

2. Zwischenbericht zur weinbaulichen Beratung der Kooperationsbetriebe



BERICHTSJAHR 2024

BERATUNG & BERICHTERSTELLUNG

Aleksandra Frank

E-Mail: aleksandra.frank@dlr.rlp.de

Festnetz: 06321 671-**258**

Mobil: 0172 - 5195448

Wasserschutzberatung RLP

DLR Rheinpfalz, Institut für Weinbau & Oenologie - Gruppe Weinbau
Breitenweg 71, 67435 Neustadt an der Weinstraße



Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	2
2 Situationsbeschreibung	3
2.1 Aktuelle Nitratgehalte in Brunnen und Grundwassermessstellen	3
2.2 Betriebe und Parzellen im Kooperationsprojekt.....	4
2.3 Klima und Witterung im Jahresverlauf 2024.....	5
3 Ergebnisse und Interpretation	8
3.1 Stickstoff-Düngempfehlungen 2024	8
3.2 Boden-Nitrat-Stickstoff-Gehalte im Spätherbst: „Herbst-N _{min} “ 2024.....	9
3.3 Bonitur der Bodenpflege zum Ende der Vegetationsphase 2024.....	13
3.4 Stickstoff-Bilanz 2024	16
4 Schlussfolgerungen und Ausblick	21



1 Einleitung

Die Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße haben im Jahr 2022 mit ortsansässigen Winzern, Fachbehörden (SGD SÜD, LWK, LfU, LGB) und der **Wasserschutzberatung** (WSB) des DLR Rheinpfalz ein Kooperationsprojekt zum Grundwasserschutz ins Leben gerufen.

Übergeordnetes Ziel ist es, das Grundwasser im Einzugsgebiet des Neustadter Ordenswaldes nachhaltig vor landwirtschaftlichen Einträgen zu schützen und gemeinsam Erkenntnisse zu gewinnen, inwiefern sich die aktuelle Landbewirtschaftung auf potentielle Nitrateinträge ins Grundwasser auswirkt. Vor dem Hintergrund des Kooperationsprojekts der Stadtwerke Neustadt an der Weinstraße gewinnt die rechtsverbindliche Umsetzung der Maßnahmen zum Nitrat- und Grundwasserschutz zunehmend an Bedeutung. So hat das Bundesverwaltungsgericht (BVerwG) mit Urteil vom 08. Oktober 2025 (Az. 10 C 1.25) die Bundesregierung verpflichtet, ein nationales Aktionsprogramm gemäß § 3a Abs. 1 Düngegesetz zu erstellen, welches die Vorgaben der Düngeverordnung übersteigt und wirksam den Eintrag von Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen in die Gewässer zu reduzieren hat. Ziel ist es, an allen Grundwassermessstellen den Grenzwert von 50 mg/l Nitrat dauerhaft einzuhalten, und damit den Schutz der Gewässer nachhaltig zu gewährleisten.

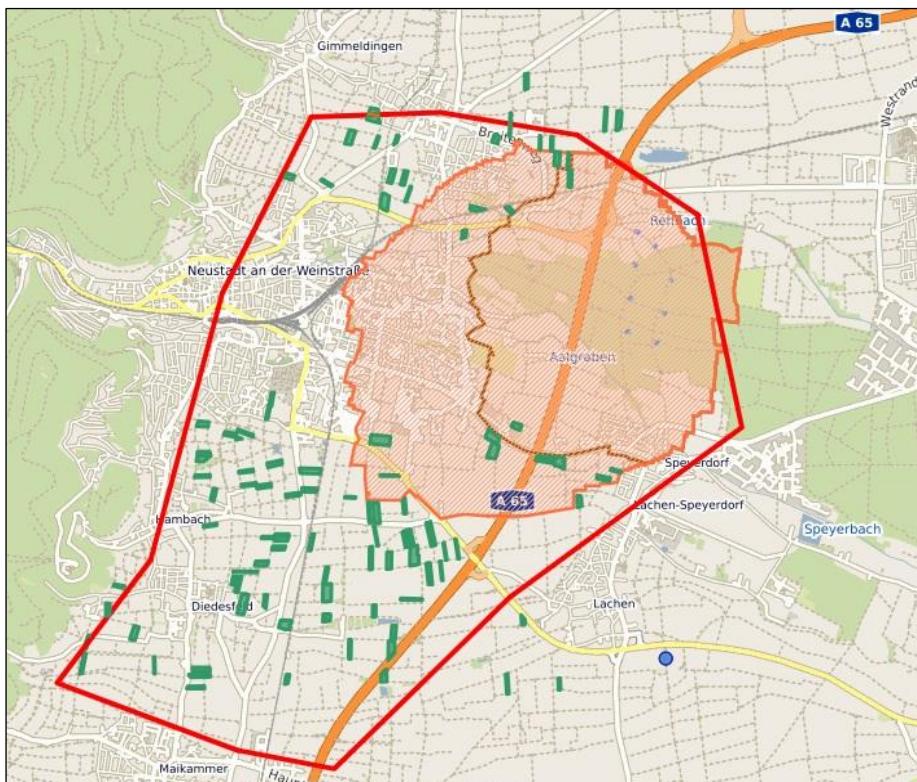


Abbildung 1: Kooperationsgebiet Neustadt an der Weinstraße (rote Umrundung), das Wasserschutzgebiet mit RVO Zone III A und B (schraffiert) sowie alle weinbaulichen Kooperationsflächen (grün) (Quelle: GDA Wasser 2025).



Das Kooperationsgebiet umfasst ca. 1.300 Hektar und erstreckt sich über die Gemarkungen Mußbach und Neustadt an der Weinstraße im Norden sowie Lachen-Speyerdorf und Diedesfeld im Süden. Große Teile der Fläche werden sowohl im Weinbau als auch im Ackerbau intensiv genutzt. Hydrogeologische Untersuchungen belegen, dass die Tiefbrunnen des Wasserschutzgebiets Ordenswalds durch unterirdische Grundwasserströme mit Wasser aus diesem Einzugsgebiet versorgt werden. Abbildung 1 (Seite 2) zeigt das Kooperationsgebiet rot umrissen. Die weinbaulichen Kooperationsflächen sind grün markiert, das Wasserschutzgebiet mit der Rechtsverordnung (RVO) der Zone III A und B sind als schraffiertes Gebiet dargestellt.

2 Situationsbeschreibung

2.1 Aktuelle Nitratgehalte in Brunnen und Grundwassermessstellen

Im Durchschnitt beträgt der Nitratgehalt des von den Stadtwerken Neustadt an der Weinstraße gelieferten Trinkwassers im Westen 6,6 mg/l und liegt in Neustadt Mitte unter 0,5 mg/l (Stand: 2024). Damit liegen die Nitratwerte des Trinkwassers deutlich unter dem von der Trinkwasserverordnung (TrinkwV) festgelegten Grenzwert von 50 mg/l.

Eine genauere Betrachtung des geförderten Grundwassers an den über das Einzugsgebiet verteilten Grundwassermessstellen zeigt jedoch ein sehr heterogenes Bild, wie in Abbildung 2 (Seite 4) dargestellt. Die Nitratwerte der Messstellen variieren zwischen unter 0,5 mg/l und 128 mg/l. Zwei Messstellen weisen Nitratwerte oberhalb des für Trinkwasser zulässigen Grenzwerts auf.

Der niedrigste Wert von unter 0,5 mg/l Nitrat lässt sich auf die ohne landwirtschaftliche Nutzung geprägte Lage der Messstelle im Ordenswald zurückführen. Alle weiteren Messstellen befinden sich zumindest teilweise in landwirtschaftlich genutzten Gebieten. Der Brunnen mit dem zweithöchsten Nitratwert (80,01 mg/l) liegt im direkten Umfeld von Industrie- und Siedlungsgebieten und ist Ackerbauschlägen zugeordnet. Die Messstelle mit dem höchsten Nitratgehalt von 128 mg/l befindet sich in einem durch Weinbau geprägten Gebiet. Es wird vermutet, dass in diesem Fall oberflächennahes Wasser mit erhöhter Nitratkonzentration dem Tiefbrunnen zufließt. Dieses stark nitrathaltige Grundwasser muss für die Trinkwassernutzung mit weniger belastetem Rohrwasser verschnitten werden.

Die Ergebnisse verdeutlichen die Komplexität der Thematik, da bereits innerhalb des hydrologisch relativ kleinräumigen Stadtgebietes die Nitratkonzentrationen eine sehr große Spannweite aufweisen.

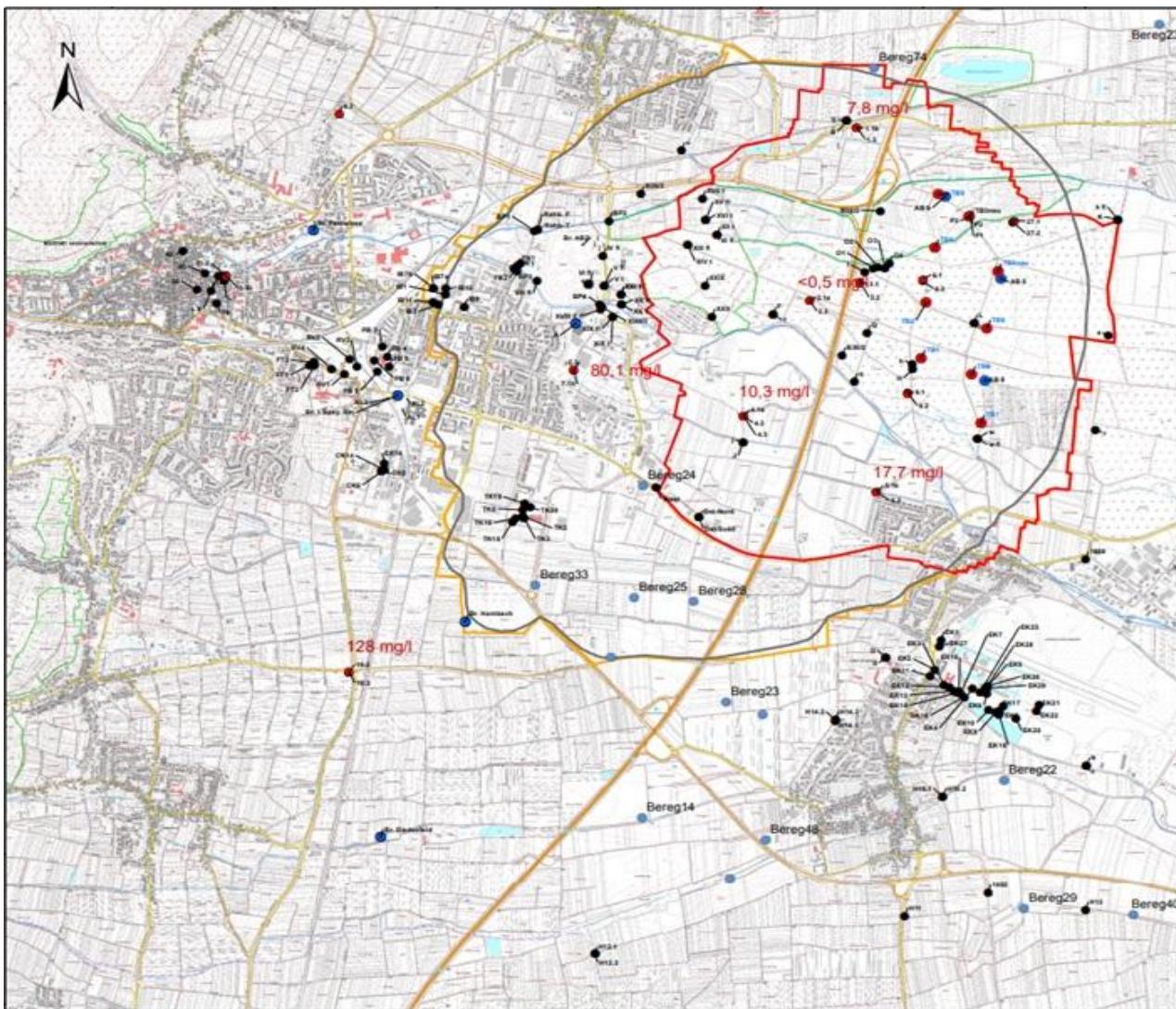


Abbildung 2: Übersicht der Grundwassermessstellen mit den entsprechenden Nitratwerten in mg/l für das Jahr 2024 (Quelle: In Anlehnung an Björnsen Beratende Ingenieure GmbH, 2019).

