu, was abschließend zu einer Bewertung als unverändert führt. Auf einem Bodenhorizont von 60 bis 90 cm findet erst ab dem Jahr 2019 eine Beprobung statt. Die Boxen zeigen sich über alle Jahre hinweg ähnlich breit, die Whisker ähnlich lang und der mittlere Rest-N-Gehalt bleibt unverändert. Einzig die Ausreißer scheinen im Jahr 2020 rückläufig zu sein, während in den Jahren 2019, 2021 und 2022 ähnlich viele Ausreißer in ähnlichem Abstand zu den Whiskern beobachtet werden.

Abbildung 26 zeigt den Verlauf der Medianwerte der N_{min}-Beprobung für jede untersuchte Beprobungstiefe während der laufenden Beratungszeit der Weinbaubetriebe in der Kooperation Venningen. Eine Beprobung auf bis zu 90 cm fand erst ab dem Jahr 2019 statt. Im Jahr 2018 musste die Beprobung auf Grund von Trockenheit gänzlich ausfallen. Die Lineare Regression des Medians aller

Messwerte auf einem Horizont von 0 bis 90 cm wird erst ab dem Jahr 2019 und daher nur anhand von vier Werten berechnet, um eine verzernte Darstellung auf Grund der fehlenden Beprobung in den Jahren 2016 bis 2018 zu vermeiden.

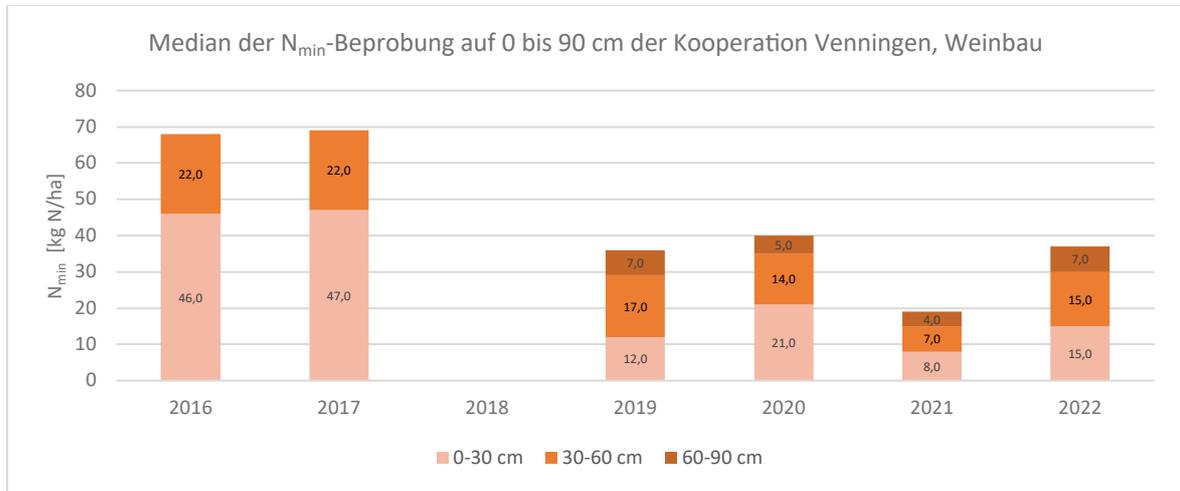


Abbildung 26: Herbst- N_{\min} -Gehalt (Median) in den einzelnen Bodenhorizonten der Kooperation Venningen in den Jahren von 2016 bis 2022. Eigene Darstellung.

Das Jahr 2016 beginnt mild mit überdurchschnittlichen Temperaturen in den ersten Monaten. Die Sommermonate zeichnen sich durch hohe Temperaturen aus, am deutlichsten zu erkennen im Juli. Der Jahresausklang verläuft leicht unter dem langjährigen Mittel. In der ersten Jahreshälfte fallen extreme Regenfälle auf, während ab Dezember eine starke Trockenheit einsetzt, die bis Mai 2017 anhält. Im ersten Halbjahr 2017 fallen im Vergleich zu 2016 deutlich weniger Niederschläge. Über den Sommer setzen wieder Niederschläge ein, die mit einer für die vorherrschende Jahreszeit angemessenen Temperatur einhergehen. In den Jahren 2016 und 2017 werden Bodenproben nur bis zu einer Tiefe von 60 cm entnommen. Ein Rückgang des Herbst- N_{\min} -Gehalts ist in den ersten 30 cm Bodentiefe zu beobachten, während sich auf 30 bis 60 cm kein Unterschied zeigt. Aufgrund der Trockenheit fällt die Beprobung im Jahr 2018 aus. Das Jahr 2019 zeigt im Vergleich zu den Vorjahren eine erfreuliche Entwicklung hinsichtlich des Herbst- N_{\min} -Gehalts auf den ersten 30 cm Bodenschicht. Auffällig ist, dass der Großteil des Nitrat-Stickstoffs in der mittleren Bodenschicht (30 bis 60 cm) zu finden ist. Die Jahresdurchschnittstemperatur liegt im Jahr 2020 mit 11,3 °C um 1,2 °C über dem langjährigen Mittel. In Bezug auf die Niederschläge fallen die Monate Februar und Dezember besonders auf, während die Monate April, Juli und November deutlich unter dem langjährigen Mittel liegen. Auf Jahressicht gleichen sich diese Extremausprägungen aus. Die überdurchschnittlichen Niederschläge im Oktober führen zu einer guten Bodendurchfeuchtung, wodurch auf allen Kooperationsflächen Bodenproben für die Bestimmung des Herbst- N_{\min} -Gehalts gezogen werden können. Im Vergleich zu den Jahren 2019 und 2021 zeigen sich im Jahr 2020 recht hohe Herbst- N_{\min} -Messwerte in 0 bis 30 cm. Generell nimmt der Stickstoffgehalt mit zunehmender Bodentiefe ab. Das Jahr 2021 ist in Bezug auf die Lufttemperaturen durchschnittlich, wobei die mittlere Jahrestemperatur genau der des langjährigen Mittels entspricht (10,1 °C). Die Temperaturen bei der Herbst- N_{\min} -Probenahme im November sind leicht unterdurchschnittlich. Hinsichtlich der Niederschläge ist 2021 das regenreichste Jahr seit 2017. In neun von zwölf Monaten liegen die

Niederschlagsmengen über dem langjährigen Mittel. Besonders auffällig sind die Niederschläge im Juni, die beinahe dreimal so hoch ausfallen wie das langjährige Mittel. Der Herbst-N_{min}-Gehalt ist im Jahr 2021 so gering wie nie. Im Jahr 2022 sind die Lufttemperaturen überdurchschnittlich, mit einer mittleren Jahrestemperatur von 11,6 °C, was exakt 1,5 °C über dem langjährigen Mittel liegt. Auch zum Zeitpunkt der Herbst-N_{min}-Probenahme im November liegen die Temperaturen über dem Durchschnitt. Die Verteilung der Niederschläge ist heterogen, mit Monaten, die deutlich überdurchschnittliche Niederschläge aufweisen (April, Juni, September, Oktober, November) und Monaten mit erheblicher Trockenheit (vor allem März, Juli, August). Im Vergleich zum Vorjahr fallen die Messwerte über alle Horizonte höher aus.

Die Regressionen der Bodenhorizonte zeigen für 0 bis 30 cm und für 30 bis 60 cm einen deutlichen Rückgang der Herbst-N_{min}-Gehalte bei einem $R^2 = 0,76$ für 0 bis 30 cm und einem $R^2 = 0,66$ für 30 bis 60 cm. Die Regressionsgerade für den Bodenhorizont von 60 bis 90 cm verläuft nahezu horizontal und ein $R^2 = 0$ verstärkt rechnerisch den nicht-linearen Zusammenhang. Weitere Faktoren sind als Einfluss zu diskutieren.

Die deutlich zu beobachtenden Witterungseinflüsse legen nahe, dass die aktive Steuerung (= Bewirtschaftung) nicht unbedingt in der Lage ist, ungünstige Witterungsbedingungen zu überlagern. Zuletzt bleibt die Hoffnung auf ein glückliches Zusammenwirken der Faktoren Bewirtschaftung, Witterung und geeignetem Probentermin.

Die folgenden Tabelle fasst die Ergebnisse der Erfolgsbewertung zusammen:

Tabelle 9: Zusammenfassung der Erfolgsbewertung der Kooperationen in Anlehnung an BACH ET AL. (2006) mit den folgenden Regeln: + entspricht einem Erfolg, das heißt einer Minderung der Größe um -15 kg N/ha, - entspricht einen Misserfolg, das heißt einer Zunahme der Größe um +5 kg N/ha. Alles dazwischen wird als unveränderlich bezeichnet und mit o gekennzeichnet. Eigene Darstellung.

Kooperation	Schlagspezifische Stickstoffbilanz	Herbst-N _{min} -Gehalt in 0 bis 30 cm	Herbst-N _{min} -Gehalt in 30 bis 60 cm	Herbst-N _{min} -Gehalt in 60 bis 90 cm
Bad Dürkheim	+	+	o	-
Frankenthal	+	+	o	o
Maikammer	+	o	o	o
Steinfeld, Weinbau	o	o	o	o
Steinfeld, Ackerbau	+	o	o	o
Venningen, Weinbau	+	+	o	o

7.3 Die Ergebnisse der Korrelation zwischen der N-Gesamtzufuhr eines Jahres und den messbaren Faktoren

Zwischen der Höhe der Stickstoffdüngung zur Hauptfrucht und den Herbst-N_{min}-Gehalten besteht nach den in BEISECKER ET AL. (2018) dargestellten Untersuchungen kein signifikanter Zusammenhang. Die Herbst-N_{min}-Gehalte können nach BEISECKER ET AL. (2018) ohne jegliche Stickstoffdüngung bis zu 150 kg N/ha annehmen. Dieselben Ergebnisse zeigen sich in Abbildung 27, wo ebenfalls bei fehlender Düngung Herbst-N_{min}-Gehalte bis weit über 150 kg N/ha beobachtet werden. Grundlage der Analyse ist entgegen BEISECKER ET AL. (2018) die Stickstoff-Zufuhr des gesamten Jahres und nicht nur zur Hauptkultur in Bezug zu den Herbst-N_{min}-Gehalte auf 0 bis 90 cm Tiefe und den schlagspezifischen Bilanzen. Die durchgeführte Spearman-Korrelationsanalyse ergibt dann einen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen den untersuchten Variablen, wenn das berechnete Signifikanzniveau (p-Wert) unterhalb des Schwellenwerts von 0,05 (5 % Irrtumswahrscheinlichkeit) liegt.

Mit den Kooperationsdaten dieser Evaluation wird eine Korrelationsanalyse durchgeführt. Ein hoher Korrelationskoeffizient kann darauf hinweisen, dass die Düngemenge einen erheblichen Einfluss auf den Herbst-N_{min}-Gehalt oder die schlagspezifische Bilanz hat. Es ist jedoch wichtig zu betonen, dass eine Korrelation allein keine Kausalität impliziert. Andere Faktoren könnten den beobachteten Zusammenhang beeinflussen und zusätzliche Untersuchungen sind erforderlich, um Ursache-Wirkungs-Beziehungen zu verifizieren. Abbildung 27 zeigt, dass eine höhere Düngemenge grundsätzlich auch höhere Herbst-N_{min}-Werte verursachen kann. Zusätzlich lassen sich Düngemengen im Bereich von 200 bis 400 kg N/ha beobachten, die nicht zwangsläufig mit Rest-N-Gehalten von mehr als 100 kg N/ha auf 0 bis 90 cm einhergehen. Um diese Beobachtungen korrekt zu interpretieren, müssen der Zeitpunkt der Probenentnahme, die damit verbundene Witterung sowie die Bodenart berücksichtigt werden. Es ist möglich, dass der Stickstoff bereits in tiefere Bodenschichten ausgespült und daher bei der Messung nicht erfasst wird. Der Zusammenhang zwischen Düngemenge und Herbst-N_{min}-Werten kann je nach Bodenart, Klima, Anbaupraktiken und anderen Umweltfaktoren variieren. Schnell freisetzende Düngemittel wie Mineraldünger können zu einem schnelleren Anstieg der Herbst-N_{min}-Werten führen, während langsam freisetzende organische Düngemittel zu einer stetigeren Freisetzung von Stickstoff über einen längeren Zeitraum führen und nicht unbedingt hohen Rest-N-Gehalte im Ausbringungsjahr bedingen.

Die Interpretation der berechneten Korrelationskoeffizienten Rho ($|\rho|$) folgt den Interpretationsgrundsätzen nach COHEN (1988) und lautet: (a) geringe bis schwache Korrelation entspricht $|\rho| \geq 0,10$, (b) mittlere bis moderate Korrelation entspricht $|\rho| \geq 0,30$ und eine (c) große bis starke Korrelation entspricht $|\rho| \geq 0,50$. Zusätzlich wird das Bestimmtheitsmaß berechnet. R^2 gibt Auskunft darüber, inwieweit die summierte Düngemenge des Gesamtjahres die Höhe des Herbst-N_{min}-Gehalts auf 0 bis 90 cm oder die schlagspezifische Bilanz erklärt. Ein hoher Wert von nahe 1 deutet darauf hin, dass die Düngemenge einen Großteil der Variation in der abhängigen Variable erklärt, was auf ein starkes lineares Modell hinweist. Ein niedriges Bestimmtheitsmaß nahe 0 impliziert, dass die summierte Düngemenge des Gesamtjahres die abhängige Variable nur unzureichend erklärt und ein

lineares Modell nicht adäquat zu den Daten passt. Weitere Faktoren könnten einen Einfluss auf den Herbst- N_{\min} -Gehalt haben.

Abbildung 27 zeigt die Korrelationen zwischen der Stickstoffzufuhr des Gesamtjahres und dem Herbst- N_{\min} -Gehalt der jeweils letzten drei Beratungsjahre einer Kooperation.

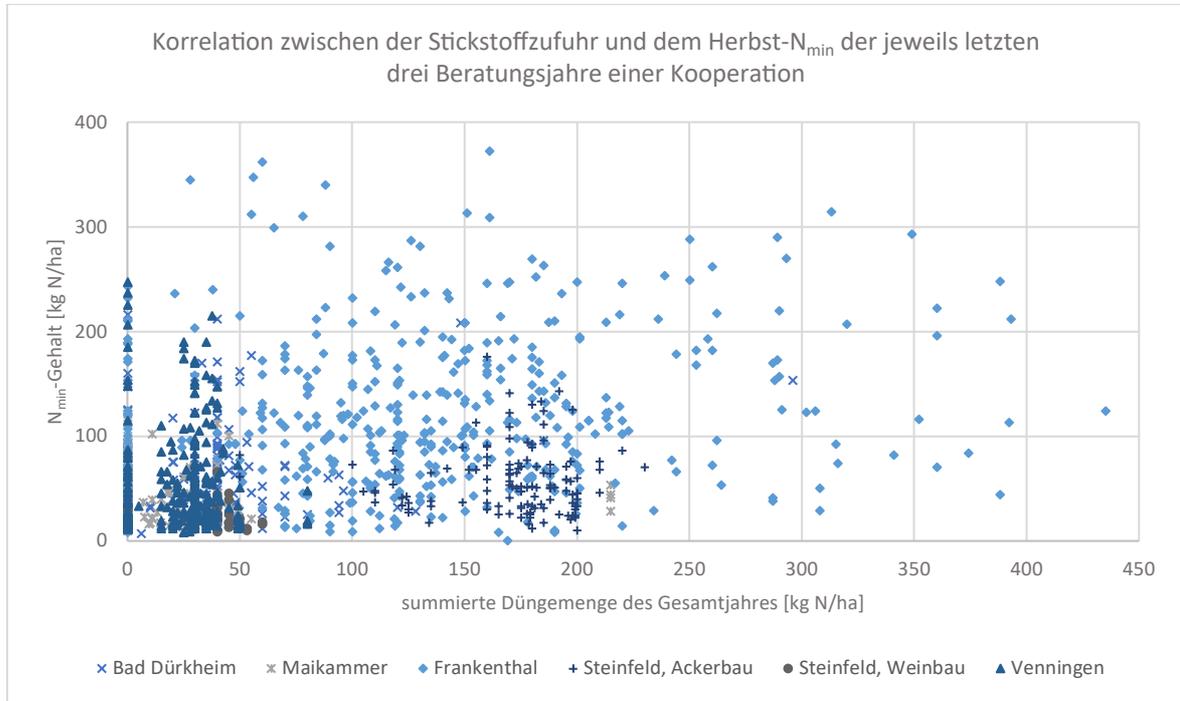


Abbildung 27: Korrelation zwischen der Stickstoffzufuhr und dem Herbst- N_{\min} -Gehalt der letzten drei Beratungsjahre einer Kooperation. Zwei Extremwerte der Kooperation Frankenthal für eine summierte Düngemenge von jeweils 0 kg N/ha weisen Herbst- N_{\min} -Gehalte von 823 kg N/ha bzw. 1010 kg N/ha auf und sind in dieser Abbildung nicht dargestellt. Eigene Darstellung.

Die Kooperation Frankenthal ist durch Gemüseanbauflächen gekennzeichnet, auf denen regelmäßig mehrere Hauptkulturen angebaut werden. Diese Vielfalt bedingt, dass eine Stickstoffdüngung oft mehrmals im Jahr erfolgt. Infolgedessen variiert die summierte Stickstoffdüngemenge in der Kooperation Frankenthal zwischen 0 kg N/ha und fast 450 kg N/ha.

Es werden keine signifikanten, starken Korrelationen festgestellt. Geringe, jedoch signifikante Korrelationen treten bei den Kooperationen Venningen ($|\rho| = 0,17^{**}$), Maikammer ($|\rho| = 0,17^*$), Frankenthal ($|\rho| = 0,14^{**}$) und Bad Dürkheim ($|\rho| = 0,19^{**}$) auf. Die Weinbauflächen der Kooperation Steinfeld mit dem höchsten, jedoch nach COHEN (1988) weiterhin als gering einzustufenden Korrelationskoeffizienten von $|\rho| = 0,24$ ist nicht signifikant (p -Wert = 0,1707), genauso wenig wie die Ackerbauflächen derselben Kooperation mit dem niedrigsten Korrelationskoeffizienten von $|\rho| = 0,05$ bei einem p -Wert = 0,5903. Das Bestimmtheitsmaß zeigt in keinem Fall ein R^2 -Wert größer als 0,05. Dies deutet darauf hin, dass die Düngemenge des Gesamtjahres maximal 5 % der Gesamtvarianz der Herbst- N_{\min} -Streuung erklärt und somit nur einen geringen Teil ausmacht.

Neben dem Einfluss auf den Herbst- N_{\min} -Gehalt soll ebenfalls der Einfluss auf die schlagspezifische Stickstoffbilanz überprüft werden. Bezugsgröße sind erneut die letzten drei dokumentierten Beratungsjahre einer Kooperation.

Abbildung 28 zeigt den Zusammenhang zwischen der Stickstoffzufuhr des Gesamtjahres und der schlagspezifischen Stickstoffbilanz der jeweils letzten drei Beratungsjahre einer Kooperation.

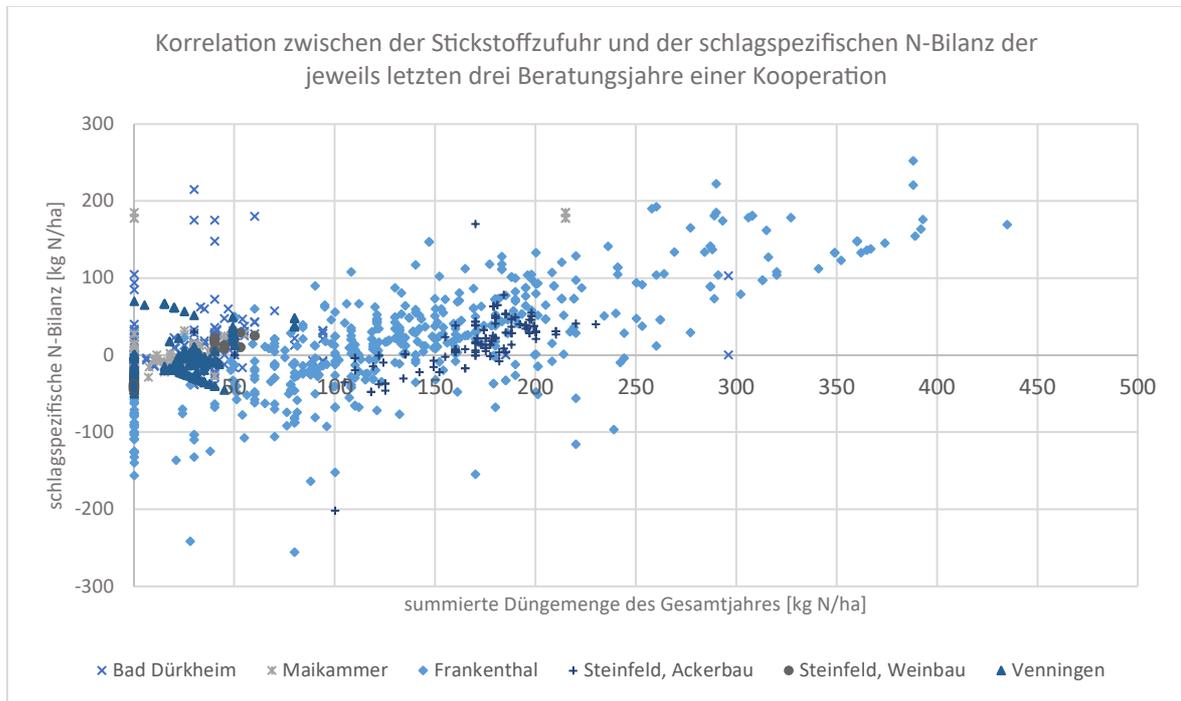


Abbildung 28: Korrelation zwischen der Stickstoffzufuhr und der schlagspezifischen Stickstoffbilanz der letzten drei Beratungsjahre einer Kooperation. Ein Extremwert der Kooperation Frankenthal für eine summierte Düngemenge eine Bilanz von -877 kg N/ha auf und ist in dieser Abbildung nicht dargestellt. Eigene Darstellung.

In Bad Dürkheim ergibt sich eine statistisch signifikante, moderate Korrelation ($|\rho| = 0,414^*$). Jedoch ist das Bestimmtheitsmaß mit 0,04 relativ niedrig, was darauf hinweist, dass die summierte Düngemenge des Gesamtjahres nur einen geringen Teil der Variation in den schlagspezifischen Bilanzen erklärt. Maikammer zeigt eine starke Korrelation ($|\rho| = 0,685^{***}$). Das Bestimmtheitsmaß liegt bei $R^2 = 0,52$, was darauf hindeutet, dass die summierte Düngemenge des Gesamtjahres etwa die Hälfte der Variation der schlagspezifischen Bilanzen erklärt. Frankenthal weist ebenfalls eine signifikante, starke Korrelation auf ($|\rho| = 0,75^{***}$). Hier erklärt die summierte Düngemenge des Gesamtjahres etwa die Hälfte ($R^2 = 0,5$) der Variation der Bilanzen, ähnlich wie bei Maikammer. Bei den Kooperationen Steinfeld zeigen sowohl die Wein- als auch die Ackerbauflächen signifikante, identische Ergebnisse ($|\rho| = 0,69^{***}$). Allerdings ist das Bestimmtheitsmaß bei den Weinbauflächen ($R^2 = 0,82$) deutlich höher als bei den Ackerbauflächen ($R^2 = 0,24$), was darauf hindeutet, dass die summierte Düngemenge des Gesamtjahres einen größeren Teil der Variation in den Bilanzen der Weinbauflächen erklärt. Schließlich zeigt Venningen eine signifikante, moderate Korrelation ($|\rho| = 0,37^{***}$) bei einem $R^2 = 0,17$.

Die Korrelationsanalyse zeigt zusammenfassend, dass der Düngeaufwand eines Jahres in jedem Fall einen signifikanten Einfluss auf die schlagspezifische Bilanz hat. Allerdings trägt dieser Faktor nur begrenzt zur Erklärung der Gesamtmenge an mineralischem Stickstoff in bis zu 90 cm Tiefe bei und fällt hier für die Flächen der Kooperation Steinfeld nicht signifikant aus.

8 Diskussion

Die Bewertung des Erfolgs der Beratungsleistung wird anhand einer Analyse der Veränderungen der Stickstoffbilanzen und des Herbst- N_{\min} -Gehalts zwischen dem ersten und dem letzten Beratungsjahr durchgeführt. Im Vergleich zur Methode nach BACH ET AL. (2006) wird der Erfolgsmaßstab angepasst, wobei ein Rückgang um mehr als -15 kg N/ha als Erfolg und eine Zunahme um mehr als +5 kg N/ha als Misserfolg betrachtet wird. Seit Beginn der Beratung wird durchschnittlich ein Rückgang der Bilanzen um knapp -28 kg N/ha erreicht. Die Erfolgsquote der ausgewerteten Kooperationen liegt bei etwa 83 %. Eine Kooperation verzeichnet keinen Rückgang der Bilanz, jedoch auch keine Zunahme um mehr als +5 kg N/ha und wird daher als "unverändert" bewertet. Die Entwicklung der Bilanzen im Zeitverlauf zeigt kooperationsübergreifend einen leicht bis mittelmäßig fallenden Trend seit dem Inkrafttreten der neuen Auflagen für nitratbelastete Gebiete ab Januar 2021. Trotzdem lassen sich deutliche Unterschiede zwischen den einzelnen Kooperationen beobachten, wobei einige einen statistisch signifikanten Rückgang der Bilanzen verzeichnen und das lineare Modell die Daten gut beschreibt, während andere Kooperationen starke Schwankungen zwischen den Jahren aufweisen. Auch, wenn sich der Trend des Bilanzrückgangs signifikant zeigt, wird er auf Grund der teilweise sehr geringen Beratungszeit unter weiteren Einflussfaktoren wie witterungsbedingten Ertragschwankungen und der Variation der Stichprobengröße interpretiert.

Der Verlauf der Herbst- N_{\min} -Gehalte in den Kooperationen offenbart verschiedene lineare Entwicklungen in verschiedenen Bodentiefen, die jedoch nicht auf statistische Signifikanz überprüft werden können. Grundsätzlich zeigen sich rückläufige Herbst- N_{\min} -Gehalte im obersten Bodenhorizont von 0 bis 30 cm, während diese Tendenzen in den tieferen Bodenschichten weniger ausgeprägt sind und sich hauptsächlich stagnierend zeigen. Die oberste Bodenschicht reagiert besonders empfindlich auf Veränderungen durch landwirtschaftliche Praktiken und klimatische Einflüsse. Der Einfluss auf die Herbst- N_{\min} -Messwerte durch Witterungsereignisse sowie besonderen klimatischen Bedingungen eines Jahres zeigt sich je nach Bodenart unterschiedlich stark. Es scheint, dass die Kooperationen Bad Dürkheim und Maikammer am anfälligsten für Stickstoffauswaschungen sind, während sich in Venningen und Steinfeld aufgrund der im Vergleich schwereren Böden tendenziell nahezu gleichbleibende mittlere Rest-N-Gehalte (Median) beobachten lassen. In der Kooperation Frankenthal sind über alle Bodentiefen die höchsten Herbst- N_{\min} -Gehalte zu beobachten. Es zeigen sich mittlere Herbst- N_{\min} -Messwerte von bis zu 79 kg N/ha im Bereich von 0 bis 30 cm, bis zu 46,5 kg N/ha im Bereich von 30 bis 60 cm und bis zu 39 kg N/ha im Bereich von 60 bis 90 cm. Die maximalen mittleren Werte bestätigen eine grundlegende Abnahme der Herbst- N_{\min} -Gehalte mit zunehmender Bodentiefe.

Jährliche Schwankungen in der Witterung sowie die standortspezifischen Bodenfaktoren sind ebenfalls entscheidende Einflussgrößen in Bezug auf Bilanzen und Rest-N-Gehalte. Das verdeutlicht die Notwendigkeit einer Interpretation in einem Kontext, der verschiedene Einflussgrößen wie Niederschläge, Temperaturen und Bodenart gleichzeitig berücksichtigt. Es ist anzumerken, dass eine umfassende Interpretation im Kontext der Fruchtfolge, Bodenbearbeitung und weiterer Managementmaßnahmen nicht erfolgen kann. Einzig die Gesamtstickstoffzufuhr eines Jahres kann auf

Korrelation bezüglich der messbaren Erfolgsindikatoren überprüft werden. Dabei ist anzumerken, dass die Gesamtzufuhr in jeder Kooperation signifikant mit den schlagspezifischen Bilanzen und, mit Ausnahme der Kooperation Steinfeld, dem Rest-N-Gehalt korreliert.

8.1 Herausforderungen der Diskussion quantitativer Erfolgsindikatoren

Bei der Bewertung der schlagspezifischen Bilanz seit Beginn der Beratung in allen Kooperationen ist grundsätzlich zu beachten, dass im Jahr 2020 eine neue Düngeverordnung eingeführt wurde. Aus dieser DüV gehen Auflagen hervor, die ab Januar 2021 für nitratbelastete Gebiete gelten und unter anderem die Reduzierung der errechneten Düngemenge um 20 % bedingen. Die Veränderungen in den Schlagbilanzen seit der Einführung neuer gesetzlicher Rahmenbedingungen sind in allen Kooperationen zu erkennen. Die Düngeverordnung sowie weitere bundesweite oder lokale Vorgaben haben Auswirkungen auf die landwirtschaftliche Praxis und folglich auch auf die Stickstoffbilanzen der Kooperationen. Daher ist es wichtig zu betonen, dass der Rückgang der Stickstoffbilanzen nicht ausschließlich als Erfolg der Beratungsdienste interpretiert werden darf. Im Vergleich zu den flächenspezifischen Stickstoffbilanzen, die von HÄUßERMANN ET AL. (2019) für Rheinland-Pfalz zwischen 1995 und 2017 berechnet wurden und die Spannen von 39,6 kg N/ha im Minimum bis 73,7 kg N/ha im Maximum aufzeigen, deuten die Überschüsse der Kooperationen im Beratungsjahr 2022 auf eine deutliche Verbesserung hin. Es ist zu beachten, dass zum Zeitpunkt der Forschungsergebnisse von HÄUßERMANN ET AL. (2019) die neue DüV noch nicht in Kraft war, was den Mehrwert der Beratung in den analysierten Kooperationen im Vergleich zu den Bilanzen nach HÄUßERMANN ET AL. (2019) relativiert. Die Unterscheidung zwischen dem spezifischen Einfluss der Beratung durch die WSB RLP auf die Bilanzen einzelner Schläge und dem generellen Effekt ordnungsrechtlicher Maßnahmen ist aufgrund fehlender Daten von Referenzflächen nicht möglich.

In den Datentabellen der WSB RLP werden üblicherweise alle flächenspezifischen N-Bilanzsalden der teilnehmenden Betriebe aufgeführt. Eine detaillierte Analyse für einzelne Kulturen, Kulturgruppen oder spezifische Maßnahmen erfolgt jahresspezifisch in den Berichten und ist nicht unbedingt Teil der bereitgestellten Datenblätter; ebenso wenig wie kooperationsübergreifend vollständige Daten zu der Winterbegrünung oder dem Zwischenfruchtanbau vorliegen. Dabei wirkt ein Vergleich in den Jahresberichten, als basiere er auf subjektiver Wahrnehmung und Interesse des zu diesem Zeitpunkt tätigen Beraters. Im Folgejahr findet dieselbe Darstellung selten bis gar nicht statt. Es ist ratsam, einen grundlegend identischen Vergleich zwischen bestimmten Kulturgruppen oder Managementmaßnahmen anhand eines einheitlichen Konzepts kooperationsübergreifend durchzuführen. Damit ist es möglich, die Auswirkung einer Maßnahme auf verschiedene Kulturen und unter differenzierten Standortbedingungen zu bewerten, um eine Anpassung der Maßnahmen an den Standort oder die Wirtschaftsweise vorzunehmen. Die bereitgestellten Daten werden daher in dieser Evaluation nur in stark aggregierter Form analysiert, indem die Durchschnittswerte pro Jahr auf die gesamte Kooperation bezogen wird. Die Aussagekraft solcher Durchschnittsvergleiche über mehrere Jahre hinweg kann gemäß BACH ET AL. (2006) aus verschiedenen Gründen eingeschränkt sein: Der Stichprobenumfang variiert erheblich zwischen den Jahren, die prozentualen Anteile der erfassten Kulturen auf den Flächen können sich stark verändern und aufgrund witterungsbedingter Ertragsschwankungen

ist der Bilanzüberschuss und Herbst- N_{\min} -Gehalt sehr un stetig. Daher lassen sich beobachtete Entwicklungen in einer Kooperation nicht zwangsläufig auf Veränderungen in der Bewirtschaftung und die von der WSB RLP implementierten Maßnahmen zurückführen, sondern können rein der Witterung geschuldet sein.

Ein weiteres grundlegendes Problem der Erfolgsbewertung besteht in der Vergleichbarkeit der Daten. Sollen verschiedene Kooperationsprojekte bewertet werden, ist es entscheidend, dass die erhobenen Daten vergleichbar sind. Hierfür ist eine einheitliche Methodik und Definitionen für die Datenerhebung und -analyse erforderlich. Ein Aspekt, der die Vergleichbarkeit beeinflusst, ist die Variation der Kooperationsflächenanzahl über die Jahre, die den Stichprobenumfang beeinflusst. Des Weiteren gehören vier der sechs untersuchten Kooperationen bzw. ihre Teilbereiche dem Weinbau an. Daher müssen die Ursachen für die gemittelten Ergebnisse, wie zum Beispiel den mittleren Rückgang der Bilanz über alle Kooperationen um $-27,9 \text{ kg N/ha}$, und die damit verbundene Bewertung des Beratungseinflusses auf die schlagspezifischen Bilanzen hauptsächlich auf das im Weinbau übliche Management zurückgeführt werden. Diese Ergebnisse bilden kein allgemeingültiges Szenario für alle Betriebstypen aller Kooperation in der Beratung. Überschüsse der Bilanzsalden im Acker- oder Erwerbsgartenbau resultieren häufig aus einer intensiven mineralischen Düngung, im Gegensatz zum Weinbau, wo sie eher auf eine verstärkte organische (mehrjährige) Düngung zurückzuführen sind. Eine derartige Düngung kann einen beträchtlichen Stickstoffpool im Boden aufbauen, der durch Mineralisierung zu unverhältnismäßig hohen Stickstofffrachten in einzelnen Jahren führen kann. Dabei sind die klimatischen Bedingungen relevant für die Höhe der Mineralisierung. Die Einflüsse ertragsstärkerer oder -schwächerer Jahre auf die Stickstoffdynamik dürfen nicht vernachlässigt werden. In Jahren mit höherem Ertrag erfolgt eine verstärkte Entnahme von Stickstoff durch die Ernteabfuhr, während in Jahren mit geringerem Ertrag weniger Stickstoff aus dem Boden entfernt wird und gleichzeitig mehr mineralischer Stickstoff im Boden zurückbleibt der sich, sollte er nicht ausgewaschen oder von einer Begrünung aufgenommen werden, in den Herbst- N_{\min} -gehalten widerspiegelt. Dabei spielen klimatische Faktoren wie Temperatur und Niederschlag sowie der Druck durch Schaderreger eine bedeutende Rolle für die Höhe des Ertrags und somit auch für die Stickstoffbilanz und die zurückbleibenden Herbst- N_{\min} -Gehalte im Bodensystem.

Der Zeitpunkt der Probennahme spielt eine entscheidende Rolle, da er den aktuellen Zustand des Bodens reflektiert. In der oberen Bodenschicht (0 bis 30 cm) lassen sich die größten Unterschiede im zeitlichen Verlauf feststellen. In den tieferen Schichten (30 bis 60 cm und 60 bis 90 cm) bleiben die mittleren Herbst- N_{\min} -Gehalte im Vergleich dazu weitgehend unabhängig von jahresspezifischen, die Temperatur betreffenden Einflüssen und sind eher durch Niederschläge und daraus resultierende N-Frachten geprägt. Die oberste Bodenschicht bietet ideale Bedingungen für eine Stickstoff-Mineralisation, da hier die erforderlichen Bedingungen wie schnelle Durchfeuchtung, rasche Erwärmung und gute Durchlüftung optimal gegeben sind. Die Bodenfeuchte in Verbindung mit sommerlichen Bodentemperaturen schafft optimale Bedingungen für eine kontinuierliche Stickstoff-Mineralisation. Trockene Bedingungen im Frühjahr können hingegen zu einer geringeren Umsetzung von organischem und mineralischem Dünger aufgrund fehlender Bodenfeuchte führen. Niederschläge im Herbst, vor allem zwischen August und November, verbunden mit warmen Bodentemperaturen nach

der Vegetationsperiode, können eine erneute Stickstoff-Mineralisation auslösen und für entsprechend hohe Herbst- N_{\min} -Gehalte sorgen, ohne dass der Bewirtschafter Einfluss nehmen kann. Die Auswirkungen von Witterungsbedingungen auf die Herbst- N_{\min} -Gehalte sind vielfältig. Entscheidend sind die Bewirtschaftungsmaßnahmen nach der Ernte der Hauptfrucht; insbesondere die Reduzierung der Bodenbearbeitung und der Anbau von Zwischenfrüchten können das Austragsrisiko von Nitrat in das Grundwasser verringern. Zusätzlich zu den Erkenntnissen aus den Witterungsbedingungen und den darauf folgenden Herbst- N_{\min} -Gehalten kann auch die Gesamtstickstoffzufuhr als Managementmaßnahme für eine Bewertung der Beratungsleistungen herangezogen werden. Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass der Herbst- N_{\min} -Gehalt nicht allein durch Düngung beeinflusst wird, sondern von einer Vielzahl weiterer Faktoren abhängt. Es wird deutlich, dass die Düngemenge die schlagspezifischen Bilanzen deutlich stärker beeinflusst als den Rest-N-Gehalt auf bis zu 90 cm.

Ein weiteres Hindernis liegt in der Messbarkeit der Faktoren selbst. Nicht alle Aspekte der Kooperationsarbeit lassen sich leicht quantifizieren oder bewerten. Qualitative Aspekte wie zwischenmenschliche Beziehungen, Vertrauen und Zusammenarbeit können nur schwer in Zahlen erfasst werden. Die Auswahl geeigneter Messgrößen und Indikatoren erfordert das Verständnis für die Ziele der Zusammenarbeit. Aus diesem Grund wird der Erfolg der Kooperationsarbeit ebenfalls auf Grundlage der Zufriedenheit seitens der Beratenen ausgewertet. Um eine umfassende Einschätzung des Beratungserfolgs zu gewährleisten, ist es unerlässlich, neben den quantitativen Indikatoren auch die qualitativen Erkenntnisse aus den Befragungen zu berücksichtigen. Die Daten in Tabelle 9 sollten in einem qualitativen Kontext betrachtet werden, um eine ganzheitliche Bewertung der Kooperationsarbeit zum gegenwärtigen Zeitpunkt vornehmen zu können.

8.2 Erfolgsbewertung anhand quantitativer Indikatoren

Einen einzigen, umfassend quantifizierbaren Erfolgsindikator, der die Wirksamkeit der Arbeit in den Kooperationen eindeutig anhand einer einzigen Zahl bewertet, sei es durch statistische Analysen oder einen festgelegten Maßstab von "Erfolg" oder "Misserfolg", gibt es nicht. Da die Beratung durch die WSB RLP nicht auf einem experimentellen Design beruht und vielmehr die praktische Umsetzung einer Beratungsleistung darstellt, fehlen zusätzlich Referenzflächen, die den Mehrwert der Beratung unter den gegebenen Standortbedingungen gegenüber den ordnungsrechtlichen Ansätzen verdeutlichen kann. Trotzdem ist es möglich, die Forschungsfragen abschließend zu beantworten und die Veränderungen der Erfolgsparameter seit Beginn der Beratung zu untersuchen und sie darüber hinaus im Kontext der örtlichen Gegebenheiten zu interpretieren. Dabei muss jede Kooperation individuell betrachtet und eigenständig hinsichtlich ihres Erfolgs bewertet werden.

Einzig das Beratungsprojekt Maikammer, welches seit 2009 einer Beratung unterliegt und die seit 2014 erste offizielle Kooperation der vor dem Konzept "Gewässerschonenden Landwirtschaft" gegründeten WSB RLP darstellt, wurde im Jahr 2021 aus der aktiven Beratungsphase entlassen. Über jedem bemessenen Bodenhorizont verzeichnet die Kooperation einen Rückgang des mittleren Herbst- N_{\min} -Gehalts, der jedoch zu gering ist, um als Erfolg bewertet werden zu können. Die Regressionsgerade weist rechnerisch einen Rückgang auf, jedoch kann ihre Signifikanz nicht statistisch überprüft werden. Der mittlere Herbst- N_{\min} -Gehalt auf 0 bis 30 cm ist stark schwankend und

besonders in trockenen Jahren sehr hoch. Mit zunehmender Bodentiefe schwanken die mittleren Herbst- N_{\min} -Gehalte trotz Starkregenereignissen und Dürrejahren kaum und stagnieren für 30 bis 60 cm auf einem Niveau von +20 kg N/ha und für eine Bodentiefe von 60 bis 90 cm auf einem Niveau von +10 kg N/ha. Die Beurteilung soll nicht nur anhand des Medians aller Flächen eines Bodenhorizonts, sondern auch visuell anhand der Boxplots erfolgen. Auf einem Bodenhorizont von 0 bis 30 cm zeigen sich im Verlauf der Beratungszeit, insbesondere ab dem Jahr 2018, kürzere Whisker, weniger Ausreißer und, mit Ausnahme des Jahres 2020, schmalere Boxen. Eine solche Entwicklung ist für die Tiefen von 30 bis 60 cm sowie zwischen 60 und 90 cm nicht zu beobachten. Dort zeigen sich die Boxen im Allgemeinen schmal und die maximalen Werte fallen im Vergleich zum Horizont von 0 bis 30 cm geringer aus. Auch die Ausreißer, mit Ausnahme von 2016, liegen sehr nahe an den Whiskern. Für einen erfolgreichen Verlauf der Beratung wäre es wünschenswert, dass die gemessenen Rest-N-Gehalte weniger stark streuen und somit einen homogeneren Verlauf über alle Kooperationsflächen hinweg aufweisen. Je schmalere die Boxen, je kürzer die Whisker und je geringer die Anzahl der Ausreißer, desto homogener sind die Messergebnisse. Trotz einiger positiver Tendenzen sind jedoch keine nennenswerten Veränderungen im mittleren Rest-N-Gehalt zu verzeichnen, weshalb eine Bewertung als Erfolg ausbleibt und die Kooperation in Bezug auf die Rest-N-Gehalte als unverändert gewertet wird.

Die Böden der Kooperationen Maikammer sind als sandiger Lehm bis lehmiger Sand gekennzeichnet und damit durchaus auswaschungsgefährdet. Obwohl eine separate Untersuchung der Auswirkungen einzelner Maßnahmen auf den Herbst- N_{\min} -Gehalt in verschiedenen Bodentiefen nicht möglich ist, kann unter Berücksichtigung der vorherrschenden klimatischen Bedingungen und der Anfälligkeit der Böden für Auswaschungen davon ausgegangen werden, dass die Implementierung der Maßnahmen bedingt erfolgreich ist. Dabei ist zu beachten, dass die Kooperation Maikammer Teil eines Flurbereinigungsverfahrens war, wodurch einige Parzellen erst im Jahr 2010 oder 2011 mit Rebstöcken bepflanzt wurden. Die Schläge mit jungen Weinreben weisen im Allgemeinen vor allem in den ersten Jahren höhere Nitratkonzentrationen auf, die auf die verstärkte Mineralisation in den frisch gelockerten Böden und den vergleichsweise geringeren Stickstoffverbrauch der jungen Reben zurückzuführen ist, was wiederum zu einem Anstieg des Stickstoffgehalts führt. Die Berechnung der Regression basiert auf dem Median, was darauf hindeutet, dass weder die Flurbereinigung noch weitere Ausreißer die Berechnungen stark beeinflussen. Die Bilanz der Kooperation zeigt periodische Schwankungen und bleibt stets innerhalb eines Saldos von +10 kg N/ha bis -20 kg N/ha. Die begrenzte Variation der Bilanz deutet darauf hin, dass die Stickstoffzufuhr und der Verlust in Maikammer im Verhältnis zu den anderen ausgewerteten Kooperationen recht ausgeglichen ist. Dies legt nahe, dass die Stickstoffbewirtschaftung in der Kooperation eine grundlegende Stabilität aufweist. Es zeigt sich, dass die Stickstoffversorgung zur Zeit der Beratung in einem angemessenen Verhältnis zum Bedarf der Kulturen sowie den Verlusten durch Auswaschung und andere Prozesse stand.

Bei den weiteren analysierten Kooperationen erstrecken sich die Beratungszeiträume von minimal drei (ab dem Jahr 2020) bis maximal sieben (ab dem Jahr 2017) Jahre. Dies lässt darauf schließen, dass die Kooperationen, welche oft erst seit kurzer Zeit bestehen, ein unvollständiges Bild der

Beratungsleistung liefern. Die Auswirkungen der Maßnahmen werden möglicherweise erst in Zukunft vollständig sichtbar. Da es sich bei den Jahren 2020 und 2022 um klimatisch besondere Jahre handelt, wird eine Auswertung des Erfolgs von Kooperationen, die erst seit 2020 bestehen, weiter erschwert. Hinsichtlich einer Einordnung als Erfolg handelt es sich hierbei um eine vorsichtige, erste Einschätzung der Kooperationsarbeit. Darüber hinaus gilt anzumerken, dass eine vergleichende Bewertung von Kooperationen niemals allein auf Grundlage von Messwerten oder Bilanzsalden erfolgen sollte. Ein niedrigerer Bilanzsaldo oder geringerer Herbst- N_{\min} -Messwert bedeuten nicht zwangsläufig, dass die Beratung in einer bestimmten Kooperation erfolgreicher ist als in einer anderen Kooperation. Es ist unabdingbar, alle zugrunde liegenden Faktoren zu berücksichtigen und die Erfolgsparameter im Kontext der Standortfaktoren zu betrachten. Auch die Ausgangssituation bezüglich der Bilanzen und Herbst- N_{\min} -Gehalte vor bzw. im Jahr des Beratungsbeginns ist in angemessenem Maße zu berücksichtigen. Unterschiedliche Standortbedingungen, wie beispielsweise Bodenart und -textur, spielen eine entscheidende Rolle bei der Beurteilung des Erfolgs von Kooperationen. Die von BEISECKER ET AL. (2018) erhobenen Daten zeigen im Kontext statistischer Analysen eine signifikante Beziehung zwischen Herbst- N_{\min} -Gehalten und Bodenparametern wie Bodenart, Ackerzahl und nutzbarer Feldkapazität. BEISECKER ET AL. (2018) beschreiben den tatsächliche Einfluss dieser Bodenparameter auf die Herbst- N_{\min} -Gehalte jedoch als eher gering. Es ist davon auszugehen, dass es im Vergleich zu stärker auswaschungsgefährdeten, sandigen Böden auf schwereren Böden mit weniger Aufwand möglich ist, einen Rückgang des Herbst- N_{\min} -Gehalts in tieferen Bodenschichten zu erreichen. Wenn auf sandigen Böden zusätzlich erschwerende Faktoren wie starke Regenfälle um den Zeitpunkt der Probenahme auftreten, welche den Rest-N-Gehalt kurzfristig beeinflussen können, wird ein objektiver Erfolgsvergleich der Beratungsleistung mit einer Kooperation, die auf differenzierten Niederschlagsmustern und Bodeneigenschaften basiert, nahezu unmöglich. Eine Kooperation könnte als Misserfolg eingestuft werden, da beispielsweise keine rückläufige Entwicklung der Rest-N-Gehalte oder der Bilanz erkennbar wird. Dabei besteht die Möglichkeit, dass die als Misserfolg interpretierte Beratungsleistung unter anderen standortspezifischen und damit nicht der Beratung unterliegenden Umständen als erfolgreich bewertet werden könnte. Es ist auch möglich, dass die Herbst- N_{\min} -Gehalte und Bilanzsalden bereits zu Beratungsbeginn sehr niedrig waren und ein Erfolg damit grundlegend schwerer zu erreichen ist. Am Beispiel der Kooperation Bad Dürkheim, deren Parzellen von sandiger Textur geprägt sind, zeigen die Ergebnisse eine Anreicherung des Herbst- N_{\min} -Gehalts in den Bodenschichten von 60 bis 90 cm. Auf Grund der Zunahme von +14 kg N/ha ist dies als Misserfolg zu werten und wird visuell durch eine linear zunehmende Tendenz bestätigt. Mit Blick auf die Boxplots, die nicht nur den Median der Herbst- N_{\min} -Beprobung, sondern alle Messwerte darstellen, zeigt sich auf einem Bodenhorizont von 0 bis 30 cm im Verlauf der Beratungszeit eine Verengung der Boxenbreite bei gleichzeitig kürzeren Whiskern und einem rückläufigen mittleren Rest-N-Gehalt. Ausreißer liegen näher an den Whiskern als zu Beginn der Beratung, was auf einen echten, flächenübergreifenden Erfolg hindeutet. Für die Tiefe von 30 bis 60 cm zeigt sich im Allgemeinen keine Veränderung aller Parameter. Die Entwicklung auf einer Bodenschicht von 60 bis 90 cm ist umkehrt derer von 0 bis 30 cm: Die Boxen werden breiter, während Ausreißer gänzlich ausbleiben. Dies führt zu längeren Whiskern, was auf eine allgemeine Zunahme

der Messwerte hindeutet und nicht auf einen Anstieg des Rest-N-Gehalts einzelner Flächen zurückzuführen ist.

Im Kontext zum Zeitpunkt der Probenahme im November zeigt sich jährlich eine erhöhte monatliche Niederschlagssumme im Vergleich zum Vorjahr. Demzufolge ist die Bewertung als Misserfolg auf 60 bis 90 cm Bodentiefe im Kontext der Witterung, der begrenzten Anzahl von Messwerten auf Grund der kurzen Laufzeit sowie den klimatisch besonderen Jahren 2020 und 2022 zu überdenken. Hier kommen viele Faktoren zusammen, die von der Beratung nicht beeinflusst werden können. Dass sich im Fragebogen eine grundlegende Zufriedenheit mit der Beratung widerspiegelt, steht entgegen der Bewertung der Beratung als Misserfolg bezüglich der Verlagerung des Rest-N-Gehalts in tiefere Bodenschichten. Es kann von einem unglücklichen Zusammentreffen der nicht zu beeinflussenden Faktoren rund um den Beprobungstermin ausgegangen werden. Dennoch sollte in Zukunft seitens der Berater ein besonderes Augenmerk auf die Standortbedingungen gelegt werden, beispielsweise durch die nachdrückliche Empfehlung des Vorzugs einer Einsaat der Winterbegrünung gegenüber einem spontanen Aufwuchs und dem Verzicht einer späten Bodenbearbeitung. Die späte Bodenbearbeitung im Kontext des Herbst- N_{\min} -Gehalts kann diverse Folgen haben. Sie führt zur Störung der organischen Bodensubstanz, was zu einer erhöhten Mineralisierung und demzufolge potenziell zu einem Anstieg des Herbst- N_{\min} -Gehalts führen kann. Bei einer fehlenden Begrünung oder zum Zeitpunkt der verminderten N-Aufnahme durch die Reben unterliegt dieses N_{\min} keiner Fixierung. Dieser Anstieg erhöht wiederum das Risiko der Stickstoffauswaschung, besonders bei intensiven Niederschlägen und leichten Böden.

Im Gegenzug zeigt die flächenspezifische Bilanz im Mittel für Bad Dürkheim einen kontinuierlichen Rückgang und erreicht 2022 einen nahezu ausgeglichen Zustand. Daher ist davon auszugehen, dass die Verlagerung von mineralischem Stickstoff in tiefere Bodenschichten nicht unbedingt in Form von Nitratverbindungen stattfindet, die aus einer Überversorgung der Kultur resultieren, sondern mit den Bedingungen zum Probenzeitpunkt zusammenhängt. Die Begrenzung auf nur wenige Datenpunkte der dreijährigen Beratungszeit führt zu einer eingeschränkten Aussagekraft der Regression, da die resultierende Gerade möglicherweise nicht die tatsächliche Beziehung in den Daten widerspiegelt. Es ist ratsam, eine ausreichende Anzahl von Datenpunkten zu verwenden, um eine robuste und aussagekräftige Trendbewertung zu ermöglichen. Dies gewährleistet eine stabilere Schätzung der Entwicklung und verbessert die Genauigkeit und Verlässlichkeit der Regression. Die Messwerte sind in Zukunft zu beobachten und hinsichtlich möglicher Extremjahre zu überprüfen. Es ist jederzeit möglich, dass ein Jahr nur eine kurzfristige Abweichung von einem langfristigen Trend ist, der auf eine insgesamt erfolgreiche oder nicht erfolgreiche Kooperationsarbeit hindeutet. Die Wahl des Vergleichsjahres kann auch den Eindruck einer Veränderung beeinflussen. Ein Vergleich mit einem Jahr, das einen ungewöhnlich hohen oder niedrigen Wert aufweist, kann zu verzerrten Ergebnissen in der Interpretation führen. Wäre das Jahr des Beratungsbeginns mit dem darauffolgenden Jahr verglichen worden, hätte sich über jeden Horizont ein Rückgang des Herbst- N_{\min} -Gehalts beobachten lassen. Die Bewertung der Kooperationsarbeit in Bad Dürkheim ist, mit gewissen Einschränkungen und trotz der Anreicherung des Rest-N-Gehalts auf 60 bis 90 cm und im Kontext der geringen Beratungszeit, grundsätzlich als erfolgreich zu bezeichnen. Zukünftige Beratungsstrategien sollten

verstärkt die besonderen Herausforderungen der leichten Böden berücksichtigen. Es ist jedoch wichtig zu betonen, dass die Teilnahme an der Kooperation auf freiwilliger Basis erfolgt. Es gilt, die Betriebsleiter nicht zu überfordern und Wertschätzung für ihre Beteiligung zu zeigen, auch wenn die gewünschten Erfolge nach den ersten drei Beratungsjahren ausbleiben. Ein stärkerer Fokus auf Motivation und Vertrauensbildung kann dazu beitragen, die Zusammenarbeit weiter zu stärken und in Zukunft weitere Erfolge zu realisieren.

Neben Bad Dürkheim erfordert auch die Interpretation der Ergebnisse der Kooperation Steinfeld aufgrund der kurzen Beratungszeit besondere Vorsicht. Die vorliegenden Daten zeigen einen signifikanten Rückgang der Bilanzen seit Beginn der Beratung auf den Wein-, jedoch nicht auf den Ackerbauflächen. Während die Ackerbauflächen einen Überschuss von knapp +14 kg N/ha verzeichnen, weisen die Weinbauflächen einen Bilanzsaldo von -6,3 kg N/ha auf. Trotz der signifikanten Ergebnisse ist die Aussagekraft der Regression für die Weinbauflächen der Kooperation Steinfeld aufgrund der kurzen Laufzeit zu hinterfragen. Die Bilanzdaten für die Weinbauflächen liegen erst seit vier und für die Ackerbauflächen erst seit drei Jahren vor. Das weist darauf hin, dass die beobachteten Entwicklungen möglicherweise (noch) nicht vollständig etabliert sind und kurzfristige Änderungen auftreten können. Insbesondere die deutliche Korrelation zwischen der Gesamt-N-Zufuhr eines Jahres und der Bilanz ist eine wichtige Größe, auf die zukünftige Beratungsstrategien abzielen sollten, um eine ausgewogene Stickstoffbilanz zu erreichen. Es bedarf weiterer Anstrengungen, um die Erfolge zu konsolidieren und zu steigern, insbesondere auf den Ackerbauflächen. Zusätzliche Beobachtungen sind erforderlich, um die Langzeitentwicklung umfassend zu erfassen und den Trend abschließend zu bewerten. Eine anfängliche, als Erfolg eingestufte Beratungsleistung aufgrund des signifikanten Rückgangs der Bilanzen der Weinbauflächen um -30,8 kg N/ha sollte nicht als endgültige Bewertung betrachtet werden und ist im Rahmen der fortlaufenden Kooperationsberatung kontinuierlich zu hinterfragen. Die Differenz der Bilanz seit Beratungsbeginn von -7,8 kg N/ha für die Ackerbauflächen ist gegenüber dem Weinbau geringer und wird bezüglich des definierten Erfolgsmaßstabs damit als unverändert betrachtet. Auch hier handelt es sich nicht um eine abschließende Bewertung.