2.2 Betriebe und Parzellen im Kooperationsprojekt

Im Jahr 2024 nahmen 26 Weinbaubetriebe an der Zusammenarbeit teil. Sieben Betriebe haben ihren Sitz in Hambach, fünf in Diedesfeld, sechs in Lachen-Speyerdorf, fünf in Mußbach, einer in Gimmlingen, einer in Edenkoben und einer in Maikammer. Insgesamt bewirtschaften diese eine weinbaulich genutzte Kooperationsfläche von 58,8 Hektar, die sich auf 104 Einzelparzellen verteilt.

Der Großteil der Betriebe arbeitet nach einem integrierten Produktionssystem. Zwei Betriebe wirtschaften nach den Richtlinien des ökologischen Weinbaus, bei denen der Einsatz synthetisch hergestellter mineralischer Düngemittel ausgeschlossen ist.



Das aktualisierte kooperationsspezifische Projektkennblatt steht auf der Homepage der Wasserschutzberatung Rheinland-Pfalz zum Download bereit:

<https://www.wasserschutzberatung.rlp.de/Wasserschutz/Aktuelles/KooperationenzumGewaesserschutz>.

2.3 Klima und Witterung im Jahresverlauf 2024

Das Wachstum landwirtschaftlicher Kulturen und somit der Stickstoffkreislauf werden maßgeblich durch das Witterungsgeschehen während der Vegetationsperiode beeinflusst. Sämtliche bodenbiologischen Prozesse, die unter anderem die Freisetzung vorhandener Nährstoffe steuern, sind temperatur- und feuchtigkeitsabhängig. Organische und mineralische Düngemittel werden bei fehlender Bodenfeuchte nur eingeschränkt umgesetzt und somit den Pflanzen verzögert zur Verfügung gestellt. Die Mineralisation im Boden, das heißt die Umwandlung organisch gebundenen Stickstoffs in pflanzenverfügbare Formen wie Ammonium und Nitrat, erfolgt dann möglicherweise nicht mehr zur Hauptbedarfszeit der Kulturpflanze, in diesem Fall der Rebe, sondern später im Jahr, wodurch die Gefahr der Nitratauswaschung ins Grundwasser steigt.

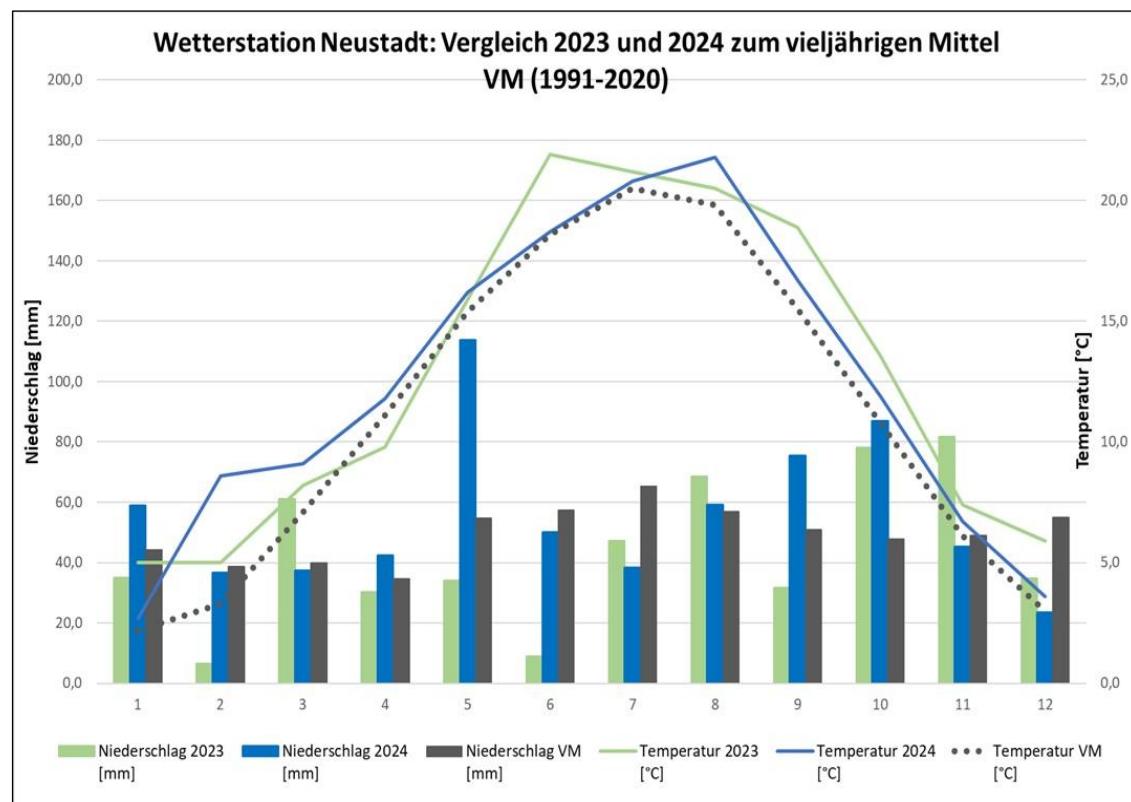


Abbildung 3: Monatsmittel der Niederschlagsmengen [mm] und Lufttemperaturen [°C] in 200 cm Höhe der Jahre 2024 und 2023 im Vergleich zum vieljährigen Mittel (VM) der Station Neustadt (Quellen: Agrarmeteorologie Rheinland-Pfalz und DWD 2025).



Bezogen auf die gebietsspezifische Jahressumme fielen in Neustadt 2024 insgesamt 668 mm Niederschlag, das sind 73 mm mehr als im vieljährigen Mittel. Prägend war insbesondere der sehr feuchte Mai mit 114 mm Niederschlag. Die ausreichende Bodenfeuchte führte zu einer kontinuierlichen Freisetzung von Nitrat, wodurch die Reben in ihrer Hauptbedarfszeit Mai bis Juli genügend Nitrat aufnehmen, Biomasse bilden und in den Holzkörper einlagern konnten. Gleichzeitig stellte die feuchtwarme Witterung 2024 eine große Herausforderung für die Betriebe dar, da sie zu einem erhöhten Befallsdruck mit Echtem und Falschem Mehltau führte.

Bei Betrachtung der klimatischen Veränderungen in der Vorderpfalz in Abbildung 4 wird anhand der ab den 1990iger Jahren eng aufeinanderfolgenden zu warmen Jahresmitteltemperaturen sehr deutlich, dass zukünftig mit einer Verstärkung der Mineralisationsrate aufgrund steigender Temperaturen zu rechnen ist. Im Beobachtungszeitraum von 1995 bis 2024 ist die mittlere Jahrestemperatur um +1,8 °C gegenüber dem Referenzzeitraum 1881 bis 1910 gestiegen.

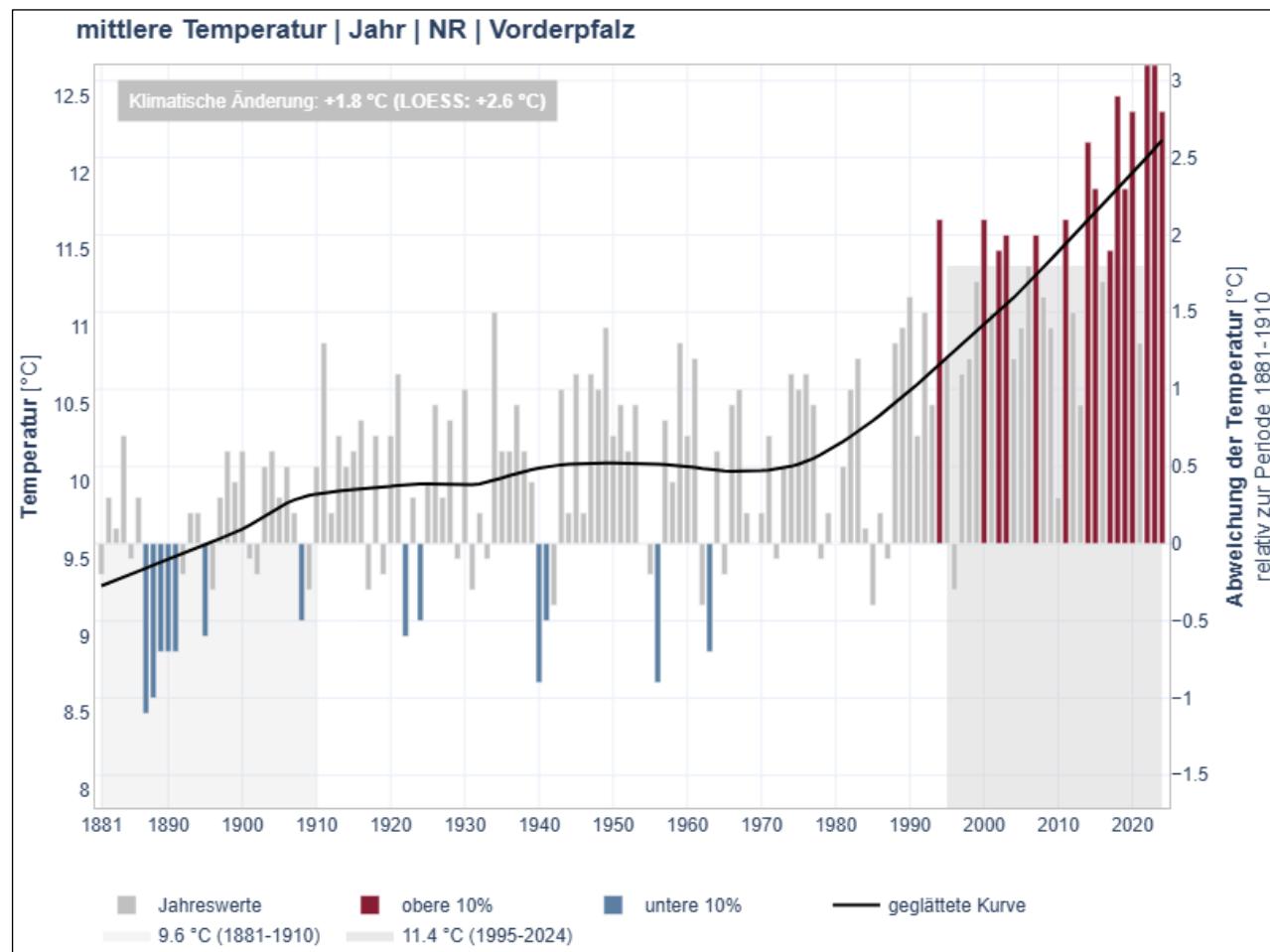


Abbildung 4: Entwicklung der Abweichung der mittleren Jahrestemperatur in der Region Vorderpfalz von 1881 bis 2024, bezogen auf 1881 bis 1910. Gezeigt sind die geglättete Kurve der Jahresabweichungen nach

LOESS sowie die farblich markierten unteren (blau) und oberen (rot) 10 % der Jahresmittelwerte (Quelle: Kompetenzzentrum für Klimawandelfolgen Rheinland-Pfalz).

Auch eine Zunahme der Niederschläge in der Sickerwasserperiode ist zukünftig zu erwarten. Abbildung 5 zeigt die Veränderung der Niederschläge der Wetterstation Neustadt in den Wintermonaten Dezember, Januar und Februar im Beobachtungszeitraum 1882 bis 2025. Die Winterniederschläge sind von 1996 bis 2025 um 31 mm im Vergleich zur Referenzperiode 1882 bis 1911 gestiegen. Die steigenden Temperaturen gepaart mit erhöhtem Bodenfeuchteaufkommen verstärken die Nitratauswaschungsgefahr im Boden zusätzlich.

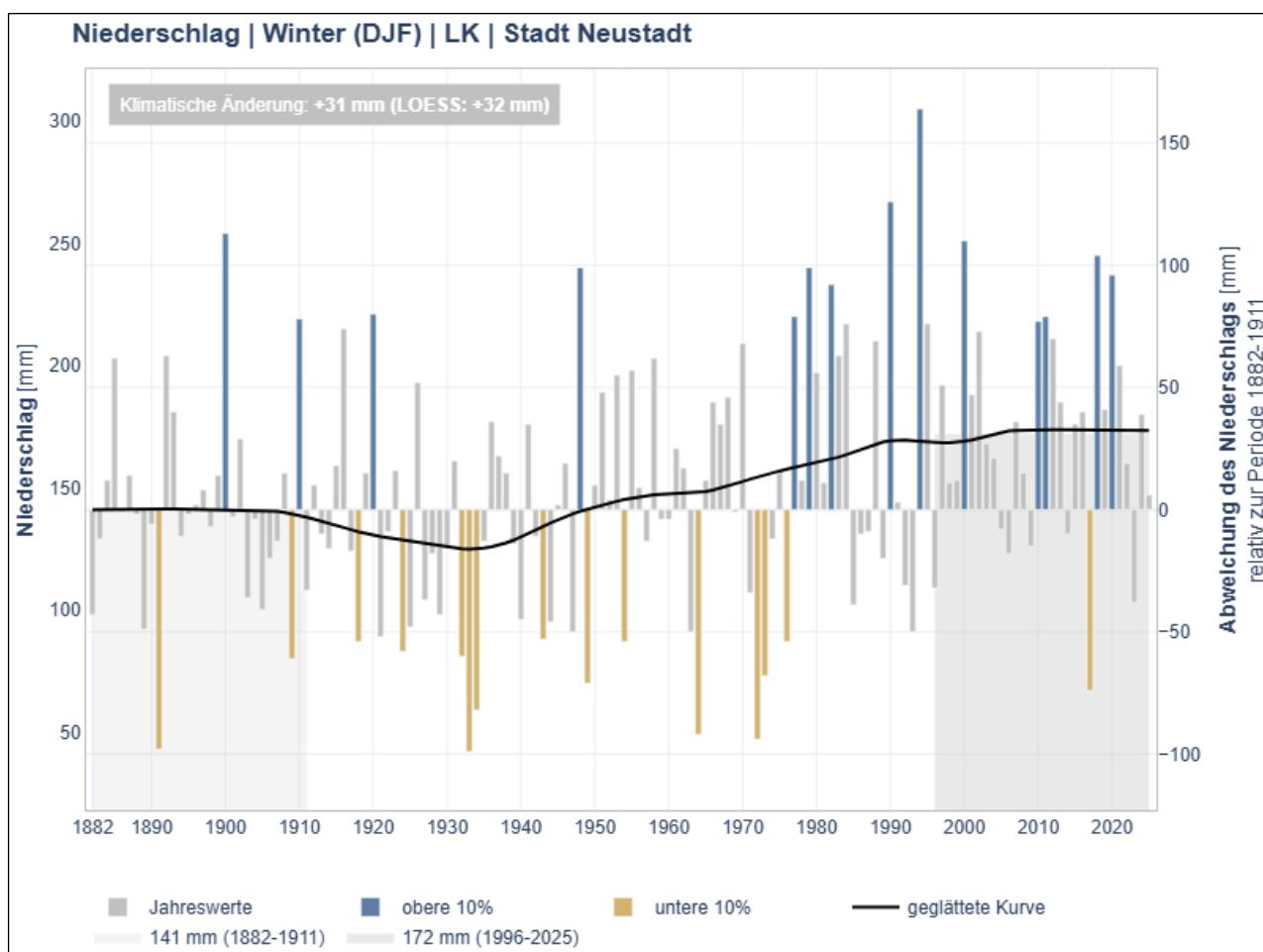


Abbildung 5: Klimatische Änderung des mittleren Winterniederschlags der Monate Dezember, Januar und Februar der Wetterstation Neustadt im Zeitraum 1882 bis 2025. Zu erkennen sind die geglättete Kurve der Jahresabweichungen nach LOESS sowie die farblich markierten unteren (gelb) und oberen (blau) 10 % der Werte (Quelle: Kompetenzzentrum für Klimawandelfolgen Rheinland-Pfalz).

3 Ergebnisse und Interpretation

3.1 Stickstoff-Düingeempfehlungen 2024

Die Ermittlung des Stickstoff-Düngungsbedarfs erfolgt für jede Fläche nach dem weinbauspezifischen N-Schätzrahmen, welcher für den Weinbau bundesweite Gültigkeit besitzt und die Anforderungen der aktuellen Gesetzgebung (Düngerverordnung (DÜV) 2020) umsetzt. Basis dafür sind die betrieblichen Angaben zur geplanten Bewirtschaftung sowie des im Rahmen der Grundnährstoffanalyse erhobenen bodenartspezifischen Humusgehaltes. Je nach angestrebtem Ertragsniveau, Wüchsigkeit der Reben und dem etablierten Bodenpflegesystem ergeben sich durch Zu- und Abschläge zum Basisdüngungsbedarf von 40 kg N/ha, ein N-Düngungsbedarf und damit die nachzuführende N-Düngemenge.

Prozentuale Verteilung der N-Düingeempfehlung nach
Stickstoffmenge für 2024

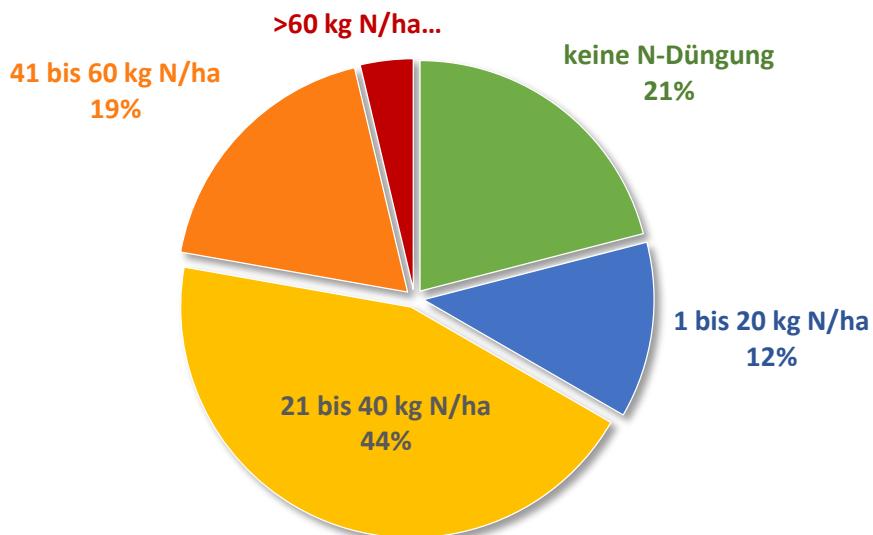


Abbildung 6: Prozentuale Verteilung der Stickstoff-Düngemenge [kg N/ha] in der N-Düingeempfehlung 2024 [n=81].

Wie das Kreisdiagramm in Abbildung 6 zeigt, bestand bei 21 Prozent der Kooperationsflächen (n = 17) im Jahr 2024 kein N-Düngungsbedarf. In diese Kategorie fallen beispielsweise neu gepflanzte Weinberge oder Anlagen in den ersten Standjahren, die durch Nitratschübe aus der früheren Pflanzfeldvorbereitung ausreichend mit Stickstoff versorgt sind. Dies trifft auf acht Kooperationsflächen zu. Zwei Anlagen wiesen einem erhöhten Humusgehalt der Versorgungsstufe E auf und sind ohne



N-Düngempfehlung gelistet. In diesen Anlagen wird durch Bodenbearbeitung und dadurch verstärkte mikrobielle Zersetzung des Humus die Boden-Stickstoff-Versorgung sichergestellt. Gleiches gilt für vier Anlagen mit durchgeführtem Umbruch einer Dauerbegrünung. Bei drei Anlagen wurde aufgrund starker Wuchsigkeit empfohlen, auf eine Düngung zu verzichten.

Zehn Kooperationsflächen (12 Prozent) erhielten 2024 eine Stickstoff-Düngempfehlung von bis zu 20 kg N/ha. 36 Flächen (44 Prozent) liegen im Bereich von 20 bis 40 kg N/ha. Auf 19 Prozent der Flächen durften Stickstoff-Mengen zwischen 41 und 60 kg N/ha ausgebracht werden. Bei drei Flächen (4 Prozent) wurde eine hohe N-Düngemenge von 70 kg N/ha empfohlen, da bei der vorangegangenen Bonitur eine sehr schwache Rebenwuchsigkeit mit N-Mangelsymptomen wie hellgelben Blättern, dünnen Trieben und sehr geringem Ertrag festgestellt wurde und damit eine schlechte Reservestoffeinlagerung vorlag.

Die mittlere Stickstoff-Düngempfehlung 2024 über alle Kooperationsflächen lag bei 28 kg N/ha und entspricht damit dem regionaltypischen Durchschnitt der ausgebrachten Stickstoff-Mengen.