In Bezug auf den mineralischen Stickstoffgehalt zeigen weder die Acker- noch die Weinbauflächen in Steinfeld seit Beginn der Beratung bedeutende Veränderungen in den mittleren Rest-N-Gehalten. Die Gehalte auf den Ackerbauflächen schwanken in den verschiedenen Bodentiefen zwischen im Mittel minimal +13 kg N/ha und maximal +26 kg N/ha. Im Jahr 2022 ist jedoch eine deutliche Zunahme des mittleren Herbst-N_{min}-Gehalts ab 30 cm Bodentiefe im Vergleich zum Vorjahr zu verzeichnen, wodurch die Bedeutung des Vergleichsjahres hervorgehoben wird. Trotz dieser Zunahme erreicht der Herbst-N_{min}-Gehalt ein ähnliches Niveau wie zu Beginn der Beratung, was keine Verschlechterung im Vergleich zum Beratungsbeginn darstellt. Die Boxplots zeigen auf einem Bodenhorizont von 0 bis 30 cm während der Beratungszeit eine stagnierende Entwicklung der Boxenbreite, der Whiskerlänge und des mittleren Rest-N-Gehalts. Die Anzahl der Ausreißer nimmt jedoch ab und ab dem Jahr 2022 treten keine Ausreißer mehr auf. Daher ist davon auszugehen, dass sich die besonders hohen Gehalte einzelner Flächen rücklaufend entwickeln und sich die Ergebnisse der Beprobung damit homogener zeigen. Auf einer Tiefe von 30 bis 60 cm sind die Boxen im Verlauf der

Zeit ähnlich breit, jedoch grundlegend breiter als auf 0 bis 30 cm. Die Whisker werden kürzer, ebenso die Ausreißer, jedoch bleibt der mittlere Rest-N-Gehalt unverändert. Auf einem Horizont von 60 bis 90 cm sind zunächst schmalere Boxen zu beobachten, die ab dem Jahr 2022 wieder breiter werden. Die Whisker sind im Jahr 2022 länger als zu Beginn der Beratung und die Ausreißer liegen weiter entfernt, was aus Sicht der Grundwasserschutzes nicht erstrebenswert ist. Einzelne Flächen zeigen besonders hohe Rest-N-Gehalte. Die Bodenarten sind als sandiger Lehm/Lehm (sL - L) bis stark lehmiger Sand (IS) klassifiziert, welche im Allgemeinen weniger anfällig für Auswaschung sind. Das Jahr 2022 ist im Vergleich zum langjährigen Mittel um $+1,9^{\circ}\text{C}$ wärmer, insbesondere mit auffallend warmen Monaten im August und Oktober. Die Monate März sowie September bis November sind von intensiven Niederschlägen geprägt, was auf eine mögliche vermehrte Auswaschung bei gleichzeitiger verstärkter Mineralisation infolge der höheren Temperaturen hindeutet. Es ist davon auszugehen, dass die Witterung Managementmaßnahmen überlagert.

Für die Weinbauflächen zeigen sich in den Jahren minimale Unterschiede im Herbst- N_{\min} -Gehalt von maximal 3 kg N/ha über alle Jahre und Beprobungstiefen hinweg. Betrachtet man die Boxplots aller Messwerte, zeigt sich das Jahr 2021 besonders, während die Jahre 2020 und 2022 in Bezug auf Boxenbreite, Whiskerlänge und Ausreißer nahezu identisch erscheinen. Bezüglich der Witterungsbedingungen gab es keine besonderen Ereignisse wie Starkregen um den Zeitpunkt der Probenahme, die auf eine vermehrte Auswaschung hindeuten würden. Das Jahr des Beratungsbeginns ist wärmer als das langjährige Mittel, während das folgende Jahr zum Zeitpunkt der Probenahme im November kühler ist, was höchstwahrscheinlich mit einer geringeren Mineralisation einhergeht. Im Gegensatz dazu ist die Temperatur im Jahr 2022 wieder erhöht, was auf eine vermehrte Mineralisation hindeutet. Aufgrund der lehmigen Böden der Weinbauflächen ist das Auswaschungsrisiko im Vergleich zu anderen Kooperationen wesentlich geringer, was auch die niedrigen Gehalte im Unterboden erklärt. Die Kooperation Steinfeld weist im Vergleich zu anderen Kooperationen generell die niedrigsten Herbst- N_{\min} -Gehalte über alle Bodenhorizonte auf. Statt darauf abzielen, diese bereits niedrigen Gehalte weiter zu reduzieren, sollte vielmehr angestrebt werden, den aktuellen Zustand zu erhalten. Es ist daher ratsam, Maßnahmen zu ergreifen, um die Fixierung des Stickstoffs über den Winter zu gewährleisten. Möglicherweise ist es auch angebracht, die Beratung proaktiv auszubauen, um eine potenzielle Verschlechterung durch fehlerhafte Bewirtschaftung von vornherein zu vermeiden. Darüber hinaus ist die Aussagekraft der Regression aufgrund der kurzen Laufzeit möglicherweise begrenzt. Es gibt keine Garantie, dass die niedrigen Werte der letzten drei Jahre ohne weitere Anstrengungen fortbestehen. In diesem Zusammenhang könnte die Unterstützung durch die WSB RLP eine wesentliche Rolle spielen, um die Betriebsleiter entsprechend zu informieren und sicherzustellen, dass ihre Motivation zur Teilnahme an dem Kooperationsprojekt erhalten bleibt, auch wenn die messbaren Erfolgsindikatoren im Vergleich zu anderen Kooperationen bereits geringe Werte aufweisen.

Im Unterschied zu Kooperationen mit einer maximalen Laufzeit von vier Jahren und der aus der aktiven Beratung entlassenen Kooperation Maikammer, besteht die Beratung in Frankenthal und auf den Weinbauflächen der Kooperation Venningen bereits seit dem Jahr 2017 und stellt daher das Mittel der Beratungszeit in dieser Evaluation dar. Die Regression der Bilanzen in den Kooperationen

Frankenthal und Venningen zeigt keinen signifikanten Trend, obwohl subjektiv betrachtet ein Abfall der Geraden erkennbar ist. In Frankenthal ist ein Rückgang von +24,3 kg N/ha im Jahr 2017 auf -33,4 kg N/ha im Jahr 2022 zu verzeichnen, während in Venningen ein Rückgang von +12 kg N/ha auf -15,4 kg N/ha festgestellt wurde. Einzelne Jahre (2018, 2020, 2022) weisen beträchtliche Abweichungen von der Regressionsgeraden auf. Hierbei handelt es sich um Jahre, die zwischen April und Oktober erhebliche Dürreintensitäten auf 0 bis 25 cm Bodentiefe aufweisen (UFZ, 2023). Unter Dürrebedingungen wird die Nährstoffaufnahme der Pflanzen erheblich beeinträchtigt. Die reduzierte Verfügbarkeit von Wasser im Boden hemmt die Wurzelaktivität und somit auch die Fähigkeit der Pflanzen, Nährstoffe aufzunehmen. Selbst wenn die erforderlichen Nährstoffe im Boden vorhanden sind, können sie aufgrund der eingeschränkten Wasserversorgung nicht effizient von den Pflanzen aufgenommen werden und bleiben im Boden zurück. Rechnerisch spiegelt sich das in den Bilanzen wider und auch der Herbst-N_{min}-Gehalt zeigt sich unter diesen Bedingungen meist erhöht.

Eine Besonderheit der Kooperation Frankenthal liegt in der Flächennutzung für den Anbau von Gemüse- und Kräuterkulturen, die jährlich etwa 50 % der Gesamtfläche ausmachen. Hinsichtlich des mittleren mineralischen Stickstoffgehalts zeigt sich über alle drei Bodenhorizonte ein Rückgang zwischen maximal -22,5 kg N/ha und minimal -5 kg N/ha. Es wird beobachtet, dass der Herbst-N_{min}-Gehalt in den obersten 30 cm am stärksten schwankt. Die Boxplots bestätigen diese Annahme und zeigen die breiteste Streuung der Box, die unterschiedlichsten Whiskerlängen und höchsten Ausreißer aller Messergebnisse auf diesem Bodenhorizont. Zunahmen im Oberboden einzelner Jahre können bedingt durch erhöhte Temperaturen, in tieferen Bodenschichten bedingt durch die Starkregenereignisse und daraus resultierende Auswaschung erklärt werden. Dass im Laufe der Beratung eine ausgeglichene Bilanz erreicht bzw. sogar ein Defizit erzielt wird, lässt vermuten, dass die Anreicherung in tieferen Bodenschichten auf Grund der Auswaschung nicht nur aus der Düngung und der damit zugeführten Stickstoffmenge resultiert. Der Verlauf des Herbst-N_{min}-Gehalts folgt über die Jahre in den obersten 30 cm dem Verlauf der Kooperation Maikammer. Trotz differenzierter Kulturen und unterschiedlicher Bearbeitungstechniken bei variierenden Standorteigenschaften in Bezug auf die Bodenart, zeigt sich ein nahezu identischer Verlauf mit einem Anstieg im Jahr 2018 gegenüber 2017, der 2019 ein ähnliches Niveau wie zu Beginn erreicht. Im Jahr 2020 kommt es erneut zu einem Anstieg, der 2021 wieder abfällt. Nicht nur Frankenthal und Maikammer, sondern nahezu alle Kooperationen weisen im Jahr 2020 gegenüber 2019 erhöhte mittlere Rest-N-Gehalte in den obersten 30 cm auf. Dies zeigt den starken Einfluss der Dürre. Die Kooperation Venningen konnte aufgrund der Trockenheit im Jahr 2018 nicht beprobt werden. Der Gehalt in den obersten 30 cm Tiefe ähnelt jedoch dem der Kooperation Frankenthal, steigt im Jahr 2020 an und fällt ebenfalls im Jahr 2021 wieder ab. In den tieferen Bodenschichten liegt der Gehalt im Mittel konstant bei weniger als 10 kg N/ha. Eine Beprobung in tieferen Schichten findet erst seit 2019 statt und weist damit nur vier Werte auf, die hinsichtlich einer Entwicklung stagnieren. Die vorherrschenden Bodenarten in Venningen sind lehmiger Schluff (IU) und schluffiger Lehm (uL), was auf einen weniger auswaschungsgefährdeten Boden hindeutet und den geringen Gehalt im Unterboden ab 60 cm Tiefe erklärt. In den Boxplots ist diese Entwicklung ebenfalls deutlich erkennbar. Auf dem Bodenhorizont von 0 bis 30 cm zeigen sich vor allem in den Jahren 2016 und 2017 eine breite Streuung der Werte sowie mehrere

Ausreißer. Ein ähnlicher Verlauf ist auf dem Bodenhorizont von 30 bis 60 cm zu beobachten, jedoch sind die gemessenen Werte deutlich geringer. Zwischen 2019 und 2020 werden die Boxen schmaler und die Whisker kürzer, was auf eine homogenere Probenentnahme mit flächenübergreifend geringeren Rest-N-Gehalten hinweist. Ab 2019 wird eine Probenentnahme in bis zu 90 cm Tiefe durchgeführt. In dieser Tiefe zeigen sich schmale Boxen und kurze Whisker, jedoch gibt es einige Ausreißer. Grundsätzlich finden sich in 60 bis 90 cm Tiefe nur sehr selten Herbst-N_{min}-Werte, die größer als 25 kg N/ha sind, was auf einen insgesamt geringen Herbst-N_{min}-Gehalt hinweist.

Die Erfolgsbewertung, die im Vergleich zu der von BACH ET AL. (2006) gewählten Methode konservativer ist, neigt dazu, den Erfolg der Beratungsleistung zurückhaltender einzuschätzen. Dies bedeutet, dass eher vorsichtige oder risikoaverse Annahmen getroffen werden, um sicherzustellen, dass der Erfolg nicht überbewertet wird und potenzielle Risiken oder Unsicherheiten angemessen berücksichtigt werden. Insbesondere angesichts der teilweise sehr kurzen Beratungszeiten erscheint dieser Ansatz gerechtfertigt. Gemäß BACH ET AL. (2006) könnte für jede Kooperation ein Erfolg bezüglich der Flächenbilanz festgestellt werden. In drei von sechs Kooperationen oder Teilbereichen würden Erfolge in den oberen 30 cm des Bodens erzielt werden, in zwei Kooperationen in den folgenden 30 bis 60 cm und in einer Kooperation in bis zu einer Tiefe von 90 cm. Dies unterstreicht die Tatsache, dass die Auswahl des Erfolgsmaßstabs maßgeblich darüber entscheidet, ob eine Kooperation als erfolgreich oder erfolglos bewertet wird. Es offenbart zudem, dass der verwendete Erfolgsmaßstab in dieser Auswertung nicht als allein gültiges Kriterium betrachtet werden kann. Bei einer Vergleichsanalyse der Ergebnisse dieser Evaluation mit anderen Studien ist es von Bedeutung, nicht nur die reinen Erfolgs- oder Misserfolgsurteile zu betrachten, sondern auch die festgelegten Grenzwerte und ihre begründeten Entscheidungen zu berücksichtigen. Darüber hinaus sollte die Beurteilung der Kooperationsarbeit nicht ausschließlich auf quantitativen Erfolgsindikatoren basieren. Kapitel 8.2 bildet lediglich einen Ausschnitt der Gesamtauswertung ab. In einem abschließenden Fazit wird die Leistung der WSB RLP als Gesamtheit bewertet, wobei sowohl qualitative als auch quantitative Aspekte berücksichtigt werden.

8.3 Erfolgsbewertung anhand qualitativer Faktoren

Die qualitativen Faktoren zielen darauf ab, die Forschungsfragen zu beantworten, die Qualitäten der WSB RLP zu bestimmen und Verbesserungsmöglichkeiten für die Beratungsdienste der WSB RLP zu identifizieren – unabhängig der Erfolge, die anhand der messbaren Erfolgsindikatoren beobachtet werden. Die Zufriedenheitsanalyse, basierend auf der Betriebsleiterbefragung, liefert wichtige Einblicke in die Sichtweisen, Meinungen und Erfahrungen der Betriebsleiter und orientiert sich an den Forschungsfragen: (a) Wie zufrieden sind die an der Kooperation teilnehmenden Landwirte mit der Beratung durch die Berater und (b) inwiefern kann das Beratungskonzept verbessert werden.

Die Auswertung der Befragung und der Messwerte beruht im Wesentlichen auf Daten von konventionell wirtschaftenden Betrieben, die einen Anteil von 80 % ausmachen, während lediglich 20 % der Betriebe ökologisch wirtschaften. Die Verschiebung hin zu den Weinbaukooperationen wirft Fragen zur Repräsentativität der Studie auf. Die Stichprobe in dieser Evaluation spiegelt die auftretenden Betriebstypen innerhalb der WSB RLP-Beratung nicht angemessen wider, da der Fokus stark auf

Winzern liegt und andere landwirtschaftliche Betriebstypen unterrepräsentiert sind. Dies könnte zu einer Verzerrung der Ergebnisse führen und die Generalisierbarkeit der Studienergebnisse auf die gesamte Beratungstätigkeit der WSB RLP einschränken. Im Falle einer erneute Befragung wäre es daher entscheidend, eine ausgewogene Repräsentativität sicherzustellen, indem alle Betriebstypen in ähnlichem Umfang in die Stichprobe einbezogen werden.

In dem Fragebogen werden die Betriebsleiter gebeten, für ihren Betrieb zutreffenden Aussagen anzukreuzen, die sich hauptsächlich auf die Verwendung von Düngerarten beziehen. Die Antworten deuten darauf hin, dass in Bezug auf die Beratung der fünf ausgewerteten Kooperationen "Gärreste" als Beratungsthema geringere Priorität genießen, während zum Umgang mit anfallenden Wirtschaftsdüngern Beratungsbedarf besteht. Es ist jedoch wichtig zu betonen, dass die ausgewählten Kooperationen nur einen Teil der gesamten Kooperationsarbeit darstellen und auf Grund des Schwerpunkts der Weinbaubetriebe nicht unbedingt repräsentativ für alle Beratung beziehenden Betriebe sind. Es wäre falsch aus den Ergebnissen abzuleiten, dass die Beratungsleistung hinsichtlich der Gärreste in allen Kooperationen vernachlässigt werden kann. Grundlegend kann die Verteilung der Antworten auf eine Vielzahl von Gründen zurückzuführen sein, darunter unterschiedliche Betriebsstrukturen, regionale Unterschiede oder individuelle Praktiken in Bezug auf die Landwirtschaft und den Umgang mit Wirtschaftsdüngern. Die WSB RLP muss daher ihre Beratung und Beratungsformen, Informationsmaterialien und Schulungen sowie die Sensibilität der Berater für bestimmte Themenbereiche grundlegend auf die Situation vor Ort abstimmen und ihre Bemühungen an aktuellen Themen und der Brisanz für die jeweilige Region ausrichten. Die Verteilung der Antworten bezüglich der roten Gebiete stützt diese Annahme. Ein Großteil der befragten Betriebe bewirtschaftet Flächen in roten Gebieten, was spezifische Einschränkungen und besonderen Anforderungen aufzeigt. Auch, dass 93 % der Kooperationsbetriebe im Haupterwerb wirtschaften, während nur eine kleine Minderheit ihren Betrieb als Nebenerwerb führt, deutet auf unterschiedliche Bedürfnisse und Herausforderungen in der Beratung hin.

Die Tatsache, dass nur 65 % der Befragten das Datum des ersten Kooperationsvertrags benennen können zeigt, dass es Unsicherheiten hinsichtlich der Korrektheit der Antworten gibt. Schlussfolgerungen aus der Beobachtung dieser Ergebnisse können sein, dass entweder eine begrenzte Interaktion mit der WSB RLP vorliegt, was die Kooperationsarbeit als nebensächlich einordnet und das Wissen über das genaue Datum des ersten Kooperationsvertrags einschränkt, oder, dass das genaue Jahr des Vertragsbeginns für die Betriebsleiter keine bedeutende Information darstellt. Knapp 30 % der Befragten geben an, dass sie die erste Kooperation im Jahr 2020 oder später und damit in einem pandemiebedingten Kontext abschließen haben. Etwas mehr als 50 % sagen aus, den ersten Kooperationsvertrag im Jahr 2018 oder später abgeschlossen zu haben. Die Jahre 2018, 2020 und 2022 werden als klimatisch besondere Jahre aufgrund der vorherrschenden Dürrebedingungen angesehen, was zu einem Anstieg des Herbst- N_{\min} -Gehalts in 0 bis 30 cm in nahezu allen Kooperationen führt. Für die Teilnehmer, die während der nur sechsjährigen Beratungszeit möglicherweise keinen erwarteten Erfolg auf ihren Flächen verzeichnen, besonders in den drei klimatisch besonderen Jahren, in denen die etablierten Maßnahmen von den Witterungsbedingungen überlagert werden können, könnte dies frustrierend sein. In diesem Kontext liegt es in der Verantwortung der WSB RLP,

die Teilnehmer weiter zu motivieren und ihnen dabei zu helfen, Strategien an sich verändernde Umweltbedingungen anzupassen.

In Bezug auf das landwirtschaftliche Fachwissen und die Gewässerschutzkompetenz der Berater werden überwiegend positive Bewertungen abgegeben, was darauf hindeutet, dass die Berater über solide Kenntnisse und Fähigkeiten in diesen Bereichen verfügen. Regelmäßige Schulungen, um auf dem neuesten Stand der Entwicklungen in der Landwirtschaft und im Gewässerschutz zu bleiben, sind anzustreben, wenn die grundlegende Zufriedenheit erhalten werden soll. Hinsichtlich der Praxisnähe der Inhalte und der Objektivität/Neutralität der Berater sind die Meinungen gespalten. Einige Befragte bewerten diese Aspekte positiv und lobten damit die Relevanz und Anwendbarkeit der bereitgestellten Informationen, während andere Betriebsleiter diesen Punkt kritisch bewerten und damit auf mögliche Verbesserungen in der Ausgewogenheit und Neutralität der Beratung hinwiesen. Diese unterschiedlichen Einschätzungen können darauf zurückzuführen sein, dass die Bedürfnisse und Erwartungen der Landwirte je nach Betriebsart, Region und persönlichen Erfahrungen variieren. Die Verständlichkeit und Anschaulichkeit der Inhalte werden ebenfalls unterschiedlich bewertet. Einige Befragte empfinden die präsentierten Informationen "eher gut" oder "gut". Andere bewerten die Frage mit "teils/teils" oder "eher schlecht" und signalisieren damit den Bedarf an einer verbesserten Kommunikation und Darstellung der Beratungsinhalte. Dies weist darauf hin, dass eine differenzierte Herangehensweise erforderlich ist, um sicherzustellen, dass die Beratung für eine breite Zielgruppe zugänglich ist und die individuellen Bedürfnisse der Landwirte berücksichtigt werden. Die Aktualität der Inhalte erhält größtenteils positive Bewertungen, was zeigt, dass die Beratungsdienste in der Regel aktuelle und relevante Informationen liefern. Es handelt sich um einen wichtigen Aspekt, da sich die "Best Practices" im Gewässerschutz durchaus weiterentwickeln und die Landwirte Zugang zu den neuesten Erkenntnissen benötigen, um effektiv Maßnahmen umzusetzen. Die Einsatzbereitschaft der Berater wird überwiegend positiv bewertet, was von hohem Engagement und Unterstützung für die Landwirte zeugt. Die Berater scheinen bemüht, den Landwirten bei der Umsetzung von Gewässerschutzmaßnahmen zu helfen und sie bei der Bewältigung von Herausforderungen zu unterstützen. Trotzdem wird die Einsatzbereitschaft in einem Fall als "schlecht", in einem Fall als "eher schlecht" und von elf Kooperationslandwirten als "teils/teils" bewertet. Die Wahrnehmung der Einsatzbereitschaft der Berater kann je nach persönlichen Erfahrungen und Beziehungen variieren. Einzelne Landwirte könnten die Einsatzbereitschaft positiv bewerten, wenn sie selbst von einem engagierten Berater profitiert haben. Andererseits können persönliche Differenzen oder negative Erfahrungen dazu führen, dass einige Landwirte die Einsatzbereitschaft nicht positiv bewerten. Es ist zu beobachten, dass sich die Berater untereinander stark in ihrem persönlichen Engagement zu unterscheiden scheinen und damit für das differenzierte Meinungsbild sorgen. Von einem weniger enthusiastischen Berater auf eine grundlegend zurückhaltenden Einsatzbereitschaft der WSB RLP zu schließen, ist eine nicht zulässige Schlussfolgerung. Die Berücksichtigung regionaler Besonderheiten ruft ebenfalls gemischte Meinungen hervor. Einige Befragte bewerten die Beratung als "eher gut" oder "gut", was davon zeugt, dass sie als angemessen für ihre spezifischen Bedingungen empfunden wird. Andererseits betonen einige Teilnehmer mit ihren Antworten die Notwendigkeit einer differenzierteren Herangehensweise, um die Vielfalt der landwirtschaftlichen Praktiken und

Umweltbedingungen in verschiedenen Regionen angemessener zu berücksichtigen. Mit Blick auf die unterschiedlichen Standortbedingungen der analysierten Kooperationen und damit verbundenen Erfolgsbewertungen handelt es sich um einen wichtigen Kritikpunkt. Der ständige Personalwechsel wird von einem Befragten als Problem genannt. Dies deutet darauf hin, dass die Kontinuität in der Beratungsdienstleistung durchaus als wichtig erachtet wird und ein häufiger Wechsel der Berater die Effektivität der Beratung und die Vertrauensbasis beeinträchtigt.

Die Abfrage der Aspekte und der Nutzen, die aus der Beratung gezogen werden, ist ein wichtiger Schritt, um die Zufriedenheit mit den Beratungsdiensten zu bewerten und sicherzustellen, dass sie den von den Beratern erwarteten Mehrwert bieten. Sie ermöglicht es, direktes Feedback von den Teilnehmern zu erhalten. Insgesamt zeigt sich, dass sich die Teilnehmer der WSB RLP für den Grundwasserschutz sensibilisiert und über die Zusammenhänge zwischen landwirtschaftlichen Praktiken und Grundwasserqualität informiert fühlen. Die Berater fördern ein Bewusstsein für verantwortungsbewusste Entscheidungen und ermutigen zu Maßnahmen, die darauf abzielen, Umweltauswirkungen zu minimieren. Die Befragungsergebnisse spiegeln eine vielschichtige Wahrnehmung bezüglich des Nutzens der Gewässerschutzberatung in verschiedenen betrieblichen Aspekten wider. Betrachtet man die Einsparung von Düngerkosten und anderen Ausgaben, so zeigt sich, dass die Mehrheit der Befragten entweder keinen oder nur einen geringen bis mittleren Nutzen in diesen Bereichen zieht. Dies deutet darauf hin, dass viele Landwirte möglicherweise nicht unmittelbare Vorteile in finanzieller Hinsicht aus der Beratung ziehen. Hingegen werden Erkenntnisse zum Umgang mit Stickstoff von einer hohen Anzahl der Befragten als nützlich bewertet, wobei einige sogar einen großen Nutzen angeben. Dies zeigt, dass Landwirte ein verstärktes Interesse an praxisrelevanten und übergeordneten Informationen haben. Ähnlich positiv bewertet werden die Erkenntnisse zum Gewässerschutz und die Informationen zu aktuellen rechtlichen Rahmenbedingungen. Viele Landwirte sehen hier einen großen Nutzen, was auf die Bedeutung von Umweltschutzaspekten und die Notwendigkeit, gesetzliche Anforderungen zu erfüllen, hinweist. Der Imagegewinn für den Betrieb, Informationen zum aktuellen Stand der Technik sowie Informationen zu Kulturen weisen hingegen nur selten einen hohen Nutzen auf. Ein Imagegewinn wird von einer beträchtlichen Anzahl von Befragten als nutzlos erachtet und übersteigt dabei sogar noch den geringen Nutzen aus der optimalen Verwertung von Nährstoffen aus Wirtschaftsdünger (inkl. Gärreste). Daraus lässt sich schließen, dass die Betriebsleiter nicht nur Teil der Kooperationen sind, um ihr Image zu pflegen, sondern ein ehrliches Interesse am Grundwasserschutz zeigen. Trotzdem bewerten nur wenige Landwirte den Nutzen für den Betrieb insgesamt als groß. Hauptsächlich ziehen die Landwirte einen mittleren Nutzen aus der Beratung. In Bezug auf die Übertragung von Maßnahmen auf andere Betriebsflächen wird der Nutzen von einigen als groß betrachtet, jedoch von vielen auch als gering bewertet. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass die Gegebenheiten der einzelnen Flächen in den Betrieben zu unterschiedlich sind, um eine pauschale Übertragung von Maßnahmen zu ermöglichen.

Die Ergebnisse der Frage nach der Wahrnehmung der Beratungsangebote zeigen, dass die Landwirte unterschiedliche Informations- und Beratungsangebote der Gewässerschutzberatung in den letzten zwei Jahren in unterschiedlichem Maße genutzt haben. Die in den letzten beiden Jahren in der höchsten Frequenz genutzten Angebote waren Rundschreiben, gefolgt von der Website der

Gewässerschutzberater und telefonischer Beratung. Weniger häufig wurden Gruppenberatungen, öffentliche Informationsveranstaltungen und Beraterbesuche in Anspruch genommen. Besonders auffällig ist, dass persönliche Beratungen vor Ort und im allgemeinen Dienstleistungen, die mit einer persönlichen Interaktion verbunden sind, vergleichsweise wenig genutzt werden. Dies könnte darauf hinweisen, dass persönliche Beratungen weniger bevorzugt werden oder, dass es Hindernisse gibt, die persönliche Treffen erschweren. Da die Frage auf die letzten beiden Jahre abzielt, muss die Corona-Pandemie bei der Bewertung berücksichtigt werden. Mehr als die Hälfte der genannten Angebote fordern persönlichen Kontakt oder ein öffentliches Zusammentreffen, was im Zuge der Corona-Pandemie nur bedingt möglich war. Es muss davon ausgegangen werden, dass – falls überhaupt möglich – nur wenige Beratungsangebote uneingeschränkt stattfinden konnten und den Beratern überhaupt nicht oder nur eingeschränkt die Möglichkeit gegeben war, Informations- und Beratungsangebote wahrzunehmen. Die niedrige Nutzung von bestimmten Beratungsangeboten könnte aber auch darauf hindeuten, dass die Landwirte entweder nicht ausreichend über diese informiert sind oder, dass sie andere Informationsquellen bevorzugen. Dies zeigt möglicherweise auch Verbesserungspotenzial für die WSB RLP hinsichtlich der Kommunikation und Bereitstellung ihrer Dienstleistungen, denn die Häufigkeit der Teilnahme kann auf eine starke Nachfrage und wahrscheinlich auf eine positive Wirkung der Beratungsdienste hinweisen. Eine regelmäßige und wiederholte Teilnahme zeigt, dass die Dienstleistungen einen anhaltenden Wert für den Einzelnen bietet.