3.2 Boden-Nitrat-Stickstoff-Gehalte im Spätherbst: „Herbst-N_{min}“ 2024

Im Rahmen der Wasserschutzkooperation wurde im November 2024 in jeder Kooperationsfläche der sogenannte „Herbst-N_{min}-Wert“ ermittelt. Dabei wurde in jeder Fläche eine Mischprobe aus neun Einzelproben gezogen. Drei davon stammen aus dauerbegrünten Gassen, drei aus über den Sommer offenen Gassen, die ab Herbst teilzeitbegrünt waren, und drei aus dem Unterstockbereich. Die Proben wurden jeweils in den Bodenschichten von 0 bis 30 cm, 30 bis 60 cm sowie 60 bis 90 cm separat entnommen und analysiert.

Der im Labor bestimmte Herbst-N_{min}-Wert beschreibt den Gehalt an pflanzenverfügbarem, mineralisiertem Stickstoff, konkret Nitrat-Stickstoff, in der Wurzelzone von 0 bis 90 cm Tiefe. Idealerweise ist dieser Wert möglichst gering. Zu diesem Zeitpunkt sollten Reben und Begrünungspflanzen die Boden-Nitratvorräte durch ihr Wachstum größtenteils verbraucht haben. Höhere Nitratkonzentrationen im Boden sind kritisch, da das leicht wasserlösliche Nitrat mit winterlichen Niederschlägen schnell in tiefere Bodenschichten und letztlich ins Grundwasser gelangen kann.

Der Herbst-N_{min}-Wert wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst. Dazu zählen Witterung, Standortbedingungen, Bodenpflege, Düngung und die vorhandene Standortflora. Dadurch ist die Auswertung und Interpretation der Werte sehr komplex. Langfristige Datenreihen ermöglichen es jedoch, Trends zu erkennen und den Einfluss außergewöhnlicher Witterungsjahre besser zu verstehen.

Die Probenahme erfolgte zwischen dem 5. und 25. November 2024 durch die Firma BOLAP aus Speyer. Der Zeitpunkt lag organisatorisch relativ spät, da normalerweise in diesem Zeitraum stärkere Winterniederschläge auftreten können, die zu intensiver Sickerwasserbildung führen kann. Dieses Phänomen trat im Jahr 2024 nur in begrenztem Umfang auf, wie Abbildung 3 auf Seite 5



zeigt. Aufgrund des Klimawandels ist in Zukunft jedoch mit einer Zunahme solcher Sickerwasserperioden zu rechnen (siehe Abbildung 5, Seite 7). Deshalb wurde die aktuelle Probenahme 2025 auf Oktober vorverlegt, um die Bodenverhältnisse am Ende der Vegetationsphase noch genauer abzubilden.

Ein erhöhtes Auswaschungsrisiko bestand im November 2024 wegen der moderaten Regenmengen nicht. Daher befand sich der Großteil des im Jahr 2024 umgesetzten Nitrates noch in den oberen Bodenschichten von 0 bis 60 cm. Unter Berücksichtigung der Ergebnisse aus den Vorjahren mit ähnlichen Wertentwicklungen ist davon auszugehen, dass die Beratungsempfehlungen umgesetzt wurden und der Einfluss der späten Probenahme vernachlässigbar ist.

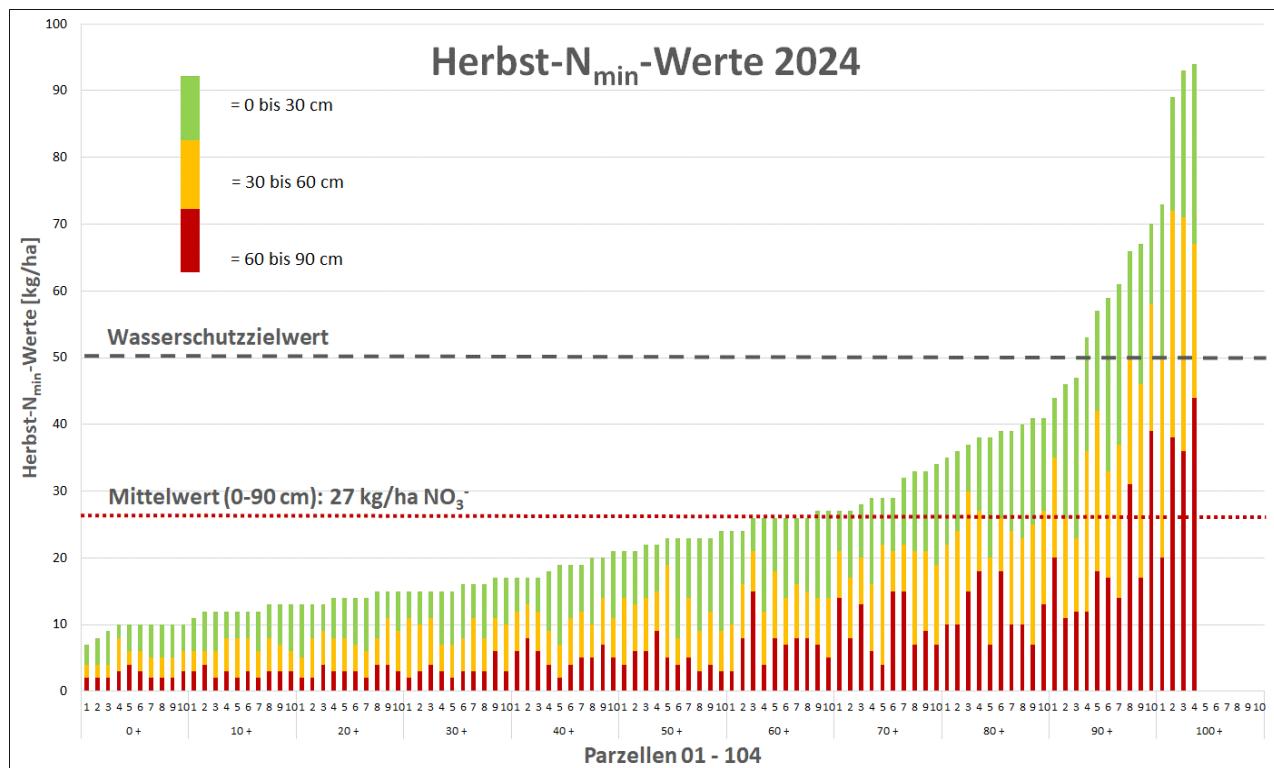


Abbildung 7: Herbst-N_{min}-Werte sämtlicher Parzellen [n = 104] im Kooperationsgebiet nach ansteigendem Gehalt für das Jahr 2024. Die drei Bodenhorizonte sind in grün [0 – 30 cm], gelb [30 – 60 cm] und rot [60 – 90 cm] dargestellt.

Das Balkendiagramm der Abbildung 7 zeigt die Nitratgehalte [kg/ha] sämtlicher Kooperationsparzellen, aufgeteilt auf die drei Bodenhorizonte 0 bis 30 cm, 30 bis 60 cm sowie 60 bis 90 cm für das Jahr 2024, sortiert nach steigendem Gesamt-Nitratgehalt. Die Ampelfarben rot, gelb und grün in den Balken veranschaulichen die Bewertung der Werte. Die Nitratmengen in der obersten Bodenschicht von 0 bis 30 cm können in der Regel von den Pflanzen aufgenommen werden, wodurch das Auswaschungspotenzial gering ist. Diese Werte werden mit grünen Balkensegmenten dargestellt.



Im darunterliegenden Horizont von 30 bis 60 cm nehmen Wurzeltiefen und -dichten ab, die Nitrataufnahme ist dort eingeschränkter, weshalb die Auswaschungsgefahr steigt. Diese Werte sind als orange Balkenteile eingefärbt. Im tiefsten Horizont von 60 bis 90 cm steigt das Auswaschungsrisiko erheblich, da die Wurzeln der meisten Begrünungspflanzen nicht mehr so tief reichen. Diese Werte werden deshalb als rote Balkenabschnitte dargestellt.

Um das Risiko der Nitratauswaschung möglichst gering zu halten, sind Werte unter 50 kg Nitrat-Stickstoff pro Hektar anzustreben. Dieser Wert ist als „Wasserschutz-Zielwert“ in Abbildung 7 (Seite 10) markiert. Er basiert auf der Annahme, dass bei durchschnittlichen Standort- und Wetterbedingungen sowie Nitratkonzentrationen unterhalb dieses Werts die Nitratbelastung im Sickerwasser den gesetzlichen Grenzwert von 50 mg/l Nitrat in der Trinkwasserverordnung nicht überschreitet.

Die Ergebnisse von 2024 liegen mit einem Durchschnitt von 27 kg Nitrat-Stickstoff pro Hektar über alle Bodenhorizonte deutlich unterhalb des Wasserschutz-Zielwertes. Die Fläche mit dem höchsten Wert von insgesamt 94 kg Nitrat-Stickstoff pro Hektar weist eine nicht etablierte Teilzeitbegrünung der über Sommer offengehaltenen Gassen auf. Der bewirtschaftende Betrieb gehört zu den neu in die Kooperation aufgenommenen Weingütern und benötigt daher weitere Beratungsmaßnahmen zur Etablierung einer Herbst-Winterbegrünung, um die Nitratauswaschungsgefährdung zu reduzieren.

Auch andere Flächen mit Nitratwerten über 50 kg pro Hektar wiesen eine unzureichende Bodendeckung der Herbst-Winter-Begrünung auf. Auf diesen Flächen wurde keine oder nur eine moderate Erhaltungsdüngung von maximal 40 kg Stickstoff pro Hektar durchgeführt. Gleichzeitig wurden Erträge von 6 bis 20 Tonnen pro Hektar erzielt. Die Flächen wiesen im Vorjahr Werte unter 40 kg Nitrat-Stickstoff pro Hektar auf, was auf eine witterungsbedingte Verlagerung der einzelnen Bewirtschaftungsmaßnahmen zurückzuführen ist. Die Monate September und Oktober 2024 waren durch starke Regenereignisse mit insgesamt über 80 Litern pro Quadratmeter geprägt (siehe Abbildung 3, Seite 5). Dies erschwert den Bewirtschaftern den optimalen Zeitpunkt für die Saatbettvorbereitung und Aussaat zu finden. In Folge dessen war das Auflaufen der Herbst-Winter-Begrünung nicht in allen Parzellen optimal, bezogen auf die Durchwurzelung des Unterbodens und den Deckungsgrad des Oberbodens.

Beim Vergleich des Betriebsdurchschnittes der Nitratwerte [kg/ha] aller Kooperationsweingüter der Abbildung 8 (Seite 12) wird deutlich, dass bis auf einen Betrieb alle den Wasserschutz-Zielwert erreicht haben. Von einem Betrieb wurde der Zielwert um lediglich 4 kg/ha Nitrat-Stickstoff überschritten. Dieser Betrieb wies im Vorjahr einen Durchschnittswert von 23 kg/ha Nitrat-Stickstoff auf. Auch hier sind die erhöhten Werte auf die witterungsbedingt erschwerte Bodenvorbereitung vor der Sickerwasserperiode zurückzuführen und dem damit einhergehendem unzureichenden Deckungsgrad der Herbst-Winter-Begrünung und somit verringelter Kapazität zur Aufnahme überschüssiger Nährstoffe vor dem Auftreten der Sickerwasserperiode.

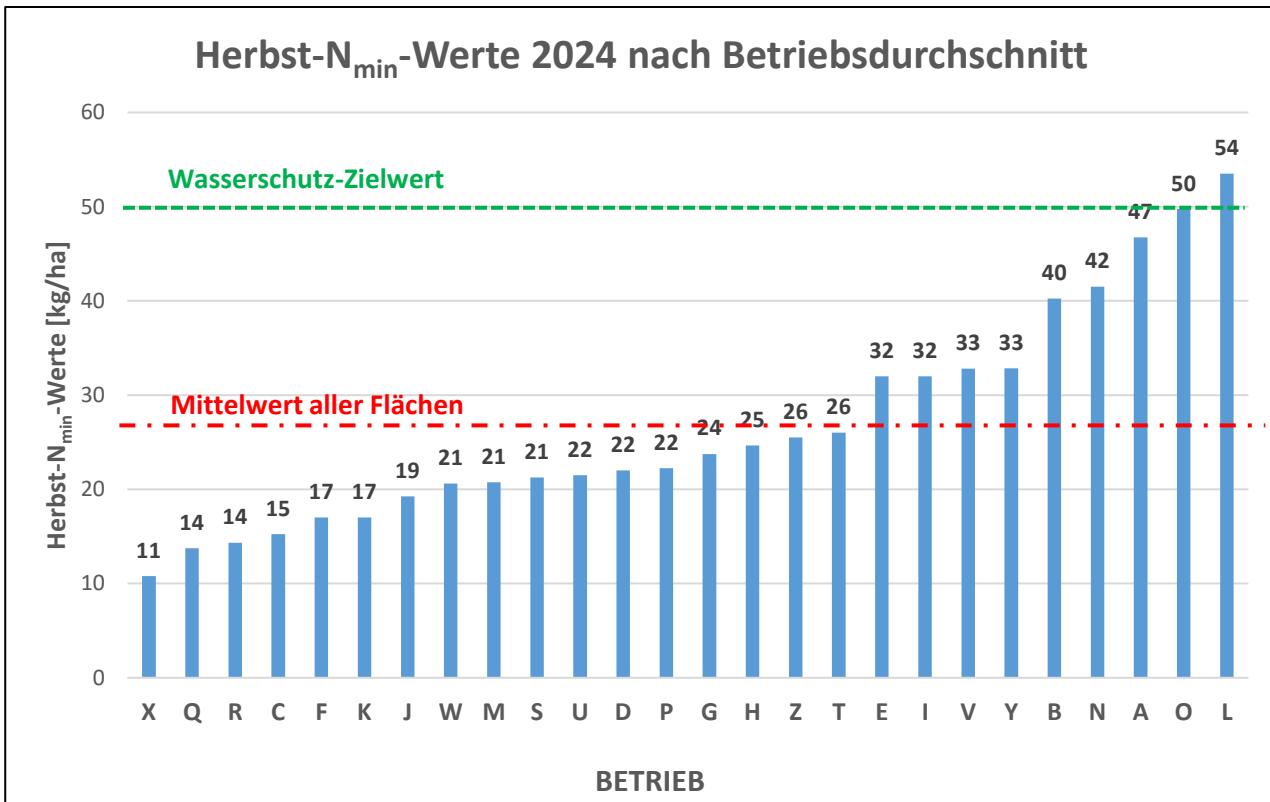


Abbildung 8: Betriebsdurchschnitt des Herbst-N_{min}-Wertes in kg/ha aller Betriebe der Kooperation für das Jahr 2024 und die Bodentiefe 0 bis 90 cm.

Um die Wirksamkeit der umgesetzten Maßnahmen der Wasserschutzberatung aufzuzeigen werden im Balkendiagramm auf Seite 13 (Abbildung 9) die Jahresmittel der Herbst-N_{min}-Werte als Summe, sowie aufgeschlüsselt auf die drei Bodenhorizonte, über die gesamte Laufzeit der Kooperation aufgezeigt.

Die Verteilung der Nitratgehalte auf die drei Bodenhorizonte zeigt im Regelfall (regionale, typische Niederschlagsverteilung) folgende Verteilung: Ungefähr die Hälfte des Nitrates befindet sich im 0 bis 30 cm Bodenhorizont, ein Drittel im 30 bis 60 cm Horizont und mit deutlichem Abstand die geringsten Nitratgehalte werden im 60 bis 90 cm Bodenhorizont gemessen. Zum ersten Mal seit Beginn der Kooperation im Jahr 2022 lässt sich eine Verteilung beobachten, die diesem Idealzustand nahekommt.

Zum Beginn der Zusammenarbeit 2022 lag der Mittelwert über alle Bodenhorizonte bei 56 kg Nitrat-Stickstoff pro Hektar. In den Folgejahren 2023 und 2024 reduzierte sich der Mittelwert auf 29 kg beziehungsweise 27 kg pro Hektar. Der Wert von 2024 liegt deutlich unter dem Wasserschutz-Ziel-

wert und wird als sehr gut bewertet. Besonders die Reduzierung des Nitratgehalts in der auswassungsgefährdetsten tiefsten Schicht belegt die Wirksamkeit der Maßnahmen aus der Wasserschutzberatung.

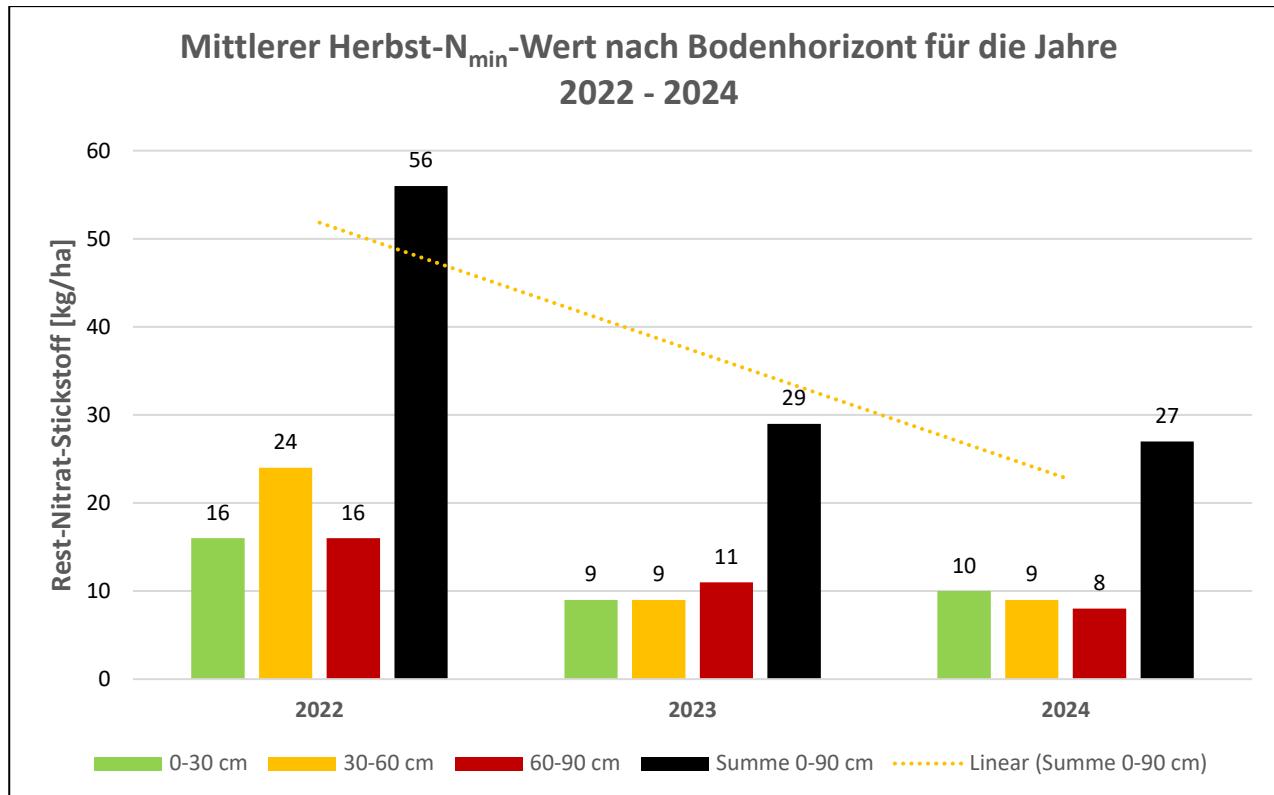


Abbildung 9: Mittlerer Herbst-N_{min}-Wert der Kooperationsflächen als Summe (schwarz), nach Bodenhorizont (grün für 0 – 30 cm, gelb für 30 – 60 cm und rot für 60 – 90 cm) und als lineare Trendlinie (gepunktet) für die Jahre 2022 bis 2024.

3.3 Bonitur der Bodenpflege zum Ende der Vegetationsphase 2024

Das in einer Region übliche Bodenpflegesystem orientiert sich in erster Linie am langjährigen Mittel der Niederschläge. In Anbaugebieten mit einer jährlichen Niederschlagssumme von 700 mm und mehr können die Rebanlagen in beiden Gassen sowie im Unterstockbereich problemlos ganzflächig begrünt werden, ohne dass Konkurrenz um Nährstoffe und Wasser entsteht. In der Region um Neustadt mit jährlichen Niederschlagsmengen zwischen 400 und 650 mm hat sich hingegen ein System etabliert, bei dem jeweils eine Gasse während der Vegetationsperiode regelmäßig bearbeitet und somit offen gehalten wird.

Durch diese Bearbeitung soll der sogenannte Beikrautdruck, also die Nährstoff- und Wasserkonkurrenz durch spontan aufkommende Vegetation, möglichst gering gehalten werden, um Wasserstress bei den Reben zu vermeiden. Allerdings erwärmen sich unbedeckte Böden im Sommer stark, was



die Aktivität der Bodenorganismen und damit die Humusbildung sowie Nährstofffreisetzung deutlich reduziert. Zudem führen Starkregenereignisse in den Sommermonaten zunehmend zu Erosion und Verschlämung der offenen Gassen, wodurch die Infiltrationsleistung abnimmt und der Unterboden schlechter durchfeuchtet wird.

Aus Sicht des Grundwasserschutzes sollte in über Sommer offen gehaltenen Gassen spätestens Ende Juli oder Anfang August eine Herbst-Winter-Begrünung eingesetzt werden. Alternativ sollte die natürlich aufkeimende Standortflora erhalten bleiben und nicht durch späte Bodenbearbeitung beseitigt werden. Jede Bearbeitung des Bodens regt bei ausreichender Bodenfeuchte eine unerwünschte Stickstoff-Mineralisation an. Dabei wird organisch gebundener Stickstoff in pflanzenverfügbare Formen wie Ammonium und Nitrat umgewandelt, die ein hohes Auswaschungsrisiko aufweisen. Überschüssiger Nitrat-Stickstoff sollte daher idealerweise in der Biomasse gezielt eingesetzter Begrünungspflanzen gebunden und so vor Auswaschung geschützt werden.

Der Einfluss der Bodenpflege auf die Nitrat-Stickstoff-Gehalte [kg/ha] ist im Balkendiagramm der Abbildung 10 auf Seite 15 dargestellt. Sie zeigt die zwei unterschiedlichen Bodenpflegesysteme: I: beide Gassen sind dauerhaft und ganzjährig begrünt, II: eine Gasse ist dauerhaft und ganzjährig begrünt, die zweite Gasse ist mit eingesäten Pflanzen oder Spontanflora ab August begrünt oder offen und damit unbegrünt, mit dem zugehörigen durchschnittlichen Nitratwert.

Die zwei Bodenpflegesysteme werden in folgende vier Kategorien unterteilt:

- „**Dauerbegrünung**“ umfasst Anlagen, in denen in beiden Gassen über mehrere Jahre eine Grasdauerbegrünung etabliert ist.
- „**Einsaat**“ umfasst Anlagen, in denen jede zweite Gasse über Sommer offen gehalten und ab Ende Juni/Juli/Anfang August mit einer Herbst-Winter-Begrünung eingesetzt wird.
- „**Naturbegrünung**“ umfasst Anlagen, in denen jede zweite Gasse über Sommer offen gehalten und ab Ende Juni/Juli/Anfang August die Standortflora natürlich aufwachsen kann.
- „**Offen**“ umfasst Anlagen, in denen jede zweite Gasse über Sommer offen gehalten und ab Ende Juni/Juli/Anfang August aus verschiedenen Gründen KEINE Herbst-Winter-Begrünung eingesetzt werden bzw. keine Standortflora aufwachsen konnte.

Anhand der Balkenlängen in Abbildung 10 (Seite 15) wird deutlich, dass wie zu erwarten, die Nitratwerte in den dauerbegrünten Parzellen (beide Gassen) sowie in den Flächen mit der eingesäten Herbst-Winter-Begrünung am niedrigsten sind. Auch die Kooperationsflächen, in denen anstatt der Einsaat in jeder zweiten Gasse die Standortflora (= Naturbegrünung) aufwachsen konnte, weisen mit durchschnittlich 35 kg Nitrat-Stickstoff pro Hektar Werte deutlich unterhalb des Wasserschutz-Zielwertes auf. Besonders hervorzuheben ist, dass die gezielte Auswahl der Begrünungsgemenge bei der Herbst-Winter-Begrünung eine stärkere Nitrataufnahme durch die höhere unter- und oberirdische Biomassebildung der Gemengepartner ermöglicht als die Naturbegrünung. Trotz teilweise



zu später Aussaatzeitpunkte mit daraus resultierender geringerer Biomassebildung hat die ausgewählte Herbst-Winterbegrünung „Cool Seasons“ im Vergleich zur aufgewachsenen Standortflora durchschnittlich 25,5 kg Nitrat-Stickstoff pro Hektar mehr aus dem Boden entzogen.

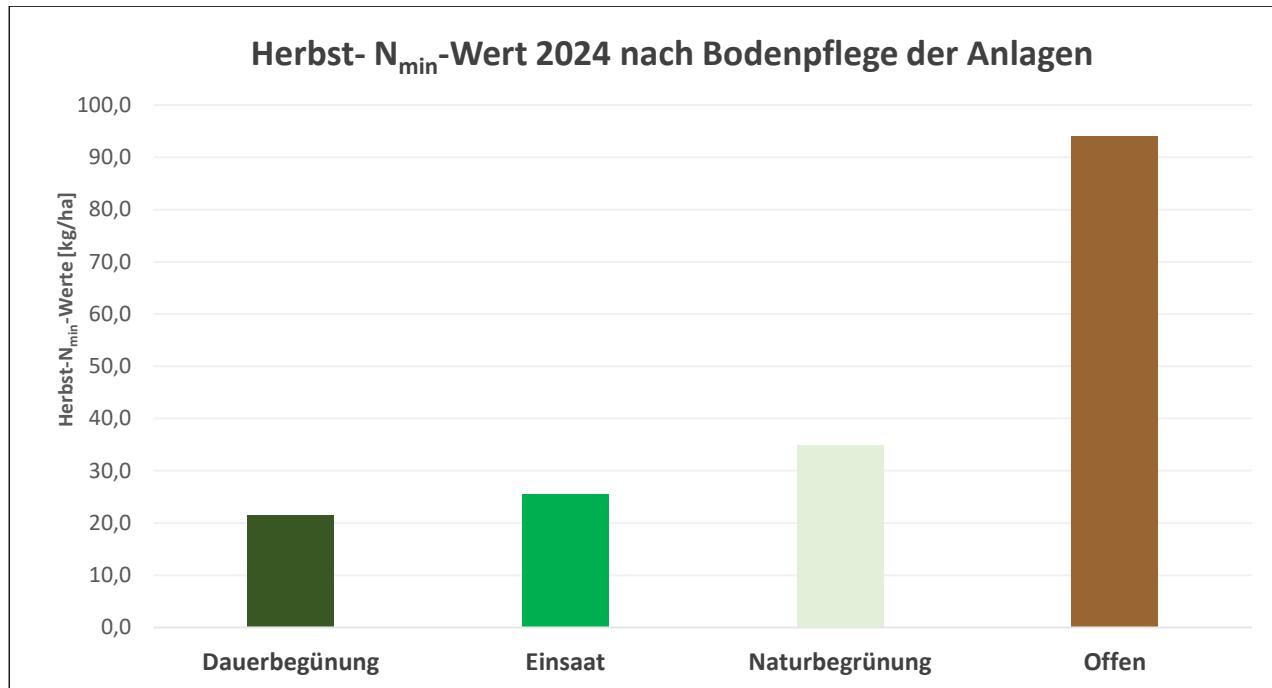


Abbildung 10: Durchschnittliche Herbst-N_{min}-Werte nach Kategorie der Bodenpflege für das Jahr 2024 und die Bodentiefe 0 - 90 cm.

Bei der Auswahl der Pflanzenmischungen für Herbst-Winter-Begrünungen sollten Arten mit schnellem und massigem Aufwuchs dominieren, die als sogenannte „Nitrat-Fangpflanzen“ (N-Catcher) große Mengen an Nitrat in ihrer Biomasse binden und damit effektiv vor Auswaschung schützen. Solche Einsaaten sind insbesondere in Jungfeldern und auf gerodeten Standorten unverzichtbar.

Der hohe Nitratwert (93 kg N/ha) unbegrünter, offener Gassen über Winter, die eindeutig den langjährigen Beratungsvorgaben widersprechen, verdeutlicht zusätzlich die Notwendigkeit einer Begrünung in den Wintermonaten. Dabei handelt es sich, wie bereits erwähnt, um eine einzelne Fläche innerhalb der Weinbaukooperation.

Die Verteilung der unterschiedlichen Bodenpflegearten innerhalb der Kooperationsflächen zeigt ein erfreuliches Ergebnis: 99 Prozent der Flächen waren zum Ende der Vegetationsperiode 2024 begrünt (siehe Abbildung 11, Seite 16). Lediglich eine Parzelle wies aufgrund zu später Bodenbearbeitung keine Begrünung auf. Das Angebot zur Bereitstellung von Herbst-Winter-Begrünungsmischungen wurde von einem Großteil der Betriebe (87 Prozent) angenommen und umgesetzt. Ein kleinerer



Anteil wies Dauerbegrünung (5 Prozent) oder Naturbegrünung durch die Standortflora (8 Prozent) auf.

Sowohl wirtschaftliche als auch witterungsbedingte Faktoren erschweren es manchen Betrieben, die Einsaat einer Herbst-Winter-Begrünung jährlich durchzuführen und lassen stattdessen die Standortflora aufkommen. Unter Berücksichtigung dieser Rahmenbedingungen ist die Entwicklung jedoch sehr positiv: Im Vergleich zum Vorjahr, in dem nur 38 Prozent der Flächen mit Herbst-Winter-Begrünung versehen waren, konnte dieser Anteil im Jahr 2024 mehr als verdoppelt werden.

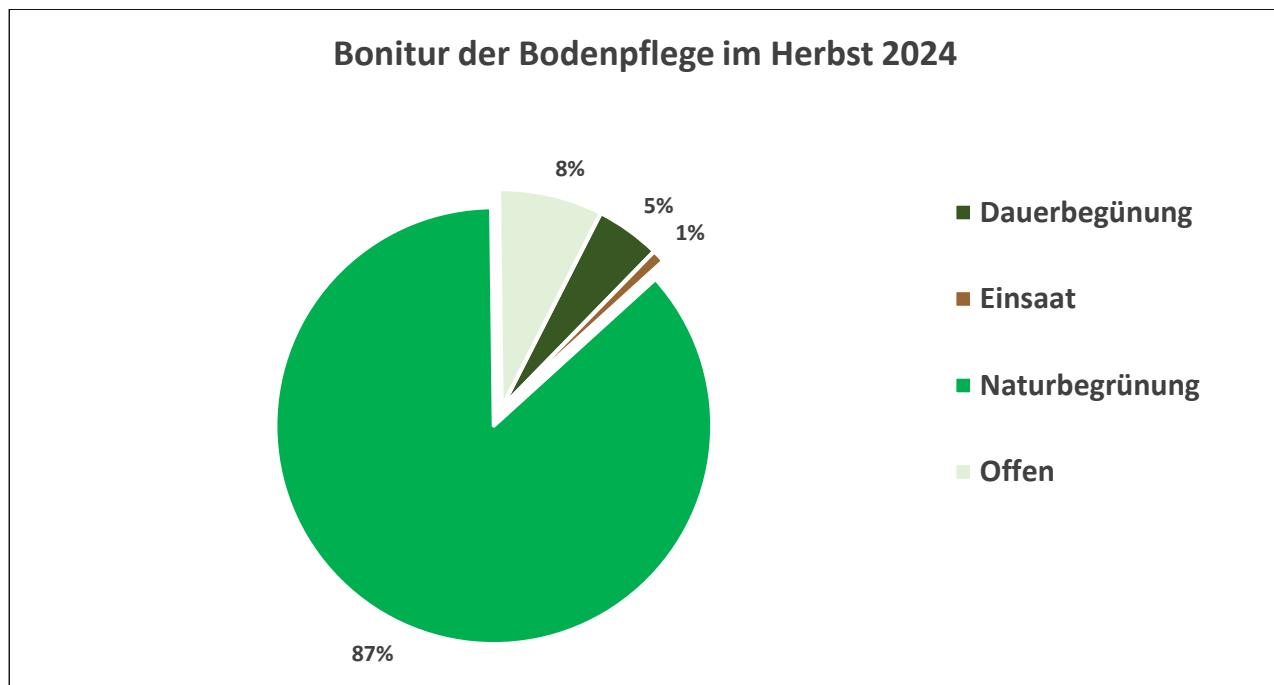


Abbildung 11: Prozentualer Anteil der Bodenpflege-Kategorien „Naturbegrünung“, „Einsaat“, „Dauerbegrünung“ und nicht begrünter Bereichen („Offen“) in den Kooperationsparzellen im Jahr 2024.

3.4 Stickstoff-Bilanz 2024

Ein zentraler Parameter zur Bewertung einer grundwasserschonenden Bewirtschaftung ist die Stickstoff-Bilanz (N-Bilanz). Sie wird rückblickend für das jeweilige Bewirtschaftungsjahr berechnet und ergibt sich aus der Gegenüberstellung der Stickstoff-Zufuhren über mineralische und organische Düngung mit den Stickstoff-Abfuhrn über die geernteten Trauben. Der Stickstoff-Entzug durch die Ernte wird mit 2,5 Kilogramm Stickstoff pro Tonne Trauben angesetzt.

Eine positive Bilanz bedeutet, dass die Stickstoff-Zufuhr eines Betriebes größer als die Stickstoff-Abfuhr war, während eine negative Bilanz darauf hinweist, dass mehr Stickstoff über die Ernte ent-



zogen als zugeführt wurde. Im Idealfall ist die Bilanz über mehrere Jahre ausgeglichen, was bedeutet, dass Zufuhren und Abfuhren im Gleichgewicht stehen. Die für diese flächengenaue Bilanzierung erforderlichen Daten zu Düngung und Erträgen wurden von den Betrieben über elektronische Erhebungsbögen bereitgestellt.

Das Balkendiagramm der Abbildung 12 zeigt die N-Bilanzen sämtlicher Kooperationsflächen sowie den Mittelwert der N-Bilanz für das Jahr 2024. Von insgesamt 99 ausgewerteten Kooperationsflächen im Jahr 2024 wiesen 64 Parzellen eine ausgeglichene oder negative N-Bilanz auf und haben somit keine Stickstoffüberschüsse produziert. Diese Flächen können als grundwasserschonend bewirtschaftet eingestuft werden.

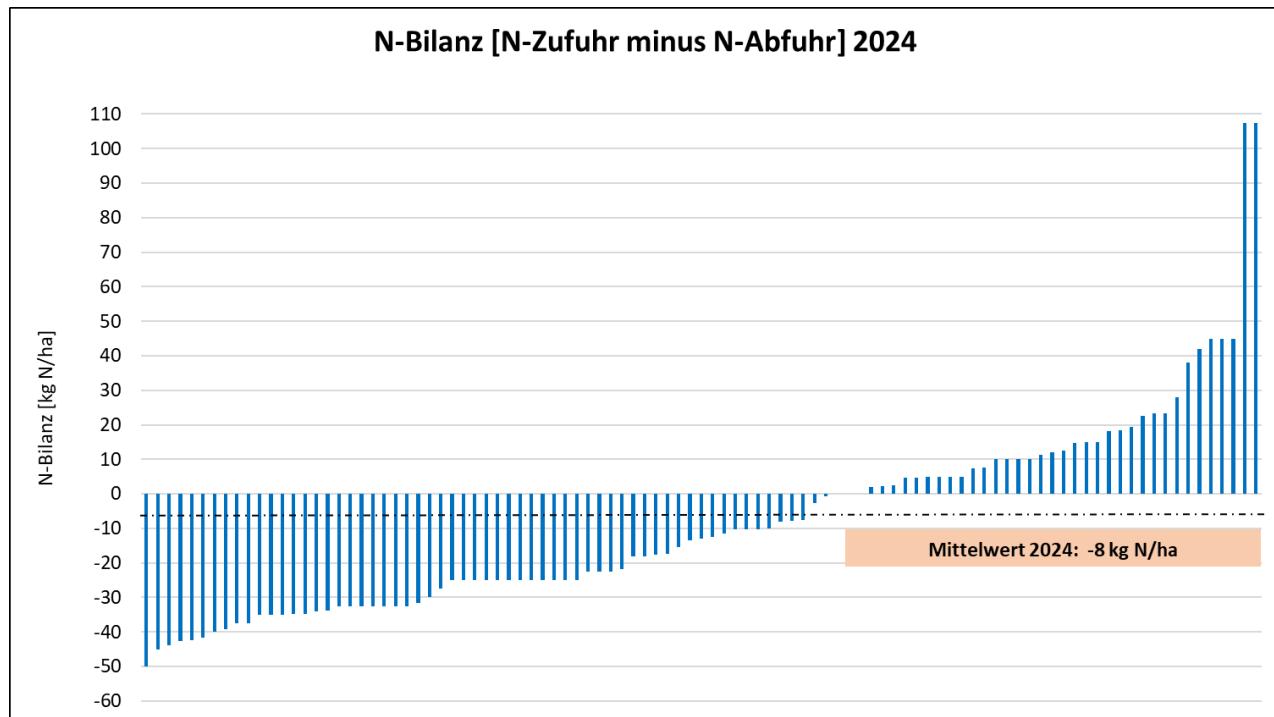


Abbildung 12: N-Bilanz [N-Zufuhr minus N-Abfuhr] und Mittelwert in kg/ha N für das Jahr 2024 sämtlicher Kooperationsflächen [n = 99].

Negative Bilanzen wurden für Flächen berechnet, die 2024 gar nicht oder nur sehr gering mit Stickstoff gedüngt wurden, wodurch die Stickstoff-Zufuhr deutlich geringer war als die Stickstoff-Abfuhr über die geernteten Trauben. Besonders die Flächen mit den negativsten Salden zwischen -25 und -50 Kilogramm Stickstoff pro Hektar erzielten Traubenerträge von über 10.000 Kilogramm pro Hektar. Die Gesamtzahl der ausgewerteten Flächen liegt mit 99 leicht unter der Zahl der für die Herbst-N_{min}-Erhebungen beprobten Anlagen (104), da ein Betrieb mit fünf Flächen im Verlauf des Jahres 2024 aus der Kooperation ausgeschieden ist und somit keine Daten mehr zur Verfügung standen.



Bei 35 Parzellen wurde eine positive Stickstoff-Bilanz festgestellt, die Werte reichen von +2 bis +108 Kilogramm Stickstoff pro Hektar. Positive Bilanzen über 30 Kilogramm Stickstoff pro Hektar sind in der Regel auf die Ausbringung organischer oder mineralischer Düngemittel wie Trester, Grünschnittkompost, Pferdemist oder Kalkammonsalpeter (KAS) zurückzuführen. Zwei Flächen fallen mit besonders hohen Werten von 108 Kilogramm Stickstoff pro Hektar auf. Beide gehören zu einem Betrieb, der 2024 neu in die Kooperation aufgenommen wurde. Hier wurde aufgrund der schwachen Wüchsigkeit der Rebanlagen eine Dreijahresgabe mit Grünschnittkompost ausgebracht, dessen N-Fracht durch die Vorratsgabe für drei Jahre die Seite der N-Einfuhr im Ausbringjahr 2024 im Vergleich zur N-Abfuhr 2024 stark erhöht hat.

Dieser rechnerische Saldo spiegelt sich nicht unmittelbar in den Herbst-N_{min}-Werten wider. In den betroffenen Flächen wurden im Herbst 2024 Nitrat-Stickstoff-Gehalte von 13 und 15 Kilogramm pro Hektar gemessen, was eher auf eine leichte Unterversorgung der Reben hinweist. Zudem wurde eine Herbst-Winter-Begrünung eingesät, welches überschüssiges Nitrat in ihrer Biomasse gebunden hat. Ob es in den Folgejahren infolge der Mineralisation der organischen Substanz aus der Dreijahresdüngung zu einer erhöhten Nitratfreisetzung kommt, bleibt zu beobachten, wird jedoch aufgrund der bisher guten fachlichen Praxis des Betriebes als geringes Risiko eingeschätzt.

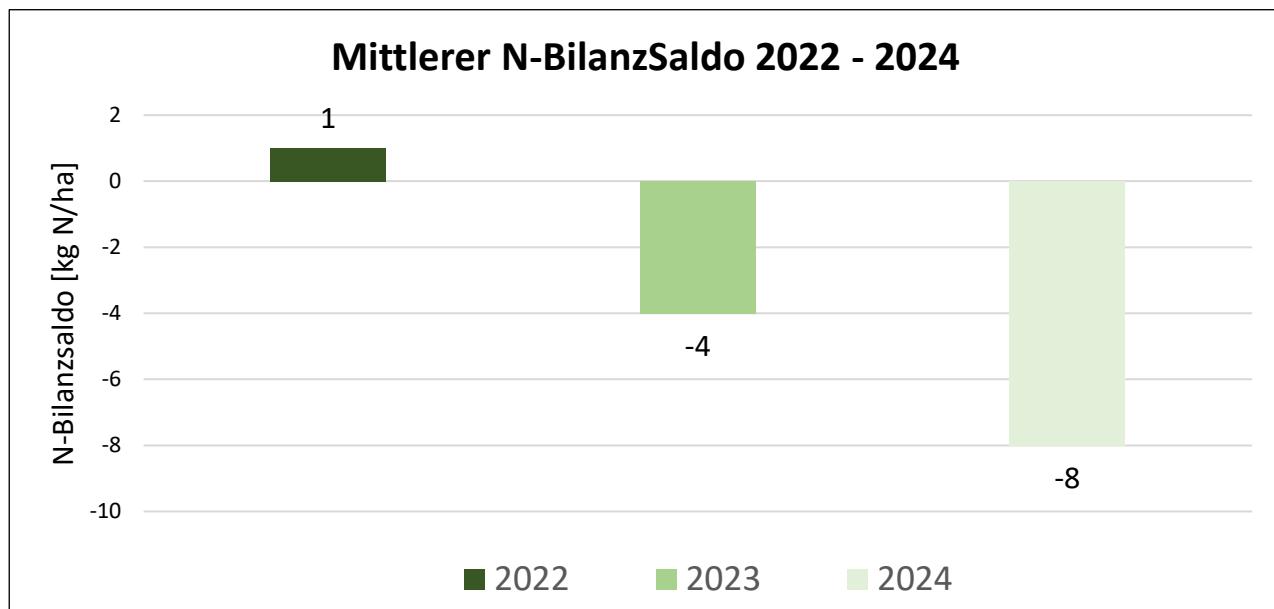


Abbildung 13: Mittlerer N-Bilanzsaldo der Kooperation [N-Zufuhr minus N-Abfuhr] in kg N/ha für die Jahre 2022 (n = 81), 2023 (n = 81) und 2024 (n = 99).

In Abbildung 13 ist die Entwicklung des mittleren N-Bilanz-Saldos der gesamten Kooperation im Jahresvergleich 2022 bis 2024 aufgetragen.



Die Entwicklung der Bilanzsalden seit 2022 stellt ein aus Sicht des Wasserschutzes sehr positives Ergebnis dar. Seit Beginn der Kooperation ist der durchschnittliche Bilanzsaldo von +1 auf -8 Kilogramm Stickstoff pro Hektar gesunken. Es konnten die zuvor stark positiven Ausreißer einzelner Flächen deutlich reduziert werden und somit die Gesamtbilanz reduziert werden. Ursache hierfür ist, dass 2024 in vielen Flächen keine Düngung erfolgte und der Stickstoff-Entzug ausschließlich über die Traubenabfuhr stattfand.

Durch die flächenspezifische Beratung und Boniturbegleitung konnte gezeigt werden, dass insbesondere in Parzellen mit Teilzeitbegrünungen (Einsaat oder Naturbegrünung) und anschließender Bodenbearbeitung im Frühjahr auf zusätzliche Düngergaben verzichtet werden kann, ohne die Reben in ihrer N-Versorgung zu beeinträchtigen.

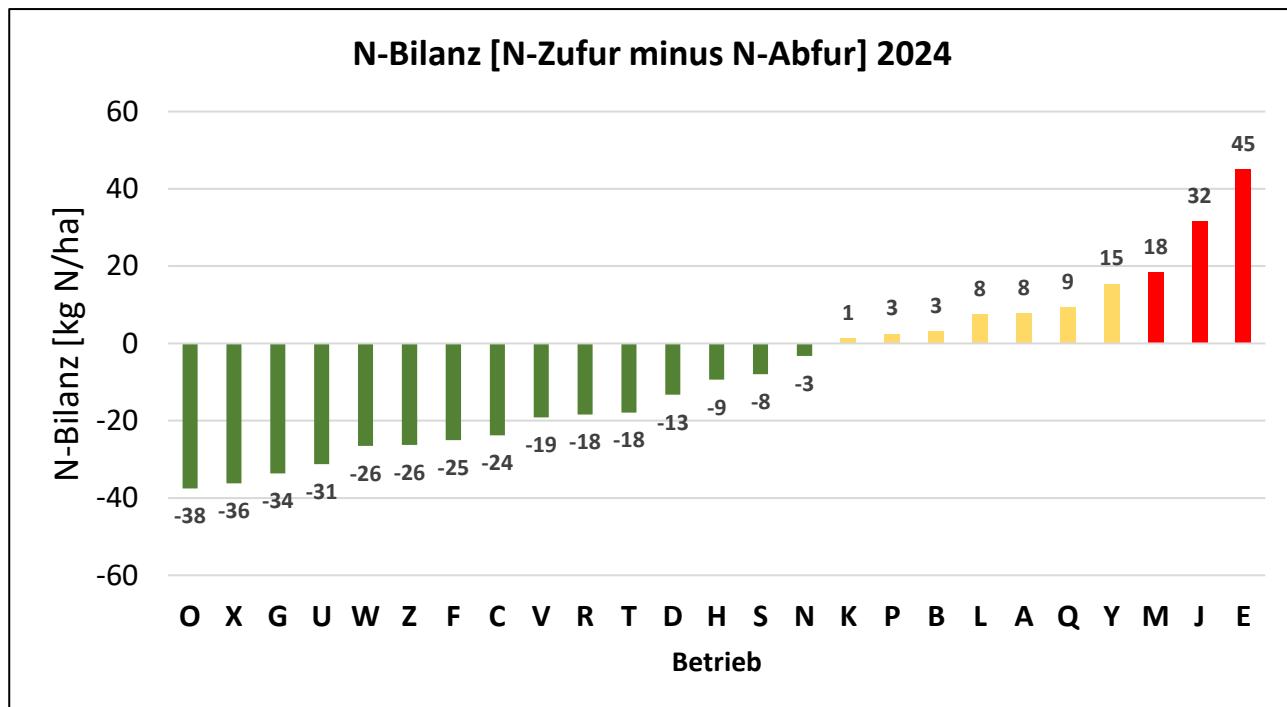


Abbildung 14: Chiffrierte Betriebsspezifische N-Bilanz in kg N/ha für 2024.

Die in Abbildung 12 (Seite 17) dargestellten N-Bilanzen wurden in Abbildung 14 einzelbetrieblich aufgeschlüsselt, um Unterschiede in der Bewirtschaftungsweise einzelner Betriebe sichtbar zu machen. Diese Darstellung ermöglicht eine gezielte Bewertung der Düngungspraxis der jeweiligen Betriebe und unterstützt bei der Anpassung betrieblicher Strategien, falls N-Unter- oder N-Überversorgungen erkennbar werden. Der zunehmende Kostendruck im Weinbau verstärkt die Notwendigkeit eines wirtschaftlichen, effizienten und zugleich ressourcenschonenden Umgangs mit Düngemitteln und Bodenpflegemaßnahmen.



Das Spektrum der einzelbetrieblichen N-Bilanzen reicht von -38 bis +45 Kilogramm Stickstoff pro Hektar. Auffällig hohe Werte von bis zu 108 Kilogramm Stickstoff pro Hektar von einzelnen Parzellen, treten bei der gesamtbetrieblichen Betrachtung nicht mehr auf. Dies bestätigt, dass es sich überwiegend um Einzelfälle mit Dreijahresgaben organischer Dünger und nicht um die regelmäßige Überdüngung der Flächen durch einzelne Betriebe handelt.

Von den drei Betrieben mit den höchsten Bilanzwerten verfolgt ein Betrieb (J) ein Produktionsziel mit Erträgen von über 14 Tonnen Trauben pro Hektar, woraus erhöhte Düngergaben resultierten. Die Düngung erfolgte bedarfsgerecht mit Haarmehlpellets. Witterungsbedingt konnten die angestrebten Zielerträge infolge eines Frostereignisses jedoch nicht erreicht werden. In der Folge lag die N-Zufuhr (über Haarmehlpellets) deutlich über der N-Abfuhr der geernteten Trauben, wodurch sich der beobachtete Stickstoffüberschuss ergab. Durch die Einsaat einer Herbst-Winter-Begrünung konnte ein Großteil des überschüssigen Stickstoffs durch die eingesäten N-Catcher-Pflanzen vor einer Auswaschung während der Sickerwasserperiode bewahrt werden.

Auch im Betrieb M erfolgte eine bedarfsgerechte Düngung, die in Kombination mit unterdurchschnittlichen Erträgen zu einem positiven Bilanzsaldo führte. Zur Bindung der überschüssigen Nitratmengen wurde ebenfalls eine Herbst-Winter-Begrünung eingesetzt, um den im Boden verfügbaren Stickstoff in der Biomasse zwischenzuspeichern.

Der Betrieb mit der höchsten N-Bilanz von 45 kg N/ha (E) ist auf die Produktion von Schnittholz angewiesen. Dies erfordert, dass die Reservestoffe des Holzkörpers geschont werden, um die Ausbildung kräftiger, tragfähiger Triebe für die weitere Produktion sicherzustellen. Aufgrund neutraler bis stark negativer Bilanzwerte der beiden Vorjahre (bis -33 kg N/ha) wurde im Berichtsjahr eine erhöhte Düngergabe vorgenommen. Die erzielten Erträge (N-Abfuhr) lagen jedoch unter der geplanten N-Zufuhr, was den sichtbaren Stickstoffüberschuss verursachte. Dieser konnte nicht vollständig von der Dauerkultur sowie der Spontan- bzw. Dauerbegrünung aufgenommen werden. In den Herbst-N_{min}-Untersuchungen zeigten sich insbesondere in den unteren Bodenhorizonten (60 bis 90 cm) erhöhte Nitrat-Stickstoff-Gehalte von 15 bzw. 18 kg N/ha. Für die kommenden Jahre ist daher verstärkt auf eine bedarfsgangepasste Stickstoffdüngung zu achten, um derartige Überschüsse und damit einhergehende Risiken für das Grundwasser zu vermeiden.

Bei Betrachtung der restlichen Betriebe befindet sich die Kooperation auf einem sehr niedrigen Niveau, das ein geringes Risiko für Nitratverluste und Auswaschungen erkennen lässt. Der überwiegende Teil der Betriebe verzichtet vollständig auf Düngemaßnahmen und weist negative N-Bilanzen auf. Diese Betriebe sichern die Nährstoffversorgung ihrer Reben über ein gezieltes Bodenpflegemanagement mit Teilzeit- und Dauerbegrünung sowie ressourcenschonender Bodenbearbeitung in den physiologisch wichtigen Versorgungsphasen der Rebe.



4 Schlussfolgerungen und Ausblick

Insgesamt zeigt das Jahr 2024, dass die Kooperation erfolgreich zur Reduzierung potenzieller Nitratbelastungen des ersten Grundwasserkörpers beiträgt. Die bisherigen Entwicklungen belegen, dass durch gezielte Beratung in Form von angepasster Düngung und eines standortangepassten, betriebsspezifischen Bodenpflegesystems (Begrünungsmanagement & Bodenbearbeitung) eine nachhaltige und grundwasserschonende Bewirtschaftung im Weinbau dauerhaft erreichbar ist.

Für die kommenden Jahre ist vorgesehen, die Datengrundlage der Kooperation um einen weiteren wichtigen Parameter zu erweitern: das Kohlenstoff-Stickstoff-Verhältnis (C/N-Verhältnis). Dieses Verhältnis beschreibt das Mengenverhältnis zwischen organisch gebundenem Kohlenstoff und Stickstoff im Boden und gibt Auskunft über die mikrobielle Aktivität sowie die Geschwindigkeit der organischen Substanzumsetzung.

Ein Boden-C/N-Verhältnis von 10 : 1 ist von zentraler Bedeutung für die Nährstoffdynamik im Boden. Bei einem zu engen C/N-Verhältnis (z.B. 4 : 1 bis 8 : 1) erfolgt die Mineralisation organischer Substanz sehr schnell, was zu einer erhöhten Freisetzung von Nitrat führen kann. Ein zu weites C/N-Verhältnis (z.B. 20 : 1 bis 80 : 1) hingegen kann zu einer Stickstoff-Festlegung im Boden und damit zu einer temporären Nährstoffverknappung für die Rebe führen. Durch die regelmäßige Erfassung dieses Parameters können künftig Rückschlüsse auf die Stabilität des organischen Bodenpools und auf das langfristige Nährstoffnachlieferungspotenzial gezogen werden. Dies ermöglicht eine noch präzisere Steuerung von Düngungs- und Begrünungsmaßnahmen im Sinne eines integrierten Gewässerschutzes.

Mit der geplanten Erweiterung des Monitorings um das C/N-Verhältnis wird die Grundlage für eine noch ganzheitlichere Bewertung der Bodenprozesse geschaffen, um auch künftig eine Balance zwischen produktivem Weinbau und effektivem Gewässerschutz sicherzustellen.

Als weitere Maßnahme wurde im Jahr 2025 Saatgut für insgesamt sechs Hektar der Kooperationsflächen für eine Unterstockbegrünung ausgegeben. Dies trägt maßgeblich zur Reduzierung des Herbizid-Einsatzes bei und leistet somit einen wichtigen Beitrag zum Bodenschutz. Durch die Etablierung einer dauerhaften Vegetationsdecke unter den Rebstöcken und dem Wegfall einer chemischen und mechanischen Bearbeitung wird die Erosionsanfälligkeit der Flächen verringert und gleichzeitig die Infiltrationsrate des Niederschlagswassers erhöht. Damit wird nicht nur der Oberflächenabfluss reduziert, sondern auch die Wasserspeicherung im Boden verbessert, wodurch eine Stabilisierung des Wasserhaushaltes und eine Förderung der Bodenbiologie begünstigt werden.