Die Umfrageergebnisse zeigen, dass eine beträchtliche Anzahl von Landwirten zusätzliche Informationen zu verschiedenen Bewirtschaftungsmaßnahmen wünscht. Die Angaben deuten darauf hin, dass Landwirte ein starkes Interesse an praxisrelevanten Informationen zu Bodenbewirtschaftung, Nährstoffmanagement und umweltschonenden Anbaupraktiken haben. Die WSB RLP könnte ihre Beratungsangebote entsprechend ausrichten, um diesen Bedarf zu decken und die Landwirte in ihren Bewirtschaftungsentscheidungen zu unterstützen. Die Frage bleibt auf 16 Fragebögen (21 %) vollständig unbeantwortet. Da auch das Feld für eigene Ideen in diesen Bögen nicht genutzt wird ist davon auszugehen, dass die Beraternen zufrieden sind und sich gut beraten fühlen. Einmalig wurde das Feld genutzt und um Hilfestellung für den Termin der Einsaat der Winterbegrünung gebeten.

Die Tatsache, dass die Mehrheit der Befragten ihren eigenen Aufwand oder ihre Kosten für die Teilnahme an der Beratung als gering oder eher gering einschätzen, deutet darauf hin, dass viele Landwirte möglicherweise wenig direkte finanzielle Belastungen oder Zeitinvestitionen auf Grund der Beratung durch die WSB RLP haben. Die Beratung ist effizient gestaltet und erfordert wenig zusätzliche Ressourcen, oder die Landwirte fassen die Beratung als lohnend auf und empfinden daher den Aufwand und die Kosten als angemessen. Dennoch gibt es auch Bereiche, in denen die Betriebsleiter Verbesserungsbedarf sehen. Grundsätzlich handelt es sich hierbei um Kritik, die von hohem Potential zeugt, behoben werden zu können. Die relativ niedrige Anzahl von Teilnehmern, die ihren Aufwand oder ihre Kosten als mittel einschätzen, legt nahe, dass nur eine kleine Minderheit der Landwirte größere Investitionen für die Beratung tätigt – monetär oder in Form eines zeitlichen Aufwands. Die Begründungen der Antworten geben Einblicke in die Wahrnehmung des Aufwands und der Kosten für die Teilnahme an der Beratung durch die WSB RLP. Die häufigsten Antworten für geringen Aufwand und geringe Kosten beziehen sich darauf, dass die Beratung gut in den betrieblichen Ablauf

integriert und kostenlos ist sowie nur wenig zusätzliche Zeit erfordert. Einige Landwirte haben festgestellt, dass die Beratung zu Kosten- oder Zeitersparnis führt. Die mittleren und höheren Einschätzungen des Aufwands hängen hauptsächlich mit bürokratischen Anforderungen oder spezifischen betrieblichen Gegebenheiten zusammen, während der Kostenfaktor in den meisten Fällen nicht als Hauptanliegen erscheint. Diese Variationen in den Wahrnehmungen verdeutlichen die Vielfalt der Erfahrungen und Bedürfnisse der Landwirte im Hinblick auf die Beratungsdienste der WSB RLP.

Die Selbsteinschätzung des Aufwands dient als wertvolles Feedback, um die Planung der Beratung in den Kooperationen anzupassen. Wenn die Teilnehmenden Bedenken bezüglich des Aufwands äußern, bietet dies die Möglichkeit, die Anforderungen oder den Zeitrahmen zu überdenken, um die Teilnahme attraktiver zu gestalten. Ebenfalls kann sie als Indikator für das Ausloten der Teilnahmebereitschaft interpretiert werden und erlaubt Rückschlüsse darauf, ob die Betriebsleiter hinsichtlich der Gewässerschutzberatung bereits ausgelastet sind oder, ob weiterer Spielraum für die Integration zusätzlicher Angebote existiert. Bei einem als gering wahrgenommenen Aufwand besteht eine höhere Bereitschaft zur Teilnahme als im Vergleich zu Situationen, in denen der Aufwand als belastend empfunden wird. Es ist anzunehmen, dass mit zunehmender Zufriedenheit mit der Beratung und gleichzeitigem Nutzen für den Betrieb eine größere Bereitschaft zur Teilnahme und Umsetzung der Gewässerschutzmaßnahmen einhergeht.

Die Analyse der Frage nach der allgemeinen Zufriedenheit mit der Beratung zeigt eine größtenteils positive Bewertung. Von den Befragten geben 20 Personen an, dass sie mit der Beratung sehr zufrieden sind, während 44 Personen angeben, zufrieden zu sein. Des Weiteren äußern elf Personen, dass sie mit Einschränkungen zufrieden sind und lediglich eine Person gibt an, nicht zufrieden zu sein. Dies deutet darauf hin, dass negative Bewertungen eine Ausnahme darstellen. Insgesamt lässt sich festhalten, dass die Mehrheit der Befragten die Beratung als zufriedenstellend oder sogar sehr zufriedenstellend empfindet, während nur eine geringe Anzahl von Teilnehmern kritisch eingestellt ist. Diejenigen, die mit der Beratung nicht zufrieden sind, werden in einer anschließenden Frage gebeten, vorgegebene Änderungen hinsichtlich der persönlichen Relevanz und dem Effekt einer Zufriedenheitssteigerung zu bewerten.

Die Antworten auf die Frage nach den Veränderungen, die Landwirte für eine zukünftige Zufriedenheit mit der Beratung der WSB RLP wünschen, variieren in ihrer Priorisierung. Die höchste Wichtigkeit wird einer höheren Beratungskapazität zugeschrieben, gefolgt von einem verstärkten Austausch mit den Berater und einer Verringerung der Fluktuation. Eine geringe Anzahl von Betriebsleitern fordert auch eine bessere finanzielle Förderung für spezielle Gewässerschutzmaßnahmen. Es wird außerdem darauf hingewiesen, dass die Beratung stärker auf die individuellen Bedürfnisse der Betriebe abgestimmt sein sollte. Die Ergebnisse zeigen, dass eine Vielzahl von Maßnahmen ergriffen werden kann, um die Qualität und Effektivität der Beratungsdienste zu verbessern und die Zufriedenheit der Landwirte zu steigern. Angesichts dessen, dass die Wasserschutzberatung in Rheinland-Pfalz über gesetzliche Vorgaben hinausgehende Kooperationen betreut und organisiert, ist ein harmonisches Verhältnis auf Vertrauen basierend zwischen allen Beteiligten entscheidend für den Erfolg. Diese partnerschaftliche Zusammenarbeit, die beiden Seiten Zufriedenheit bringt, sollte auch zukünftig

angestrebt werden, um Umweltziele zu erreichen und gleichzeitig eine nachhaltige Nutzung der Ressourcen sicherzustellen. Das Konzept der WSB RLP setzt auf professionelle Beratung bei vertrauensvollem Miteinander, welches nur durch etablierte Berater in mehrjähriger Anstellung zufriedenstellend gewährleistet werden kann.

Die Ergebnisse bezüglich der zukünftigen Steigerung des Nutzens aus der Gewässerschutzberatung spiegelt unterschiedliche Erfahrungen und Erwartungen der Befragten wider und zeigt, dass ein Teil der Befragten noch unschlüssig oder skeptisch bezüglich der zukünftigen Entwicklung ihres Nutzens aus der Beratung ist, während andere eine positive Veränderung erwarten. Diejenigen, die keine klare Steigerung ihres Nutzens erwarten (38 %), könnten dies auf bisherige Erfahrungen mit der Beratung oder auf Unklarheiten über zukünftige Beratungsangebote zurückführen. Personen, die eine mögliche Steigerung angeben (47 %), könnten dies als Reaktion auf erwartete Verbesserungen in der Beratungsqualität oder eine verstärkte Einbindung ihrer Anliegen in die Beratungsdienstleistungen tun. Wer keine Nutzensteigerung erwartet (15 %) ist entweder bereits jetzt zufrieden mit der Beratung oder erwartet auch durch Anpassungen keine Verbesserung. Insgesamt verdeutlichen die Ergebnisse die Bedeutung einer kontinuierlichen Evaluierung und Anpassung der Beratungsangebote, um den sich ändernden Bedürfnissen und Erwartungen der Landwirte gerecht zu werden.

Während knapp 20 % der Landwirte angeben, dass ihnen die fachlichen Hintergründe bereits vor der Beratung bekannt waren, zeigen andere ein Bewusstsein für verschiedene Aspekte des Gewässerschutzes, die erst durch die Beratung vermittelt wurden. Insbesondere das Verständnis für das Gewässergefährdungspotenzial, die Stickstoffdynamiken im Boden, das Stickstofffreisetzungs- und -verlustpotenzial sowie die Unterschiede in den Herbst- N_{min} -Gehalten einzelner Schläge wird von einer hohen Anzahl von Befragten genannt. Die Gewässerschutzberatung trägt dazu bei, das Bewusstsein für wichtige agrarwissenschaftliche Konzepte und Praktiken zu schärfen, die für die nachhaltige Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Flächen von Bedeutung sind. Dass einigen die fachlichen Hintergründe bereits vor der Beratung bewusst waren, könnte ein Ansatz bieten, die Thematik der Beratung in Zukunft noch vielschichtiger zu gestalten oder gewisse Themenbereiche noch detaillierter aufzuarbeiten.

Die Befragung offenbart eine facettenreiche Palette von Ansichten und Erwartungen seitens der Landwirte und diverse Auffassungen darüber, welche Faktoren zur Steigerung der Zufriedenheit beitragen können. Die herausgestellte Bedeutung einer stabilen Beratungsbeziehung, insbesondere durch die Betonung einer geringeren Fluktuation der Berater seitens einiger unzufriedener Teilnehmer, unterstreicht die Notwendigkeit einer kontinuierlichen und individuellen Betreuung. Diese gewonnen Erkenntnisse können als bedeutende Anregungen für die Gestaltung und Weiterentwicklung der Beratung durch die WSB RLP dienen.

9 Fazit

Die Bewertung der Beratungsleistung im Rahmen des Gewässerschutzes basiert auf der Analyse der Veränderungen der mittleren Stickstoffbilanzen und der mittleren Herbst- N_{\min} -Gehalte seit Beginn der Beratung. Dabei wird ein neuer Erfolgsmaßstab definiert, der einen Rückgang der messbaren Erfolgsindikatoren um mehr als -15 kg N/ha als Erfolg und eine Zunahme um mehr als $+5 \text{ kg N/ha}$ als Misserfolg betrachtet. Eine Veränderung dazwischen wird als unverändert gewertet. Trotzdem lassen sich nicht alle Aspekte der Kooperationsarbeit anhand eines Erfolgsmaßstabs quantifizieren oder bewerten, insbesondere qualitative Aspekte wie zwischenmenschliche Beziehungen, Zusammenarbeit und Zufriedenheit mit der Beratung bedürfen einer differenzierten Herangehensweise. Daher ist es wichtig, den Erfolg der Kooperationsarbeit nicht nur anhand quantitativer Indikatoren, sondern auch anhand der Zufriedenheit seitens der Beteiligten zu bewerten.

Seit Beginn der Beratung wird von den fünf ausgewerteten Kooperationen durchschnittlich ein Rückgang der schlagspezifischen Bilanzen um knapp -28 kg N/ha erreicht. Dabei weisen die Bilanzen kooperationsübergreifend einen leicht bis mittelmäßig fallenden Trend auf, insbesondere seit dem Inkrafttreten der neuen Düngeverordnung im Jahr 2020 samt den Auflagen für nitratbelastete Gebiete ab Januar 2021. Gesetzliche Vorgaben haben nachweisliche Auswirkungen auf die landwirtschaftliche Praxis und somit auch auf die Stickstoffbilanzen der Kooperationen. Daher ist es wichtig zu betonen, dass ein Rückgang der Stickstoffbilanzen seit dem Jahr 2020 nicht allein als Erfolg der Beratungsdienste interpretiert werden darf. Auf Grund fehlender Daten von Referenzflächen ist es nicht möglich, den spezifischen Effekt der Beratung von den allgemeinen Auswirkungen der gesetzlichen Änderungen zu unterscheiden. Auch innerhalb der Beratung gibt es deutliche Unterschiede, wobei einige Kooperationen einen statistisch signifikanten Rückgang der Bilanzen verzeichnen, während andere Kooperationen starken Schwankungen zwischen den Jahren unterliegen und keinen signifikanten Rückgang aufweisen. Die Analyse der Herbst- N_{\min} -Gehalte zeigt, dass die oberste Bodenschicht bis auf 30 cm Tiefe besonders empfindlich auf Veränderungen durch klimatische Einflüsse reagiert. Hier schwanken die mittleren Rest-N-Gehalte am stärksten und erreichen mit im Mittel bis zu 79 kg N/ha die höchsten Werte. Auf einem Horizont zwischen 30 und 60 cm zeigt sich ein Ergebnis von bis zu $46,5 \text{ kg N/ha}$ im Mittel und auf einem Horizont zwischen 60 und 90 cm ein mittlerer Maximalgehalt von 39 kg N/ha . Es werden verschiedene Tendenzen in verschiedenen Bodentiefen beobachtet, die jedoch nicht auf statistische Signifikanz überprüft werden können. Die insgesamt rückläufigen Herbst- N_{\min} -Gehalte seit Beratungsbeginn im obersten Bodenhorizont von 0 bis 30 cm bestätigen sich im Unterboden nicht.

In Bezug auf die zwei verwendeten messbaren Erfolgsindikatoren ist anzumerken, dass weitere Einflussfaktoren wie Witterungsbedingungen und standortspezifische Bodenfaktoren grundsätzlich bei der Bewertung hinsichtlich eines Kooperationserfolgs berücksichtigt werden müssen. Eine differenzierte Betrachtung der einzelnen Kooperationen ist unerlässlich, da sie individuelle Herausforderungen und Standortbedingungen aufweisen. Kooperationsübergreifend zeigen die Messwerte seit Beginn der Beratung hauptsächlich eine rückläufige Tendenz, wenngleich im Mittel eine Stickstoffanreicherung um etwa $+2 \text{ kg N/ha}$ auf einem Bodenhorizont von 60 bis 90 cm beobachtet wird.

Hauptsächlich ist diese Anreicherung auf die erst seit drei Jahren laufende Kooperation Bad Dürkheim im Kontext zunehmender Niederschläge bei sandigen Böden und klimatisch besonderer Jahre (2020, 2022) zurückzuführen. Trotz positiver Tendenzen sind kontinuierliche Anstrengungen erforderlich, um die Erfolge zu konsolidieren und zu steigern. Die Beratung muss sich auf die besonderen Herausforderungen der einzelnen Kooperationen konzentrieren und darauf abzielen, unterstützende Empfehlungen zu geben, die den örtlichen Gegebenheiten entsprechen.

Dabei wird deutlich, dass der Erfolg der Beratung nicht allein anhand quantitativer Indikatoren gemessen werden kann, sondern auch qualitative Aspekte wie zwischenmenschliche Beziehungen, Zusammenarbeit und Zufriedenheit der Beteiligten berücksichtigt werden müssen. Die Einbindung der Landwirte in den Evaluationsprozess ist von entscheidender Bedeutung, um die Qualität und Effektivität der Beratungsdienste kontinuierlich zu verbessern. Die Vielfalt der Meinungen und Erfahrungen der Teilnehmer unterstreicht die Bedeutung einer differenzierten Herangehensweise und einer kontinuierlichen Anpassung der Beratungsangebote an die sich ändernden Bedürfnisse und Erwartungen der Landwirte. Übereinstimmend zeigt sich eine überwiegend positive Bewertungen hinsichtlich des Fachwissens und der Kompetenz der Berater, während Meinungen zur Praxisnähe, Objektivität und Verständlichkeit der Inhalte variieren. Insbesondere die Personalfuktuation und die Bedeutung einer stabilen Beratungsbeziehung werden als Begründung für Unzufriedenheit genannt und bieten eine Grundlage für Verbesserungen. Einige Landwirte benennen konkrete Vorteile der Beratung, wie Einsparungen bei Düngerkosten oder verbesserte Stickstoffmanagementpraktiken, während andere Aspekte, wie Imagegewinn oder Informationen zu aktuellen Technologien, als weniger nützlich bewertet werden. Die Betriebsleiterbefragung unterstreicht die Bedeutung, die Beratung auf die individuellen Bedürfnisse der Betriebe abzustimmen und praxisrelevante Informationen bereitzustellen. Eine vertrauensvolle Beziehung zwischen Landwirt und Berater ist unerlässlich für die erfolgreiche Umsetzung von Maßnahmen in Kooperationen, die auf freiwilliger Zusammenarbeit beruhen. Es ist möglich, dass die empfohlenen Maßnahmen einen Mehraufwand bedeuten. Einen solchen Aufwand leisten die Beratenen nur, wenn das Verhältnis zwischen Beratenem und Berater verlässlich ist. Das Beratungskonzept zielt darauf ab, Mitwirkende zu motivieren, anstatt sie zu sanktionieren; nur, wenn eine solide Basis vorhanden ist, kann eine freiwillige Kooperationspartnerschaft erfolgreich sein (BECK & KNIERIM, 2018).

Zukünftig ist es für eine fundierte Bewertung einzelner Maßnahmen im Rahmen des Gewässerschutzes in Rheinland-Pfalz unerlässlich, Anpassungen in der Datenaufbereitung vorzunehmen. Die aktuelle Datenaufbereitung der WSB RLP weist einige Herausforderungen auf, darunter Unvollständigkeiten, Inkonsistenzen und unstrukturierte Informationen. Um eine verbesserte Grundlage für zukünftige Analysen und Evaluationen zu schaffen, sollten klare Standards für die Datenerfassung eingeführt und die Datenqualität damit erhöht werden. Es ist wichtig, die Datenerfassung zu erweitern und Informationen wie Bodenbearbeitungsmethoden, Boniturergebnisse und spezifische Details zur Düngung nicht nur in den Beraterberichten vorzustellen, sondern auch als Rohdaten in den Datentabellen zu erfassen. Dadurch kann eine detailliertere Analyse durchgeführt werden, um den Einfluss von einzelnen Managementmaßnahmen auf die Erfolgsindikatoren genauer zu bewerten. Um die Vergleichbarkeit der Daten zu verbessern, sollte eine Standardisierung und Harmonisierung der

Datenaufbereitung zwischen den verschiedenen Kooperationen, zumindest zwischen denen der gleichen Ausrichtung, angestrebt werden. Durch diese Maßnahmen kann eine fundierte Bewertung der Maßnahmen ermöglicht werden, was wiederum zu effektiveren Strategien zum Gewässerschutz in Rheinland-Pfalz beiträgt.

Die Kooperationsarbeit als Instrument zum Erreichen von Gewässerschutzzielen stellt grundsätzlich ein Modell dar, das auch in anderen Bundesländern bereits positive Ergebnisse erzielt hat (NLWKN, 2023a). Durch die Zusammenarbeit zwischen Landwirten, Wasserversorgungsunternehmen und weiteren Akteuren werden praxisnahe Lösungen entwickelt, um Nährstoffeinträge in Gewässer zu reduzieren und die Wasserqualität zu verbessern. Kooperationen ermöglichen einen ganzheitlichen Ansatz, der sowohl auf die individuellen Bedürfnisse der Landwirte als auch auf die Erfordernisse des Gewässerschutzes eingeht. Die Analyse der Ergebnisse der Kooperationsarbeit zeigt, dass sie dazu beiträgt, die Stickstoffbilanzen zu verbessern und damit Überschüsse zu verringern. Trotz einiger Herausforderungen wie der Unterschiede zwischen den Kooperationen und der Schwierigkeit, den spezifischen Einfluss der Beratung von anderen Faktoren zu trennen, bietet die Kooperationsarbeit der WSB in Rheinland-Pfalz einen vielversprechenden Ansatz, Gewässerschutzziele umzusetzen. Es gibt jedoch noch Raum für Verbesserungen, insbesondere in Bezug auf die Einbindung der Betriebsleiter hinsichtlich eines Mehrwunschs nach Information und die Anpassung des Datenmanagements. Durch eine kontinuierliche Evaluation und Anpassung kann die Kooperationsarbeit weiter optimiert und ihre Effektivität gesteigert werden. Insgesamt zeigt sich, dass sich Kooperationen als wichtiger Bestandteil des Gewässerschutzes in Rheinland-Pfalz etabliert haben und weiterbestehen sollten, um auch zukünftig positive Auswirkungen auf die Wasserqualität zu erzielen.

Es ist eine anerkannte Tatsache, dass der Erfolg von Kooperationen oft ein langwieriger Prozess ist, der Zeit erfordert – besonders, wenn es sich bei dem untersuchten Parameter um die Konzentration des Nitrats im Rohwasser handelt. Es wird beobachtet, dass Kooperationen, die über einen Zeitraum von mehreren Jahren bestehen, eine höhere Erfolgsrate zeigen als neuere Initiativen. Diese langjährigen Kooperationen haben die Möglichkeit gehabt, sich zu etablieren, Herausforderungen zu bewältigen und ihre Strategien entsprechend anzupassen, was zu einem nachhaltigen Erfolg führen kann. Dem gegenüber stehen in dieser Evaluation auch neuere Kooperationen, die im Minimum erst seit etwa drei Jahren aktiv sind und damit lediglich einen Ausschnitt dessen zeigen, was sie in Zukunft erreichen können. Diese Kooperationen befinden sich möglicherweise noch in der Anfangsphase, in der sie ihre Strukturen festigen, Netzwerke aufbauen und erste Erfahrungen sammeln müssen. Insbesondere vor dem Hintergrund der Pandemiesituation verdienen Kooperationen, die erst seit dem Jahr 2020 existieren, ein gewisses Wohlwollen. Daher ist es von Bedeutung, den Erfolg oder Misserfolg einer kurzlebigen Kooperation nicht mit den Kooperationen zu vergleichen, die seit mehreren Jahren bestehen. Es gilt, Maßnahmen im spezifischen Kontext der Standorte zu erproben und ihre Effektivität im Hinblick auf den individuellen Mehrwert für die verschiedenen Betriebsformen sorgfältig zu prüfen und dementsprechend die Beratung einzugliedern.

Im Vergleich zu anderen Bundesländern handelt es sich bei den Rheinland-Pfälzischen Kooperationen um jüngere Zusammenschlüsse. Die SchALVO (Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung) trat

erstmals am 01.01.1988 in Kraft, wurde 2001 novelliert und legt in Baden Württemberg Maßnahmen zum Schutz des Rohwassers der öffentlichen Wasserversorgung fest (LTZ, o.D.). Nach Angaben des LTZ (o.D.) werden basierend auf gemessenen Nitratkonzentrationen und Trendkriterien Problem- und Sanierungsgebiete ausgewiesen, in denen zusätzliche Schutzbestimmungen gelten. Diese umfassen diverse Bewirtschaftungsauflagen und das Verbot bestimmter Pflanzenschutzmittel sowie Anpassungen der Bewirtschaftungsmaßnahmen zur Verringerung von Nitratstickstoffauswaschungen in der engeren und der weiteren Schutzzone der Schutzgebiete (Zonen II und III). Die finanzielle Unterstützung für diese Maßnahmen wird durch Änderungen in der Düngeverordnung beeinflusst, die eine Anpassung der Fördersätze bedingt (LTZ, o.D.). Kontrollen zur Einhaltung der Bewirtschaftungsauflagen umfassen Betriebs-, Flächen- und Herbst-N_{min}-Kontrollen. Die SchALVO sieht entsprechend den abgestuften Bewirtschaftungsanforderungen unterschiedliche Ausgleichsleistungen und Kontrollinstrumente vor. In Normalgebieten ist ein finanzieller Ausgleich nur für wirtschaftliche Nachteile aufgrund von Einschränkungen bei der Wirtschaftsdüngerausbringung möglich, während in Problem- und Sanierungsgebieten ein deutlich höherer finanzieller Ausgleich möglich ist (FINCK & ÜBELHÖR, 2010). Auch in Bayern regeln freiwillige Vereinbarungen in Form von privatrechtliche Verträgen eine grundwasserverträgliche Bodennutzung in Wasserschutz- und Trinkwassereinzugsgebieten als Ergänzung der Schutzgebietsverordnung. Zur Kompensation der wirtschaftlichen Einbußen für Landwirte gibt es gesetzliche Ausgleichspflichten. "Der Inhalt der Vereinbarungen muss jeweils aus den örtlichen hydrologischen und klimatischen Standortverhältnissen entwickelt und an die jeweiligen Bewirtschaftungsformen angepasst werden" (STMUV, o.D.) Diese Zusammenarbeit trägt zur Erhaltung der Trinkwasserqualität bei, indem schädliche Stoffeinträge reduziert werden. Ausgleichsleistungen werden auf Grund von wirtschaftliche Nachteile nach § 52 Abs. 5 WHG in Verbindung mit Art. 32 Satz 1 Nr. 1 BayWG wegen Beschränkungen der ordnungsgemäßen Land- oder Forstwirtschaft spezifisch beantragt. In Hessen handelt es sich bei Kooperationen ebenfalls um begleitenden Maßnahmen der Schutzgebietsausweisung, um die Nitrat- und Pflanzenschutzmittelgehalte im Grundwasser zu verringern. Eine Etablierung von Kooperationen ist in den Wasserschutzgebietsverordnungen vorgesehen (RP DARMSTADT, o.D.). Diese freiwilligen privatrechtlichen Vereinbarungen zwischen Wasserversorgern und Landwirten beinhalten gewässerschutzorientierte Beratungsleistungen und Auflagen zur landwirtschaftlichen Nutzung gemäß den Standortbedingungen. "Die Inhalte werden zwischen dem Wasserversorgungsunternehmen und den Landwirten unter fachkundiger Anleitung der Landwirtschaftsverwaltung oder eines Sachverständigen Dritten (Beratungsbüro) erarbeitet" (RP DARMSTADT, o.D.). Das Niedersächsische Kooperationsmodell zum Trinkwasserschutz wurde bereits im Jahr 1992 eingeführt (NLWKN, 2023b). Das Ziel besteht darin, die Grundwasserqualität als Trinkwasserquelle zu sichern, insbesondere durch die Reduzierung von Nitratreinträgen. Im Jahr 2020 umfasste das Wasserschutz-Instrument "Kooperation" in Niedersachsen 373 Trinkwassergewinnungsgebiete, die sich in 71 Kooperationen mit einer landwirtschaftlich genutzten Fläche von etwa 282.000 Hektar zusammengeschlossen hatten (NLWKN, 2023b). Wasserversorgungsunternehmen und Landwirte arbeiten gemäß der Niedersächsischen Kooperationsverordnung eigenverantwortlich und freiwillig zusammen, unterstützt von Behörden und Beratungsstellen wie Ingenieurbüros. Nordrhein-Westfalen setzt bereits seit 1989 das 12-Punkte-Programm der Landesregierung, der Landwirtschaftskammer, der nordrhein-westfälischen Verbänden der Land- und

Wasserwirtschaft sowie des Gartenbaus um, was sich im Jahr 2021 fortgeschrieben hat (NRW, 2021). Landwirte und Gärtner schließen sich mit Wasserversorgung zu freiwilligen Kooperationen zusammen. Das Konzept der Finanzierung folgt dem der rheinland-pfälzischen Kooperationen: die Finanzierung der Wasserschutzberatung und der Fördermaßnahmen erfolgt über die örtlichen WVU. Die Wasserversorgungsunternehmen decken die Kosten für die Kooperationen durch die Verrechnung mit dem Wasserentnahmeentgelt. Zur Umsetzung der Ziele der europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) wurden in Thüringen im Jahr 2009 Gewässerschutzkooperationen als wesentliches Instrument eingeführt. Die Finanzierung erfolgt zu 100 % durch das Thüringer Ministerium für Umwelt, Energie und Naturschutz (TMUEN). Das Thüringer Landesamt für Landwirtschaft und Ländlichen Raum fungiert als Auftraggeber für die Beratungsunternehmen (TLLLR, o.D.). Unterstützt durch Fachberater erfolgt in enger Zusammenarbeit mit Behördenvertretern eine umfassende Gewässerschutzberatung.

Die Zugänglichkeit der Ergebnisse der Kooperationsarbeit anderer Bundesländer gestaltet sich bedauerlicherweise schwierig, da eine Auswertung der messbaren Erfolgsindikatoren, insofern überhaupt vorgenommen, in der Regel von den betreuenden Ingenieurbüros durchgeführt wird, ohne, dass daraufhin Veröffentlichungen erfolgen. Eine Einordnung der rheinland-pfälzischen Kooperationsarbeit in den bundesweiten Kontext gestaltet sich problematisch. Niedersachsen veröffentlicht durch den NLWKN Berichte, die zu dem Ergebnis kommen, dass niedersächsische Kooperationen grundsätzlich Erfolge in sämtlichen Indikatoren erzielen. Ähnlich verhält es sich in Rheinland-Pfalz: Auch, wenn nicht jede Kooperation in den beiden ausgewerteten Erfolgsindikatoren als erfolgreich gewertet werden kann und die Betriebsleiterbefragung Schwachstellen identifiziert, zeigen sich erfreuliche Entwicklungen, was die Wirksamkeit der Beratung durch die WSB RLP positiv hervorhebt.

Angesichts dessen, dass etwa die Hälfte der analysierten Kooperationen erst seit dem Jahr 2019 bzw. 2020 besteht und nur unter den Einflüssen der Corona-Pandemie sowie den Dürre Jahren 2020 und 2022 bewertet werden konnte, ist es notwendig, diesen Initiativen Zeit zu geben, ihr volles Potenzial zu entfalten. Auch, wenn es sich bei den schlagspezifischen Bilanzen und Rest-N-Gehalten um Indikatoren handelt, die einer kurz- bis mittelfristigen Änderung unterliegen, ist es wichtig, keine voreiligen Schlüsse zu ziehen. Bisherige ausbleibende Erfolge als Grund des Scheiterns der gesamten Beratung zu interpretieren und das Modell "Kooperation" für Rheinland-Pfalz vor dem Hintergrund des konservativen Erfolgsmaßstabs und der kurzen Beratungszeit der Hälfte der ausgewerteten Kooperationen als unwirksam zu beschreiben, wäre schlichtweg falsch.

Nach eingehender Betrachtung lässt sich festhalten, dass der Rückgang der Bilanz über sämtliche Kooperationen ein bedeutsamer Meilenstein darstellt, der erreicht wurde. Dabei ist zu bedenken, dass der Herbst- N_{\min} -Gehalt stark von den Witterungsbedingungen beeinflusst wird und lediglich eine Momentaufnahme darstellt. Trotz dieser Einschränkungen wird eine kooperationsübergreifende Verringerung der Überschüsse erzielt. Zudem deuten sowohl die Zufriedenheit der Teilnehmer als auch die identifizierten Probleme, die behoben werden können, darauf hin, dass das Konzept grundsätzlich verlässlich ist. Das gesamte Konzept befindet sich auf einem vielversprechenden Weg und sollte weiterentwickelt und gefestigt werden.

LITERATURVERZEICHNIS

- AMELUNG, W., BLUME, H. P., FLEIGE, H., HORN, R., KALENDER, E., KÖGEL-KNABNER, I., KRETZSCHMAR, R., STAHR, M., & WILKE, B.-M. (2018). Böden als Pflanzenstandorte. In K. Schaeffer & P. Schachtschabel (Hrsg.), *Lehrbuch der Bodenkunde* (17. Aufl., S. 491–581). Springer Spektrum. Berlin, Heidelberg.
- BACH, M., HOCH, A., FRIEDRICH, C., FREDE, H.-G. (2006). Evaluierung der Kooperationen zwischen Land- und Wasserwirtschaft in Hessen. Untersuchung im Auftrag des hessischen Ministeriums für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz.
- BECK, K., & KNIERIM, A. (2018). Kooperationen im Gewässerschutz - Die Rolle von Kooperationen zwischen Wasserversorgungsunternehmen und der Landwirtschaft. In: *58th Annual Conference, German Association of Agricultural Economists (GEWISOLA)*, 12–14 September 2018, Kiel, Germany.
- BEISECKER, R., PETER, M., MILLER, R. (2018). Herbst-N_{min}-Gehalte als Erfolgsindikatoren der Gewässerschutzberatung in Hessen. In: *Korrespondenz Wasserwirtschaft 06/18*, Sonderdruck "Nitrat im Grundwasser – ein unlösbares Problem?", Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (Hrsg.), Hennef.
- BEISECKER, R. & SEITH, T. (2021). Zwischenfruchtanbau zur Verringerung der Herbst-N_{min}-Gehalte und Nitratauswaschung mit dem Sickerwasser. In: *Korrespondenz Wasserwirtschaft 01/21*, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (Hrsg.), Hennef, 29 – 35.
- BERGMANN, D. A., VAN STRAATEN, L., VAN BERK, W., DIETRICH, P., FRANKO, U., KIEFER, J. (2013). Thema und Veranlassung. In: *Abschlussbericht: Konsequenzen nachlassenden Nitratabbauvermögens in Grundwasserleitern*. Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. (Hrsg), Bonn, 14 – 15.
- BMUV. (o.D.). Das Wasserhaushaltsgesetz. Abgerufen am 11. Januar 2024 von <https://www.bmuv.de/themen/wasser-und-binnengewasser/gewaesserschutzrecht/deutschland/das-wasserhaushaltsgesetz>.
- COHEN, J. (1988). Some Issues in Power Analysis. In: *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2. Aufl., S. 531 – 537). Lawrence Erlbaum Associates. Hillsdale.
- CORTINHAS, C., BLACK, K. (2012): Distributions and Sampling. In: *Statistics for Business and Economics* (1. europäische Aufl., S. 234 – 270), John Wiley & Sons Inc. Chichester, UK.
- CREMER, N., DRECHSLER, H., EULENSTEIN, F., KNOBLAUCH, S., MEIßNER, R., REINSTORF, F., SCHEFFER, B., SCHINDLER, R., SCHÖLER, B., BARION, D. (2013). Merkblatt DWA-M 911: Möglichkeiten der Effizienzkontrolle von Maßnahmen zur grundwasserschonenden Bodennutzung am Beispiel des Stickstoffs. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (Hrsg.). Hennef.
- DE RUIJTER, F., BOUMANS, L., SMIT, A., VAN DEN BERG, M. (2007). Nitrate in upper groundwater on farms under tillage as affected by fertilizer use, soil type and groundwater table. In: *Nutr Cyc Agroecosyst* 77, 155–167.

- DLR RLP (o.D.). Wetterstationen Ackerbau – Grünland; Wetterstationen – Weinbau. Heruntergeladen am 01. August 2023 von <https://www.wetter.rlp.de/Agrarmeteorologie/Landwirtschaft/Ackerbau-Gruenland/Wetterstationen> und <https://www.wetter.rlp.de/Agrarmeteorologie/Landwirtschaft/Weinbau/Wetterstationen>.
- EMMERICH, K.-H., ZACHARIAS, M. & BERTHOLD, G. (2020). Nitrat im Grundwasser – Ursachen und Lösungen?. In: *Hessischer Umwelt-Monitor: Berichte, Fakten und Daten zur Umwelt*, Ausgabe 02/2020. Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie und Hessisches Statistisches Landesamt (Hrsg.). Wiesbaden, 3 – 14.
- FGG RHEIN. (o.D.). Bearbeitungsgebiete. Abgerufen am 23. Dezember 2023 von <https://fgg-rhein.de/servlet/is/4230/>
- FINCK, M. & ÜBELHÖR, W. (2010): Ergebnisse aus 20 Jahren Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung (SchALVO). *Landinfo* 5/2010, 13 – 19.
- FREDE, H.-G. (Hrsg.) & DABBERT, S. (1999). Handbuch zum Gewässerschutz in der Landwirtschaft (2., korrigierte Auflage). ecomed. Landsberg.
- GDA WASSER. (o.D.). Auskunftssystem Geoportal Wasser – GIS Client. Abgerufen am 13. Dezember 2023 von <https://gda-wasser.rlp-umwelt.de/GDAWasser/client/gisclient/index.html?applicationId=12588>
- GEUPEL, M. & FROMMER, J. (2014). Handlungsbedarf und politische Strategien. In: *Reaktiver Stickstoff in Deutschland: Ursachen, Wirkungen, Maßnahmen*. Umweltbundesamt (Hrsg.), Dessau-Roßlau, 14 – 19.
- HÄUßERMANN, U., BACH, M., KLEMENT, L., BREUER, L. (2019). Stickstoff-Flächenbilanzen für Deutschland mit Regionalgliederung Bundesländer und Kreise – Jahre 1995 bis 2017. Texte 131/2019, Umweltbundesamt (Hrsg.). Dessau-Roßlau.
- HEROLD, L., WAGNER, S., HÖPFNER, E., KIEßLING, G., SCHMID, R. (2010). Untersuchung von N_{min}-Gehalt und N-Bilanz in Fruchtfolgen im Rahmen des N_{min}-Monitorings auf Dauertestflächen. Themenblatt-Nr. 21.13.210 / 2010, Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Forsten, Umwelt und Naturschutz (Hrsg.), Jena.
- IBG. (2014). Kooperationsprojekt Grundwasserschutz im Weinbau, Maikammer, Verbandsgemeinde Edenkoben. Ingenieurbüro für Geotechnik GbR. Dokumentation der hydrogeologischen Untersuchungen 2014: Monitoring Sicker- und Grundwasser. Projekt-Nr.: 136 – 09.
- IBG. (2019). Kooperationsprojekt Grundwasserschutz / Landwirtschaft im Einzugsgebiet der Trinkwasserbrunnen Venningen, Verbandsgemeinde Edenkoben. Ingenieurbüro für Geotechnik GbR. Dokumentation der hydrogeologischen Untersuchungen 2019: Monitoring Sickerwasser. Projekt-Nr.: 064 - 19a.
- IBG. (2022). Kooperationsprojekt Grundwasser- und Sickerwasser-Monitoring Wasserwerk Steinfeld, Kooperationsprojekt zum Wasserschutz. Ingenieurbüro für Geotechnik GbR. Verbandsgemeindewerke Bad Bergzabern. Projekt-Nr.: 088-15h.
- KNOBLAUCH, S., HAFERKORN, U., HEYN, J., KOCH, D., ALBERT, E., GRUNERT, M., STRAUß, C., MEISSNER, R., SCHRÖDTER, M., TAUCHNITZ, N., LORENZ, J., RAMP, C., LEHMANN, E. (2015). Kooperation Lysimeter in Mittel- und Nordostdeutschland - Auswertung langjähriger Messreihen der N-

- Auswaschung ackerbaulich genutzter Böden. In *16. Gumpensteiner Lysimetertagung*, 21. - 22. April 2015, 65 – 70.
- LTZ. (o.D.). *Wasserschutzgebiete*. Abgerufen am 01. Januar 2024 von: <https://ltz.landwirtschaft-bw.de/Lde/Startseite/Arbeitsfelder/Wasserschutzgebiete>
- LVERMGEO. (2020). „Wir machen die Karten“ - Rheinland-Pfalz für Powerpoint. Abgerufen am 08. Dezember 2023 von <https://lvermgeo.rlp.de/de/service/gut-zu-wissen/wir-machen-die-karten/>
- MKUEM. (o. D.). Belastete Gebiete (Düngeverordnung). Abgerufen am 08. Dezember 2023 von <https://wasserportal.rlp-umwelt.de/auskunftssysteme/belastete-gebiete-duengeverordnung>
- MKUEM. (2021). Allgemeine Beschreibung der Merkmale der Flussgebietseinheit. In: *Rheinland-Pfälzischer Methodenband - Methodenband zum rheinland-pfälzischen Bewirtschaftungsplan 2022 – 2027*. Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie und Mobilität Rheinland-Pfalz (Hrsg.). Mainz, 4 – 9.
- MUEEF. (2015). EULLa Grundsätze des Landes Rheinland-Pfalz für Beibehaltung von Untersaaten und Zwischenfrüchten über den Winter. Auflage 05/2015. Ministerium für Umwelt, Energie, Ernährung und Forsten (Hrsg.). Mainz.
- MUEEF. (2016). Gutes Wasser für Rheinland-Pfalz - Gefahr vom Trinkwasser abwenden. Ministerium für Umwelt, Energie, Ernährung und Forsten (Hrsg.), Mainz.
- MULEWF. (2014). Kooperationen und Gewässerschutz, Ein Leitfaden für Wasserversorgungsunternehmen und Mineralbrunnen. Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Ernährung, Weinbau und Forsten Rheinland-Pfalz (Hrsg.). Mainz.
- NLWKN. (2012). Teil A: Die Grundlagen müssen stimmen - Herbst- N_{min} -Wert, Wasserhaushalt und Nitrat-Konzentration. In: *Untersuchung des mineralischen Stickstoffs im Boden: Empfehlungen zur Nutzung der Herbst- N_{min} -Methode für die Erfolgskontrolle und zur Prognose der Sickerwassergüte*. Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (Hrsg.). Reihe Grundwasser, Band 8, 14 – 23.
- NLWKN. (2023a). Trinkwasserschutzkooperationen in Niedersachsen, Grundlagen des Kooperationsmodells und Darstellung der Ergebnisse. (4., aktualisierte Aufl.), Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (Hrsg.). Norden. Reihe Grundwasser, Band 57.
- NLWKN. (2023b). Kooperationsmodell zum Trinkwasserschutz – Auswertungen des NLWKN belegen Erfolge. Abgerufen am 01. Januar 2024 von: https://www.nlwkn.niedersachsen.de/startseite/aktuelles/presse_und_offentlichkeitsarbeit/pressemitteilungen/kooperationsmodell-zum-trinkwasserschutz-auswertungen-des-nlwkn-belegen-erfolge-222042.html
- NRW. (2021). 12-Punkte-Programm in Nordrhein-Westfalen 2021.
- ONWUKA, B.M. (2016). Effects of soil temperature on Some Soil properties and plant growth. *Scholarly Journal of Agricultural Science* Vol. 6(3), 89 – 93.
- OSTERBURG, B., RÜHLING, I., RUNGE, T., SCHMIDT, T. G., SEIDEL, K., ANTONY, F., GÖDECKE, B., WITTALTFELDER, P. (2007): Kosteneffiziente Maßnahmenkombinationen nach Wasserrahmenrichtlinie zur Nitratreduktion in der Landwirtschaft. In: *Maßnahmen zur Reduzierung von*

- Stickstoffeinträgen in Gewässer – eine wasserschutzorientierte Landwirtschaft zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie*, Osterburg & Runge (Hrsg.). Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 307. Braunschweig, 3 – 157.
- PREIß, J. (2014). Landwirtschaft und Gewässerschutz: Kooperative Umsetzung in Sachsen (2., aktualisierte Auflage). Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (Hrsg.), Dresden.
- RP DARMSTADT. (o.D.). Freiwillige, privatrechtliche Vereinbarungen zwischen Wasserversorger und den im Wasserschutzgebiet wirtschaftenden Landwirten. Abgerufen am 01. Januar 2024 von <https://rp-darmstadt.hessen.de/umwelt-und-energie/gewaesser-und-bodenschutz/grundwasser-und-wasserversorgung/kooperationen>
- SPIESS, E., STAUFFER, W., HUMPHRYS, C., PRASUHN, V. (2013). Einfluss der Witterung auf die Auswaschung unter einer Fruchtfolge. In: *15. Gumpensteiner Lysimetertagung*, 16. - 17. April 2013, 11 – 16.
- STAT. LANDESAMT. (o. D.). Wassergewinnung der öffentlichen Wasserversorgung und Wasserbezug der Letztverbraucher 1957-2019. Abgerufen am 02. Januar 2024 von <https://www.statistik.rlp.de/de/gesamtwirtschaft-umwelt/umwelt/zeitreihen-land/tabelle-1/>
- STMUV. (o.D.). Landwirtschaft und Trinkwasserschutz – Ausgleich und Kooperation. Abgerufen am 01. Januar 2024 von <https://www.stmuv.bayern.de/themen/wasserwirtschaft/grundwasser/ausgleich.htm#:~:text=In%20Bayern%20bestehen%20bereits%20rund,gewonnen%20wird%2C%20rein%20zu%20halten.>
- TECHEN, A.-K. (2018). Reduzierung von landwirtschaftlichen Stickstoffeinträgen in Gewässer: die Wirksamkeit von Beratung am Beispiel der hessischen WRRL-Beratung. Thünen Rep 58. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig, 264 S.
- TLLLR. (o.D.). Aktiv für den Gewässer- und Erosionsschutz in Thüringen – mit Hilfe der Thüringer Gewässerschutzkooperationen. Abgerufen am 01. Januar 2024 von https://gewaesserschutz-thueringen.de/?page_id=3
- UBA. (o. D.). Umweltthesaurus: Nasse Deposition. Abgerufen am 13. Dezember 2023 von https://sns.uba.de/umthes/en/concepts/_00017842.html.
- UBA. (2023a). Einträge von Luftschadstoffen. Abgerufen am 13.12.2023 von <https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/daten-karten/eintraege-von-schadstoffen#was-ist-deposition>, Stand: 13.03.2023
- UBA. (2023b). Stickstoffeintrag aus der Landwirtschaft und Stickstoffüberschuss. Abgerufen am 13. Dezember 2023 von <https://www.umweltbundesamt.de/daten/land-forstwirtschaft/stickstoffeintrag-aus-der-landwirtschaft#stickstoffuberschuss-der-landwirtschaft>, Stand: 11.10.2023.
- UFZ. (2023). Dürremonitor Deutschland. Abgerufen am 31.01.2024 von <https://www.ufz.de/index.php?de=47252>, Stand: 20.11.23.
- VÖLKER, J., NAUMANN, S., ARLE, J., BAUMGARTEN, C., BLONDZIK, K., FRAUENSTEIN, J., HILLIGES, F., HOFMEIER, M., KRAKAU, M., MÖNNICH, J., MOHAUPT, V., OSIEK, D., RECHENBERG, J., RICHTER, N., SCHNÄCKEL, A., SCHULTE, C., ULLRICH, A., VETTER, F. (2022). Nutzungen, Belastungen und Auswirkungen. In: *Die Wasserrahmenrichtlinie: Gewässer in Deutschland 2021 – Fortschritte und Herausforderungen*. Umweltbundesamt (Hrsg.), Dessau-Roßlau, 26 – 49.

EIGENSTÄNDIGKEITSERKLÄRUNG

Ich versichere, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe. Alle Ausführungen, die anderen Schriften wörtlich oder sinngemäß entnommen wurden, sind kenntlich gemacht. Ich habe die Arbeit in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt. Ich stimme zu, dass die vorliegende Arbeit mit einer Anti-Plagiatssoftware überprüft werden darf.

Ort und Datum

eigenhändige Unterschrift

DANKSAGUNG

Mein aufrichtiger Dank gilt Herrn Dr. Martin Bach für seine fachkundige Anleitung, konstruktive Kritik, wertvollen Ratschläge und sein fortwährendes Verständnis über den gesamten Zeitraum der Bearbeitung. Seine Expertise und Hingabe für das Thema haben einen wesentlichen Beitrag zu meinem stetigen Enthusiasmus geleistet. Die Freiheit, eigene Entscheidungen treffen zu dürfen, hat mir die größte Freude bereitet und mich zu keinem Zeitpunkt an der Wahl meines Betreuers oder des Themas zweifeln lassen.

Ein weiteres herzliches Dankeschön gebührt dem gesamten Team der WSB RLP. Die erfolgreiche Durchführung dieser Arbeit wäre ohne den entscheidenden Datenaustausch und die großzügige Bereit- und Zusammenstellung der Informationen nicht denkbar gewesen. Auch für die unterstützende Rolle während der Betriebsleiterbefragung möchte ich mich von Herzen bedanken.

Ein besonderer Dank gebührt Frau Dr. Claudia Huth. Ihre Fachkenntnisse und engagierte Unterstützung waren stets von unschätzbarem Wert. Sie hat nicht nur dazu beigetragen, diese Arbeit zu bereichern, sondern durch die Zusicherung der für die Auswertung benötigten Daten den Grundstein des Schaffensprozesses gelegt. Aus unseren regelmäßigen Gesprächen und dem Austausch habe ich nicht nur fachlich profitiert, sondern auch stets Motivation und Inspiration schöpfen können. Ich bin zutiefst dankbar für ihre selbstlose Unterstützung und die bedeutende Rolle, die sie koordinierend in dieser Evaluation gespielt hat.

Die Zusammenarbeit mit der WSB RLP hat nicht nur fachliche Erkenntnisse erweitert, sondern auch Einblicke in die praktische Anwendung meiner Forschung ermöglicht. Die Offenheit und Kooperationsbereitschaft aller Beteiligten haben die Zeit der Bearbeitung zu einer bereichernden und lehrreichen Erfahrung gemacht.

Anhang

Anhang I: Fragebogen an die Betriebsleiter/innen

Evaluation der Wasserschutzberatung RLP

Sehr geehrte Teilnehmerinnen und Teilnehmer,

wir danken Ihnen **herzlich**, dass Sie sich die Zeit nehmen, an diesem Fragebogen zur Zufriedenheit mit der Wasserschutzberatung RLP im Zuge einer Evaluation teilzunehmen. Ihr Feedback ist für uns von großer Bedeutung! Es hilft uns, unsere Beratungsleistungen weiter zu verbessern und optimal auf Ihre Bedürfnisse einzugehen.

Dieser Fragebogen zielt darauf ab, Ihre Erfahrungen und Meinungen im Hinblick auf die Leistungen und Angebote der Wasserschutzberatung zu erfassen. Er umfasst 15 Fragen, die in einem Zeitraum von maximal 10-15 Minuten zu beantworten sind. Wir möchten wissen, inwiefern unsere Beratungsleistungen Ihre Anforderungen erfüllen, welche Aspekte Sie besonders schätzen und ob es Bereiche gibt, in denen wir uns steigern können.

Ihre Antworten ermöglichen es uns, die Qualität unserer Beratung zu bewerten und gegebenenfalls Anpassungen vorzunehmen, um Ihren Bedürfnissen noch besser gerecht zu werden. Ihr Feedback fließt direkt in unsere kontinuierlichen Verbesserungsbemühungen ein.

Alle Angaben werden selbstverständlich vertraulich behandelt und anonymisiert ausgewertet. Es gibt keine richtigen oder falschen Antworten - wir sind an Ihrer ehrlichen Meinung interessiert, um unsere Arbeit kontinuierlich zu optimieren.

Durch Ihre Teilnahme tragen Sie aktiv dazu bei, dass wir uns als Wasserschutzberatung weiterentwickeln und auch in Zukunft bestmöglich auf Ihre Wünsche abstimmen können.

Sollten Sie während des Fragebogens Fragen haben, stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung.

Vielen Dank für Ihre Unterstützung!

Evaluation der Wasserschutzberatung RLP

Frage 1: Was für einen Betrieb haben Sie?

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Ackerbaubetrieb | <input type="checkbox"/> Mischbetrieb |
| <input type="checkbox"/> Futterbaubetrieb | <input type="checkbox"/> Sonderkulturbetrieb |
| <input type="checkbox"/> Veredlungsbetrieb | <input type="checkbox"/> Dauerkulturbetrieb |
| <input type="checkbox"/> Gartenbaubetrieb | <input type="checkbox"/> anderer: _____ |

Frage 2: Ist Ihr Betrieb ein zertifizierter Betrieb des ökologischen Landbaus?

- ja nein

Frage 3: Welche der folgenden Aussagen treffen auf Sie zu? (Mehrfachantworten möglich)

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Ich gebe Gärreste ab. | <input type="checkbox"/> Ich nehme fremde Gärreste auf. |
| <input type="checkbox"/> Bei mir fällt Wirtschaftsdünger ^[1] an. | <input type="checkbox"/> Ich gebe Wirtschaftsdünger ^[1] ab. |
| <input type="checkbox"/> Ich bekomme Gärreste von einer Biogas-
anlage zurück, an die ich Rohstoffe liefere. | <input type="checkbox"/> Ich nehme fremden Wirtschaftsdünger ^[1]
auf. |
| <input type="checkbox"/> keine | |

^[1]für den Weinbaubetrieb ist Trester als pflanzlicher Wirtschaftsdünger definiert.

Frage 4: Liegen Ihre Flächen in einem "roten Gebiet"?

- ja nein

Frage 5: Bewirtschaften Sie Ihren Betrieb im Haupt- oder Nebenerwerb?

- im Haupterwerb im Nebenerwerb

Frage 6: Abschluss der ersten Kooperationsvereinbarung (Jahr):

Evaluation der Wasserschutzberatung RLP

Frage 7: Wie bewerten Sie die folgenden Aspekte der Gewässerschutzberatung?

	schlecht	eher schlecht	teils/teils	eher gut	gut
<i>Landwirtschaftliches Fachwissen der Berater</i>	<input type="checkbox"/>				
<i>Gewässerschutzkompetenz der Berater</i>	<input type="checkbox"/>				
<i>Praxisnähe der Inhalte</i>	<input type="checkbox"/>				
<i>Objektivität/Neutralität der Berater</i>	<input type="checkbox"/>				
<i>Verständlichkeit und Anschaulichkeit der Inhalte</i>	<input type="checkbox"/>				
<i>Aktualität der Inhalte</i>	<input type="checkbox"/>				
<i>Einsatzbereitschaft der Berater</i>	<input type="checkbox"/>				
<i>Berücksichtigen der regionalen Besonderheiten</i>	<input type="checkbox"/>				
<i>Sonstiges:</i>	<input type="checkbox"/>				

Frage 8: Wie bewerten Sie den Nutzen der Gewässerschutzberatung für Ihren Betrieb in Bezug auf folgende Aspekte?

	kein Nutzen	geringer Nutzen	mittlerer Nutzen	großer Nutzen
<i>Einsparung von Düngerkosten</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Einsparung anderer Kosten</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Erkenntnisse zum Umgang mit Stickstoff</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Optimale Verwertung von Nährstoffen aus Wirtschaftsdünger (inkl. Gärreste)</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Erkenntnisse zum Gewässerschutz</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Informationen zum aktuellen Stand der Technik</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Informationen zu Kulturen</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Informationen zu aktuellen rechtlichen Rahmenbedingungen</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Imagegewinn für den Betrieb</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Erhoffte Vermeidung eines verschärften Ordnungsrechts durch freiwillige Teilnahme an Gewässerschutzmaßnahmen</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Nutzen für den Betrieb insgesamt</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Übertragung der Maßnahmen/Empfehlungen von den Kooperationsflächen auf andere Betriebsflächen</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Sonstiger Nutzen:</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Evaluation der Wasserschutzberatung RLP

Frage 9: Welche Informations- und Beratungsangebote der Gewässerschutzberatung haben Sie in den letzten zwei Jahren wie oft in Anspruch genommen?

	nie	1-mal insg.	1–2-mal pro Jahr	3–5-mal pro Jahr	mehr als 5-mal pro Jahr
<i>Rundschreiben</i>	<input type="checkbox"/>				
<i>Öffentliche Informationsveranstaltungen</i>	<input type="checkbox"/>				
<i>Veranstaltungen mit Feldbegehung</i>	<input type="checkbox"/>				
<i>Sprechtag</i>	<input type="checkbox"/>				
<i>Website der Gewässerschutzberater</i>	<input type="checkbox"/>				
<i>Gruppenberatung</i>	<input type="checkbox"/>				
<i>Besuch des/der Beraters/in bei mir</i>	<input type="checkbox"/>				
<i>Telefonische Beratung</i>	<input type="checkbox"/>				
<i>Versuchsanlage gemeinsam mit dem Berater/der Beraterin</i>	<input type="checkbox"/>				
<i>Sonstiges:</i>	<input type="checkbox"/>				

Frage 10: Gibt es Beratungsthemen (Bewirtschaftungsmaßnahmen) zu denen Sie sich mehr Informationen wünschen?

<i>Beratungsthemen/-maßnahmen</i>	Ja, es besteht ein Wunsch nach mehr Information
<i>Anbau von Zwischenfrüchten</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Reduzierte Bodenbearbeitung</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Vegetationsbegleitende Stickstoff-Bedarfsermittlung mit Pflanzenanalysen</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Nährstoffbilanzen auf Betriebsebene</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Nährstoffbilanzen auf Schlagebene</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Bodenanalysen im Frühjahr (N_{min}, EUF)</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Gülleausbringung mit Schleppschlauch/-schuh/Injektion</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Umbruchlose Grünlanderneuerung</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Verzicht auf Herstdüngung</i>	<input type="checkbox"/>
<i>N- und P-reduzierte Fütterung</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Reduzierung der Düngemengen bei Kompost-/Mist- und Trestergaben von der Dreijahres- auf die Einjahresgabe (N-/ P-Problematik)?</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Sonstiges:</i>	<input type="checkbox"/>

Evaluation der Wasserschutzberatung RLP

Frage 11: Wie hoch ist Ihr eigener Aufwand / sind Ihre Kosten für die Teilnahme an der Beratung?

gering	eher gering	mittel	eher hoch	hoch
<input type="checkbox"/>				

Begründen Sie Ihre Antwort bitte kurz.

Frage 12: Wie zufrieden sind Sie mit der Beratung durch die Wasserschutzberaterinnen und Berater?

<i>sehr zufrieden</i>	<input type="checkbox"/>
<i>zufrieden</i>	<input type="checkbox"/>
<i>mit Einschränkungen zufrieden</i>	<input type="checkbox"/>
<i>nicht zufrieden</i>	<input type="checkbox"/>
<i>keine Antwort</i>	<input type="checkbox"/>

Frage 13: Sollten Sie bei Frage 12 „mit Einschränkungen zufrieden“ oder „nicht zufrieden“ angekreuzt haben: Was muss sich ändern, damit Sie zukünftig zufriedener sind?

	sehr wichtig	wichtig	weniger wichtig	keine Bedeutung
<i>Höhere Bratungskapazität (mehr Beratungszeit pro Betrieb)</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Verstärkter Austausch mit den Beratern/Beraterinnen</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Weniger Fluktuation der Berater/Beraterinnen</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Durchführung von mehr Analysen (z.B. N(min), Wirtschaftsdünger, organische Dünger)</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Beratung sollte besser auf die Situation meines Betriebes abgestimmt sein</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Bessere finanzielle Förderung für besondere Gewässerschutzmaßnahmen</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Angebote von Seminaren und Fachveranstaltungen</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Weiterer Punkt:</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Weiterer Punkt:</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Evaluation der Wasserschutzberatung RLP

Frage 14: Denken Sie, dass Ihr Nutzen aus der Gewässerschutzberatung in Zukunft steigen wird? (z. B. durch zunehmende Einarbeitung der Berater oder Vertrauensbildung)

nein

vielleicht

ja

Frage 15: Sind Ihnen folgende fachliche Hintergründe durch die Gewässerschutzberatung bewusst geworden?

<i>Nein, die fachlichen Hintergründen waren mir bereits vor der Beratung bekannt.</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Ja, das Gewässergefährdungspotenzial auf bestimmten Flächen / in meinem Gebiet</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Ja, die Stickstoffdynamiken im Boden</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Ja, das Stickstofffreisetzungs- und Stickstoffverlustpotenzial einzelner Maßnahmen</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Ja, Unterschiede verschiedener Verfahren zur Nährstoffbedarfsermittlung</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Ja, starke Unterschiede der N_{min}-Gehalte einzelner Schläge</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Ja, sonstige:</i>	<input type="checkbox"/>

Gibt es Ihrerseits weitere Anmerkungen oder Ergänzungen?

Anhang II: Mustergültige Kooperationsvereinbarung der Kooperation Steinfeld**Kooperationsvereinbarung****zwischen dem unterzeichnenden Landwirt/Winzer
und der Verbandsgemeinde Bad Bergzabern als
Wasserversorgungsunternehmen (WVU) über die Zusammenarbeit
im Einzugsgebiet des Wasserschutzgebietes (WSG) Steinfeld**

Gemeinsames Ziel der Kooperationspartner ist die Zusammenarbeit zur Durchführung von Maßnahmen für eine gewässerschonende Landbewirtschaftung unter gegenseitiger Berücksichtigung der Interessenlagen der Landwirte sowie des Wasserversorgungsunternehmens als Begünstigtem dieses Gebietes. Grundlage dieser Zusammenarbeit ist die Verantwortung der Landwirte für den Gewässerschutz (Grund- und Oberflächenwasser) sowie die Beachtung der wirtschaftlichen Interessen der Landwirte seitens des Wasserversorgungsunternehmens.

1. Ziele der Zusammenarbeit

Ziele der Kooperation sind:

- die gemeinsame Erarbeitung und Durchführung von Maßnahmen zum Schutz des Grund- und Oberflächenwassers,
- das Vermeiden und Reduzieren von Nährstoff- und Pflanzenschutzmitteleinträgen in die Gewässer,
- die Realisierung der vorgenannten Ziele durch geeignete Maßnahmen gemäß den Regelungen dieser Vereinbarung.

2. Geltungsbereich, Kooperations- und Mitwirkungspartner

Der **Geltungsbereich** der Kooperation umfasst Flächen im Einzugsgebiet des Wasserschutzgebietes Steinfeld gemäß beiliegender Übersichtskarte (Anlage 1).

Die **Kooperationspartner** (Landwirt und WVU) sind damit einverstanden, dass zur Verwirklichung der Ziele Vertreter der Wasserschutzberatung der Dienstleistungszentren Ländlicher Raum (DLR) sowie der zuständigen Struktur- und Genehmigungsdirektion (SGD Süd), der Landwirtschaftskammer und des Bauern- und Winzerverbandes mitwirken („**Mitwirkungspartner**“). Die Verantwortung für die wechselseitige Information zwischen den Kooperations- und Mitwirkungspartnern trägt das Wasserversorgungsunternehmen im Einvernehmen mit den zuständigen Beratungskräften der Wasserschutzberatung. Das WVU benennt einen Ansprechpartner für das Kooperationsprojekt.



3. Allgemeingültige verpflichtende Regelungen

Das **Wasserversorgungsunternehmen** (WVU) verpflichtet sich:

- zur Hinzuziehung der Wasserschutzberatung (WSB) der DLR, um entsprechende Bewirtschaftungsempfehlungen erarbeiten zu lassen,
- einen regelmäßigen Informations- und Wissensaustausch zwischen den Kooperations- und Mitwirkungspartnern anzubieten,
- zur Leistung eines finanziellen Ausgleichs für einen ggf. erforderlichen landwirtschaftlichen Mehraufwand entsprechend den Maßnahmen der Anlage 2 unter Berücksichtigung der gesetzlichen Verrechnungsmöglichkeiten des WVU mit dem von ihm zu leistenden Wasserentnahmeentgelt.

Ein finanzieller Ausgleich kann geleistet werden, sofern Maßnahmen erforderlich werden, die entsprechend den Vorgaben der WSB über die Einhaltung der Anforderungen aus dem wasser- und landwirtschaftlichen Fachrecht hinausgehen, sowie für Untersuchungs- und Monitoringmaßnahmen, die die WSB zur Evaluierung der Maßnahmen als notwendig erachtet.

Für staatliche Beihilfen stellt das WVU sicher, dass die Zahlung im Einklang mit den gemeinschaftsrechtlichen (EU-) Vorschriften auf Grundlage der De-Minimis-Regelungen erfolgt.

Zur Abgabe der insoweit erforderlichen Erklärungen sind die auf der Internetseite www.wasser.rlp.de unter der Rubrik „Recht, Behörden/Wasserentnahmeentgelt“ eingestellte Formulare zu verwenden.

Erhaltene Fördermittel auf der Grundlage anderer EU-Förderprogramme oder von der EU-notifizierten Förderprogramme (z.B. GAP-Betriebsprämie der EU, Agrarumweltmaßnahmen des Landes (EULLa), Agrardieselbeihilfe, Einzelbetriebliche Investitionsförderung, Investitionshilfen Kellertechnik und Investitionshilfe Neuanlagen von Weinbergen) fallen nicht unter die Erklärungspflicht des Landwirts.

Bei der Klärung beihilferechtlicher Fragen lassen sich die Kooperationspartner von der Landwirtschaftskammer und dem DLR, unter Einbeziehung des für Beihilfefragen zuständigen Referates des MWVLW, beraten.

Der Landwirt/Winzer verpflichtet sich:

- zur Mitarbeit an der angebotenen Wasserschutzberatung (dies beinhaltet die Bereitstellung von betrieblichen sowie schlag- bzw. flurstücksbezogene Daten über die derzeitige Bewirtschaftung der landwirtschaftlichen Flächen im WSG),
- zur zeitnahen Umsetzung der abgestimmten Maßnahmen (Anlage 2),
- zur Duldung des Betretens der landwirtschaftlichen Flächen durch das WVU und die Mitwirkungspartner einschließlich Labore/Probenehmer zum Zweck der mit dem Landwirt abgestimmten Entnahme von Boden- oder Pflanzenproben zur Durchführung von Analysen,



- zur Zustimmung der Dokumentation der Untersuchungsergebnisse und Überprüfung der Wirksamkeit durchgeführter Maßnahmen durch das WVU und die Mitwirkungspartner,
- zur Teilnahme an Gesprächen zur Auswertung und Erörterung der Untersuchungsergebnisse sowie an der Abstimmung daraus folgender Handlungsempfehlungen bzw. Maßnahmen,
- zum Ausschluss von Doppeltförderungen von im WSG durchgeführten Maßnahmen auf Flächen, auf denen Agrar-Umwelt-Maßnahmen (EULLa) durchgeführt oder die als „ökologische Vorrangfläche“ im „Greening“ (gemäß Agrarreform ab 2015) angerechnet werden.

Im Streitfall entscheidet ein von beiden Seiten akzeptierter Sachverständiger. Der Sachverständige wird von der Landwirtschaftskammer vorgeschlagen.

Das WVU und der Landwirt verpflichten sich, diese Vereinbarung entsprechend dem jährlich festzulegenden Maßnahmenkatalog (vgl. Anlage 2) umzusetzen.

4. Datenschutz

Alle personenbezogenen und einzelbetrieblichen Daten unterliegen den Datenschutzgesetzen. Daten werden ausschließlich den Kooperations- und Mitwirkungspartnern zur Verfügung gestellt und nicht an Dritte weitergegeben. Jedwede Weiterverwendung ist mit den Beteiligten einvernehmlich abzustimmen.

5. Anpassungen

Die Vertragspartner sind sich darin einig, dass eine Anpassung dieser Vereinbarung vorzunehmen ist, wenn sich die für den Abschluss maßgeblichen Grundlagen wesentlich ändern.

6. Inkrafttreten und Laufzeit

Diese Vereinbarung tritt zum 1. Mai 2019 mit ihrer Unterzeichnung in Kraft und hat eine Laufzeit zunächst bis zum 31. Dezember 2020. Sie verlängert sich jeweils um ein volles weiteres Jahr, wenn sie nicht schriftlich 6 Wochen vor Ablauf gekündigt wird.

Jeder Kooperationspartner kann diese Vereinbarung aus wichtigem Grund außerordentlich mit einer Frist von 4 Wochen schriftlich kündigen. Ein wichtiger Grund liegt z.B. vor, wenn der landwirtschaftliche Betrieb übertragen, aufgegeben oder veräußert wird oder Pachtverhältnisse enden, die Gegenstand dieser Vereinbarung sind.

7. Kostenerstattung und Zahlungsziel

Zur Kostenerstattung an die Landwirte müssen die Rechnungen bis spätestens 30.11. des Jahres bei dem WVU vorliegen. Das Zahlungsziel ist spätestens 4 Wochen nach Rechnungseingang. Die fachtechnische Prüfung der Rechnungen erfolgt durch die WSB.



8. Schlussbestimmungen

(1) Sollte eine Bestimmung dieser Vereinbarung ganz oder teilweise nichtig oder undurchführbar sein oder werden oder sollte sich herausstellen, dass es eine Lücke in dieser Vereinbarung gibt, wird dadurch die Wirksamkeit der übrigen Bestimmungen nicht berührt. An Stelle der nichtigen oder undurchführbaren Bestimmung oder zur Ausfüllung der Lücke gilt mit Rückwirkung diejenige wirksame und durchführbare Regelung als vereinbart, die rechtlich und wirtschaftlich dem am nächsten kommt, was die Kooperationspartner gewollt haben oder nach dem Sinn und Zweck dieser Vereinbarung gewollt hätten, wenn sie diesen Punkt beim Abschluss dieser Vereinbarung bedacht hätten.

(2) Änderungen und Ergänzungen dieser Vereinbarung bedürfen zu ihrer Wirksamkeit der Schriftform. Mündliche Vereinbarungen, auch über die Aufhebung der Schriftform, sind nichtig.

9. Anlagen

Weitere Bestandteile dieser Vereinbarung sind:

- **Anlage 1:** Übersichtsplan des Einzugsgebietes des Wasserschutzgebiets (WSG) Steinfeld
- **Anlage 2:** Maßnahmenkatalog

Verbandsgemeinde Bad Bergzabern

Ansprechpartner: Martin Engelhard (Werkleiter)

Anschrift: Königstraße 61, 76887 Bad Bergzabern

Datum _____ und Unterschrift _____

Landwirt/Winzer

Betrieb: _____

Datum _____ und Unterschrift _____

Anhang III: Mustergültiger Maßnahmenkatalog der Kooperation Steinfeld**Maßnahmenkatalog****Anlage 2 zur Kooperationsvereinbarung
zwischen den unterzeichnenden Landwirten/Winzern
und Verbandsgemeinde Bad Bergzabern als Wasserversorgungsunternehmen****1. Grundberatung**

Die im Kooperationsgebiet befindlichen landwirtschaftlichen Flächen werden überwiegend ackerbaulich und vereinzelt weinbaulich genutzt.

Eine einzelbetrieblich abgestimmte, nach wissenschaftlichen Erkenntnissen bemessene Düngebedarfsermittlung auf der Basis von Bodenuntersuchungen, sowie der Anbau von Zwischenfrüchten sind die zentralen Steuerungselemente der Kooperation zwischen Landwirtschaft und Wasserwirtschaft. Aufgrund der starken Hangneigung einiger im Kooperationsgebiet befindlicher Flächen, werden unter den Maßnahmen auch solche berücksichtigt, durch die der Eintrag von Nähr- und Pflanzenschutzmittelstoffen in Oberflächengewässer durch Abschwemmung vermindert werden kann.

An der Kooperation teilnehmende Landwirte werden von der Wasserschutzberatung (WSB) der Dienstleistungszentren Ländlicher Raum (DLR) aufgesucht, um Daten zur Erstellung von betriebs- und flächenbezogenen Wasserschutzmaßnahmen zu erheben. Ebenfalls werden Anbauverhältnisse, Angaben zu Bodenbearbeitungsverfahren und zum Umgang mit Wirtschaftsdüngern etc. erhoben, soweit diese für eine Beratung zum Gewässerschutz sachdienlich sein können. Die Daten dürfen ausschließlich nach den Vorgaben des Punkts 4 der Kooperationsvereinbarung verwendet werden. Die Beratung zum Gewässerschutz erfolgt betriebsindividuell und kostenlos.

Die einzelnen Maßnahmen können von den Landwirten/Winzern entweder als Einzelmaßnahme oder in Kombination gebucht werden.

Die angegebenen Termine der Meldefristen, bzw. Aussaattermine sind entsprechend der Witterung mit geringfügiger Flexibilität einzuhalten. Eine Abweichung der vorgegebenen Termine ist mit der WSB abzustimmen.

2. Bodenuntersuchungen

Das Wasserversorgungsunternehmen (WVU) veranlasst im Einvernehmen mit der WSB und den Landwirten ein geeignetes Bodenlabor, N_{\min} - Bodenproben zur Untersuchung von Flächen der teilnehmenden Landwirte im Kooperationsgebiet zu entnehmen und die Bodenanalysewerte des Gehalts an mineralischem Stickstoff (Nitrat-N) zeitnah an die WSB und den Bewirtschafter zu übermitteln. Bei der Auswahl des Bodenlabors sollen insbesondere die notwendigen Ortskenntnisse, die schnelle Bearbeitung (Probenahme, Analyse, Ergebnisübermittlung) und die notwendigen lokalen Fachkenntnisse im Acker- und Weinbau nachgewiesen werden.



2.1 Stickstoff- und Bodenuntersuchung und N-Düngung

- zur N-Düngebedarfsermittlung im Frühjahr zum Ende der Sickerwasserbildung (und ggf. kulturspezifisch, in Absprache mit den Landwirten), und
- zur Nachschau im Spätherbst vor Beginn der Sickerwasserbildung.

Die Beprobungstiefe beträgt im Frühjahr mind. 90 cm, im Spätherbst möglichst 90 cm Tiefe, jeweils in 30-cm-Schichten. Untersucht wird Nitrat.

Die Analysenwerte im Frühjahr sind vom Labor unverzüglich der WSB zu übermitteln, damit die WSB unmittelbar N-Düngeempfehlungen erstellen und den Landwirten und dem WVU zukommen lassen kann. Bei Zuckerrüben können fakultativ die Ergebnisse der Bodenuntersuchungen durch den Bodengesundheitsdienst mittels der EUF-Methode für die Düngeempfehlungen hinzugezogen werden.

Die Landwirte tragen vor der Bodenbeprobung Angaben zur Bewirtschaftung der beprobten Flächen in von der WSB zur Verfügung gestellte Probenbegleitblätter ein und übergeben diese an die WSB, damit die N-Düngeempfehlungen fachgerecht erstellt werden können.

Die N-Düngebedarfsermittlung erfolgt anhand geeigneter Berechnungsverfahren gemäß der jeweils geltenden DüV.

Die Einhaltung dieser N-Düngeempfehlungen als Obergrenze ist für die teilnehmenden Landwirte verbindlich. Überschreitungen sind nur im Einvernehmen mit der Wasserschutzberatung zulässig. Sie können insbesondere durch den Einsatz des N-Testers oder durch kurzfristig veränderte Ertrags Erwartungen begründet werden.

Bei Winterungen erfolgt die kulturbegleitende N-Düngung frühestens bei Vegetationsbeginn.

Die im Spätherbst ermittelten N_{\min} -Gehalte werden den Landwirten, der WSB und dem WVU unverzüglich zugeleitet und dienen als Grundlage für Beratungsgespräche der WSB mit den einzelnen teilnehmenden Landwirten.

2.2 Weitere Bodenuntersuchungen

Die WSB kann in Abstimmung mit dem WVU und den Landwirten/Winzern die Untersuchung von weiteren notwendigen Parametern im Oberboden veranlassen, wie z.B. den pH-Wert, den Gehalt an pflanzenverfügbarem Phosphat, Kali und Magnesium sowie den Gehalt an Humus-C und Gesamt-N (C:N-Verhältnis sowie Ammonium bei Ammonium-Düngung). Im Weinbau wird diese Grundnährstoffanalyse alle drei Jahre durchgeführt, da der prozentuale Humusgehalt für die N-Düngebedarfsermittlung gemäß DüV 2017 benötigt wird. Folglich fällt diese Analyse erstmals nach Auswahl der Kooperationsflächen an.

Gegebenenfalls (auf Grundlage von S_{\min} -Untersuchungen in Böden, S-Analysen in Pflanzen oder Abschätzung aufgrund des Einsatzes S-haltiger Düngemittel) ist eine bedarfsgerechte S-Düngung vom Landwirt sicherzustellen (=> NPK-Dünger, SSA, ASS etc.).



2.3 Pflanzenanalysen

Zusätzlich zu den Ergebnissen der Bodenanalyse können zur Überprüfung des Ernährungszustandes der Kultur in Einzelfällen auch Pflanzenanalysen hinzugezogen werden.

⇒ **Alle vom Bodenlabor/Analyselabor in Rechnung gestellten Kosten werden von dem WVU innerhalb des veranschlagten Finanzrahmens übernommen.**

2.4 Schlagkarteiführung und Dokumentation

Die Landwirte führen für die Schläge mit erfolgter N_{min} -Beprobung im Kooperationsgebiet jeweils über den Zeitraum einer Kulturdauer schlagspezifische Aufzeichnungen über Bodenbearbeitungs-, Bestellungs-, Düngungs-, Pflanzenschutz- und Erntearbeiten.

Diese Aufzeichnungen sind als Ausdruck einer betriebsüblichen Schlagkartei oder nach einem vorgegebenen Muster jährlich bis zum 15.03. des Folgejahres der WSB vorzulegen.

3. Zwischenfruchtanbau, Begrünung, Nährstoffkonservierung

Die Maßnahmen sind in geeigneter Form mit Flächenbezug bzw. Angabe der Flurstücksnummern nachvollziehbar zu dokumentieren. Die Angaben sind über das WVU der Wasserschutzberatung vorzulegen. Vom WVU wird nach den Angaben in Tabelle 1 eine Ausgleichszahlung vorgenommen.

Um eine Doppelförderung bei EULLa (AUKM) oder eine Anrechnung als Ökologische Vorrangfläche im „Greening“ zu vermeiden, werden die hier geförderten Flächen der Unteren Landwirtschaftsbehörde (Kreisverwaltung) zum Datenabgleich gemeldet.

3.1 Zwischenfrüchte

In Anlehnung an die in Rheinland-Pfalz aktuell angebotene Agrar-Umwelt-Maßnahme „Beibehaltung von Untersaaten und Zwischenfrüchten über den Winter“ sollen die Landwirte vor Sommerungen nach Möglichkeit Zwischenfrüchte anbauen oder Untersaaten anlegen. Sie dienen zur Nährstoffbindung und zum Schutz vor Bodenerosion. Die verwendeten Pflanzenarten und die jeweilige Mindestsaatstärke sind mit der WSB abzustimmen. Eine N-Düngung der Zwischenfrucht ist nur nach vorheriger N_{min} -Analyse und Rücksprache mit der WSB zulässig. Eine evtl. erforderliche Unkrautbekämpfung, auch chemisch, ist zulässig. Werden die Zwischenfrucht- und Untersaatflächen im „Greening“ als „Ökologische Vorrangflächen“ genutzt, sind die Vorgaben zum „Greening“ einzuhalten.

Nach Umbruch von Gemüse-Dauerkulturen (Spargel, Rhabarber):

Als Begrünungspflanzen sind schnellwachsende Pflanzenarten zu wählen, die viel Stickstoff (> 80 kg N/ha) aufnehmen (vorzugsweise Ölrettich und Gelbsenf). Die Aussaat der Begrünung erfolgt spätestens bis 15. August. Eine N-Düngung ist nicht zulässig.

Herbst-Wintereinsaaten in Jung- und Ertragsanlagen (Weinbau):

Von Oktober bis März ist die Auswaschung von Nitrat am größten, da sich die Reben während dieser Zeit in Vegetationsruhe befinden und keine Nährstoffe aufnehmen. Deshalb muss in über Sommer offen gehaltenen Gassen spätestens Ende Juli/Anfang August die Einsaat einer Herbst-



/Winterbegrünung (Winterbegrünung: 50 % der Gemeindegartener sollten frostfest sein) erfolgen. Die Begrünungspflanzen binden über Winter überschüssiges Nitrat in der Biomasse und stellen dies im darauffolgenden Frühjahr nach Umbruch der Begrünung wieder der Rebe zur Verfügung. Ferner wird durch die Etablierung einer Teilzeitbegrünung im Direktzug/Hanglagen Wasser- und Winderosion vermieden und der Boden vor Verschlammung geschützt. Ferner kann durch den Einsatz von Leguminosen in den Mischungen die zusätzliche organische/mineralische Stickstoff-Düngung im folgenden Jahr reduziert bzw. ganz eingestellt werden. Ein weiterer Vorteil von biomassebildender und tiefwurzelnder Herbst-Winterbegrünung sind die Humusproduktion und die nachhaltige Lockerung von Verdichtungszonen bis in tiefere Bodenschichten.

3.2 Untersaaten

Mit dem Ziel der N-Konservierung und der Verhinderung des Bodenabtrags (Erosion) sowie der darin enthaltenen Nährstoffe und Pflanzenschutzmittel sind bei Kulturen mit weitem Reihenabstand die Flächen zwischen den Reihen durch Untersaat in die Hauptkultur zu begrünen. Nach der Maisernte bleibt die Untersaat bis zur Bodenbearbeitung zur Neueinsaat der Folgekultur stehen.

3.3 Begrünte Erosions-Pufferstreifen

Zur Verminderung des Abtrags von Boden und den darin enthaltenen Nährstoffen und Pflanzenschutzmitteln in Oberflächengewässer sind auf stark erosionsgefährdeten Flächen Pufferstreifen mit einer Breite von mindestens 6 m und maximal 30 m anzulegen. Dafür können Winter- oder Sommergetreide, ein- oder mehrjährige Grasarten, Gräser betonte Mischungen (ein- oder mehrjährig) zum Einsatz kommen. Mit dem Ziel, das Schossen zu vermeiden, wäre auch eine Frühjahrssaat von Winterroggen möglich.

4. Betreuung und Überwachung

Die fachliche Betreuung und die Vorort-Überwachung auf Einhaltung vereinbarter Maßnahmen erfolgt durch die Wasserschutzberatung der Dienstleistungszentren Ländlicher Raum in Rheinland-Pfalz (WSB).

5. Finanzrahmen

Das WVU unterrichtet die WSB laufend über den aktuellen Stand des Budgets und die Verfügbarkeit der Finanzmittel. Eine Überschreitung des Finanzrahmens muss vermieden werden. Bei Überschreiten des Gesamtbudgets ist das WVU berechtigt, den jährlichen Auszahlungsbetrag anzupassen. Ist eine Überschreitung der Budgetlinie abzusehen, ist eine Besprechung der Mitwirkungspartner einzuberufen.

6. Geltungsdauer

Dieser Maßnahmenkatalog wird jährlich geprüft und bei Bedarf von den Kooperations- und Mitwirkungspartnern überarbeitet. Sofern keine Änderungen vorgenommen werden, verlängert sich seine Gültigkeit automatisch um ein weiteres Jahr.


Tabelle 1: Freiwillige Vereinbarungen im Einzugsgebiet des Wasserschutzgebietes Steinfeld

Maßnahme	Umsetzung	Meldefrist	Entgelt
Stickstoff-Bodenuntersuchungen (N_{min})	<ul style="list-style-type: none"> - Zum Ende der Sickerwasserperiode in 0-90 cm Tiefe - Für Schläge bzw. Bewirtschaftungseinheiten, bei denen eine Saat bzw. Pflanzung zu einem Zeitpunkt stattfindet, der wesentlich später liegt als der Probetermin zum Ende der Sickerwasserperiode. In diesem Fall erfolgt die Bodenuntersuchung zum Start- oder Kopfdüngungstermin in der für die Kultur angegebenen Tiefe. (MAISFLÄCHEN!!!) - Im Spätherbst unmittelbar nach Vegetationsende und vor Beginn der Sickerwasserperiode in 0-90 cm Tiefe 		
Aktive Begrünung im Herbst-Winter	<ul style="list-style-type: none"> - Aussaat einer geeigneten Kultur mit dem Anbauziel der Stickstoffkonservierung - Aussaat je nach Artenwahl: typische Zwischenfrüchte bis zum 01.10; Getreide bis 01.11. - bei Aussaat nach dem 15. August nur spätsaatverträgliche Arten verwenden - Zur Erreichung eines schnell schließenden Pflanzenbestandes ist eine geeignete Aussaattechnik zu wählen und ggf. eine Startberegnung zur Aufwässerung vorzusehen. - N-Startdüngung nur nach vorheriger Bodenanalyse zulässig; die Düngemenge ist mit der WSB abzustimmen. - Pflanzenschutz ist zulässig - Nutzung ist zulässig - Umbruch frühestens ab dem 16.01. des Folgejahres, in Absprache mit der WSB auch früher 	15. September	Flächenbezogene Ausgleichsleistung: <ul style="list-style-type: none"> • max. 200,- EUR/ha Saatgutkosten • 40,- EUR/ha Kosten der Aussaat

5



Aktive Begrünung nach Umbruch von Gemüse - Dauerkulturen (Spargel, Rhabarber)	<ul style="list-style-type: none"> - Nach gründlicher Beseitigung der Rhizome Nachbau von schnellwachsenden Arten mit hoher N-Aufnahme (z.B. Ölerrettich; Gelbsenf) - Aussaat bis spätestens bis 15. August - keine N-Düngung - Pflanzenschutz ist zulässig - Nutzung ist zulässig - Wenn keine Herbstkultur oder Winterkultur folgt: Umbruch frühestens ab dem 16.01. des Folgejahres, in Absprache mit der WSB auch früher 	15. September	Flächenbezogene Ausgleichsleistung: <ul style="list-style-type: none"> • max. 200,- EUR/ha Saatgutkosten • 40,- EUR/ha Kosten der Aussaat
Untersaaten in Kulturen mit weitem Reihenabstand	<ul style="list-style-type: none"> - Bei Mais ist die Untersaat bis spätestens Anfang Juni zu säen. - Nach der Ernte bleibt die Untersaat bis zur Bodenbearbeitung zur Folgekultur stehen. - Es sind geeignete Pflanzenarten bzw. Mischungen zu wählen, die mit der WSB abzustimmen sind. - Sinnvolle Anwendungsbereiche dieser Maßnahme wären ccw1 und ccw2 Schläge unter zusätzlicher Berücksichtigung der aktuellsten Einschätzungen des LGB (Berücksichtigung von Nutzung und tatsächlicher Geländebeschaffenheit) – siehe unter: https://mapclient.lgb-rip.de/?app=lgb&view_id=14 - Flächenauswahl in Abstimmung mit der WSB 	15. April	Flächenbezogene Ausgleichsleistung: <ul style="list-style-type: none"> • max. 200,- EUR/ha Saatgutkosten • 40,- EUR/ha Kosten der Aussaat
Begrünte Erosions-Pufferstreifen (in Anlehnung an die AUKM "Vertragsnaturschutz Acker - Lebensraum Acker" aus dem EULLA – Programm)	<ul style="list-style-type: none"> - Breite der Streifen: mindestens 6 m bis höchstens 30 m; höchstens 1 ha pro Fläche - In Frage kommen ccw1 und ccw2 Schläge unter zusätzlicher Berücksichtigung der aktuellsten Einschätzungen des LGB (Berücksichtigung von Nutzung und tatsächlicher Geländebeschaffenheit) – siehe unter: 	15. April	300,- bis 450,- EUR/ha und Jahr in Abhängigkeit von der EMZ-Stufe (6 Stufen: 300,- EUR bei niedrigster Stufe; Steigerung = 25,- EUR pro Stufe)

6

Anhang IV: Übersicht zu den Kooperationen und Einordnung in die Gesamtheit

WSG-Nr.	WSG-Bezeichnung	Bezeichnung und Nr. GWK; chem. Zustand	Stand der Kooperations- und Maßnahmenvereinbarungen	Fläche des WSG in ha	Gesamtfache Kooperationsgebiet in ha	Anzahl teilnehmender Betriebe	Verteilung der Betriebe			Flächenverteilung Kulturen in ha			Fragebogen					
							Ackerbau	Wein-/Obstbau	Markfrucht	Ackerbau	Wein-/Obstbau	Markfrucht	In Auswertung	Anzahl der versendeten Bögen	Anzahl der Rücksendungen - Gesamt	Davon anteilig:		
405250918	In Birkhes Was (Saffeln) Nr. 389	Kyll 1, Quelle: 89 schlecht	Kooperationsvereinbarung 2022	320	38	4	4			38								
405321623	In Köthenfeld (Kalenborn-Schweim) Nr. 321	Kyll 1, Quelle: 89 schlecht	Kooperationsvereinbarung 2020	59	48	4	4			48								
405350000 400305001	Halspütz, Poppental (Bögen) im Saar (Bögen)	Kyll 1, Quelle: 89 schlecht	vorerst keine Kooperation mehr geplant; Beratung wird trotzdem benötigt (vorläufige Anordnung/RV)	333	333	5	5			333								
401713371	Müdenmarktl-Meisenich	Mosel, RLP, 5, 89 schlecht	Kooperationsvereinbarung 12-2014	430	383	32	32			383								
401601265	Düdingheim	Mosel, RLP, 4, 71 schlecht	Kooperationsvereinbarung 11-2016	120	110	13	13			110								
401653223	Bucht	Mosel, RLP, 4, 71 schlecht	Kooperationsvereinbarung Sommer 2019	70	70	13	13			70								
404303283	Bad Dürkheim (im Bucht)	Rhein, RLP, 5 schlecht	Etablierung der Kooperation mit 1. AK-Sitzung am 12.11.19	kein WSG nur Einzugsgebiet	40	21		21		40			21	6	21x reiner Weinbau			
404200344	Kirweiler, RANG 1	Speyerbach, 2, 34 schlecht	2022: Überführung der Kooperation in AK	100	26	25		25		26			24	22	24x reiner Weinbau			
404200901	Veningen	Speyerbach, 2, 34 schlecht	Kooperationsvereinbarung Frühjahr 2016	490	109	23	5	18		85	24		20	18	14x reiner Weinbau 3x Mischbetrieb 3x reiner Ackerbau			
404207928	Steinild	Oberbach, Quelle schlecht	Kooperationsvereinbarung seit Sommer 2019	190	116	9	5	4		111	5		5	4	4x Mischbetrieb 1x reiner Ackerbau			
405100687	WSG Nr. 127 Neuerburg-Bornbogen	Mosel, RLP, 3, 70 gut	Kooperationsvereinbarung seit 2022	550	180	5	5			180								
405100354	WSG Nr. 122 Hatzersath "Auf der Berling"	Saale 2, 88 schlecht	Kooperation im Dezember 2021 abgeschlossen	880	130	4	4			130								
	Münsterweiserinzugetal bei Gerolstein	Kyll 1, Quelle: 89 schlecht	Kooperationsvereinbarung seit 2015, Anpassung Maßnahmenkatalog 2020; Gespräch über Erweiterung der Kooperationsfläche	2760	101	7	7			95								
verschiedene	Bad Kreuznach, Bietzenheim, Spornheim, Frei-Laubersheim	Oberbach, 7, 10gottschalk 15, Naha 4, 17, schlecht	2022: Novellierung der Kooperationsvereinbarung	3000	184	22		9	13		184							
400309822 400304811	Ramstein-Meisenbach	Mittelbach, 10, gut Glan 1, Quelle: 9, gut	Kooperationsvereinbarung 01-2015	50	16	2	2	0	0	16	2	2						
402231245	Eich I	Rhein, RLP, 7, 21 schlecht	Kooperationsvereinbarung 02-2016	5160	379	18	18	0	6	379	18	18						
401306136	Birweiler	Naha 3, 8, schlecht Glan 3, 8, gut	Kooperationsvereinbarung 2023	150	53	9	9	0	0	53	9	9						
404030790	Neustadt (WSG Orlsenwald)	Speyerbach 2, schlecht Rheinbach, gut	Kooperationsvereinbarung 11/2022	1300	112	26	5	21		70	42							
404010181	Frankenthal	Rhein, RLP, 5, 28; Rhein, RLP, 6, 20; schlecht	Kooperationsvereinbarung Frühjahr 2017; Änderung der Maßnahmenvereinbarung 2018 und Herbst 2019	1000	452	20		20				452		17	13	17x Mischbetrieb		
404200961	Billingheim	Klingbach, 35 schlecht	Kooperationsvereinbarung Frühjahr 2017; Änderung Maßnahmenvereinbarung Frühjahr 2018	91	16	7		7			16							
Alle Kooperationen				17.053 ha WSG	2.896 ha Kooperationsfläche	269 Betriebe	131	98	46	2.057 ha	181 ha	1.031 ha	19 Koop.					
Kooperationen in der Auswertung				1.780 ha WSG	743 ha Kooperationsfläche	87 Betriebe	10	68	20	196 ha	95 ha	452 ha	5 Koop.	87 Bögen	77 Bögen	59 x Weinbau	4 x Ackerbau	24 x Misch
Anteil in %				10.43%	25.65%	32.34%	7.63%	68.39%	43.47%	9.52%	52.49%	43.84%	26.32%					

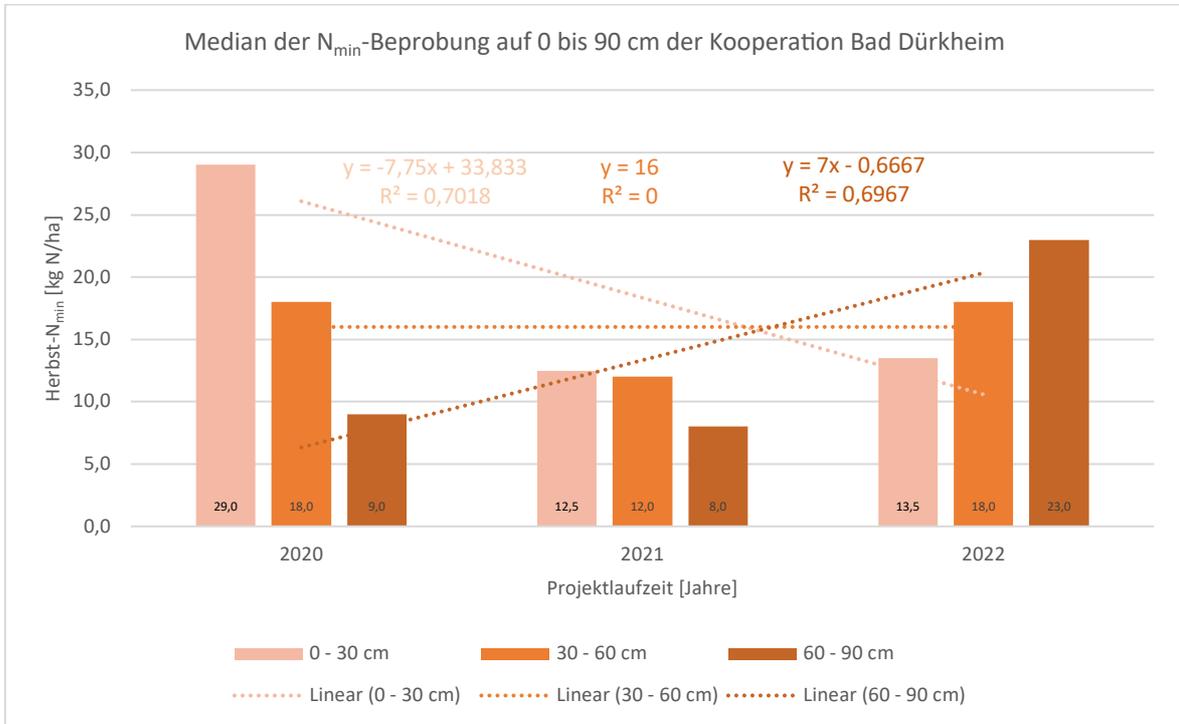
Anhang V: Voraussetzungstests der Regressionsanalyse

Unterteilt nach Kooperationen, spezifisch nach Median und Mittelwert:

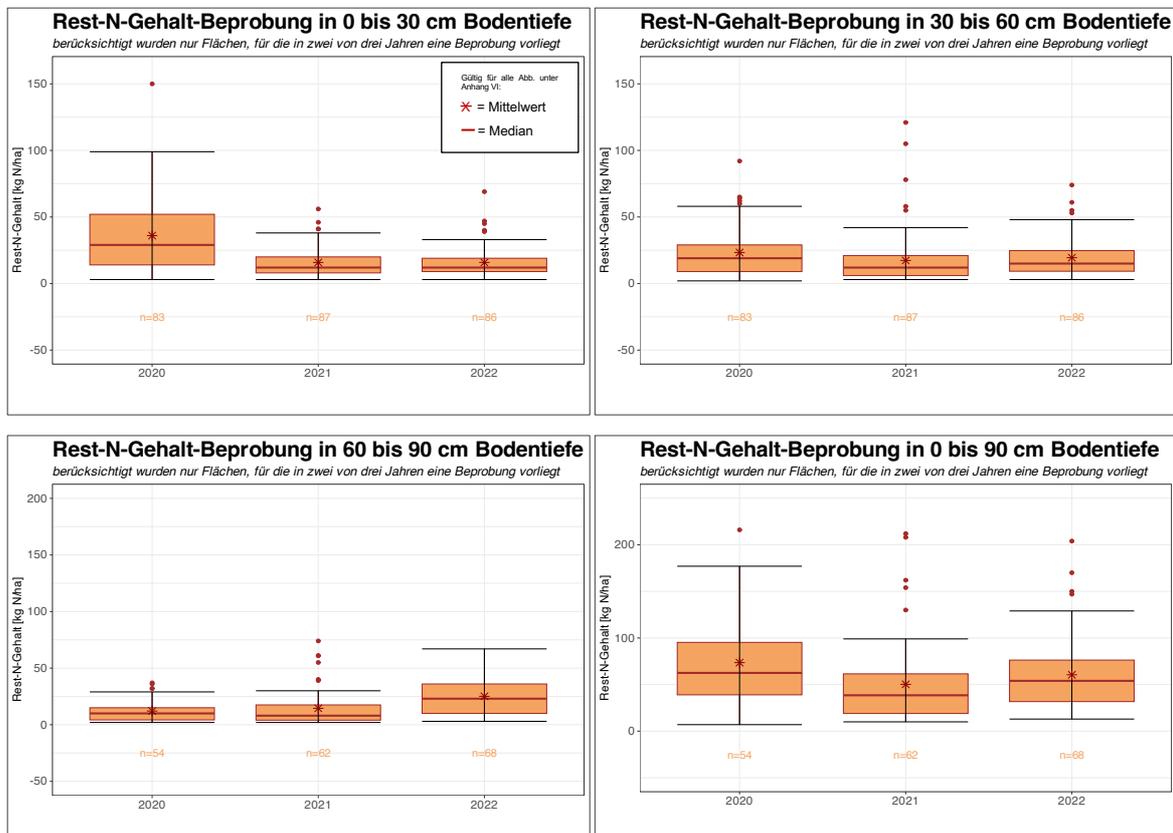
Median:	Bad Dürkheim	Frankenthal	Maikammer	Steinfeld (AB)	Steinfeld (WB)	Venningen (WB)
Bilanzen	statistisch belastbare Regression	statistisch nicht belastbare Regression	statistisch belastbare Regression	statistisch nicht belastbare Regression	statistisch nicht belastbare Regression	statistisch belastbare Regression
Linearer Zusammenhang zwischen x und y-Variable						
metrisch skalierte y-Variable						
Normalverteilung der Residuen (Shapiro-Wilk)	p-value = 0.5407	p-value = 0.3255	p-value = 0.172	p-value < 2.2e-16	p-value = 0.03208	p-value = 0.8108
Homoskedastizität (Breusch-Pagan)	p-value = 0.3027	p-value = 0.02291	p-value = 0.1374	p-value = 1	p-value = 0.2302	p-value = 0.1766
keine Autokorrelation (Durbin-Watson)	p-value = 0.6236	p-value = 0.3936	p-value = 0.7519	p-value = 1	p-value = 0.004661	p-value = 0.9568
"Ausreißer"						
Nmin 0 - 30 cm	statistisch nicht belastbare Regression	statistisch belastbare Regression	statistisch nicht belastbare Regression	statistisch belastbare Regression	statistisch nicht belastbare Regression	statistisch belastbare Regression
Linearer Zusammenhang zwischen x und y-Variable						
metrisch skalierte y-Variable						
Normalverteilung der Residuen (Shapiro-Wilk)	p-value < 2.2e-16	p-value = 0.9588	p-value = 0.7162	p-value = 0.08433	p-value < 2.2e-16	p-value = 0.7195
Homoskedastizität (Breusch-Pagan)	p-value = 1	p-value = 0.2207	p-value = 0.01261	p-value = 0.2304	p-value = 1	p-value = 0.8082
keine Autokorrelation	p-value = 1	p-value = 0.9711	p-value = 0.7885	p-value = 0.05303	p-value = 1	p-value = 0.7001
"Ausreißer"						
Nmin 30 - 60 cm	statistisch nicht belastbare Regression	statistisch nicht belastbare Regression	statistisch belastbare Regression	statistisch nicht belastbare Regression	statistisch nicht belastbare Regression	statistisch belastbare Regression
Linearer Zusammenhang zwischen x und y-Variable						
metrisch skalierte y-Variable						
Normalverteilung der Residuen (Shapiro-Wilk)	p-value < 2.2e-16	p-value = 0.2659	p-value = 0.8593	p-value = 0.04747	p-value < 2.2e-16	p-value = 0.702
Homoskedastizität (Breusch-Pagan)	p-value = 1	p-value = 0.07407	p-value = 0.05168	p-value = 0.2302	p-value = 1	p-value = 0.08526
keine Autokorrelation (Durbin-Watson)	p-value = 1	p-value = 0.046	p-value = 0.8042	p-value = 0.02145	p-value = 1	p-value = 0.503
"Ausreißer"						
Nmin 60 - 90 cm	statistisch nicht belastbare Regression	statistisch belastbare Regression	statistisch nicht belastbare Regression	statistisch nicht belastbare Regression	statistisch nicht belastbare Regression	statistisch belastbare Regression
Linearer Zusammenhang zwischen x und y-Variable						
metrisch skalierte y-Variable						
Normalverteilung der Residuen (Shapiro-Wilk)	p-value < 2.2e-16	p-value = 0.07413	p-value = 0.7197	p-value = 0.05294	p-value < 2.2e-16	p-value = 0.3695
Homoskedastizität (Breusch-Pagan)	p-value = 1	p-value = 0.8163	p-value = 0.04657	p-value = 0.2302	p-value = 1	p-value = 0.2328
keine Autokorrelation	p-value = 1	p-value = 0.2263	p-value = 0.4387	p-value = 0.02713	p-value = 1	p-value = 0.1658
"Ausreißer"						
Nmin 0 - 60 cm	statistisch nicht belastbare Regression	statistisch belastbare Regression	statistisch nicht belastbare Regression	statistisch nicht belastbare Regression	statistisch nicht belastbare Regression	statistisch belastbare Regression
Linearer Zusammenhang zwischen x und y-Variable						
metrisch skalierte y-Variable						
Normalverteilung der Residuen (Shapiro-Wilk)	p-value < 2.2e-16	p-value = 0.5303	p-value = 0.9845	p-value = 0.0363	p-value < 2.2e-16	p-value = 0.4813
Homoskedastizität (Breusch-Pagan)	p-value = 1	p-value = 0.2006	p-value = 0.03141	p-value = 0.2302	p-value = 1	p-value = 0.1723
keine Autokorrelation	p-value = 1	p-value = 0.6427	p-value = 0.4026	p-value = 0.009037	p-value = 1	p-value = 0.8501
"Ausreißer"						
Nmin 0 - 90 cm	statistisch nicht belastbare Regression	statistisch belastbare Regression	statistisch nicht belastbare Regression	statistisch belastbare Regression	statistisch nicht belastbare Regression	statistisch belastbare Regression
Linearer Zusammenhang zwischen x und y-Variable						
metrisch skalierte y-Variable						
Normalverteilung der Residuen (Shapiro-Wilk)	p-value < 2.2e-16	p-value = 0.819	p-value = 0.9245	p-value = 0.7011	p-value < 2.2e-16	p-value = 0.5595
Homoskedastizität (Breusch-Pagan)	p-value = 1	p-value = 0.0674	p-value = 0.03315	p-value = 0.2375	p-value = 1	p-value = 0.3711
keine Autokorrelation	p-value = 1	p-value = 0.8302	p-value = 0.3841	p-value = 0.2671	p-value = 1	p-value = 0.7321
"Ausreißer"						
Mittelwert:	Bad Dürkheim	Frankenthal	Maikammer	Steinfeld (AB)	Steinfeld (WB)	Venningen (WB)
Bilanzen	statistisch belastbare Regression	statistisch belastbare Regression	statistisch belastbare Regression	statistisch nicht belastbare Regression	statistisch belastbare Regression	statistisch belastbare Regression
Linearer Zusammenhang zwischen x und y-Variable						
metrisch skalierte y-Variable						
Normalverteilung der Residuen (Shapiro-Wilk)	p-value = 0.584	p-value = 0.9417	p-value = 0.6212	p-value < 2.2e-16	p-value = 0.3716	p-value = 0.8062
Homoskedastizität (Breusch-Pagan)	p-value = 0.3542	p-value = 0.2764	p-value = 0.7557	p-value = 1	p-value = 0.2328	p-value = 0.08366
keine Autokorrelation	p-value = 0.7119	p-value = 0.09561	p-value = 0.4415	p-value = 1	p-value = 0.1664	p-value = 0.8679
"Ausreißer"						
Nmin 0 - 30 cm	statistisch nicht belastbare Regression	statistisch belastbare Regression	statistisch nicht belastbare Regression	statistisch belastbare Regression	statistisch nicht belastbare Regression	statistisch belastbare Regression
Linearer Zusammenhang zwischen x und y-Variable						
metrisch skalierte y-Variable						
Normalverteilung der Residuen (Shapiro-Wilk)	p-value < 2.2e-16	p-value = 0.9912	p-value = 0.474	p-value = 0.2218	p-value < 2.2e-16	p-value = 0.3766
Homoskedastizität (Breusch-Pagan)	p-value = 1	p-value = 0.2915	p-value = 0.01977	p-value = 0.2315	p-value = 1	p-value = 0.9574
keine Autokorrelation	p-value = 1	p-value = 0.9703	p-value = 0.7855	p-value = 0.1181	p-value = 1	p-value = 0.7755
"Ausreißer"						
Nmin 30 - 60 cm	statistisch nicht belastbare Regression	statistisch nicht belastbare Regression	statistisch belastbare Regression	statistisch belastbare Regression	statistisch nicht belastbare Regression	statistisch belastbare Regression
Linearer Zusammenhang zwischen x und y-Variable						
metrisch skalierte y-Variable						
Normalverteilung der Residuen (Shapiro-Wilk)	p-value < 2.2e-16	p-value = 0.02299	p-value = 0.6219	p-value = 0.5917	p-value < 2.2e-16	p-value = 0.8462
Homoskedastizität (Breusch-Pagan)	p-value = 1	p-value = 0.4973	p-value = 0.6217	p-value = 0.2355	p-value = 1	p-value = 0.0936
keine Autokorrelation	p-value = 1	p-value = 0.06402	p-value = 0.1519	p-value = 0.2309	p-value = 1	p-value = 0.4023
"Ausreißer"						
Nmin 60 - 90 cm	statistisch nicht belastbare Regression	statistisch belastbare Regression	statistisch belastbare Regression	statistisch nicht belastbare Regression	statistisch nicht belastbare Regression	statistisch belastbare Regression
Linearer Zusammenhang zwischen x und y-Variable						
metrisch skalierte y-Variable						
Normalverteilung der Residuen (Shapiro-Wilk)	p-value < 2.2e-16	p-value = 0.9882	p-value = 0.7672	p-value = 0.07235	p-value < 2.2e-16	p-value = 0.4957
Homoskedastizität (Breusch-Pagan)	p-value = 1	p-value = 0.07973	p-value = 0.2408	p-value = 0.2304	p-value = 1	p-value = 0.2342
keine Autokorrelation	p-value = 1	p-value = 0.4866	p-value = 0.08363	p-value = 0.04427	p-value = 1	p-value = 0.2025
"Ausreißer"						
Nmin 0 - 60 cm	statistisch nicht belastbare Regression	statistisch belastbare Regression	statistisch nicht belastbare Regression	statistisch belastbare Regression	statistisch nicht belastbare Regression	statistisch belastbare Regression
Linearer Zusammenhang zwischen x und y-Variable						
metrisch skalierte y-Variable						
Normalverteilung der Residuen (Shapiro-Wilk)	p-value < 2.2e-16	p-value = 0.4953	p-value = 0.9506	p-value = 0.808	p-value < 2.2e-16	p-value = 0.7888
Homoskedastizität (Breusch-Pagan)	p-value = 1	p-value = 0.1959	p-value = 0.02608	p-value = 0.2562	p-value = 1	p-value = 0.4824
keine Autokorrelation	p-value = 1	p-value = 0.6193	p-value = 0.3012	p-value = 0.4501	p-value = 1	p-value = 0.7647
"Ausreißer"						
Nmin 0 - 90 cm	statistisch nicht belastbare Regression	statistisch belastbare Regression	statistisch nicht belastbare Regression	statistisch belastbare Regression	statistisch nicht belastbare Regression	statistisch belastbare Regression
Linearer Zusammenhang zwischen x und y-Variable						
metrisch skalierte y-Variable						
Normalverteilung der Residuen (Shapiro-Wilk)	p-value < 2.2e-16	p-value = 0.8314	p-value = 0.8129	p-value = 0.7011	p-value < 2.2e-16	p-value = 0.3836
Homoskedastizität (Breusch-Pagan)	p-value = 1	p-value = 0.06812	p-value = 0.02879	p-value = 0.2375	p-value = 1	p-value = 0.5742
keine Autokorrelation	p-value = 1	p-value = 0.8208	p-value = 0.25	p-value = 0.2671	p-value = 1	p-value = 0.867
"Ausreißer"						

Anhang VI: erweiterte Abbildungen zu den Kooperationen

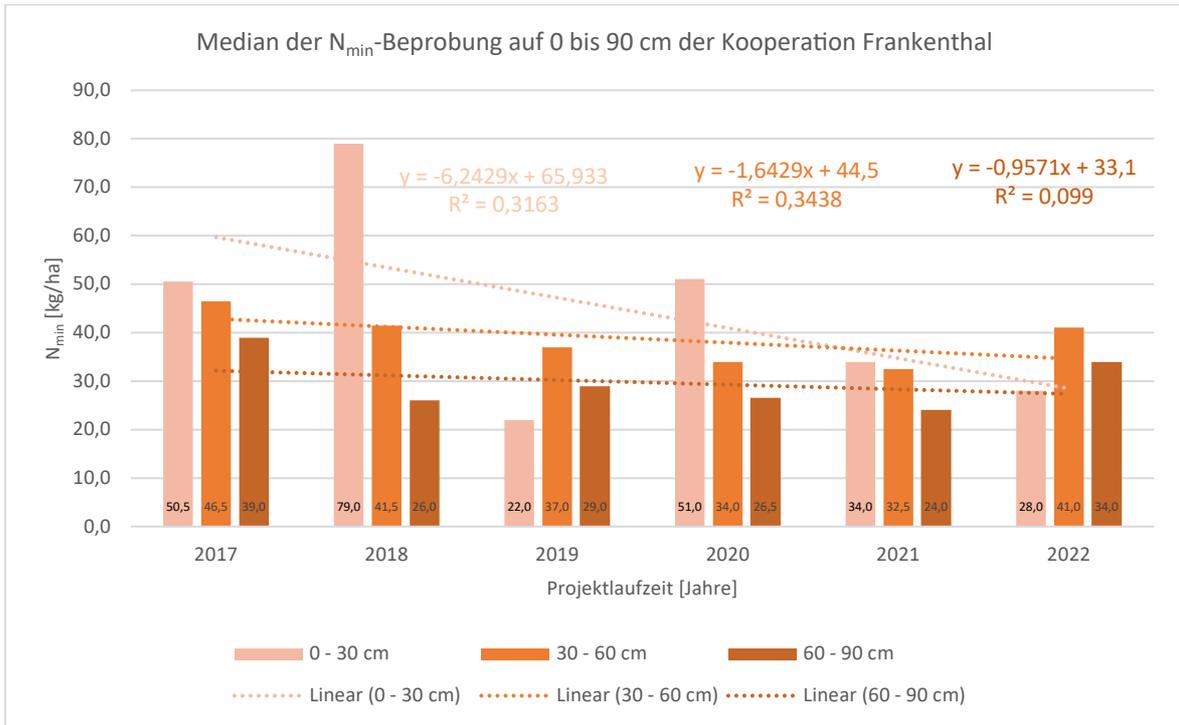
Bad Dürkheim:



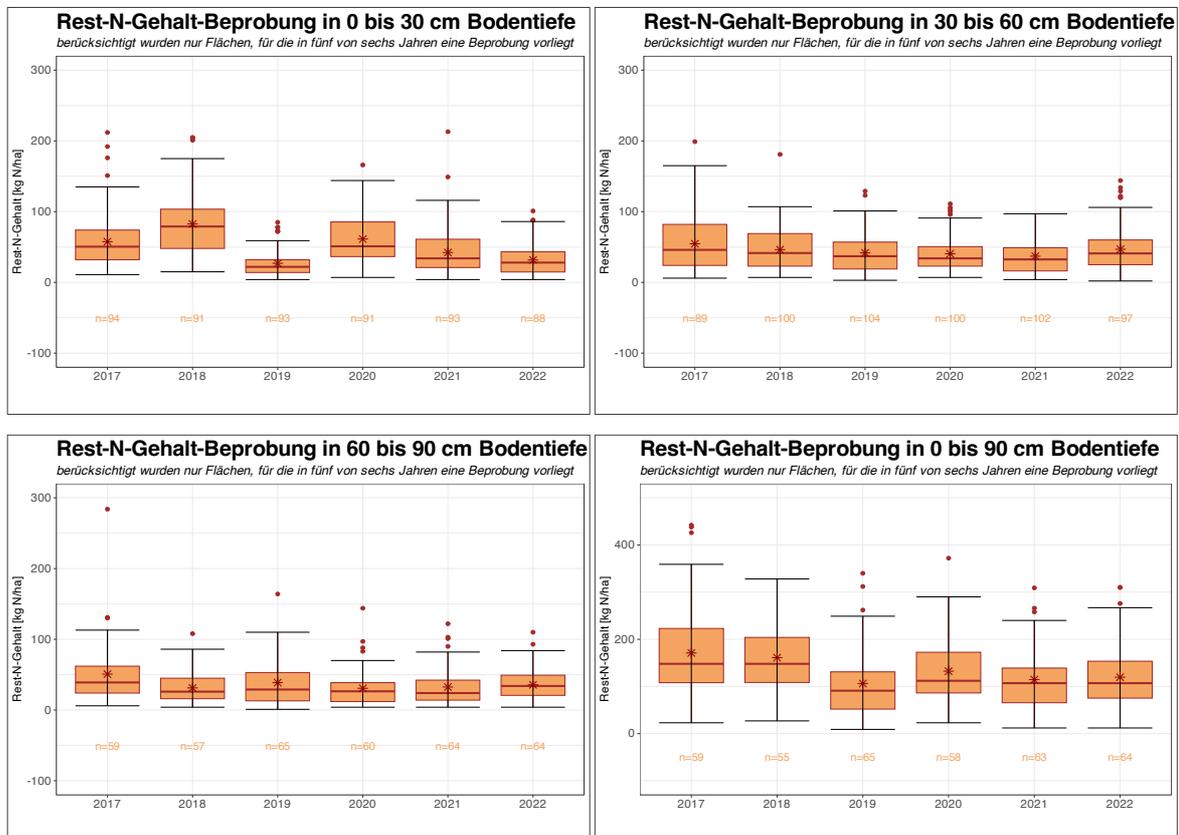
Messwerte der Herbst-N_{min}-Beprobungen in Bad Dürkheim:



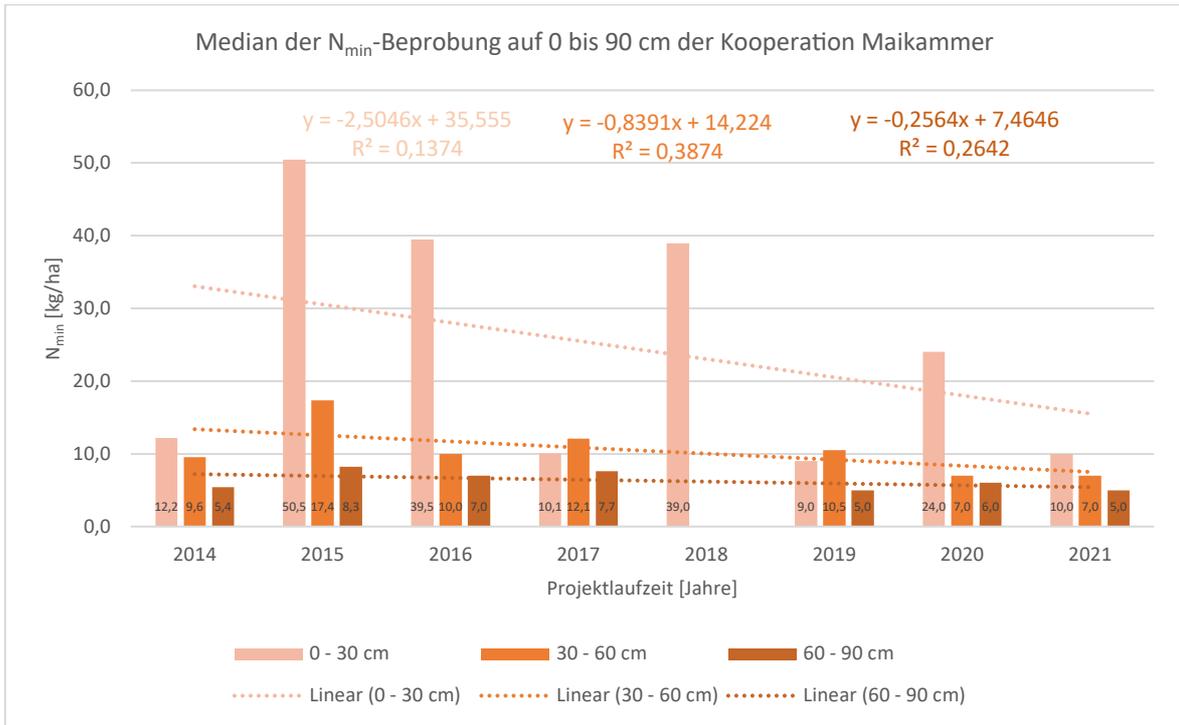
Frankenthal:



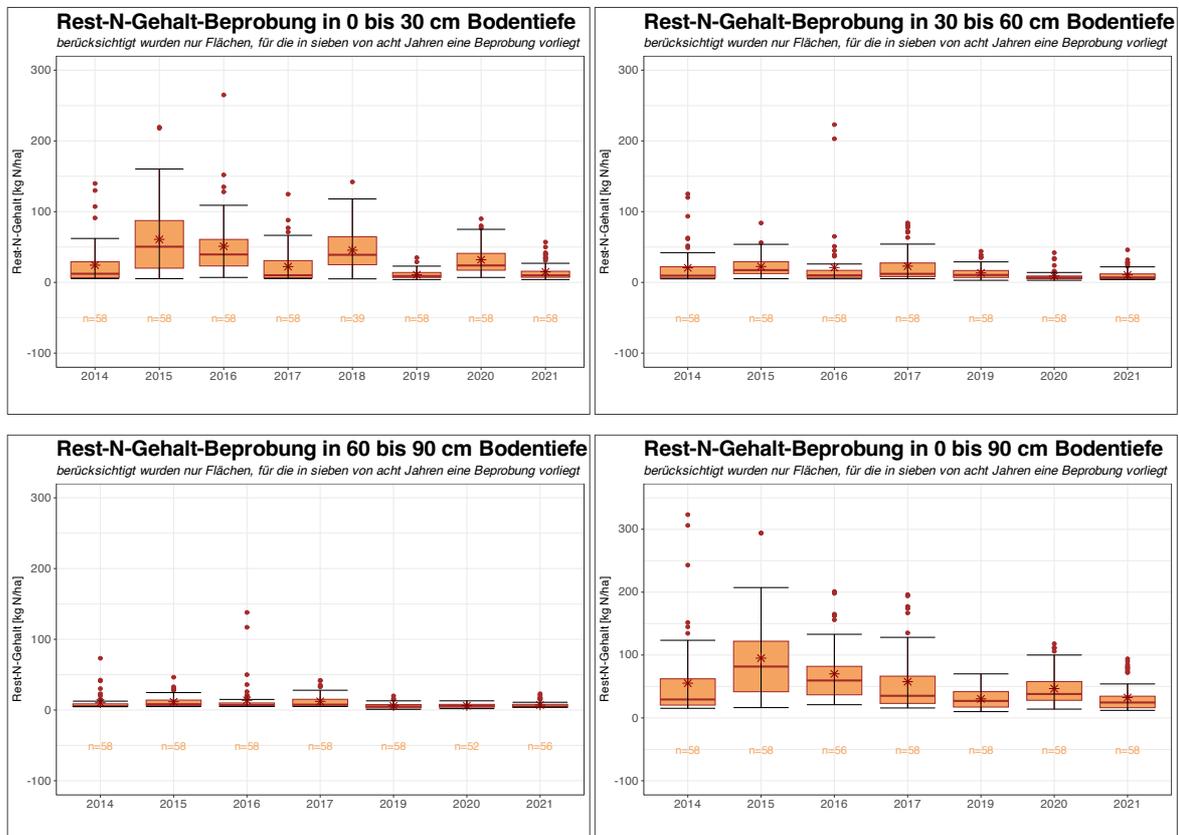
Messwerte der Herbst- N_{min} -Beprobungen in Frankenthal:



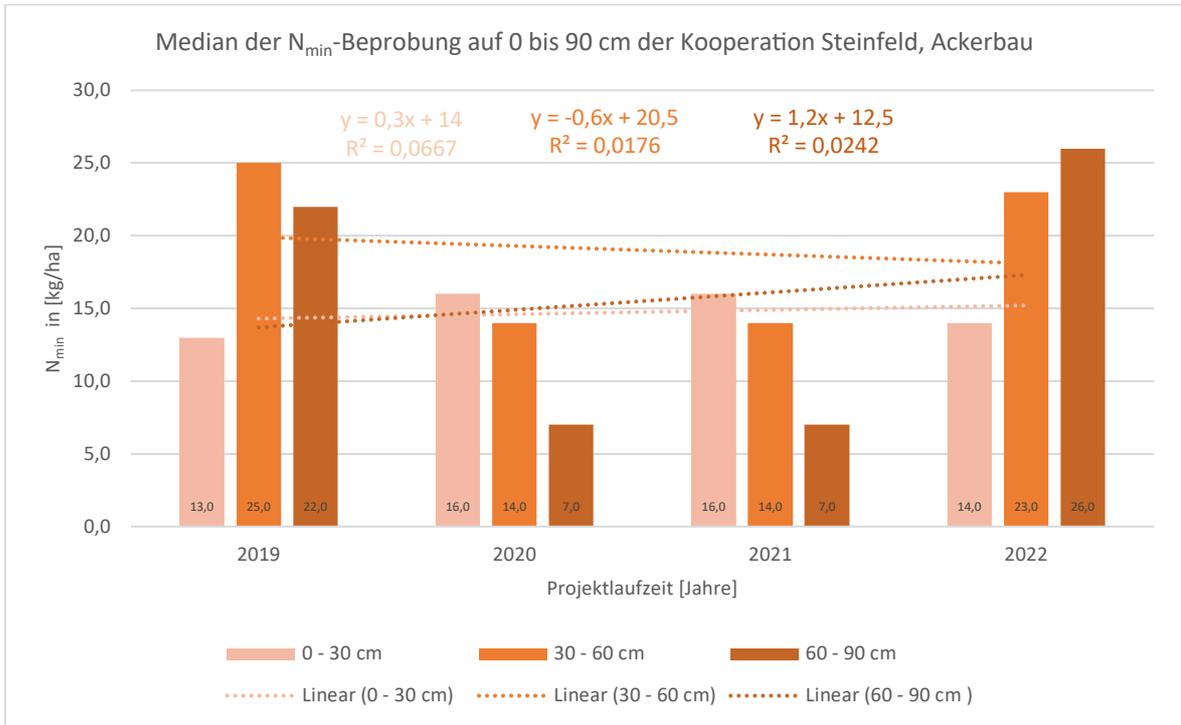
Maikammer:



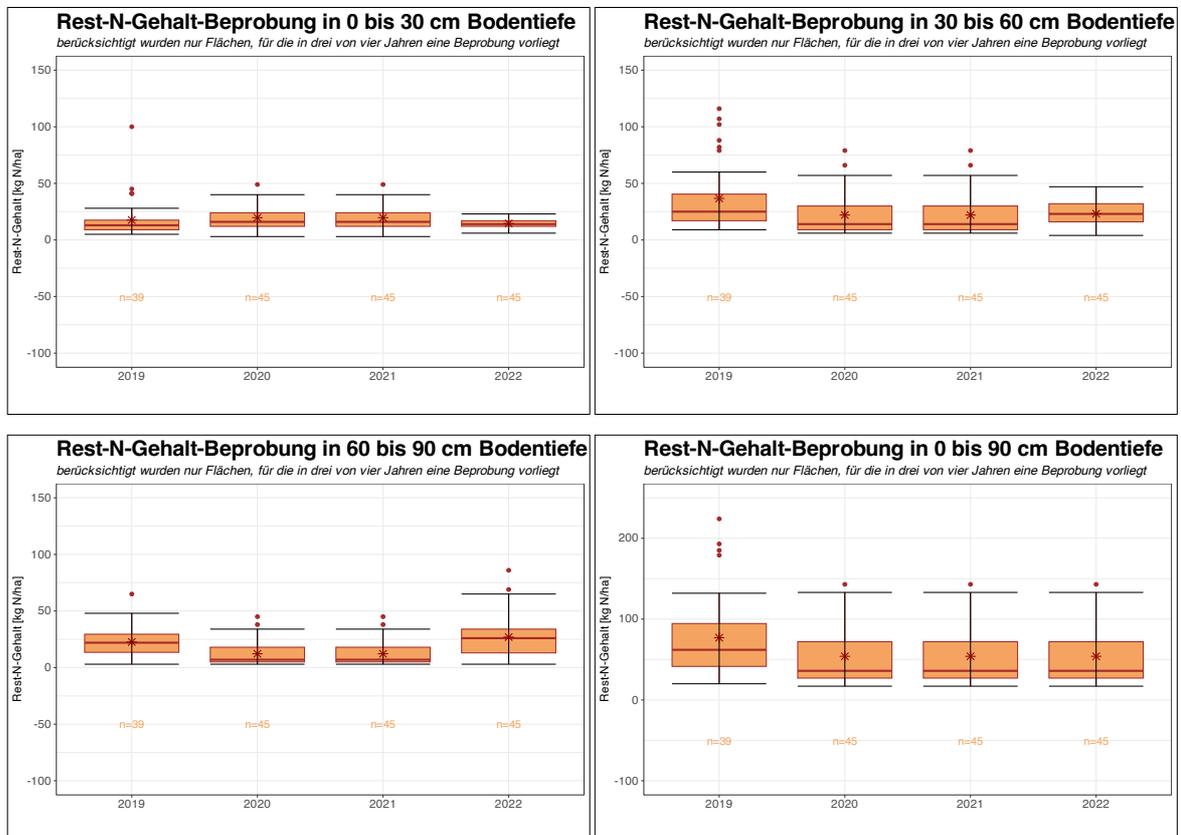
Messwerte der Herbst-N_{min}-Beprobungen in Maikammer:



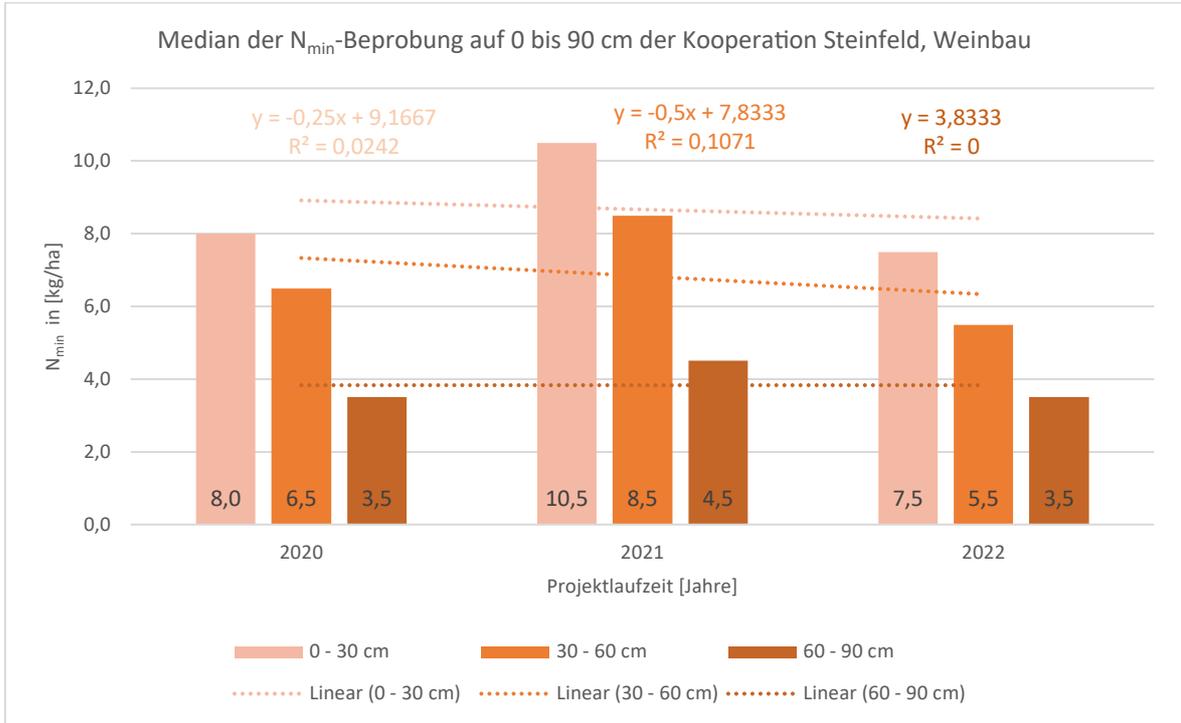
Steinfeld (Ackerbau):



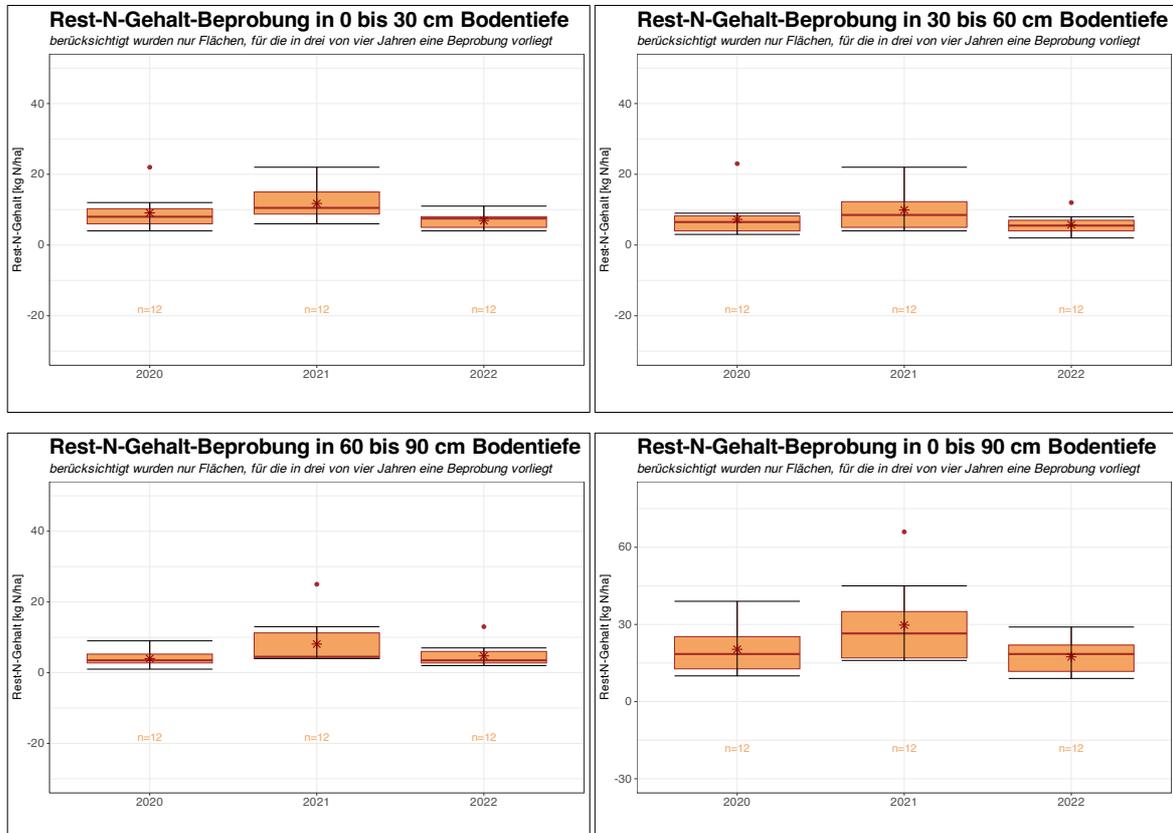
Messwerte der Herbst-N_{min}-Beprobungen in Steinfeld, Ackerbau:



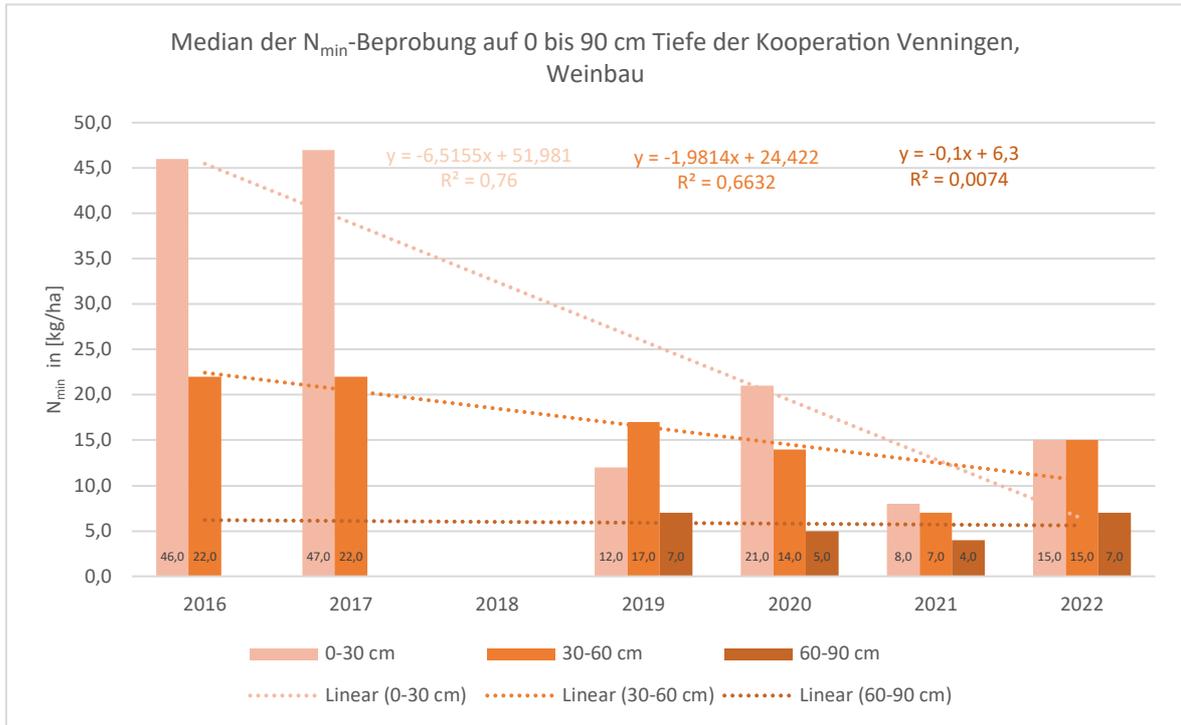
Steinfeld (Weinbau):



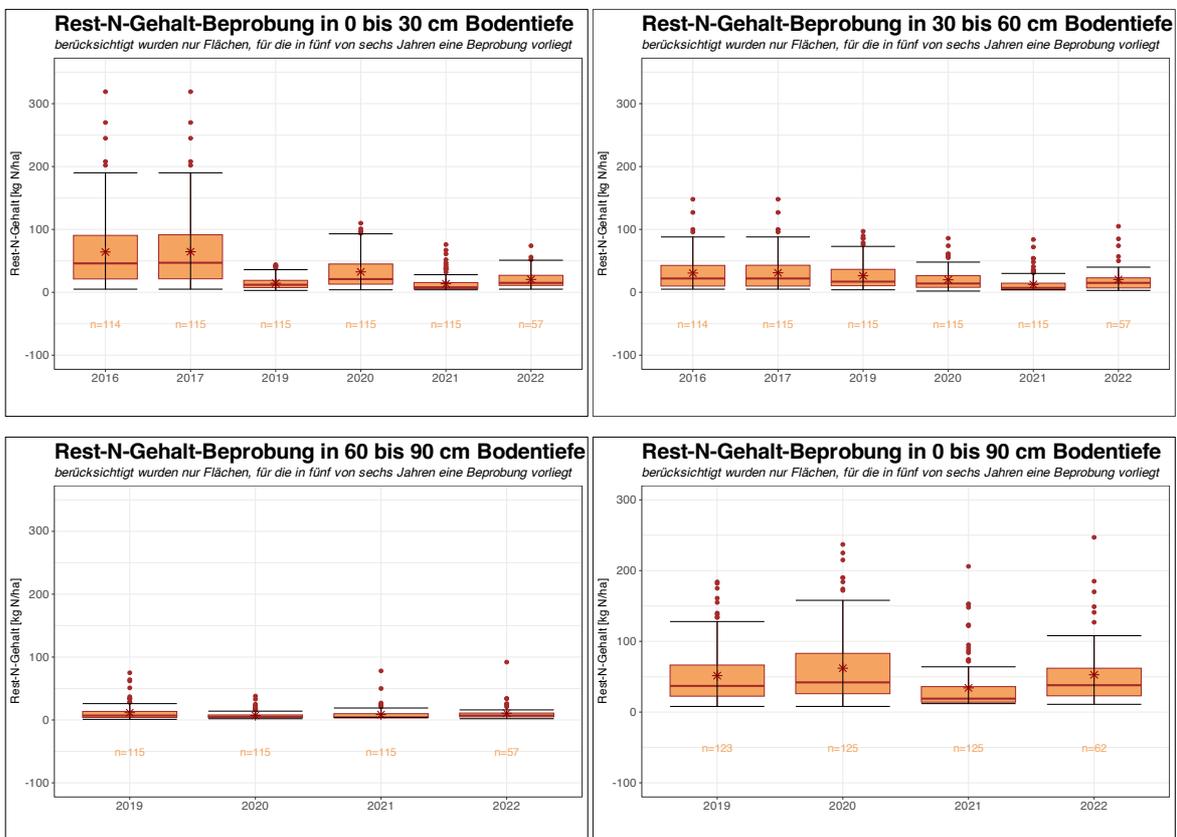
Messwerte der Herbst-N_{min}-Beprobungen in Steinfeld, Weinbau:



Venningen:



Messwerte der Herbst-N_{min}-Beprobungen in Venningen:



Anhang VII: Detaillierte Ergebnisse aus der Differenz des Herbst-N_{min}-Gehalts seit Beratungsbeginn bis zum letzten Berichtsjahr, Angaben in [kg N/ha]:

Auf einem Horizont von 0 bis 30 cm zeigen sich folgende Ergebnisse:

Jahr	Bad Dürkheim	Frankenthal	Maikammer	Steinfeld, Ackerbau	Steinfeld, Weinbau	Venningen, Weinbau
2014			12,2			
2015			50,5			
2016			39,5			46
2017		50,5	10,1			47,0
2018		79,0	39,0			
2019		22,0	9,0	13		12,0
2020	29,0	51,0	24,0	16,0	8,0	21,0
2021	12,5	34,0	10,0	16,0	10,5	8,0
2022	13,5	28,0		14,0	7,5	15,0
Rückgang/ Zunahme	-15,5	-22,5	-2,2	1,0	-0,5	-31,0

Auf einem Horizont von 30 bis 60 cm zeigen sich folgende Ergebnisse:

Jahr	Bad Dürkheim	Frankenthal	Maikammer	Steinfeld, Ackerbau	Steinfeld, Weinbau	Venningen, Weinbau
2014			9,6			
2015			17,4			
2016			10,0			22
2017		46,5	12,1			22,0
2018		41,5				
2019		37,0	10,5	25		17,0
2020	18,0	34,0	7,0	14,0	6,5	14,0
2021	12,0	32,5	7,0	14,0	8,5	7,0
2022	18,0	41,0		23,0	5,5	15,0
Rückgang/ Zunahme	0	-5,5	-2,6	-2,0	-1,0	-7,0

Auf einem Horizont von 60 bis 90 cm zeigen sich folgende Ergebnisse:

Jahr	Bad Dürkheim	Frankenthal	Maikammer	Steinfeld, Ackerbau	Steinfeld, Weinbau	Venningen, Weinbau
2014			5,4			
2015			8,3			
2016			7,0			
2017		39,0	7,7			
2018		26,0				
2019		29,0	5,0	22		7,0
2020	9,0	26,5	6,0	7,0	3,5	5,0
2021	8,0	24,0	5,0	7,0	4,5	4,0
2022	23,0	34,0		26,0	3,5	7,0
Rückgang/ Zunahme	14,0	-5,0	-0,4	4,0	0,0	0,0

Anhang VIII: Detaillierte Darstellung der flächenspezifischen Bilanz seit Beratungsbeginn bis zum letzten Berichtsjahr

Darstellung aller Bilanzen nach Kooperation und Jahr, Angaben in [kg N/ha]:

