

## **Schlussbericht**

### **„Erfassung und Bewertung der landwirtschaftlichen Bewirtschaftungsdaten und des Düngemanagements im Umfeld von elf Grundwassermessstellen mit Nitratkonzentrationen über 50 mg l<sup>-1</sup> im Land Brandenburg“**

**Auftraggeber:**

Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft des Landes Brandenburg  
Referat 36  
Acker-und Pflanzenbau

**Auftragnehmer:**

LAB – Landwirtschaftliche Beratung der Agrarverbände Brandenburg GmbH

**Wissenschaftliche Begleitung:**

Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte an der Humboldt-Universität zu Berlin (IASP)

**Projektleiter:**

Dirk Scheibe (LAB)

**Projektbearbeitung:**

Dirk Scheibe (LAB)

Kerstin Nielsen (IASP)

# Inhalt

1	Zusammenfassung .....	8
2	Einleitung .....	11
2.1	Hintergrund und Problemstellung .....	11
2.2	Überblick Stickstoffeinträge ins Grundwasser .....	12
3	Hydrologische und geologische Charakterisierung der Untersuchungsgebiete .....	15
3.1	Ungesättigte Bodenzone und Grundwasserdynamik .....	15
3.2	Geologische Verhältnisse .....	17
4	Hydrogeologische und hydrochemische Verhältnisse der Grundwassermessstellen .....	18
4.1	Hydrogeologie der Messstellen.....	19
4.2	Hydrochemie .....	22
5	Eingrenzung des Untersuchungsgebietes und Auftaktveranstaltungen .....	35
6	Topographie der Untersuchungsgebiete, Altlasten und Verdachtsflächen .....	36
6.1	Bestehende Messstellen der Umgebung und Direct-Push Untersuchungen .....	36
6.2	Direct-Push Untersuchungen an der Messstelle Stavenow .....	39
6.3	Untersuchungsgebiete .....	40
7	Landwirtschaftliche Bewirtschaftung in den Untersuchungsgebieten .....	52
7.1	Datenerfassung in den Betrieben .....	52
7.2	Landwirtschaftliche Betriebe – Struktur und Tierbesatz .....	53
7.3	Grundnährstoffversorgung.....	55
7.4	Einzelschlagbilanzen und Fruchtfolgen .....	55
7.5	Einzelschlagbilanzen – N-Salden .....	82
7.6	Ein- und mehrjährige aggregierte Schlagbilanzen .....	86
7.7	Nitratverlagerungspotenzial.....	88
8	Bewertung und Maßnahmenempfehlungen .....	90
8.1	Untersuchungsgebiet Alt Zeschdorf – Zusammenfassung und Bewertung der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung .....	92
8.2	Untersuchungsgebiet Brunn – Zusammenfassung und Bewertung der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung .....	94
8.3	Untersuchungsgebiet Glienicke – Zusammenfassung und Bewertung der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung .....	95

8.4	Untersuchungsgebiet Lichterfelde – Zusammenfassung und Bewertung der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung .....	96
8.5	Untersuchungsgebiet Meseberg – Zusammenfassung und Bewertung der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung .....	98
8.6	Untersuchungsgebiet Neuenfeld – Zusammenfassung und Bewertung der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung .....	99
8.7	Untersuchungsgebiet Neuschönfeld – Zusammenfassung und Bewertung der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung .....	101
8.8	Untersuchungsgebiet Plötzin – Zusammenfassung und Bewertung der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung .....	102
8.9	Untersuchungsgebiet Reichenow – Zusammenfassung und Bewertung der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung .....	104
8.10	Untersuchungsgebiet Schönhagen – Zusammenfassung und Bewertung der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung .....	105
8.11	Untersuchungsgebiet Stavenow – Zusammenfassung und Bewertung der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung .....	107
Anhang 1	Mächtigkeiten der ungesättigten Bodenzonen .....	109
Anhang 2	Schichtenverzeichnisse .....	112

## Abbildungen

Abbildung 1	Messstellennetz Grundwassermonitoring (links), Messstellen für Untersuchungen innerhalb des Projektes (rechts) .....	11
Abbildung 2	Mächtigkeit der ungesättigten Bodenzone Brunn, Neuschönfeld .....	16
Abbildung 3	Zeitlicher Verlauf der Nitrat- und Sulfatkonzentration an der Grundwassermessstelle Alt Zeschdorf.....	24
Abbildung 4	Zeitlicher Verlauf der Nitrat- und Sulfatkonzentration an der Grundwassermessstelle Brunn .....	25
Abbildung 5	Zeitlicher Verlauf der Nitrat- und Sulfat- und Kaliumkonzentration an der Grundwassermessstelle Glienicke .....	26
Abbildung 6	Zeitlicher Verlauf der Nitrat- und Sulfatkonzentration an der Grundwassermessstelle Lichterfelde .....	27
Abbildung 7	Zeitlicher Verlauf der Nitrat- und Sulfatkonzentration an der Grundwassermessstelle Meseberg.....	28
Abbildung 8	Zeitlicher Verlauf der Nitrat- und Sulfatkonzentration an der Grundwassermessstelle Neuenfeld .....	29
Abbildung 9	Zeitlicher Verlauf der Nitrat- und Sulfatkonzentration n an der Grundwassermessstelle Neuschönfeld.....	30
Abbildung 10	Zeitlicher Verlauf der Nitrat- und Sulfatkonzentration an der Grundwassermessstelle Plötzin .....	31
Abbildung 11	Zeitlicher Verlauf der Nitrat- und Sulfatkonzentration an der Grundwassermessstelle Reichenow .....	32
Abbildung 12	Zeitlicher Verlauf der Nitrat- und Kaliumkonzentration an der Grundwassermessstelle Schönhagen .....	33
Abbildung 13	Zeitlicher Verlauf der Nitrat- und Kaliumkonzentration an der Grundwassermessstelle Stavenow .....	34
Abbildung 14	Ergebnisse der Nitratmessungen im Direct-Push-Verfahren im Umfeld der Messstelle Stavenow .....	39
Abbildung 15	Schichtenverzeichnis Zusatzmessstellen Stavenow 1 und Stavenow 2 .....	40
Abbildung 16	Landwirtschaftliche Untersuchungsflächen und Altlasten Gebiet Alt Zeschdorf	41
Abbildung 17	Landwirtschaftliche Untersuchungsflächen und Altlasten Gebiet Brunn .....	42
Abbildung 18	Landwirtschaftliche Untersuchungsflächen und Altlasten Gebiet Glienicke .....	43



Abbildung 19	Landwirtschaftliche Untersuchungsflächen und Altlasten Gebiet Lichterfelde .	44
Abbildung 20	Landwirtschaftliche Untersuchungsflächen und Altlasten Gebiet Meseberg ....	45
Abbildung 21	Landwirtschaftliche Untersuchungsflächen und Altlasten Gebiet Neuenfeld ...	46
Abbildung 22	Landwirtschaftliche Untersuchungsflächen und Altlasten Gebiet Neuschönfeld.. .....	47
Abbildung 23	Landwirtschaftliche Untersuchungsflächen und Altlasten Gebiet Plötzin .....	48
Abbildung 24	Landwirtschaftliche Untersuchungsflächen und Altlasten Gebiet Reichenow ..	49
Abbildung 25	Landwirtschaftliche Untersuchungsflächen und Altlasten Gebiet Schönhagen	50
Abbildung 26	Landwirtschaftliche Untersuchungsflächen und Altlasten Gebiet Stavenow ....	51
Abbildung 27	Untersuchungsgebiet Alt Zeschdorf - grafische Darstellung schlagbezogenen N-Salden [kg ha <sup>-1</sup> ].....	60
Abbildung 28	Untersuchungsgebiet Alt Zeschdorf - Fruchtfolge der Jahre 2010 bis 2016 .....	61
Abbildung 29	Untersuchungsgebiet Brunn - grafische Darstellung der schlagbezogenen N-Salden [kg ha <sup>-1</sup> ].....	62
Abbildung 30	Untersuchungsgebiet Brunn - Fruchtfolge der Jahre 2010 bis 2016 .....	63
Abbildung 31	Untersuchungsgebiet Glienicke - grafische Darstellung der schlagbezogenen N-Salden [kg ha <sup>-1</sup> ].....	64
Abbildung 32	Untersuchungsgebiet Glienicke - Fruchtfolge der Jahre 2010 bis 2016 .....	65
Abbildung 33	Untersuchungsgebiet Lichterfelde - grafische Darstellung der schlagbezogenen N-Salden [kg ha <sup>-1</sup> ].....	66
Abbildung 34	Untersuchungsgebiet Lichterfelde - Fruchtfolge der Jahre 2010 bis 2016.....	67
Abbildung 35	Untersuchungsgebiet Meseberg - grafische Darstellung der schlagbezogenen N-Salden [kg ha <sup>-1</sup> ].....	68
Abbildung 36	Untersuchungsgebiet Meseberg - Fruchtfolge der Jahre 2010 bis 2016.....	69
Abbildung 37	Untersuchungsgebiet Neuenfeld - grafische Darstellung der schlagbezogenen N-Salden [kg ha <sup>-1</sup> ].....	70
Abbildung 38	Untersuchungsgebiet Neuenfeld - Fruchtfolge der Jahre 2010 bis 2016.....	71
Abbildung 39	Untersuchungsgebiet Neuschönfeld - grafische Darstellung der schlagbezogenen N-Salden [kg ha <sup>-1</sup> ].....	72
Abbildung 40	Untersuchungsgebiet Neuschönfeld - Fruchtfolge der Jahre 2010 bis 2016 .....	73
Abbildung 41	Untersuchungsgebiet Plötzin - grafische Darstellung der schlagbezogenen N-Salden [kg ha <sup>-1</sup> ].....	74
Abbildung 42	Untersuchungsgebiet Plötzin - Fruchtfolge der Jahre 2010 bis 2016.....	75

Abbildung 43	Untersuchungsgebiet Reichenow - grafische Darstellung der schlagbezogenen N-Salden [kg ha <sup>-1</sup> ].....	76
Abbildung 44	Untersuchungsgebiet Reichenow - Fruchtfolge der Jahre 2010 bis 2016 .....	77
Abbildung 45	Untersuchungsgebiet Schönhagen - grafische Darstellung der schlagbezogenen N-Salden [kg ha <sup>-1</sup> ].....	78
Abbildung 46	Untersuchungsgebiet Schönhagen - Fruchtfolge der Jahre 2010 bis 2016 .....	79
Abbildung 47	Untersuchungsgebiet Stavenow - grafische Darstellung der schlagbezogenen N-Salden [kg ha <sup>-1</sup> ].....	80
Abbildung 48	Untersuchungsgebiet Stavenow - Fruchtfolge der Jahre 2010 bis 2016 .....	81
Abbildung 49	Mächtigkeit der ungesättigten Bodenzone Alt Zeschdorf, Glienicke, Lichterfelde .....	109
Abbildung 50	Mächtigkeit der ungesättigten Bodenzone Neuenfeld, Meseberg, Plötzin .....	110
Abbildung 51	Mächtigkeit der ungesättigten Bodenzone Reichenow, Schönhagen, Stavenow ..	111
Abbildung 52	Schichtenverzeichnis Messstelle Alt Zeschdorf .....	112
Abbildung 53	Schichtenverzeichnis Messstelle Brunn .....	113
Abbildung 54	Schichtenverzeichnis Messstelle Glienicke .....	114
Abbildung 55	Schichtenverzeichnis Messstelle Lichterfelde .....	115
Abbildung 56	Schichtenverzeichnis Messstelle Meseberg .....	116
Abbildung 57	Schichtenverzeichnis Messstelle Neuenfeld .....	117
Abbildung 58	Schichtenverzeichnis Messstelle Neuschönfeld .....	118
Abbildung 59	Schichtenverzeichnis Messstelle Plötzin.....	119
Abbildung 60	Schichtenverzeichnis Messstelle Reichenow .....	120
Abbildung 61	Schichtenverzeichnis Messstelle Schönhagen .....	121
Abbildung 62	Schichtenverzeichnis Messstelle Stavenow .....	122

## Tabellen

Tabelle 1	Überblick über vorherrschende Bodenarten, geologische und hydrologische Verhältnisse in den Untersuchungsgebieten .....	17
Tabelle 2	Überblick der geologischen und hydrologischen Verhältnisse der Messstellen	21
Tabelle 3	Prüfwerte für Grundwasser in Brandenburg nach LUGV .....	22
Tabelle 4	Übersicht der auffälligen Prüfparameter an den Messstellen .....	23
Tabelle 5	Übersicht Zusatzmessstellen und Direct-Push-Bohrungen .....	37
Tabelle 6	Übersicht über Größe der Untersuchungsgebiete, Struktur, Anzahl der Betriebe und Tierzahlen .....	54
Tabelle 7	Grundnährstoffversorgung - Böden der Betriebe im Untersuchungsgebiet .....	55
Tabelle 8	Besonderheiten und Auffälligkeiten bei der Berechnung der jährlichen N-Bilanzen (Alt Zeschdorf, Brunn, Glienicke und Lichterfelde) .....	57
Tabelle 9	Besonderheiten und Auffälligkeiten bei der Berechnung der jährlichen N-Bilanzen (Meseberg, Neuenfeld und Neuschönfeld) .....	58
Tabelle 10	Besonderheiten und Auffälligkeiten und bei der Berechnung der jährlichen N-Bilanzen (Plötzin, Reichenow, Schönhagen und Stavenow) .....	59
Tabelle 11	Häufigkeit hoher N-Salden / Anteil hoher N-Salden mit Wirtschaftsdüngereinsatz .....	83
Tabelle 12	Flächenanteile der Untersuchungsgebiete mit unterschiedlich hohen einjährigen N-Bilanz-Salden .....	85
Tabelle 13	Flächenanteile der Untersuchungsgebiete mit unterschiedlich hohen siebenjährigen N-Bilanz-Salden .....	85
Tabelle 14	Zusammenfassung der mehrjährigen aggregierten Schlagbilanzen für alle elf Untersuchungsgebiete .....	87
Tabelle 15	Überblick Nitratverlagerungspotenziale in den Untersuchungsgebieten .....	89
Tabelle 16	Zusammenfassung der empfohlenen Maßnahmen in den Untersuchungsgebieten .....	91

# 1 Zusammenfassung

Die Zielstellung des Projektes war die Erfassung und Bewertung der landwirtschaftlichen Bewirtschaftungsdaten und des Düngemanagements im Umfeld von Grundwassermessstellen mit auffälligen Nitratkonzentrationen. Untersucht wurden elf Brandenburger Messstellen des EU-Nitratmessnetzes, die eine Überschreitung des Schwellenwertes für Nitrat von  $50 \text{ mg l}^{-1}$  aufweisen und überwiegend aus landwirtschaftlich bzw. ackerbaulich genutzten Bereichen angeströmt werden. Die Messstellen waren Alt Zeschdorf und Reichenow (Landkreis Märkisch-Oderland), Brunn (Ostprignitz-Ruppin), Glienicke (Oder-Spree), Lichterfelde (Barnim), Meseberg (Oberhavel), Neuenfeld und Neuschönfeld (Uckermark), Plötzin (Potsdam-Mittelmark), Schönhagen und Stavenow (Prignitz).

Die Ergebnisse langjähriger Analysen der Grundwasserbeschaffenheit zeigten bei den Messstellen Alt Zeschdorf, Lichterfelde, Meseberg und Schönhagen einen abnehmenden und bei den Messstellen Neuenfeld und Reichenow einen ansteigenden Trend der Nitratkonzentration. Bei den Messstellen Brunn, Glienicke, Neuschönfeld, Plötzin, und Stavenow war kein langjähriger Trend nachweisbar.

Sandige Substrate dominieren den Schichtenaufbau an allen untersuchten Grundwassermessstellen. Das bedeutet potenziell eine sehr schnelle Verlagerung von wasserlöslichen Stoffen wie Nitrat aus der pflanzenverfügbaren Bodenzone (Wurzelraum) in tiefere Bodenschichten.

Ausgewertet wurden neben naturräumlichen, hydrogeologischen und hydrochemischen Gegebenheiten der Untersuchungsgebiete auch Daten zu Altlasten und Verdachtsflächen unter Einbeziehung beteiligter Landwirte, von Vertretern des Berufstandes, der Landkreise, des Landesamtes für Umwelt (LfU) und des Landesamtes für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung (LELF).

Bei den Messstellen Alt Zeschdorf, Glienicke, Meseberg, Plötzin und Stavenow erfolgten Zusatzuntersuchungen mit Hilfe temporärer Grundwassermessstellen, während an den Standorten Lichterfelde und Neuschönfeld bereits vorhandene Grundwassermessstellen für Zusatzuntersuchungen genutzt wurden. Bei der Messstelle Lichterfelde wurde eine ehemalige Güllehochlastfläche und bei der Messstelle Plötzin eine ehemaligen Fäkalverwertungsanlage als Hauptverursacher der derzeitigen Nitratbelastung des Grundwassers festgestellt. Für die Messstellen Alt Zeschdorf, Glienicke, Meseberg, Neuschönfeld und Stavenow wurden Altlasten

und Verdachtsflächen, welche nicht mit dem Düngeregime in Verbindung standen, als alleinige Ursache ausgeschlossen.

Zur Erstellung der Nährstoffvergleiche bzw. der Flächenbilanzen der Betriebe wurde der NPK-Rechner genutzt. Dabei erfolgte die Datenerfassung und Auswertung von Einzelschlagbilanzen. Berücksichtigt wurden also flächenbezogene Nährstoffbilanzen, bei denen für jede abgegrenzte und einheitlich bewirtschaftete Fläche Nährstoffzufuhr und -abfuhr gegenübergestellt und bilanziert wurden. Zur Zufuhr gehörten Mineraldüngung, organische Düngung und ggf. legume  $N_2$ -Bindung. Die Nährstoffabfuhr setzte sich zusammen aus Ernte der Hauptfrüchte, der Zwischenfrüchte sowie ggf. der Koppelprodukte (Stroh, Rübenblatt u. ä.). Die jeweiligen Untersuchungsgebiete umfassten Schläge mit einer Entfernung von maximal 3 km von der jeweiligen Messstelle. Insgesamt wurden im Projekt mehr als 3.000 Einzelschlagbilanzen berechnet und ebenso wie die Fruchtfolgen auch grafisch erfasst. Weiterhin wurden Tierzahlen, Betriebsstrukturen und deren Besonderheiten sowie überbetriebliche organische Dünger erfasst und die Betriebsbilanzen für die Jahre 2010 bis 2016 und Bodenanalysen zur  $N_{min}$ - und Grundnährstoffversorgung der Betriebe in den Untersuchungsgebieten gesichtet und ausgewertet.

Die Berechnungen der einzelschlagbezogenen jährlichen N-Salden ergaben, dass hohe einjährige N-Überschüsse von  $> 60 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  vermehrt beim Anbau bestimmter Kulturen, insbesondere beim Maisanbau in Selbstfolge und beim Rapsanbau, auftraten. Für die Bewertung des quantitativen Risikos der Nitrat-Verlagerung in den ersten Grundwasserleiter wurden N-Saldoklassen festgelegt und die Flächenanteile der Untersuchungsgebiete dieser N-Saldoklassen ermittelt. Wurden bei einem Schlag für mehrere aufeinander folgende Jahre hohe N-Salden errechnet, musste für diesen Schlag von einer hohen N-Austragsgefährdung ausgegangen werden. Bei den Untersuchungsgebieten Brunn, Glienicke, Lichterfelde und Neuschönfeld wurde ein Flächenanteil mit mehrjährigen hohen N-Bilanzüberschüssen von  $> 60 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  von 5 % und weniger ermittelt. Die Untersuchungsgebiete Alt Zeschdorf, Meseberg, Neuenfeld, Plötzin, Reichenow und Schönhagen zeigten einen Flächenanteil von 18-33 % mit mehrjährig N-Bilanzüberschüssen von  $> 60 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ . Im Gebiet Stavenow lag dieser Anteil bei 86 %.

Die Einzelschlagbilanzen wurden zu einjährig und zu mehrjährig aggregierten Schlagbilanzen für die Betriebe und für die jeweiligen Untersuchungsgebiete zusammengefasst. Mit dem gewichteten Durchschnittswert über alle Flächen eines Untersuchungsgebietes und über alle sieben Betrachtungsjahre ergab sich eine Kennzahl, die eine Abschätzung des durchschnittlichen Ausnutzungsgrades des gedüngten Stickstoffs im Zustrombereich der Messstellen erlaubte. Für

den untersuchten Zeitraum ließ sich anhand dieser Kennzahl auf die nicht durch Pflanzenentzug verwerteten N-Mengen und damit auf ein durchschnittliches Nitratverlagerungspotenzial in das Grundwasser schließen. Für jedes der elf Untersuchungsgebiete wurde ein durchschnittlicher mehrjähriger N-Überschuss berechnet. Es ergaben sich Werte von 4-80 kg N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. Dies bedeutet ein maximales Nitratverlagerungspotenzial von 199 mg l<sup>-1</sup> Nitrat ins Grundwasser. Die Berechnung des Nitratverlagerungspotenzials erfolgte nach Renger<sup>1</sup> unter Berücksichtigung des Denitrifikationspotenzials, der in den Schichtenaufbauplänen gelisteten Daten, der Bodenübersichtskarten der Regionen und der mittleren Grundwasserneubildungsraten an den jeweiligen Messstellen. Die tatsächliche Nitratverlagerung kann saisonal und je nach tatsächlichem N-Überschuss stark vom Durchschnitt abweichen.

Für die Messstellen, mit Ausnahme von Lichterfelde, wurden Maßnahmen zur Reduzierung der Nitratreinträge in den jeweiligen Untersuchungsgebieten vorgeschlagen. Dabei waren für fast alle Betriebe individuelle Besonderheiten bei der Optimierung des jeweiligen Nährstoffregimes zu beachten. Das Risiko der Nitratverlagerung ist z. B. bei extensiver Bewirtschaftung geringer als bei Betrieben mit z. B. N-intensiven Fruchtfolgen und zum Teil sehr ambitionierten Ertragszielen. Vorgeschlagen wurden für viele Betriebe die Beantragung von Fördermitteln für die Beratung zu Nährstoffkreisläufen und Stoffströmen, um mit Unterstützung von außenstehendem Fachpersonal z. T. komplexe Betriebsabläufe und standortangepasste Nährstoffeinsätze zu optimieren. Für die Betriebe wurden, soweit nicht schon Betriebsroutine, eigene N<sub>min</sub>-Bodenuntersuchungen sowie eigene Nährstoffuntersuchungen der eingesetzten organischen Dünger empfohlen. Teilweise bestehen große Reserven bei der Grundnährstoffversorgung, insbesondere bei der fachgerechten pH-Wert-Regulierung. Ein bereits bei einem Teil der Betriebe praktizierter Zwischenfruchtanbau bei Sommerkulturen sollte auf alle betroffenen Flächen ausgeweitet werden.

Es wurden über 7.100 ha landwirtschaftlich genutzte Fläche von 60 Betrieben untersucht. Das Risiko einer Nitratauswaschung war sehr differenziert. Düngerechtliche Verstöße wurden nicht festgestellt. Für über diesen Bericht hinausgehende detailliertere Informationen zu den Betrieben und den individuell vorgeschlagenen Maßnahmen wird auf die Teilberichte verwiesen.

---

1. Renger, M (2002): Sicker- und Fließzeiten von Nitrat aus dem Wurzelraum ins Grundwasser, S. 2-20

## 2 Einleitung

### 2.1 Hintergrund und Problemstellung

Die Zustandsbewertung der Grund- und Oberflächenwasserkörper für das Land Brandenburg stuft mehrere Wasserkörper aufgrund Umweltqualitätsnorm- bzw. Schwellenwertüberschreitung für den Nährstoff Nitrat in die Kategorie „schlechter chemischer Zustand“ ein. Eine Reduzierung der landwirtschaftlichen Nitrateinträge ins Grundwasser ist ein wichtiges Ziel, um die Vorgaben der Wasserrahmenrichtlinie nach Artikel 4 zu erreichen.

Dieses Projekt sollte klären, ob und in welcher Art und Weise die derzeitige Bewirtschaftung der landwirtschaftlichen Flächen im Umfeld von Grundwassermessstellen mit stark erhöhten Nitratkonzentrationen eine mögliche Ursache für die Grenzwertüberschreitungen darstellt.

In Brandenburg stehen ca. 1200 Messstellen zum Grundwassermonitoring zu Verfügung. Das EU-Nitratmessnetz beinhaltet 57 Brandenburger Grundwassermessstellen. Untersucht wurden innerhalb dieses Projektes 11 von 15 der Messstellen aus dem EU-Nitratmessnetz, die eine Überschreitung des Schwellenwertes für Nitrat von  $50 \text{ mg l}^{-1}$  aufwiesen. Diese elf Messstellen wurden ausgewählt, da sie überwiegend aus landwirtschaftlich bzw. ackerbaulich genutzten Gebieten angeströmt werden.

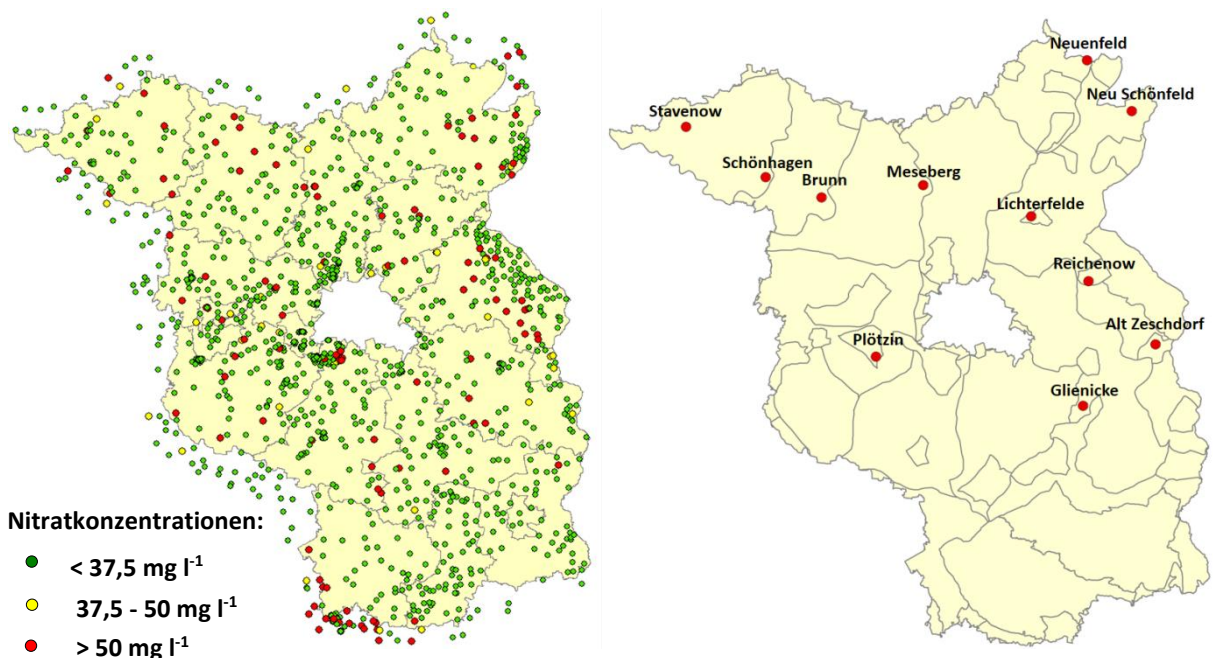


Abbildung 1 Messstellennetz Grundwassermonitoring (links), Messstellen für Untersuchungen innerhalb des Projektes (rechts), Stand 2019

Im Projekt wurden die vom Auftraggeber bereitgestellten hydrogeologischen und hydrochemischen Daten der Untersuchungsgebiete ausgewertet. Die landwirtschaftlichen Bewirtschaftungsdaten für die relevanten Schläge, die Einfluss auf die belasteten Grundwassermessstellen nehmen können, sind flächenscharf erfasst worden. Die Stickstoffsalden dieser Schläge wurden für das Erfassungsjahr 2016 und 6 Jahre rückwirkend berechnet. Es erfolgte eine Bewertung der agronomischen Maßnahmen unter Berücksichtigung der hydrogeologischen Gegebenheiten und möglicher Altlasten innerhalb der Untersuchungsfläche.

## ***2.2 Überblick Stickstoffeinträge ins Grundwasser***

Der weitaus überwiegende Teil des Stickstoffs liegt im Boden als organisch gebundener Stickstoff vor und ist im Humus gebunden. Haupteintragspfade von Nitrat ins Grundwasser sind die mineralische und organische Düngung von landwirtschaftlich genutzten Flächen. Andere potenzielle Nitrat-Quellen sind Abwasserversickerungen (Frachtdansatz:  $11 \text{ g N (Einwohner*d)}^{-1}$ ) und Waldböden, die jedoch quantitativ weniger bedeutend sind, sowie Einträge aus der Atmosphäre. Die N-Deposition beträgt in landwirtschaftlichen Gebieten  $13\text{-}26 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ , in Waldgebieten wegen der dort intensiveren Interzeption  $25\text{-}35 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ .<sup>2</sup>

Bei Kurzumtriebsplantagen (KUP) z. B. mit Robinien beträgt die jährliche biologische N-Fixierung, bezogen auf die Blätter  $30\text{-}59 \text{ kg N ha}^{-1}$ .<sup>3</sup> Der Blattfall trägt aber eher zu einer Anreicherung von Kohlenstoff und Stickstoff und damit zur Humusbildung bei.<sup>4</sup> Das Auswaschungspotenzial von Nährstoffen, vor allem von Nitrat, wird als gering eingeschätzt. Hinzu kommt die intensive und tiefreichende Wurzelbildung der Bäume als auswaschungshemmender Faktor.<sup>5</sup>

Eine N-Auswaschung aus dem Wurzelraum in das Grundwasser erfolgt überwiegend als Nitrat. Die jährliche Nitratauswaschung steht in enger Beziehung zur Grundwasserneubildung sowie zur Denitrifikation. Das Denitrifikationspotenzial ist die Fähigkeit des Bodens, unter anoxischen Bedingungen durch mikrobielle Umsetzungen Nitrat in Luftstickstoff ( $\text{N}_2$ ) mit Anteilen an Lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ) umzusetzen. Die potenzielle Denitrifikation in der Wurzelzone typischer Brandenburger

---

2. Kreuzer (1984) Veränderungen im Chemismus der Sickerwasserlösung bei der Bodenpassage unter dem Einfluss verstärkter Immissionsbelastung. – Umweltbundesamt-Materialien, 1/84: 240–252; Berlin. zitiert in: Hölting, B., Coldewey, W. (2013) Hydrogeologie Einführung in die Allgemeine und Angewandte Hydrogeologie, Springer-Verl. S. 355-356

3. Veste, M. et al. (2013). Biologische Stickstoff-Fixierung der Robinie, AFZ-DerWald 2/2013, S.40-42, [www.forstpraxis.de](http://www.forstpraxis.de)

4. Matos, E et al. (2012): Organic Matter Dynamics in Reclaimed Lignite Mine Soils under Robinia pseudoacacia L. Plantations of Different Ages in Germany, Communications in Soil Science and Plant Analysis, 43:745–755, 2012, <https://doi.org/10.1080/00103624.2012.648354>

5. M. Veste und C. Böhm (Hrsg.) (2018), Agrarholz – Schnellwachsende Bäume in der Landwirtschaft, S.247-253, S.[https://doi.org/10.1007/978-3-662-49931-3\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-662-49931-3_8)



Böden, welche ganzjährig keine Wassersättigung aufweisen, liegen für Böden aus sandigen Lockergesteinen (u. a. Braunerden) bei unter  $10 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  und bei schluffigen bis tonigen Lockergesteinen (u. a. Parabraunerde) bei  $10\text{-}30 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ .<sup>6</sup>

Für einen N-Überschuss von  $50 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  bedeutet dies bereits ein Nitratverlagerungspotenzial ins Grundwasser von  $20\text{-}40 \text{ mg l}^{-1}$  Stickstoff bzw.  $89\text{-}177 \text{ mg l}^{-1}$  Nitrat (bei einer Denitrifikationsrate von  $10\text{-}30 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  und einer Grundwasserneubildung von  $100 \text{ mm a}^{-1}$ ).<sup>7</sup> Die Nitratauswaschung schwankt jedoch durch jahreszeitlich abhängige Mineralisierung, Immobilisierung und Denitrifikation sowie durch die Art und Intensität der Bodennutzung erheblich.

Um landwirtschaftliche Maßnahmen u. a. auf ihre Nitratauswaschung zu bewerten, gibt es verschiedene Modelle (z. B. monica<sup>8</sup>, hermes<sup>9</sup>). Dazu wird der Wasser- und Stickstoffhaushalt unter Berücksichtigung der N-Aufnahme durch die Pflanzen, der Umsetzungsprozesse (Nitrifikation/Denitrifikation) und der Transportprozesse im Boden simuliert. Berücksichtigung finden Klima, Standort, Boden und Bewirtschaftung. Die Modelle berechnen auf der Basis von täglichen Wetterdaten die verschiedenen Prozesse des Stickstoffhaushaltes in der ungesättigten Zone. Dazu sind allerdings neben den täglichen Wetterdaten umfangreiche Daten wie Textur, Lagerungsdichte, C- und N-Gehalte des Bodens, genaue Zeitpunkte und Angaben zu Bodenbearbeitung, Düngemaßnahmen, Saat und Ernte, inkl. Ernteresteverbleib und Zwischenfruchtanbau, notwendig. Diese Modellierung war nicht Gegenstand des Projektes.

Unter mitteleuropäischen Klimabedingungen findet in Ackerböden während der Vegetationsperiode nur selten eine N-Auswaschung statt, z. B. in Sandböden bei sehr hohen Niederschlägen oder auf Beregnungsfeldern. Die Hauptauswaschung erfolgt im Zeitraum von September bis April.<sup>10</sup> Ursachen dafür sind die Nitrat-Restbestände im Wurzelraum zum Erntetermin sowie der im Herbst mineralisierte Stickstoff aus Ernterückständen. Nitrat, welches sich Mitte Oktober noch nahe der Bodenoberfläche befindet, verlagert sich teilweise bereits bis Januar schwerpunktmäßig in über 1 m Tiefe und damit aus dem Wurzelraum. Das zeigen

---

6. Gäth, S., Wohlrab, B. (1995): Standort und nutzungsbezogene Maßnahmen zur Reduzierung der Belastungen des Grundwassers mit Nitrat. Handbuch Bodenschutz, zit. in Regner, M (2002): Sicker- und Fließzeiten von Nitrat aus dem Wurzelraum ins Grundwasser, S. 30

7. Berechnet nach Renger, M (2002): Sicker- und Fließzeiten von Nitrat aus dem Wurzelraum ins Grundwasser, S. 2-20

8. <https://github.com/zalf-rpm/monica/wiki/Description-of-JSON-config-files>

9. Kersebaum, K.C., 1989. Die Simulation der Stickstoff- Dynamik von Ackerböden. Thesis, Hannover University, 141 pp.

10. Scheffer et al. (2002): Lehrbuch der Bodenkunde, Spektrum Verlag, S. 317-320

Berechnungen zur N-Auswaschung und Tiefenverlagerung bei Sandböden für grundwasserferne Standorte unter Winterweizen.<sup>11</sup>

Die Verwertung von gedüngten Stickstoffmengen wird wesentlich durch die Grundnährstoffversorgung der Böden beeinflusst. Das Wachstum von Pflanzen wird durch die im Verhältnis knappste Ressource (limitierender Faktor) eingeschränkt.

Eine verringerte N-Auswaschung kann grundsätzlich durch folgende Maßnahmen bewirkt werden:

- realistische Ertragsziele/ökologisch vertretbare Ertragsangaben
- gezielte N-Düngung – Dosierung und Terminierung jeder N-Düngung nach Pflanzenbedarf
- Nutzung stabilisierter Stickstoffdüngemittel
- Berücksichtigung des Nitratvorrats im Wurzelraum und der N-Nachlieferung durch Mineralisierung
- ausreichende Aufteilung in Teilgaben – insbesondere bei Sandböden und Wasserbilanzüberschüssen
- Anbau von Zwischen- bzw. Winterfrüchten (ausgenommen Leguminosen)
- Einordnung von Kulturen in die Fruchtfolge, die typischerweise geringe Nährstoffüberhänge nach der Ernte aufweisen (z. B. Braugerste)
- teilflächenspezifische N-Düngung
- ausreichende Grundnährstoffversorgung der Böden

Die DüV<sup>12</sup> präzisiert die Anforderungen an die gute fachliche Praxis der Düngung und fordert eine Düngebedarfsermittlung für jeden Schlag aus dem Durchschnitt des Ertragsniveaus der letzten 3 Jahre unter Berücksichtigung von  $N_{\min}$ -Gehalt des Bodens, der N-Nachlieferung aus organischer Düngung des Vorjahres und der Nachlieferung des Bodens sowie aus Vor- und Zwischenfrüchten. Seit 2018 besteht hierzu eine Aufzeichnungspflicht.

Damit müssen bereits wesentliche Punkte zu einer verbesserten Wirksamkeit der N- und P-Düngung und zur Verringerung von Umweltbelastungen umgesetzt werden.

---

11. Duynisveld, et al. (1986): Ermittlung der Nitratverlagerung aus Ackerböden ins Grundwasser mit Hilfe von Simulationsmodellen

12. Düngeverordnung vom 26. Mai 2017 (BGBl. I S. 1305)

### **3 Hydrologische und geologische Charakterisierung der Untersuchungsgebiete**

Einen wesentlichen Einfluss auf die Beschaffenheit des Grundwassers können die geologischen Verhältnisse ausüben. Sie beeinflussen die hydrochemischen Reaktionen (u. a. das Nitratabbaupotenzial) und können in Abhängigkeit von Art, Mächtigkeit und Lagerungsverhältnissen der Sedimentschichten eine Schutzfunktion gegenüber eindringenden (Schad-)Stoffen bieten.

#### ***3.1 Ungesättigte Bodenzone und Grundwasserdynamik***

Der Flurabstand bzw. die Mächtigkeit der ungesättigten Bodenzone spielt eine wichtige Rolle für die Charakterisierung der hydrogeologischen Verhältnisse. Die ungesättigte Bodenzone ist definiert als der Bodenbereich, der oberhalb der Grundwasseroberfläche und des durch Kapillaraufstieg gesättigten Kapillarraumes liegt und nicht dauerhaft wassergesättigt ist. In Gebieten mit einer geringen Mächtigkeit (u.a.  $< 1$  m Grundwasserböden<sup>13</sup>) sind häufig reduzierende Verhältnisse vorherrschend. Größere Mächtigkeiten der ungesättigten Schichten deuten dagegen meist auf ein hohes Verlagerungspotential für Nitrat hin.

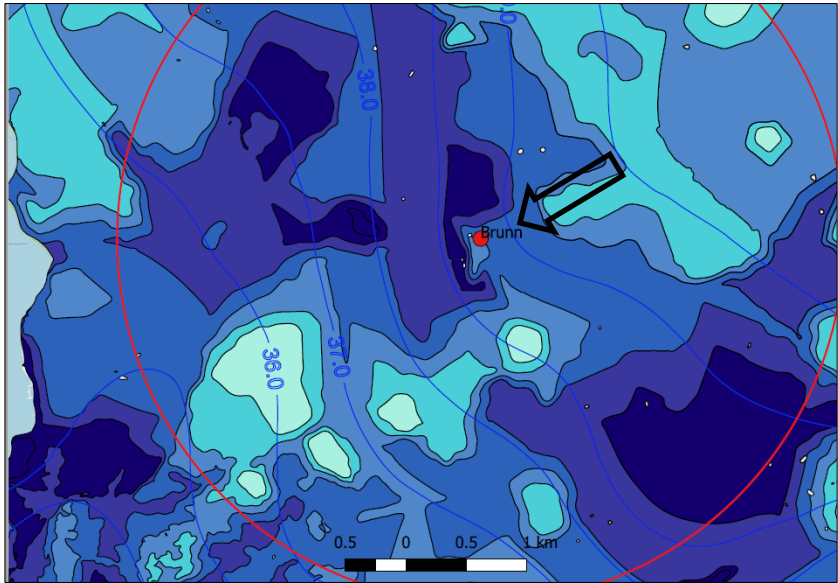
Zur Einschätzung möglicher Belastungsursachen ist die Fließrichtung des Grundwassers von entscheidender Bedeutung. Die Fließrichtung kann mit Hilfe der Grundwasserisohypsen (Linien gleicher Grundwasseroberfläche) bestimmt werden. Das Grundwasser strömt senkrecht zu den Isohypsen in Richtung des niedrigeren Höhenniveaus.

Die messstellenbezogenen Punktdaten (Nitratkonzentration  $> 50$  mg l<sup>-1</sup>) wurden mit Hilfe des Kriging-Interpolationsverfahrens in flächenbezogene Daten regionalisiert (Regionalisierungsflächen).

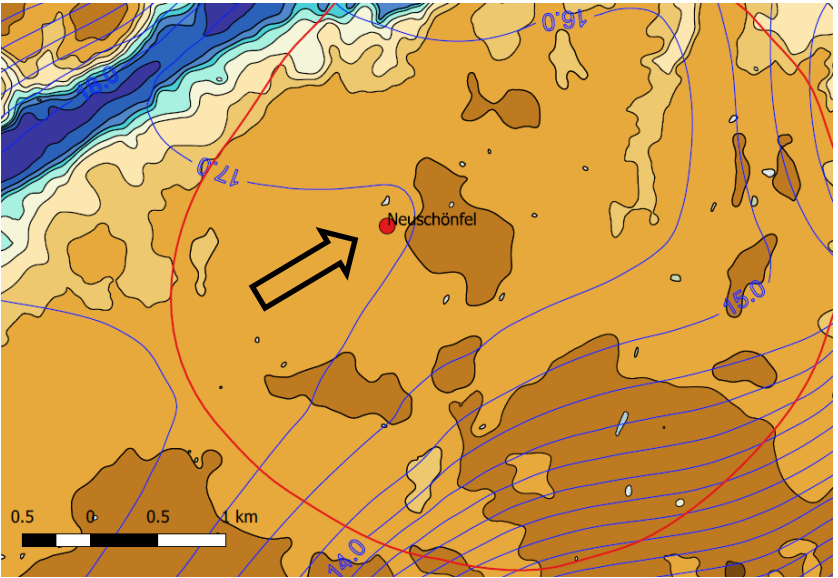
In Abbildung 2 sind beispielhaft für die Standorte an den Messstellen Brunn und Neuschöfeld die Mächtigkeit der ungesättigten Bodenzone sowie die Isohypsen dargestellt. Die Darstellungen für die 9 weiteren Messstellen befinden sich im Anhang.

---

13. Scheffer/Schachtschabel: *Lehrbuch der Bodenkunde*, 17. Aufl., 2018, S. 424



← Anstromrichtung des Grundwassers zur Messstelle



- Nitratmessstelle
  - Regionalisierungsfläche
  - Grundwasserisohypsen
- Mächtigkeit ungesättigte Bodenzone [m]
- 1
  - 2
  - 3
  - 4
  - 5
  - 7.5
  - 10
  - 15
  - 20
  - 30
  - 40

Abbildung 2 Mächtigkeit der ungesättigten Bodenzone, Brunn (oben), Neuschönfeld (unten)

### 3.2 Geologische Verhältnisse

Alle elf Untersuchungsgebiete sind überwiegend weichselkaltzeitlich geprägte Gebiete. Es dominieren die Grundmoränenbildungen aus Geschiebemergel und -lehm sowie Sande aus fluviatilen Ablagerungen. Sande und Kiese der Porengrundwasserleiter bestehen weitgehend aus Quarz und Feldspat. Karbonate, Schichtsilikate, Eisen- und Manganoxide, Eisen(di)sulfide (Pyrit) sowie organisch gebundener Kohlenstoff sind nur untergeordnet vertreten.

Aus Geschiebemergel und Geschiebelehm entstehen in Mitteleuropa meist Braunerden, Lessivés oder verwandte Böden. Sie werden in Mitteleuropa heute als Ackerflächen genutzt.

Ein Überblick über die in den Untersuchungsgebieten vorherrschenden Bodenarten sowie die geologischen und hydrologischen Verhältnissen ist in Tabelle 1 dargestellt.

**Tabelle 1** Überblick über vorherrschende Bodenarten, geologische und hydrologische Verhältnisse in den Untersuchungsgebieten

Messstelle	dominierende Bodentypen im Anstrom der Messstelle <sup>14</sup>	dominierende Bodenarten Oberboden im Anstrom der Messstelle (KA5)	Mächtigkeit ungesättigte Bodenzone im Anstrom der Messstelle [m]	Anstromrichtung des Grundwassers zur Messstelle
Alt Zeschdorf	Braunerden, Fahlerden	feinsandiger Mittelsand, schwach lehmiger Sand	7,5-15	Südwest
Brunn	Fahlerden, Braunerden, Gley-Kolluvisole	feinsandiger Mittelsand, schwach lehmiger Sand	1-5	Nordost
Glienicke	Braunerden, Fahlerden, Podsol	feinsandiger Mittelsand, schwach lehmiger Sand	1-30	Ost
Lichterfelde	Braunerden, Podsol, Gleye	feinsandiger Mittelsand, schwach lehmiger Sand	7,5-30	Nordost
Meseberg	Braunerden	feinsandiger Mittelsand, schwach lehmiger Sand	1-20	Südost
Neuenfeld	Braunerde-Fahlerden, -Parabraunerden	schwach lehmiger Sand	20-50	Ost
Neuschönfeld	Fahlerden, Parabraunerden, Braunerden	feinsandiger Mittelsand, schwach lehmiger Sand	20-40	Südwest
Plötzin	Braunerde-Fahlerden, Fahlerden	schwach lehmiger Sand	11-15*	unbestimmt
Reichenow	Fahlerden, Braunerden	feinsandiger Mittelsand, schwach lehmiger Sand	1-20	West
Schönhagen	Fahlerden, Braunerden, podsolige Braunerden	feinsandiger Mittelsand, schwach lehmiger Sand	5-30	Ost
Stavenow	Braunerden, Fahlerden	feinsandiger Mittelsand, schwach lehmiger Sand	3-10	Ost

\*ermittelt aus den Schichtenverzeichnissen der Messstellen und der Direct-Push-Zusatzmessstellen

14. <http://www.geo.brandenburg.de/lbgr/bergbau>, Zugriff: 11.12.2017

## 4 Hydrogeologische und hydrochemische Verhältnisse der Grundwassermessstellen

Im Grundwasserleiter erfolgt der Nitratabbau durch Reaktion mit den reduktiven Verbindungen der Sedimente bis zu einem Sauerstoffgehalt von  $5 \text{ mg l}^{-1}$ .<sup>15</sup> Man unterscheidet den organotrophen und den lithotropen Nitratabbau. Ersterer wird durch eine durch Mikroorganismen katalysierte Reaktion mit abbaubaren organischen Kohlenstoffverbindungen hervorgerufen. Letzterer ist durch die Reaktion mit reduzierten Schwefelverbindungen (z. B. Pyrit bzw. Eisen(di)sulfide) bedingt. Aufgrund der geologisch bedingten geringen Anteile an Eisensulfiden und organisch gebundenem Kohlenstoff in den ungesättigten Bodenzonen und den grundwasserleitenden Schichten kann von geringen Nitratabbaupotenzialen im Anstrom aller elf Messstellen ausgegangen werden.

Das Grundwasser an 3 Messstellen weist mittlere Sauerstoffkonzentrationen unter  $5 \text{ mg l}^{-1}$  auf (siehe Tabelle 2). Das Umfeld der Messstelle Brunn mit ihrem relativ geringen Flurabstand von 1-5 m und den sehr geringen Sauerstoffkonzentrationen von durchschnittlich  $0,2 \text{ mg l}^{-1}$  deutet auf ein höheres Nitratabbaupotenzial. Bisher ist jedoch nur eine grobe Abschätzung der potenziellen Denitrifikation anhand von Standorteigenschaften möglich. Gäth<sup>16</sup> gibt ein Denitrifikationspotenzial von  $< 10 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  bei gut durchlüfteten Böden für Feinsand (u. a. Braunerden und Podsol) bzw.  $10\text{-}30 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  für schluffige bis tonige Lockergesteine (u. a. Fahlerden) an, wenn ganzjährig keine Wassersättigung vorliegt. Ein sehr hohes Denitrifikationspotenzial mit potenziellen Denitrifikationsraten von  $> 150 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  tritt demnach bei Böden mit ganzjährig flachen Grundwasserständen und Böden mit hohem Anteil an fossilem Kohlenstoff oder reduzierten Schwefelverbindungen auf.

Die Verlagerungstiefe und Aufenthaltsdauer von Nitrat in der ungesättigten Bodenzone ist von der Höhe der Tiefenversickerung bzw. Grundwasserneubildung und dem Wassergehalt bei Feldkapazität (Wasserspeichervermögen) abhängig. Renger<sup>17</sup> ermittelte den Wassergehalt bei Feldkapazität in Abhängigkeit von der Bodennutzung, der Bodenart, der effektiven Lagerungsdichte, dem Ausgangsgestein und dem Humusgehalt. Mit Hilfe dieser Werte wurden die Verlagerungstiefe und die Aufenthaltsdauer des Nitrats für die elf Untersuchungsgebiete berechnet.

---

15. Hölting, B; Coldewey, W. 2013: Hydrogeologie: Einführung in die Allgemeine und Angewandte Hydrogeologie, Spektrum Akademischer Verlag: Heidelberg; S.185

16. Gäth, S., Antony, F., Becker, K.-W., Geries, H., Höper, H., Kersebaum, C., Nieder, R. (1999): Bewertung der standörtlichen Denitrifikationsleistung und N-Vorratsänderung von Böden und Bodennutzungssystemen. *Mitteil.d. Deutschen Bodenkundl. Gesellsch.* 91, 1213-1216; zit. in: Renger, M (2002): Sicker- und Fließzeiten von Nitrat aus dem Wurzelraum ins Grundwasser, S. 30

17. Renger, M (2002): Sicker- und Fließzeiten von Nitrat aus dem Wurzelraum ins Grundwasser, S. 2-20

$$\text{Verlagerungstiefe} \left[ \frac{m}{a} \right] = \frac{\text{Grundwasserneubildungsrate} \left[ \frac{mm}{a} \right]}{\text{Wassergehalt bei Feldkapazität} \left[ \frac{mm}{m} \right]} \quad \text{Formel 1}$$

$$\text{Aufenthaltsdauer des Nitrats} [a] = \frac{\text{Mächtigkeit der ungesättigten Bodenzone} [m]}{\text{Verlagerungstiefe} \left[ \frac{m}{a} \right]} \quad \text{Formel 2}$$

$$\text{Verlagerungspotenzial} \left[ \frac{mg \text{ NO}_3}{l} \right] = 4,4 * \frac{\text{N-Saldo} \left[ \frac{kg \text{ N}}{ha * a} \right] - \text{Denitrifikationspotenzial} \left[ \frac{kg \text{ N}}{ha * a} \right]}{\text{Tiefensickerwasserrate} \left[ \frac{mm}{a} \right] * 0,01} \quad \text{Formel 3}$$

mit  $1 \text{ mg l}^{-1} \text{ N} = 4,4 \text{ mg l}^{-1} \text{ NO}_3^-$ .

## 4.1 Hydrogeologie der Messstellen

Die Messstellen sind als Einfachmessstelle im ersten Grundwasserleiter mit 2 m langem Filter ausgebaut. Eine Ausnahme bildet die Messstelle Glienicke, welche mit einem 4 m langen Filter ausgestattet ist.

Grundwasserleiter gelten als unbedeckt, wenn zwischen Geländeoberfläche und Grundwasserspiegel nur durchlässige Schichten auftreten. Der Geschütztheitsgrad ist hierbei gering. Bei quasi bedeckten Grundwasserleitern treten bindige Schichten bis zu einer Gesamtmächtigkeit von > 5 bis 10 m auf.<sup>18</sup> Der Geschütztheitsgrad ist hier mittel. Bedeckte Grundwasserleiter verfügen über bindige Schichten mit einer Gesamtmächtigkeit von > 10 m. Der Geschütztheitsgrad gilt als gut. Die Auswertung der Schichtenverzeichnisse ergaben an neun von elf Messstellen unbedeckte Grundwasserleiter. Nur an den Messstellen Glienicke und Neuschönfeld ist ein quasi bedeckter Grundwasserleiter zu finden. Zusatzmessstellen im Untersuchungsgebiet Glienicke zeigten jedoch in ihren Schichtenaufbauten einen unbedeckten Grundwasserleiter. Die Schichtenaufbaupläne aller elf Nitratmessstellen befinden sich im Anhang 2.

Sandige Substrate dominieren an allen Messstellen den Schichtenaufbau der Grundwassermessstelle. Daraus ergibt sich eine mögliche sehr schnelle Verlagerung von

18. Grundwasserressourcen Mecklenburg-Vorpommern 2014, Erläuterung zur Karte, Grundwasserressourcen [https://www.lung.mv-regierung.de/insite/cms/publikation/publikation\\_download/publikation\\_download\\_geologie/pd\\_geo\\_gw\\_hydro.htm](https://www.lung.mv-regierung.de/insite/cms/publikation/publikation_download/publikation_download_geologie/pd_geo_gw_hydro.htm)

wasserlöslichen Stoffen wie Nitrat aus der pflanzenverfügbaren Bodenzone (Wurzelraum) in tiefere Bodenschichten. An einigen Messstellen befinden sich Schichten von Geschiebelehm und/oder Geschiebemergel. Diese Schichten sind jedoch nur bei Wassersättigung als Geringleiter einzustufen. In der ungesättigten Bodenzone kann es insbesondere bei Trockenheit zu Schrumpfungsrissen in den Mergelschichten kommen, in denen das Sickerwasser rasch in tiefere Bodenschichten abgeführt wird. Diese Schichten stellen somit keinen hydraulischen Schutz gegenüber eindringenden Schadstoffen dar, und eine mögliche Stoffverlagerung durch die sandigen Sedimente ist gegeben. Eine Berechnung der Verlagerungstiefe, der Nitrataufenthaltsdauer und des Verlagerungspotenzials unter Einbeziehung des Denitrifikationspotenzials erfolgte für die in den Schichtenaufbauplänen gelisteten Daten und der mittleren Grundwasserneubildungsraten (1991-2015) an den jeweiligen Messstellen (Tabelle 2) nach Renger<sup>19</sup>.

---

19. Renger, M (2002): Sicker- und Fließzeiten von Nitrat aus dem Wurzelraum ins Grundwasser, S. 2-20



**Tabelle 2** Überblick der geologischen und hydrologischen Verhältnisse der Messstellen (u. a. Zusammenfassung und Auswertung der Schichtenverzeichnisse, s. Anh.2)

Messstelle	dominierende Bodenarten der ungesättigte Zone (KA5)	Bedeckung Grundwasserleiter	Filteroberkante	Grundwasserstand	Grundwasser-neubildungsrate	Nitrat-Verlagerungstiefe	Nitrat-Aufenthaltsdauer in ungesättigter Bodenzone	Mittlerer Sauerstoffgehalt des Grundwassers (2010-2018)	Denitrifikationspotenzial	Nitratverlagerungspotenzial bei 50 kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>
			[m unter GOK]	[m unter GOK]	[mm a <sup>-1</sup> ]	[m a <sup>-1</sup> ]	[a]	[mg l <sup>-1</sup> ]	[kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	[mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> l <sup>-1</sup> ]
Alt Zeschdorf	feinsandiger Mittelsand	unbedeckt	11,3	10,7	133	1,0	10	10,1 ± 0,8	<10	133-166
Brunn	feinsandiger Mittelsand, schwach lehmiger Sand	unbedeckt	9,1	3,7	154	0,8	5	0,2 ± 0,6	10-30	58-115
Glienicke	feinsandiger Mittelsand, schwach lehmiger Sand	quasi bedeckt	14,0	18,9	163	1,0	13	4,6 ± 0,6	10-30	54-109
Lichterfelde	feinsandiger Mittelsand, Grobsand, Kies	unbedeckt	5,7	6,9	161	2,0	4	3,9 ± 1,5	<10	110-138
Meseberg	feinsandiger Mittelsand, schwach lehmiger Sand	unbedeckt	16,2	14,6	141	0,9	16	8,2 ± 0,6	10-30	63-126
Neuenfeld	feinsandiger Mittelsand, schwach lehmiger Sand	unbedeckt	30,3	36,7	129	0,7	49	7,1 ± 0,9	10-30	69-137
Neuschönfeld	feinsandiger Mittelsand, schwach lehmiger Sand	quasi bedeckt	20,0	18,7	123	0,7	28	8,7 ± 0,6	10-30	72-144
Plötzin	feinsandiger Mittelsand, schwach lehmiger Sand	unbedeckt	15,1	14,6	142	0,8	18	7,8 ± 1,8	10-30	62-125
Reichenow	feinsandiger Mittelsand, schwach lehmiger Sand	unbedeckt	15,0	12,9	156	0,8	16	10,3 ± 0,3	10-30	57-114
Schönhagen	feinsandiger Mittelsand	unbedeckt	13,0	9,5	161	1,9	5	7,1 ± 0,6	<10	109-137
Stavenow	feinsandiger Mittelsand	unbedeckt	4,5	3,7	178	1,4	3	7,2 ± 0,5	<10	100-124

± Standardabweichung

## 4.2 Hydrochemie

Zur Bewertung des anthropogenen Einflusses auf die Stoffkonzentrationen im Grundwasser wird die erweiterte Methodik nach Jahnke<sup>20</sup> mit den Indikatorparametern Nitrat, Kalium, Chlorid, Bor und Ammonium verwendet. Regional wurden unter Bezugnahme auf Jahnke für Grundwasser Prüfwerte für verschiedene Parameter in Brandenburg festgelegt (LUGV<sup>21</sup>) (siehe Tabelle 3). Konzentrationen, die diese Prüfwerte überschreiten, werden als auffällig bewertet.

**Tabelle 3** Prüfwerte für Grundwasser in Brandenburg nach LUGV<sup>6</sup>

Parameter	Einheit	Prüfwert
Elektrische Leitfähigkeit (25°C) (LF <sub>el</sub> )	µs cm <sup>-1</sup>	800,0
Ammonium	mg l <sup>-1</sup>	0,5
Bor	µg l <sup>-1</sup>	150,0
Chlorid	mg l <sup>-1</sup>	50,0
Kalium	mg l <sup>-1</sup>	7,0
Nitrat	mg l <sup>-1</sup>	2,0
Ortho-Phosphat (PO <sub>4</sub> )	mg l <sup>-1</sup>	0,3
Sulfat	mg l <sup>-1</sup>	130,0

Die Grundwassermessstellen werden zweimal jährlich beprobt. Die Analysenwerte umfassen die Nährstoffkonzentrationen, u.a. Ammonium, Nitrat, Sulfat, Ortho-Phosphat und Kalium, sowie Parameter zur Abschätzung einer möglichen Denitrifikation, u.a. Sauerstoffgehalt und Redoxspannung.

Die statistische Auswertung bzw. die Untersuchung der Zusammenhänge zwischen dem Nitratgehalt und den Parametern der Grundwasserbeschaffenheit und den Grundwasserständen ist in Tabelle 4 dargestellt und erfolgte durch Korrelationsprüfung nach Pearson mit IBM SPSS Statistics 20 ( $r$  = Korrelationskoeffizient,  $\alpha$  = Signifikanzniveau).

---

20. Jahnke, C. (2011): Genetische Interpretation erhöhter Ammoniumkonzentrationen zur Überprüfung der Grundwassergüte und der Analyse anthropogener und geogener Einflüsse in den Grundwasserkörpern Oderbruch, Prenzlau, Schwedt und Schlepzig. Erarbeitet im Auftrag des LUGV, Abschlussbericht (unveröffentlicht), zit. n. LfU Brandenburg (2016): Bericht zur Grundwasserbeschaffenheit im Land Brandenburg für den Zeitraum 2006 bis 2012

21. LUGV (2015) zit. n. LfU Brandenburg (2016): Bericht zur Grundwasserbeschaffenheit im Land Brandenb. für den Zeitraum 2006 bis 2012, S. 32

**Tabelle 4** Übersicht der auffälligen Prüfparameter an den Messstellen

Messstelle	Auffällige Prüfparameter					Nitratkonzentration			Beziehung zur Nitratkonzentration - Korrelationskoeffizient (r)
						Minimum	Maximum	langjähriger Trend	
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	LF <sub>el</sub>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	K <sup>+</sup>	B	[mg l <sup>-1</sup> ]			
Alt Zeschdorf	x	x	x			90	385	↘ **	0,60 (Sulfat)
Brunn	x	x	x			1	111	→ ↘ (ab 2010)*	
Glienicke	x		x	x		40	158	→ ↘ (ab 2011)**	
Lichterfelde	x	x	x			72	217	↘ **	0,47 (Sulfat)
Meseberg	x	x	x			60	336	↘ **	
Neuenfeld	x	x	x			26	100	↗* ↘ (ab 2008)*	0,85 (Sulfat)
Neuschönfeld	x	x	x			79	159	→	
Plötzin	x	x	x		x	27	96	→	0,34 (Sulfat)
Reichenow	x	x	x			79	228	↗*	-0,37 (Sulfat)
Schönhagen	x			x		69	260	↘ **	0,30 (Kalium)
Stavenow	x			x		35	182	→	

Signifikanzniveau \*  $\alpha = 0,05$ ; \*\*  $\alpha = 0,01$

Die Ergebnisse der langjährigen Untersuchungen der Grundwasserbeschaffenheit zeigten an den Messstellen Lichterfelde, Meseberg und Schönhagen einen abnehmenden Trend der Nitratkonzentration. Die Messstellen Neuenfeld und Reichenow zeigten einen Anstieg der Nitratkonzentrationen, während bei den Messstellen Brunn, Glienicke, Neuschönfeld, Plötzin und Stavenow kein langjähriger Trend nachweisbar war.

Bei einem Grundwasserleiter mit fehlendem Abbaupotenzial steigen oder sinken neben den Nitratkonzentrationen häufig auch die Sulfatkonzentrationen, da Sulfat ebenso über Düngemittel eingetragen wird. Diese Korrelation wurde an den Messstellen Alt Zeschdorf, Lichterfelde, Neuenfeld und Plötzin festgestellt.

### 4.2.1 Hydrochemie Alt Zeschdorf

Die Nitratkonzentration des Grundwassers an der Messstelle Alt Zeschdorf sank im Untersuchungszeitraum von 1999 bis 2018 hoch signifikant ( $\alpha = 0,01$ ) (Abbildung 3).

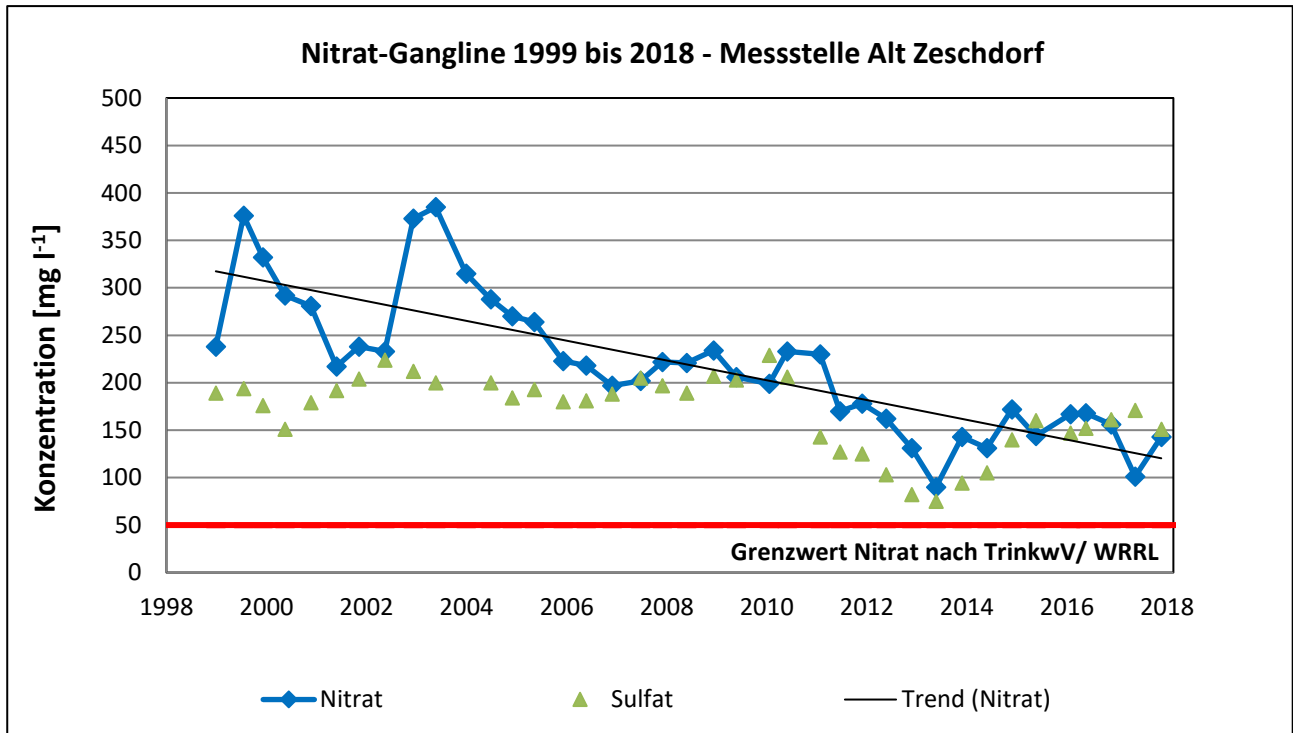


Abbildung 3 Zeitlicher Verlauf der Nitrat- und Sulfatkonzentration an der Grundwassermessstelle Alt Zeschdorf

Zu Beginn des Untersuchungszeitraums zeigten die Nitratmessungen Werte bis zu 385 mg l<sup>-1</sup>. Die geringste Nitratkonzentration von 90 mg l<sup>-1</sup> wurde 2014 beobachtet.

Die Nitratkonzentration korrelierte mit der Sulfatkonzentration ( $r = 0,60$ ). Die Sauerstoffkonzentrationen im Grundwasser lagen mit  $10,2 (\pm 0,8)$  mg l<sup>-1</sup> über dem Grenzwert einer Nitratreduktion von 5 mg l<sup>-1</sup> (nicht dargestellt).

## 4.2.2 Hydrochemie Brunn

Die Nitratkonzentration des Grundwassers an der Messstelle Brunn unterlag im Untersuchungszeitraum von 2001 bis 2018 Schwankungen (Abbildung 4).

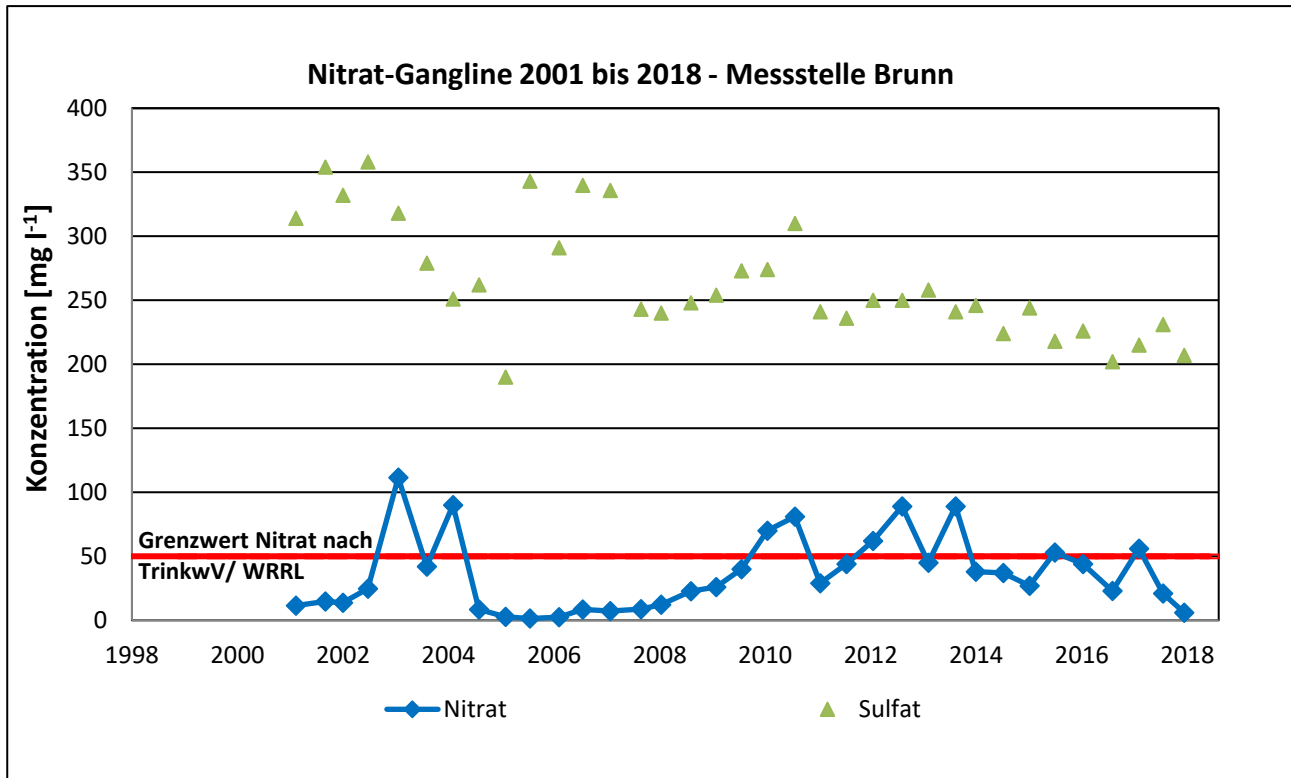


Abbildung 4 Zeitlicher Verlauf der Nitrat- und Sulfatkonzentration an der Grundwassermessstelle Brunn

Zu Beginn des Untersuchungszeitraumes bis einschließlich Herbst 2009 waren Nitratkonzentrationen unter  $30 \text{ mg l}^{-1}$  zu finden, mit drei Ausnahmen zwischen Herbst 2003 und Herbst 2004. Ab 2008 stieg die Nitratkonzentration und ab 2010 kam es regelmäßig zu Überschreitungen des Nitratgrenzwertes von  $50 \text{ mg l}^{-1}$ . Die höchsten Nitratkonzentrationen wurden im Frühjahr 2013 und 2014 mit je  $89 \text{ mg l}^{-1}$  gemessen. In den Jahren 2010 bis 2018 sank die Nitratkonzentration signifikant ( $\alpha = 0,05$ ).

Die Konzentration von Sulfat sank im Untersuchungszeitraum hoch signifikant ( $\alpha = 0,01$ ). Diese ist mit über  $200 \text{ mg l}^{-1}$  aber dennoch als sehr hoch einzuschätzen. Dieser hohe Wert könnte auf Einträge aus Düngemitteln oder auf Denitrifikationsprozesse zurückzuführen sein.

Der geringe Grundwasserabstand und die sehr geringen Sauerstoffkonzentrationen von im Mittel  $0,2 \text{ mg l}^{-1}$  (Tabelle 2) weisen hier auf einen potenziellen Nitratabbau hin.

### 4.2.3 Hydrochemie Glienicke

Die Nitratkonzentrationen des Grundwassers der Messstelle Glienicke unterlagen starken Schwankungen. Die höchste Nitratkonzentration wurde 2012 mit 158 mg l<sup>-1</sup> gemessen (Abbildung 5).

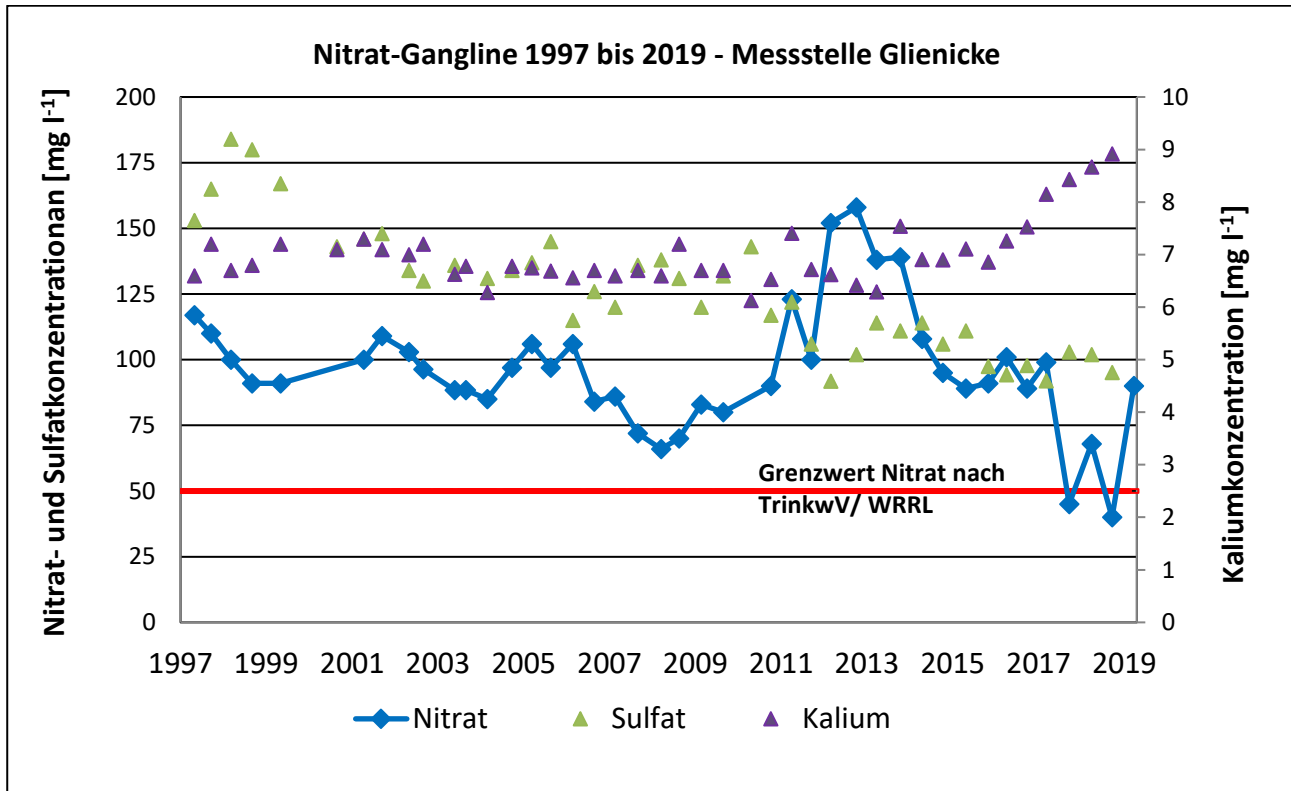


Abbildung 5 Zeitlicher Verlauf der Nitrat- und Sulfat- und Kaliumkonzentration an der Grundwassermessstelle Glienicke

Im Zeitraum 2011 bis 2018 sank die Nitratkonzentration jedoch hoch signifikant auf bis zu 40 mg l<sup>-1</sup> im Herbst 2018 ( $\alpha = 0,01$ ). Auffällig sind des Weiteren hohe Kaliumkonzentrationen im Mittel von 7,20 ( $\pm 0,8$ ) mg l<sup>-1</sup>, sowie eine hoch signifikante Verringerung der Sulfatkonzentration ( $\alpha = 0,01$ ). Die Sulfatkonzentration ist seit dem Jahr 2010 als nicht mehr auffällig zu bewerten.

Die Sauerstoffkonzentrationen liegen im mittleren Bereich von 4,6 mg l<sup>-1</sup> und seit 2017 über 5 mg l<sup>-1</sup>. Denitrifikationsprozesse treten bis zu einem Sauerstoffgehalt von etwa 5 mg l<sup>-1</sup> auf.

#### 4.2.4 Hydrochemie Lichterfelde

Die Nitrat- und Sulfatkonzentrationen des Grundwassers an der Messstelle Lichterfelde sanken im Untersuchungszeitraum von 1994 bis 2018 hoch signifikant ( $\alpha = 0,01$ ) (Abbildung 6).

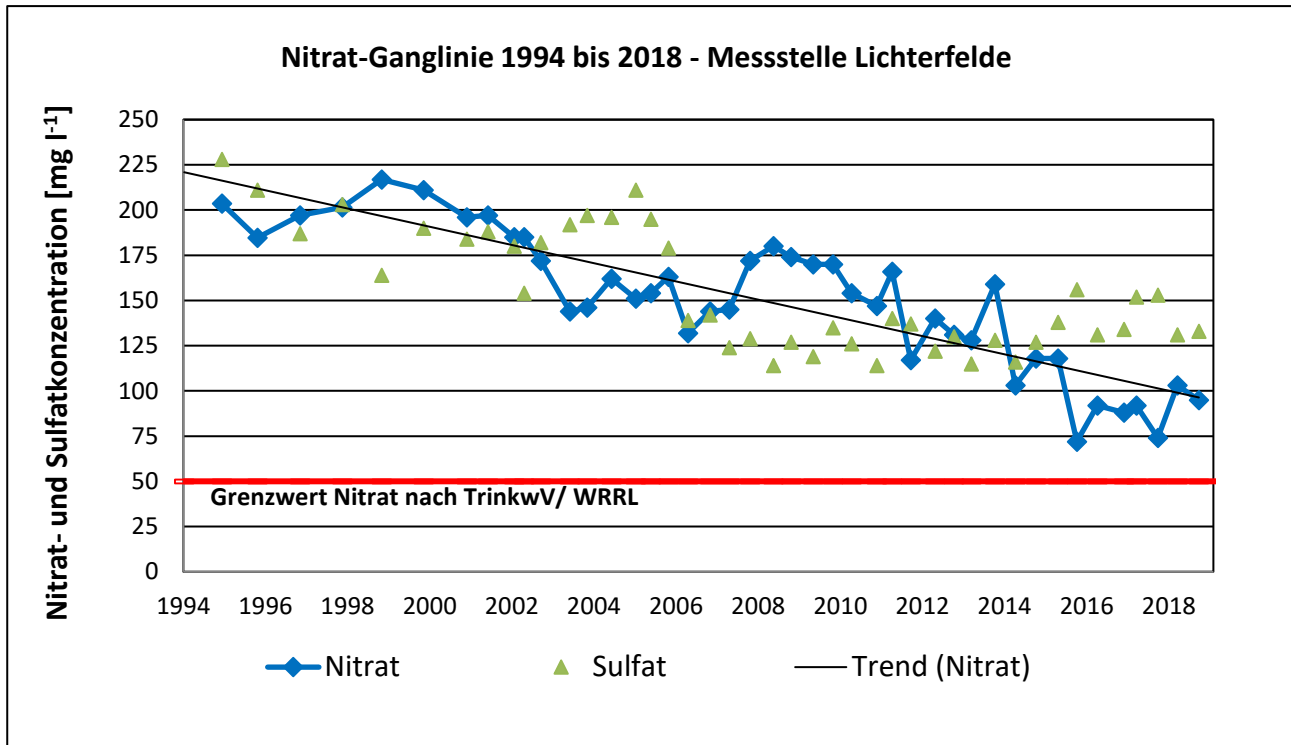


Abbildung 6 Zeitlicher Verlauf der Nitrat- und Sulfatkonzentration an der Grundwassermessstelle Lichterfelde

Zu Beginn des Untersuchungszeitraumes betragen die Nitratgehalte z. T. über  $200 \text{ mg l}^{-1}$ . Die geringsten Nitratkonzentrationen von  $72 \text{ mg l}^{-1}$  und  $74 \text{ mg l}^{-1}$  wurden in den Jahren 2015 und 2017 beobachtet. Die Nitratkonzentrationen lagen 2018 mit  $103$  bzw.  $95 \text{ mg l}^{-1}$  bei ca. dem doppelten des Grenzwertes. Die Nitratkonzentration korreliert mit der Sulfatkonzentration ( $r = 0,47$ ) und mit der Kaliumkonzentration ( $r = 0,63$ ). Die Kaliumkonzentration ist mit Werten unter  $7 \text{ mg l}^{-1}$  im Gegensatz zur Nitrat- und zur Sulfatkonzentration allerdings als nicht auffällig zu bewerten.

Die Sauerstoffkonzentrationen liegen bei  $3,9 (\pm 1,5) \text{ mg l}^{-1}$ .

### 4.2.5 Hydrochemie Meseberg

Die Nitratkonzentration des Grundwassers an der Messstelle Meseberg unterlag starken Schwankungen, sank jedoch im Untersuchungszeitraum von 1998 bis 2018 insgesamt hoch signifikant ( $\alpha = 0,01$ ). Die höchste Nitratkonzentration mit  $336 \text{ mg l}^{-1}$  wurde 2006, die geringste mit  $60 \text{ mg l}^{-1}$  2018 gemessen (Abbildung 7).

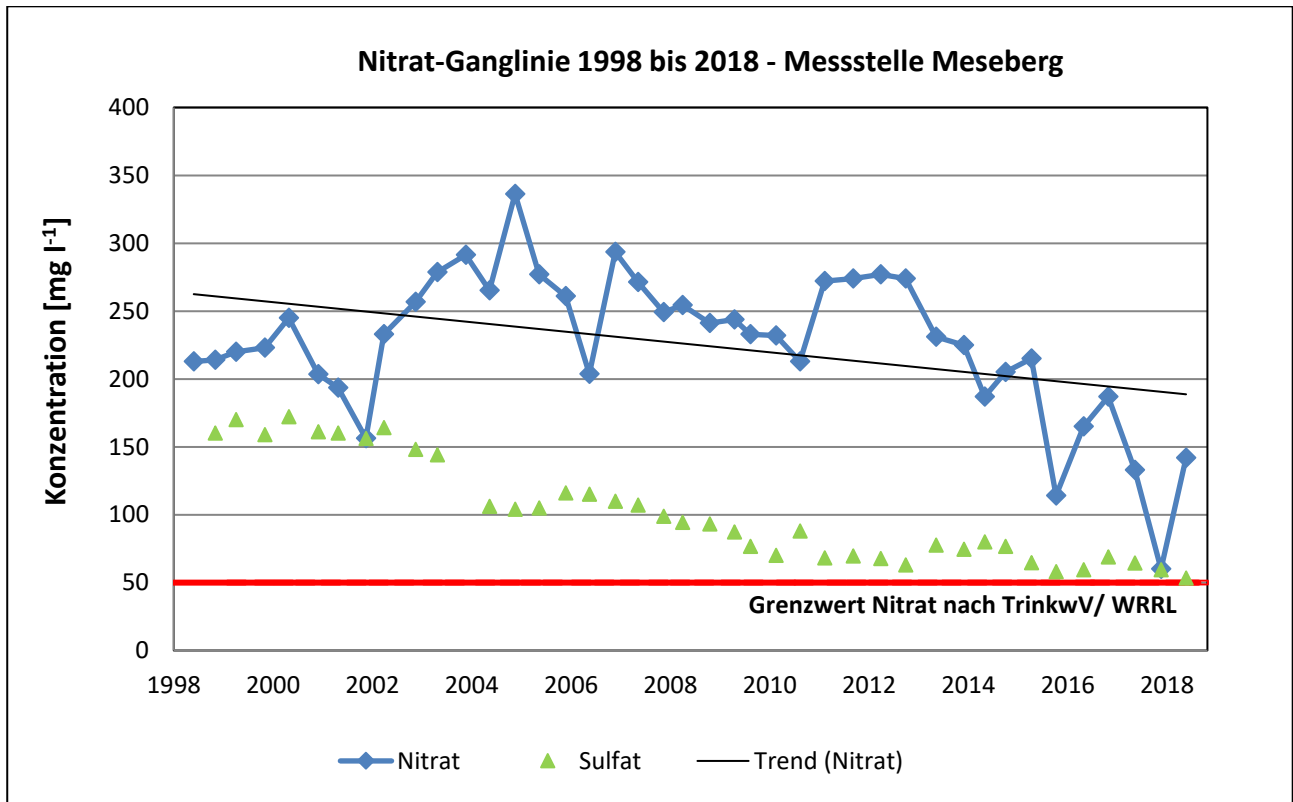


Abbildung 7 Zeitlicher Verlauf der Nitrat- und Sulfatkonzentration an der Grundwassermessstelle Meseberg

Des Weiteren war eine hoch signifikante Verringerung der Konzentration an Sulfat zu beobachten ( $\alpha = 0,01$ ). Die Sulfatkonzentrationen sind jedoch seit 2005 als nicht auffällig zu bewerten.



## 4.2.6 Hydrochemie Neuenfeld

Die Nitratkonzentration des Grundwassers an der Messstelle Neuenfeld stieg im gesamten Untersuchungszeitraum von 1998 bis 2018 signifikant ( $\alpha = 0,05$ ) (Abbildung 8).

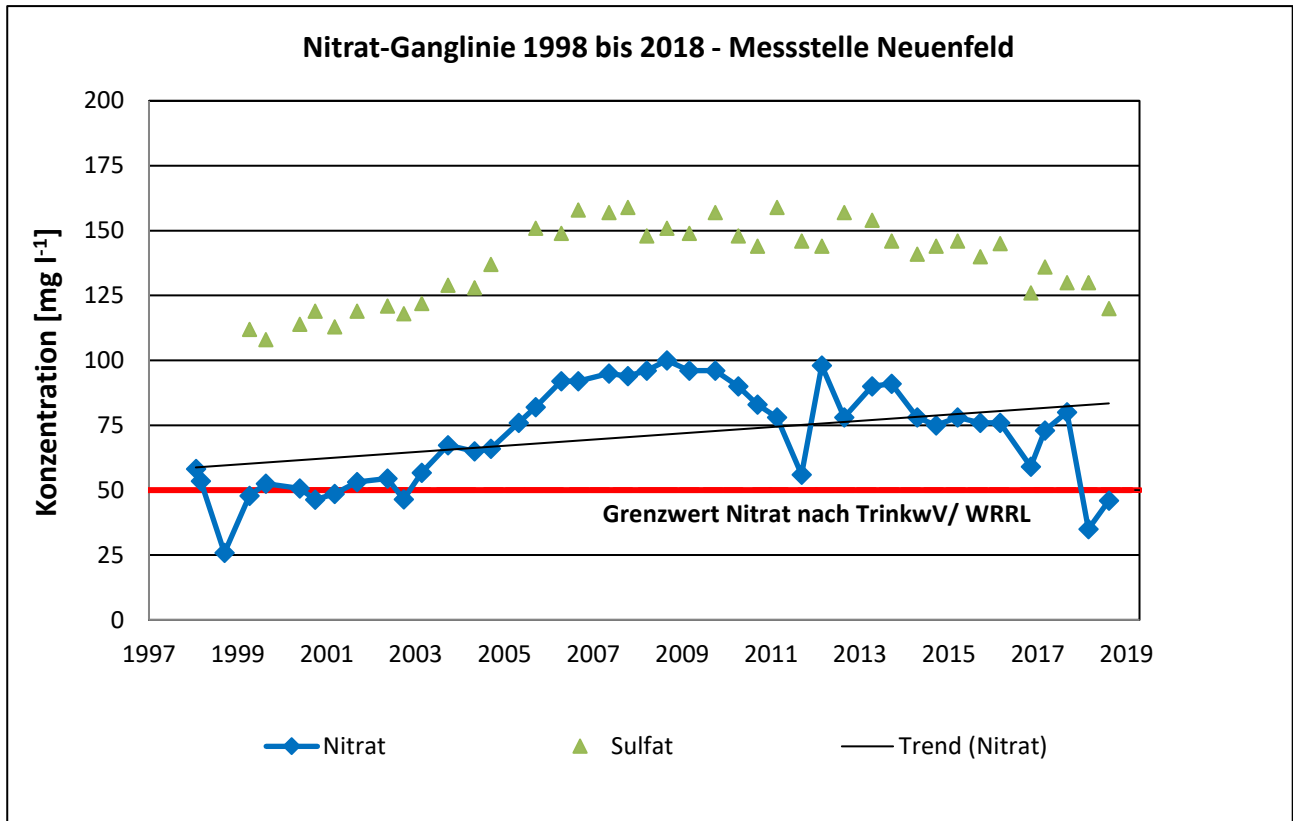


Abbildung 8 Zeitlicher Verlauf der Nitrat- und Sulfatkonzentration an der Grundwassermessstelle Neuenfeld

Die höchste Nitratkonzentration von 100 mg l<sup>-1</sup> wurde im Herbst 2008 gemessen. Für den Untersuchungszeitraum von 2008-2018 ist jedoch eine signifikante Abnahme ( $\alpha = 0,05$ ) der Nitratkonzentration auf bis zu 35 mg l<sup>-1</sup> im Frühjahr 2018 festzustellen.

Die Sulfatkonzentration ist als auffällig zu bewerten und korreliert mit der Nitratkonzentration ( $r = 0,85$ ). Bei sinkenden Nitratkonzentrationen sinken auch die Sulfatkonzentrationen.

### 4.2.7 Hydrochemie Neuschönfeld

Die Nitratkonzentration des Grundwassers an der Messstelle Neuschönfeld unterlag im Untersuchungszeitraum von 1997 bis 2018 Schwankungen. Ein langjähriger Trend ist nicht nachweisbar (Abbildung 9).

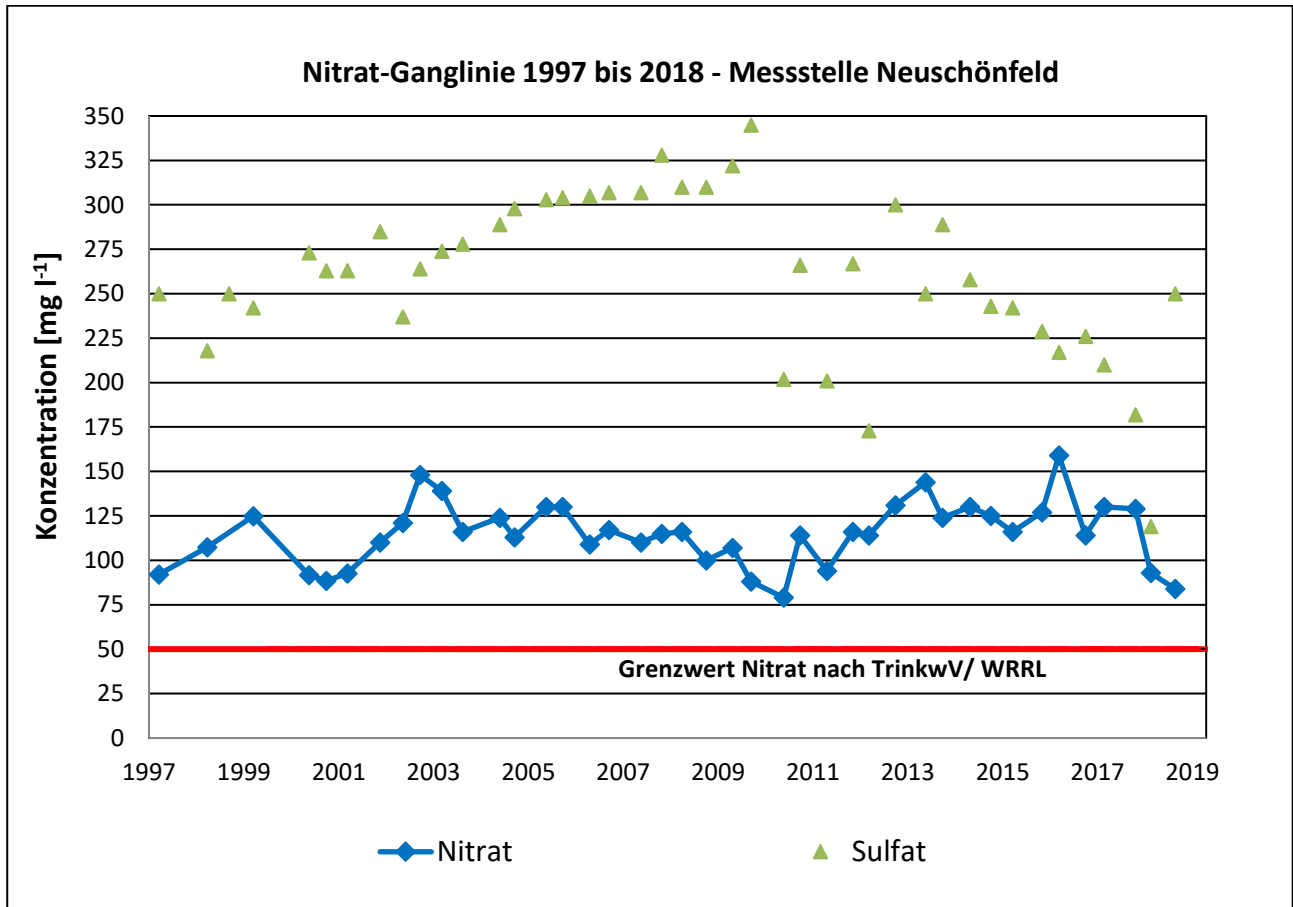


Abbildung 9 Zeitlicher Verlauf der Nitrat- und Sulfatkonzentration n an der Grundwassermessstelle Neuschönfeld

Die höchste Nitratkonzentration ( $159 \text{ mg l}^{-1}$ ) wurde 2016 und die niedrigste Nitratkonzentration ( $79 \text{ mg l}^{-1}$ ) wurde 2010 gemessen. Die Sulfatkonzentration sank im Untersuchungszeitraum signifikant ( $\alpha = 0,05$ ), ist aber als auffällig zu bewerten.

## 4.2.8 Hydrochemie Plötzin

Die Nitratkonzentration des Grundwassers der Messstelle Plötzin unterlag Schwankungen. Sie lag im Untersuchungszeitraum im Mittel bei  $60 \text{ mg l}^{-1}$  und damit über dem Grenzwert. Die höchste Nitratkonzentration wurde 2001 mit  $96 \text{ mg l}^{-1}$  gemessen (Abbildung 10).

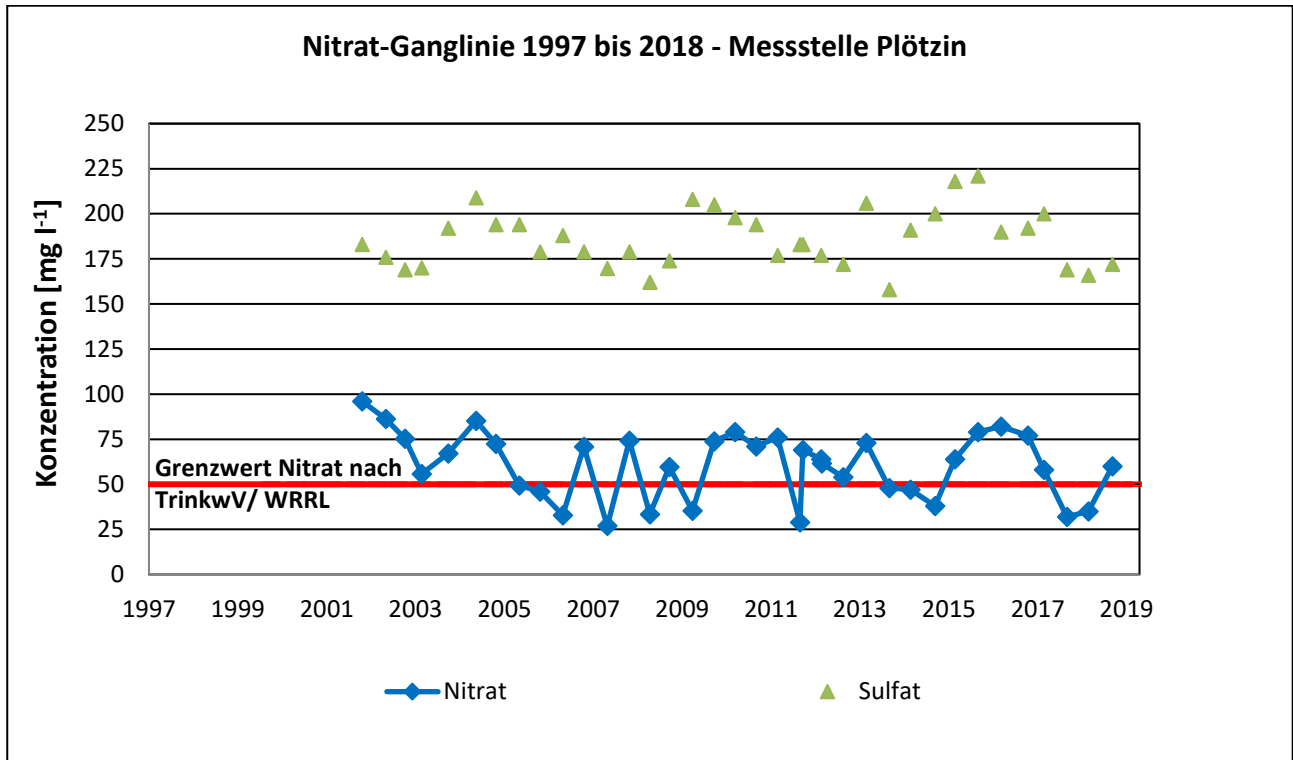


Abbildung 10 Zeitlicher Verlauf der Nitrat- und Sulfatkonzentration an der Grundwassermessstelle Plötzin

Die Veränderungen der Nitratkonzentration im zeitlichen Verlauf sind nicht signifikant. Auffällig sind des Weiteren hohe Sulfatkonzentrationen. Diese korrelieren mit den Nitratkonzentrationen ( $r = 0,34$ ).

## 4.2.9 Hydrochemie Reichenow

Die Nitratkonzentration des Grundwassers an der Messstelle Reichenow stieg im Untersuchungszeitraum von 1999 bis 2018 signifikant ( $\alpha = 0,05$ ). Die Messstelle zeigt über dem Grenzwert liegende Nitratkonzentrationen, die am Beginn des Untersuchungszeitraums annähernd  $150 \text{ mg l}^{-1}$  betragen (Abbildung 11).

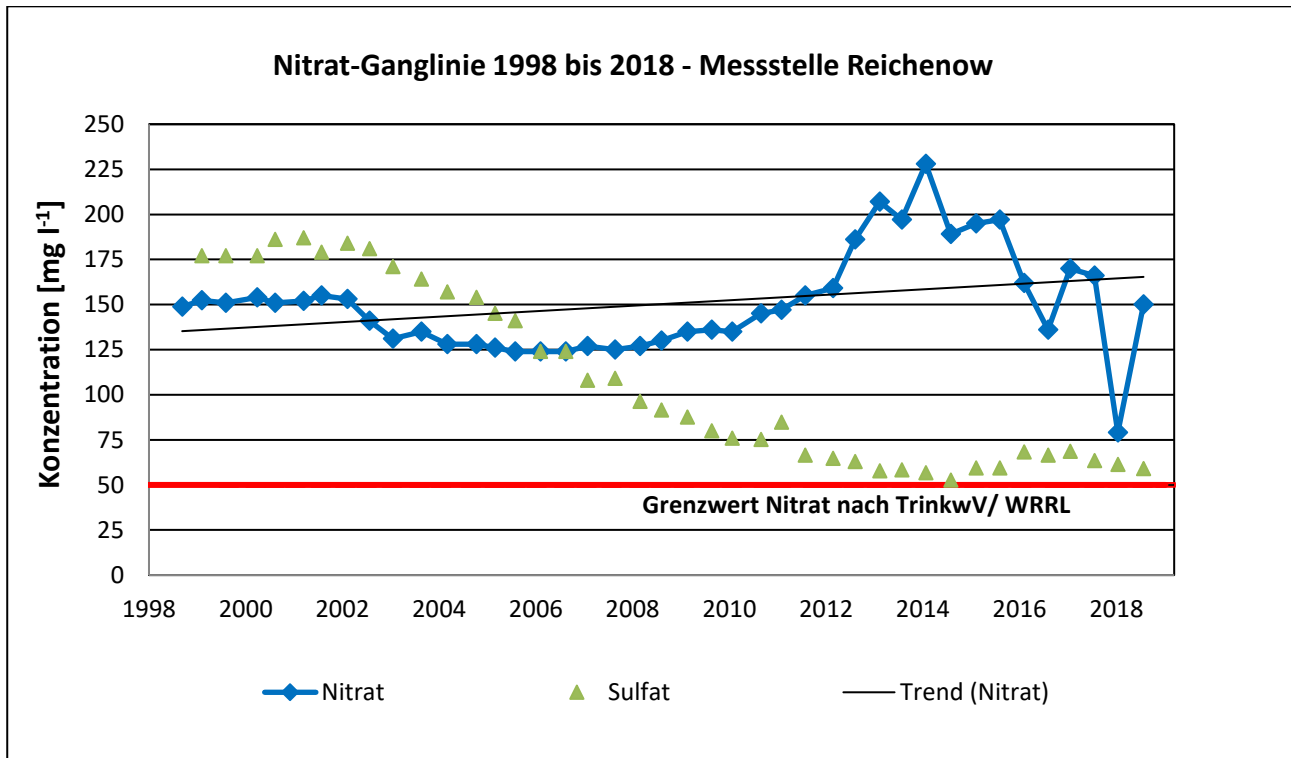


Abbildung 11 Zeitlicher Verlauf der Nitrat- und Sulfatkonzentration an der Grundwassermessstelle Reichenow

Nach einer Verringerung auf  $125 \text{ mg l}^{-1}$  ist seit 2008 wieder ein Anstieg der Nitratkonzentrationen auf bis zu  $228 \text{ mg l}^{-1}$  im Jahr 2014 zu beobachten. Im Herbst 2018 lag die Nitratkonzentration bei  $150 \text{ mg l}^{-1}$ .

Offensichtlich ist des Weiteren die signifikante Verringerung der Sulfatkonzentration ( $\alpha = 0,01$ ). Die Sulfatkonzentration ist seit 2006 als nicht mehr auffällig zu bewerten.

Die Nitratkonzentration korreliert mit der Sulfatkonzentration ( $r = -0,37$ ). Bei steigender Nitratkonzentration sinkt die Sulfatkonzentration. Das könnte auf eine Verringerung bzw. einen Verbrauch des Denitrifikationspotenzial hindeuten. Allerdings sind im Grundwasser an der Messstelle sehr hohe Sauerstoffgehalte im Mittel von  $10,3 \text{ mg l}^{-1}$  zu finden. Denitrifikationsprozesse treten bis zu einen Sauerstoffgehalt von etwa  $5 \text{ mg l}^{-1}$  auf.

## 4.2.10 Hydrochemie Schönhagen

Die Nitratkonzentrationen des Grundwassers an der Messstelle Schönhagen sanken im Untersuchungszeitraum von 1995 bis 2018 hoch signifikant ( $\alpha = 0,01$ ).

Zu Beginn des Untersuchungszeitraumes betragen die Nitratkonzentrationen bis zu  $160 \text{ mg l}^{-1}$  (Abbildung 12).

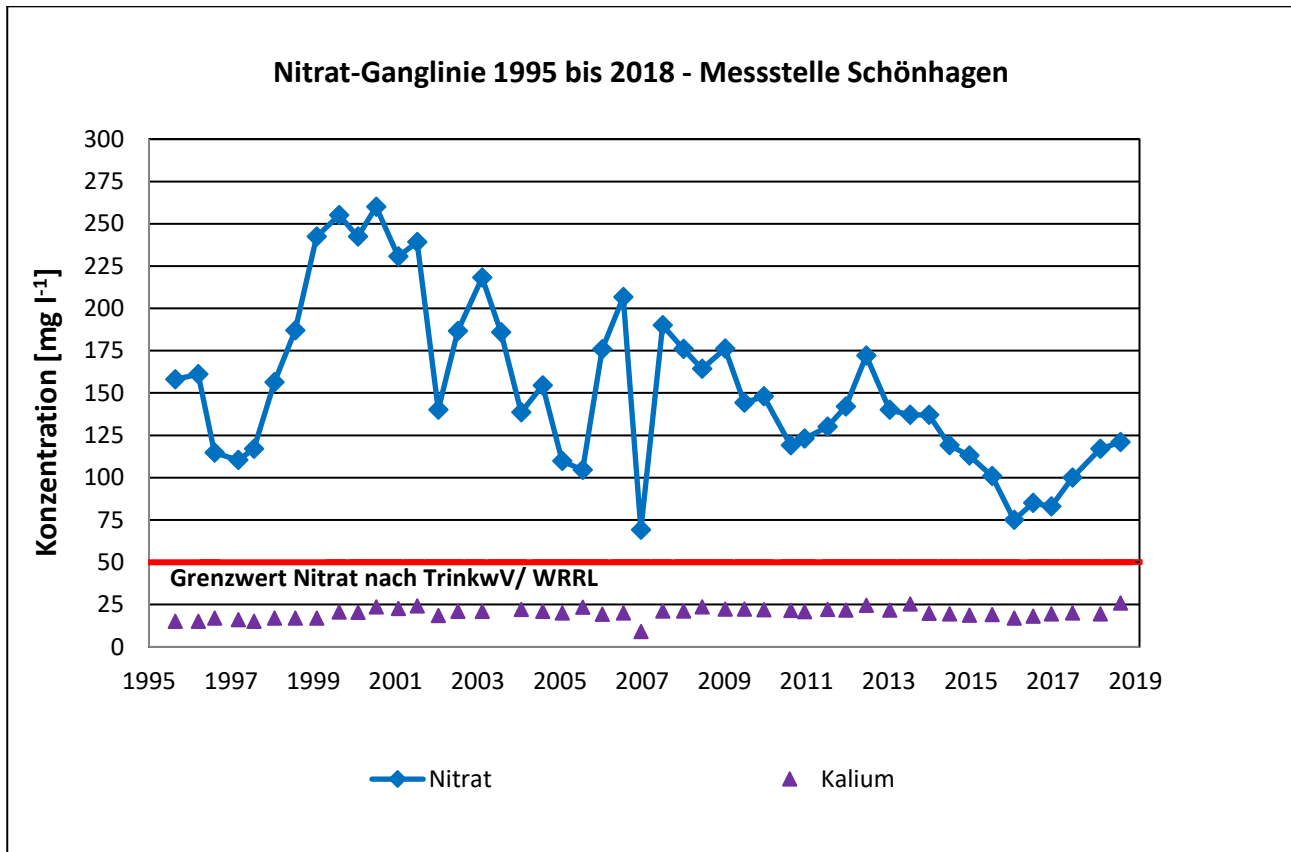


Abbildung 12 Zeitlicher Verlauf der Nitrat- und Kaliumkonzentration an der Grundwassermessstelle Schönhagen

Die höchste Nitratkonzentration von  $260 \text{ mg l}^{-1}$  wurde im Jahr 2000 beobachtet. Bis 2016 verringerte sich der Nitratgehalt auf im Herbst gemessene  $75 \text{ mg l}^{-1}$ . Seitdem steigt der Nitratgehalt wieder an.

Auffällig sind zudem die hohen Kaliumkonzentrationen mit durchschnittlich  $20 \text{ mg l}^{-1}$ . Die Nitratkonzentration korreliert mit der Kaliumkonzentration ( $r = 0,30$ ) sowie mit der Sulfatkonzentration ( $r = 0,32$ ) (nicht grafisch dargestellt). Die Sulfatkonzentrationen sind mit im Mittel  $64 \text{ mg l}^{-1}$  im Gegensatz zu den Kaliumkonzentrationen nicht auffällig. Hohe Kaliumgehalte sind in der Prignitz allerdings häufig zu finden, da vor 1990 Abwasser aus den Kartoffelstärkefabriken verregnet wurde und dieses auch heute noch ausgebracht wird.

### 4.2.11 Hydrochemie Stavenow

Zu Beginn des Untersuchungszeitraumes waren Nitratkonzentrationen von bis zu 182 mg l<sup>-1</sup> im Jahr 1999 zu finden. Die Nitratkonzentration unterlag bis zum Jahr 2007 starken Schwankungen mit sinkender Tendenz, teilweise mit Werten unter 50 mg l<sup>-1</sup> (Abbildung 13).

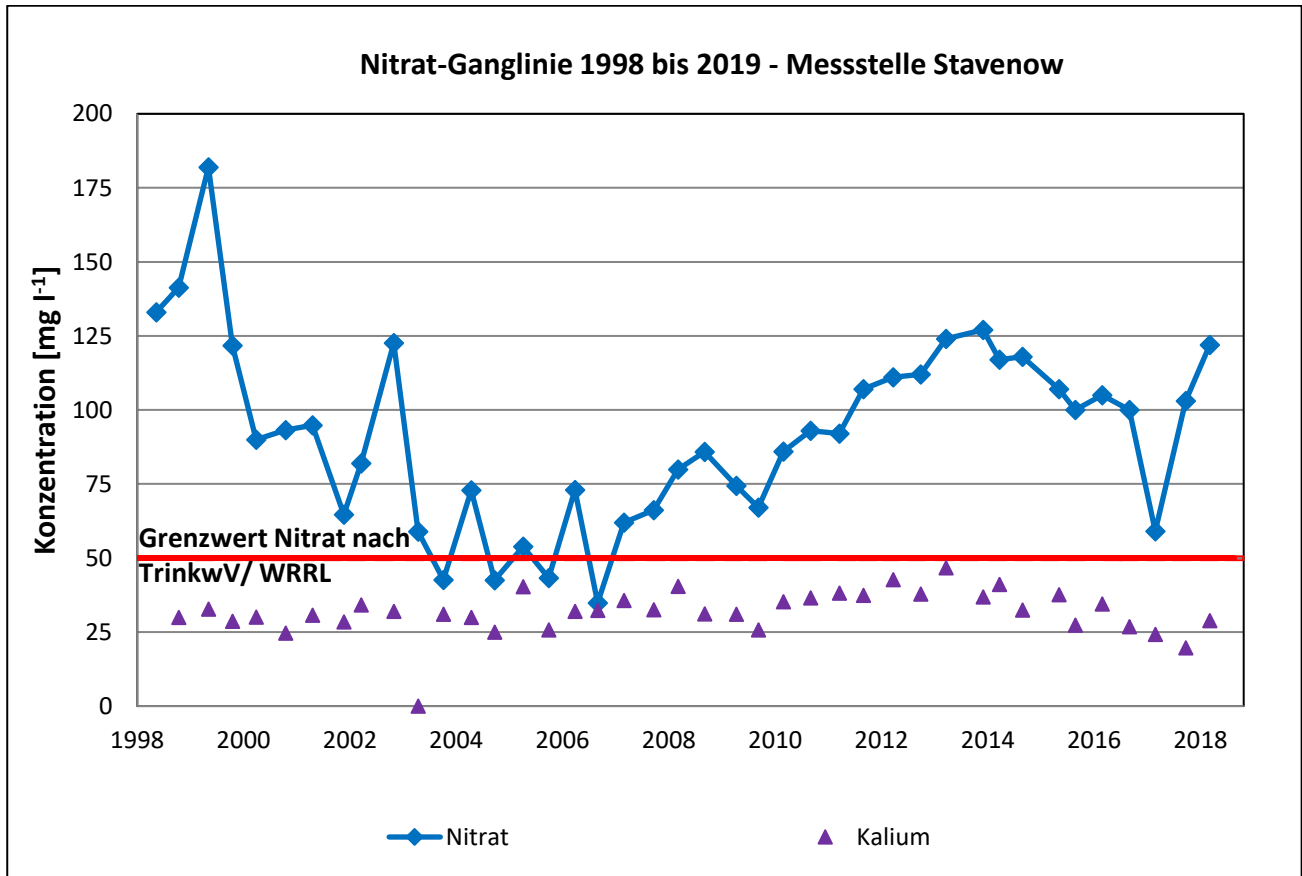


Abbildung 13 Zeitlicher Verlauf der Nitrat- und Kaliumkonzentration an der Grundwassermessstelle Stavenow

Die geringste Nitratkonzentration mit 35 mg l<sup>-1</sup> wurde 2007 gemessen. Im Untersuchungszeitraum ab 2008 lagen alle Nitratkonzentrationen über dem Grenzwert von 50 mg l<sup>-1</sup>. Die Kaliumkonzentration ist mit Werten von > 25 mg l<sup>-1</sup> als extrem auffällig zu bewerten. Hohe Kaliumgehalte sind in der Prignitz allerdings häufig zu finden (vgl. Kap. 4.2.10). Die Sulfatkonzentration sank hoch signifikant ( $\alpha = 0,01$ ), ist aber mit Werten von 20-47 mg l<sup>-1</sup> nicht auffällig (nicht grafisch dargestellt).

## 5 Eingrenzung des Untersuchungsgebietes und Auftaktveranstaltungen

Zur Abgrenzung der Untersuchungsgebiete wurden die Daten der Regionalisierungsflächen, welche die messstellenbezogenen Punktdaten mit Hilfe geostatistischer Methoden in flächenbezogenen Daten „regionalisieren“, ausgewertet. Infolgedessen wurden vom Auftraggeber Daten der Agrarantragsstellung 2017 aller Schläge im 3 km-Radius um die jeweilige Messstelle (erste grobe Abschätzung bzw. Maximalgröße der Untersuchungsgebiete) zur Verfügung gestellt.

Da die Zielstellung des Projekts die Erfassung und Bewertung der landwirtschaftlichen Bewirtschaftungsdaten und des Düngemanagements war, wurden im ersten Schritt alle nicht landwirtschaftlich genutzten Flächen abgegrenzt. Danach erfolgte die weitere Eingrenzung unter Beachtung topographischer und hydrogeologischer Gegebenheiten, u. a. Fließrichtung und Fließgeschwindigkeit des Grundwassers. Verwendet wurden topographische Karten, Luftbilder, Grundwassergleichenpläne, Bodenarten und die vom Auftraggeber erarbeiteten Steckbriefe der Messstellen. Im letzten Schritt wurden Flächen ausgegrenzt, die in Naturschutz- oder FFH-Gebieten liegen, da hier eine Düngung nicht oder nur in stark reduziertem Umfang möglich ist.

Im Januar und Februar 2018 fanden die Auftaktveranstaltungen mit betroffenen Landwirten, Vertretern der Landkreise, der Bauernverbände, des LELF, des LfU und der LAB-Agrarberatung GmbH statt. Dabei wurden die Projektziele erörtert und die notwendigen Datenbereitstellungen durch die Landwirte diskutiert. Des Weiteren wurden die Problematik und Ausweisungsmethodik der Belastungsgebiete erläutert sowie über die zu erfassenden Bewirtschaftungsdaten informiert. Die Aufbewahrungspflicht von Aufzeichnungen nach § 10 DüV<sup>22</sup> beträgt 7 Jahre. Daher wurde eine rückwirkende Erfassung für diesen Zeitraum festgelegt und der Erfassungsbogen vorgestellt. Termine zur Datenerfassung wurden in den Folgetagen mit den einzelnen Landwirtschaftsbetrieben vereinbart. Die Unterstützung durch die Landkreise wurde zugesagt. Es bestand außerdem die Möglichkeit, einzelne Gespräche mit den verantwortlichen Personen der Landwirtschaftsbetriebe zu führen.

---

22. Düngeverordnung vom 26. Mai 2017 (BGBl. I S. 1305)

## **6 Topographie der Untersuchungsgebiete, Altlasten und Verdachtsflächen**

Während der Auftaktveranstaltungen und der im April 2018 stattgefundenen Vor-Ort-Termine wurden von den behördlichen Vertretern der Landkreise und den ansässigen Landwirten jeweils Hinweise auf Altlasten und Verdachtsflächen für das Umfeld der Messstellen gegeben, welche zusammen mit den im Altlastenkataster eingetragenen Flächen geprüft wurden. Möglicherweise relevante Altlasten und Verdachtsflächen sowie die zu untersuchenden Schläge wurden für die jeweilige Messstelle in eine topographische Karte (Abschn. 6.3) eingearbeitet. Im Rahmen der Gebietsanalyse wurden Altlasten und Verdachtsflächen für Nitratausträge identifiziert. Sie waren der Anlass, zusätzliche temporäre Grundwassermessstellen in einigen Untersuchungsgebieten anzulegen und auszuwerten.

### ***6.1 Bestehende Messstellen der Umgebung und Direct-Push Untersuchungen***

Bei den Messstellen Alt Zeschdorf, Glienicke, Lichterfelde, Meseberg, Neuschönfeld, Plötzin wurden durch Zusatzmessstellen zusätzliche Grundwasserbeprobungen der Standorte vorgenommen. Dazu wurden einerseits stationäre Grundwassermessstellen anderer Monitoring-Messnetze beprobt (Lichterfelde, Meseberg, Neuschönfeld, Stavenow). Bei fünf Messstellen (Alt Zeschdorf, Glienicke, Meseberg, und Plötzin) wurden zudem temporäre Grundwassermessstellen mit dem Direct-Push-Verfahren angelegt. Beim Direct-Push-Verfahren wird einmalig gebohrt (Rammkernsondierung). Die Möglichkeit der Direct-Push-Bohrung war nicht bei allen Messstellen gegeben. Grundwasserabstand bzw. Bohrungstiefe und Gesamtanzahl an möglichen Bohrungenverhinderten teilweise die Beprobungen. Die Interpretation dieser zusätzlichen Grundwasseranalysen führte dabei zu der in Tabelle 5 aufgeführten Bewertung. Der Einfluss von identifizierten Altlasten bzw. Verdachtsflächen auf den Nitratgehalt des Grundwassers an der jeweiligen Messstelle findet sich hier wieder.



**Tabelle 5 Übersicht Zusatzmessstellen und Direct-Push-Bohrungen**

Nitrat-messstelle	Altlast/ Verdachtsfläche	Altlasten/ Verdachtsflächen als Ursache für erhöhte Nitratbelastung an GWM	Weitere GWM im Gebiet	Direct Push Bohrungen	GW- Entnahme- tiefe unter GOK [m]	Nitratkonz- entration [mg l <sup>-1</sup> ]	Lage der Zusatzmessstellen/ der Direct-Push-Bohrungen
Alt Zeschdorf	Ehemaliger Agrarflugplatz	nicht bestätigt		1	9-11	127-222	Im Zustrom zur Nitratmessstelle direkt am / aus Richtung des ehemaligen Agrarflugplatzes
	Ehemalige Fäkal- verklappung bis 1994	nicht bestätigt		1	16-19	94-102	Im Zustrom zur Nitratmessstelle aus Richtung der ehemaligen Fäkalverklappung
				1	11-16	77-237	Im Zustrom zur Nitratmessstelle außerhalb des Einflussgebietes des ehemaligen Agrarflugplatzes und der Fäkalverklappung
Glienicke	Übergelaufener Silosickersaftbehälter	nicht bestätigt		1	10-15	1-60	Im Zustrom zur Nitratmessstelle / aus Richtung des Silos / außerhalb des Einflussgebietes der ehem. Fäkalverklappung
	Ehemalige Fäkalverklappung	nicht bestätigt		1	8-10	18-21	Im Zustrom zur Nitratmessstelle /angrenzend an Silo / außerhalb Einflussgebietes der ehemaligen Fäkalverklappung
				1	10-12	4-51	Im Zustrom zur Nitratmessstelle / außerhalb des Einflussgebietes des Silos und der ehem. Fäkalverklappung
Lichterfelde	Güllehochlastfläche/ Güllelagunen	bestätigt	3		24-29	5-77	Auf dem Gelände der ehemaligen Güllelagunen / nicht im Zustrom der Nitratmessstelle
			2		2-6	0-78	Im Abstrom der Nitratmessstelle
Meseberg	Ehemaliges Erdsilo bis 1987	nicht bestätigt	1		13-15	86-99	Zustrom aus Richtung des ehemaligen Erdsilos
				1	10-15	18-190	Im Zustrom zur Nitratmessstelle /außerhalb Einflussgebietes des ehemaligen Erdsilos
				1	8-13	119-158	Im Zustrom zur Nitratmessstelle /außerhalb Einflussgebiet des ehemaligen Erdsilos

Nitrat-messstelle	Altlast/ Verdachtsfläche	Altlasten/ Verdachtsflächen als Ursache für erhöhte Nitratbelastung an GWM	Weitere GWM im Gebiet	Direct Push Bohrungen	GW- Entnahme- tiefe unter GOK [m]	Nitratkonz- entration [mg/l <sup>-1</sup> ]	Lage der Zusatzmessstellen/ der Direct-Push-Bohrungen
Neu- schönfeld	Niedermoor- entwässerung	Nicht bestätigt	2		18 24	< 1,2	Niedermoorentwässerungsgebiet, nördlich der Nitratmessstelle, kein Zustrom zur Messtelle
	Niedermoor- entwässerung	Nicht bestätigt	1		3,5	27-33	Niedermoorentwässerungsgebiet, südlich im Abstrom der Nitratmessstelle
	Agrochemisches Zentrum bis 1990	Nicht ermittelbar	1		51	< 1,4	Im Zustrom aus Richtung des ehem. agrochemischen Zentrums
Plötzin	Ehem. Fäkalverwert- ungsanlage bis 1995	Nicht ausgeschlossen		1	14-19	13-48	Zwischen ehemaliger Fäkalverwertungsanlage und Nitratmessstelle / Zustrom unklar
	Kompostwerk	Nicht ermittelbar		1	14-19	1-45	Zustrom unklar
Stavenow	Dezentrale Abwasserentsorgung	Nicht bestätigt		1	4-9	0-129	Im Zustrom zur Nitratmessstelle außerhalb des Einflussgebietes der Ortschaft bzw. der dezentralen Abwasserentsorgung
				1	4-9	0-131	Im Zustrom zur Nitratmessstelle außerhalb des Einflussgebietes der Ortschaft bzw. der dezentralen Abwasserentsorgung
			1		5	2-8	Im Zustrom zur Nitratmessstelle, im Wald, außerhalb des Einflussgebietes der untersuchten landwirtschaftlichen Flächen

GWM-Grundwassermessstelle, GOK-Geländeoberkante

## 6.2 Direct-Push Untersuchungen an der Messstelle Stavenow

Exemplarisch werden hier die Untersuchung und die Ergebnisse des Direct-Push-Verfahrens des Untersuchungsgebietes Stavenow dargestellt. Beim Direct-Push-Verfahren ist die Erfassung der vertikalen Nitratverteilung möglich. Die Untersuchungen wurden vom LfU initiiert und ausgewertet. Ziel der Zusatzuntersuchungen war es einschätzen zu können, ob die dezentralen (häuslichen) Abwasseranlagen einen Einfluss auf den gemessenen Nitratgehalt an der Grundwassermessstelle haben. Im Mai/Juni 2019 erfolgten im Untersuchungsgebiet an zwei Messstellen jeweils fünf Grundwasserprobenahmen in unterschiedlichen Tiefen im Abstand von 1 m (Beprobungsraum: Grundwasserstand bis 5 m unter dem Grundwasserstand; Beprobungsrichtung: von unten nach oben).

Ebenfalls wurde eine stationäre Messstelle im Wald beprobt. In Abbildung 14 sind die Messstellen und Ergebnisse der Untersuchungen und in Abbildung 15 die dazugehörigen Schichtenverzeichnisse der Direct-Push-Untersuchungen dargestellt.

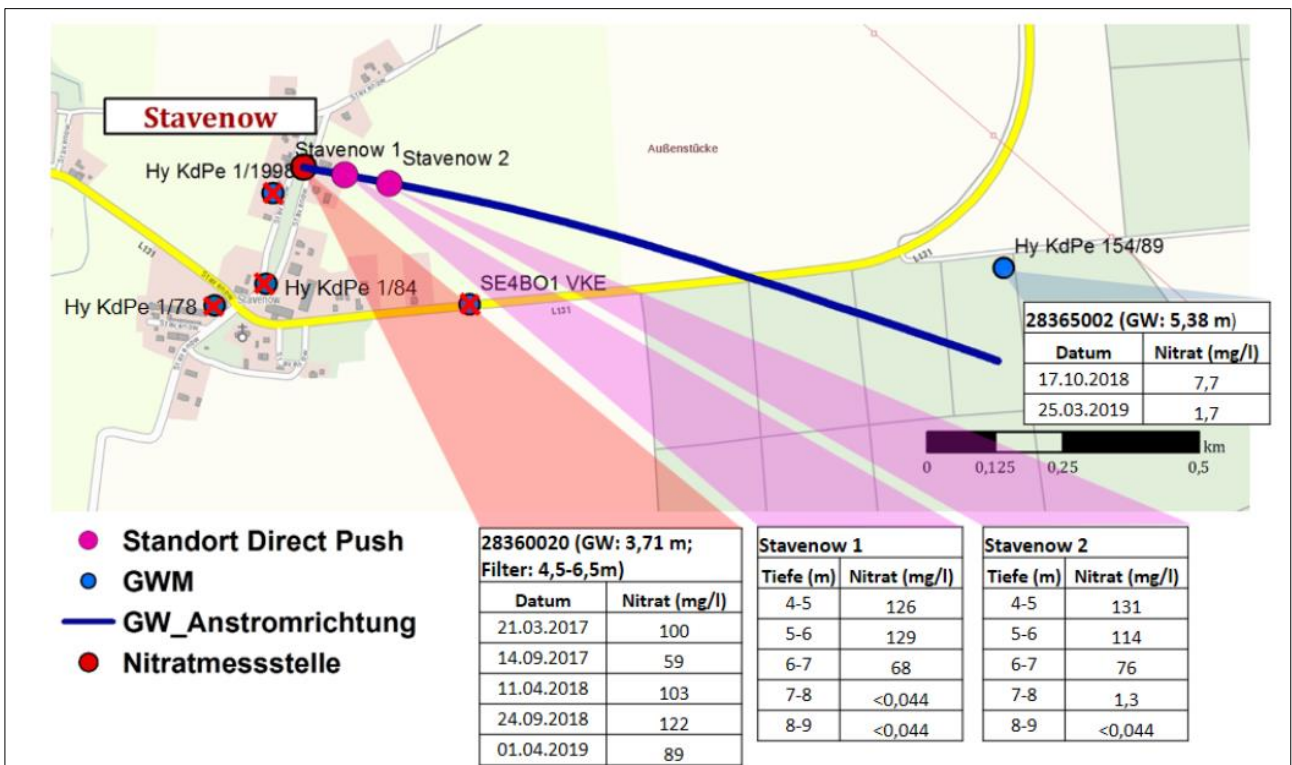
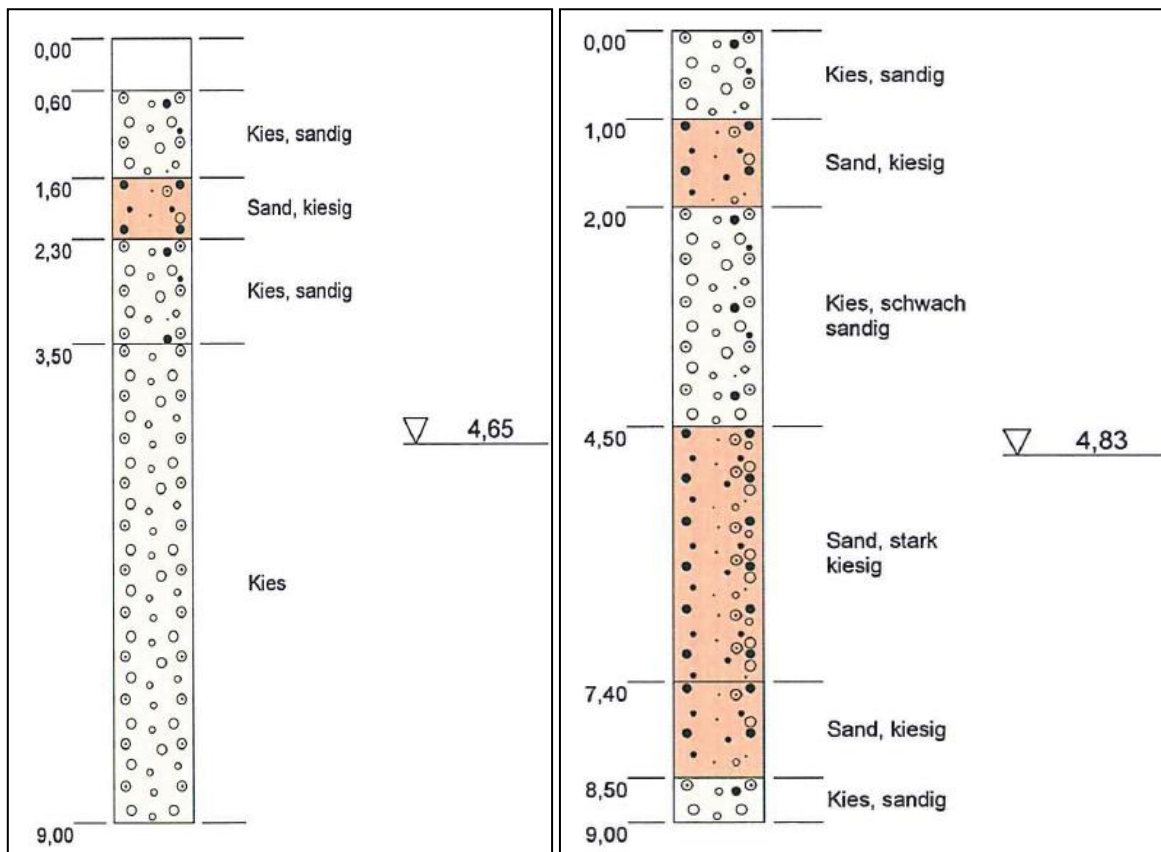


Abbildung 14 Ergebnisse der Nitratmessungen im Direct-Push-Verfahren im Umfeld der Messstelle Stavenow (Quelle: LfU Brandenburg 2019)



**Abbildung 15 Schichtenverzeichnis Zusatzmessstellen Stavenow 1 (links) und Stavenow 2 (rechts)**  
 (Quelle: LfU Brandenburg)

Beide Zusatzmessstellen des Direct-Push-Verfahrens zeigten auffällig hohe Nitratkonzentrationen von bis zu 131 mg l<sup>-1</sup>. Die dezentralen Abwasseranlagen können als Verursacher der erhöhten Nitratwerte an der Grundwassermessstelle Stavenow ausgeschlossen werden. Die Zusatzmessstelle im Wald, die sich im Zustrom der Messstelle Stavenow aber außerhalb des Einflussgebietes der untersuchten landwirtschaftlichen Flächen befindet zeigte mit 7,7 mg l<sup>-1</sup> Nitrat keine auffällige Konzentration.

### 6.3 Untersuchungsgebiete

In Abbildung 16 bis Abbildung 26 sind die untersuchten landwirtschaftlich genutzten Flächen des jeweiligen Untersuchungsgebietes, die Altlasten und Verdachtsflächen sowie Hinweise der Beteiligten dargestellt. Für die Berechnung der Anstromlinien, die eine Fließzeit von 10 Jahren abbilden, wurden die hydrogeologischen Informationen und die detaillierten Ganglinien der Gebiete ausgewertet. Für alle Gebiete wurde eine hydraulische Durchlässigkeit von 3\*10<sup>-4</sup> m s<sup>-1</sup>, eine Grundwasserneubildungsrate von 100 mm a<sup>-1</sup> und eine effektive Porosität von 16 % angenommen. Die Werte der Grundwasserneubildung basierten auf den ArcEgmo-Daten.

### 6.3.1 Untersuchungsgebiet Alt Zeschdorf

Im Abstrom der Messstelle befindet sich ein ehemaliger Düngerumschlagplatz. Dieser ist nach Angaben des Gewässer- und Deichverbandes Oderbruch (GEDO) ursächlich für erhöhte Nährstoffkonzentrationen im Oberflächengewässer Altzeschdorfer Mühlenfließ, welches sich östlich des Untersuchungsgebietes im Abstrom der Messstelle befindet. Die Reduktion dieser Oberflächenwasserbelastung wurde durch Bewirtschaftung/ Sanierungsmaßnahmen der Gewässer durch den Gewässer- und Deichverband Oderbruch (GEDO) erreicht. In Abbildung 16 sind die untersuchten landwirtschaftlich genutzten Flächen sowie die Altlasten und Hinweise der Beteiligten zu Altlasten und Verdachtsflächen dargestellt.

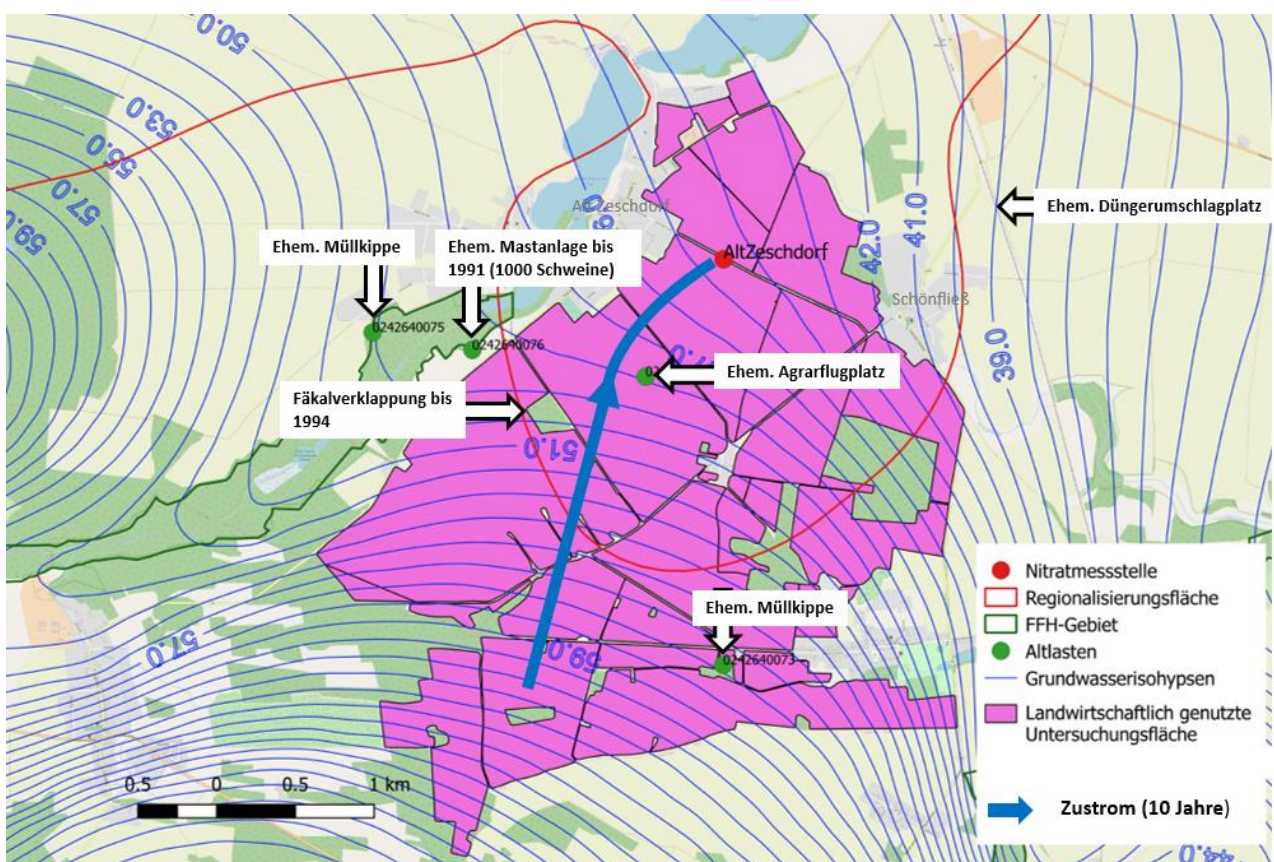


Abbildung 16 Landwirtschaftliche Untersuchungsflächen und Altlasten im Gebiet Alt Zeschdorf

Im Gebiet wurden zusätzliche Untersuchungen mit dem Direct-Push-Verfahren durchgeführt. Die Ergebnisse (Tabelle 5) zeigen, dass der ehemalige Agrarflugplatz und die Fäkalverklappung keine Ursachen der Überschreitung der Grenzwerte an der Messstelle Alt Zeschdorf sein können.

Im festgelegten Untersuchungsgebiet um die Messstelle Alt Zeschdorf wirtschafteten sechs landwirtschaftliche Unternehmen auf 30 Schlägen bzw. 938 ha.



### 6.3.2 Untersuchungsgebiet Brunn

Innerhalb der Untersuchungsfläche befinden sich drei Altlasten sowie eine Biogasanlage. Bei den Altlasten handelt es sich um zwei ehemalige Mastanlagen (eine Schweine- und Broilerstallanlage und eine ehemalige Rindermastanlage), die sich im Abstrom befinden, sowie eine lokale Verunreinigung durch ehemalige illegale Abfallentsorgung (wilde Müllkippe). In Abbildung 17 sind die untersuchten landwirtschaftlich genutzten Flächen sowie die Altlasten dargestellt.

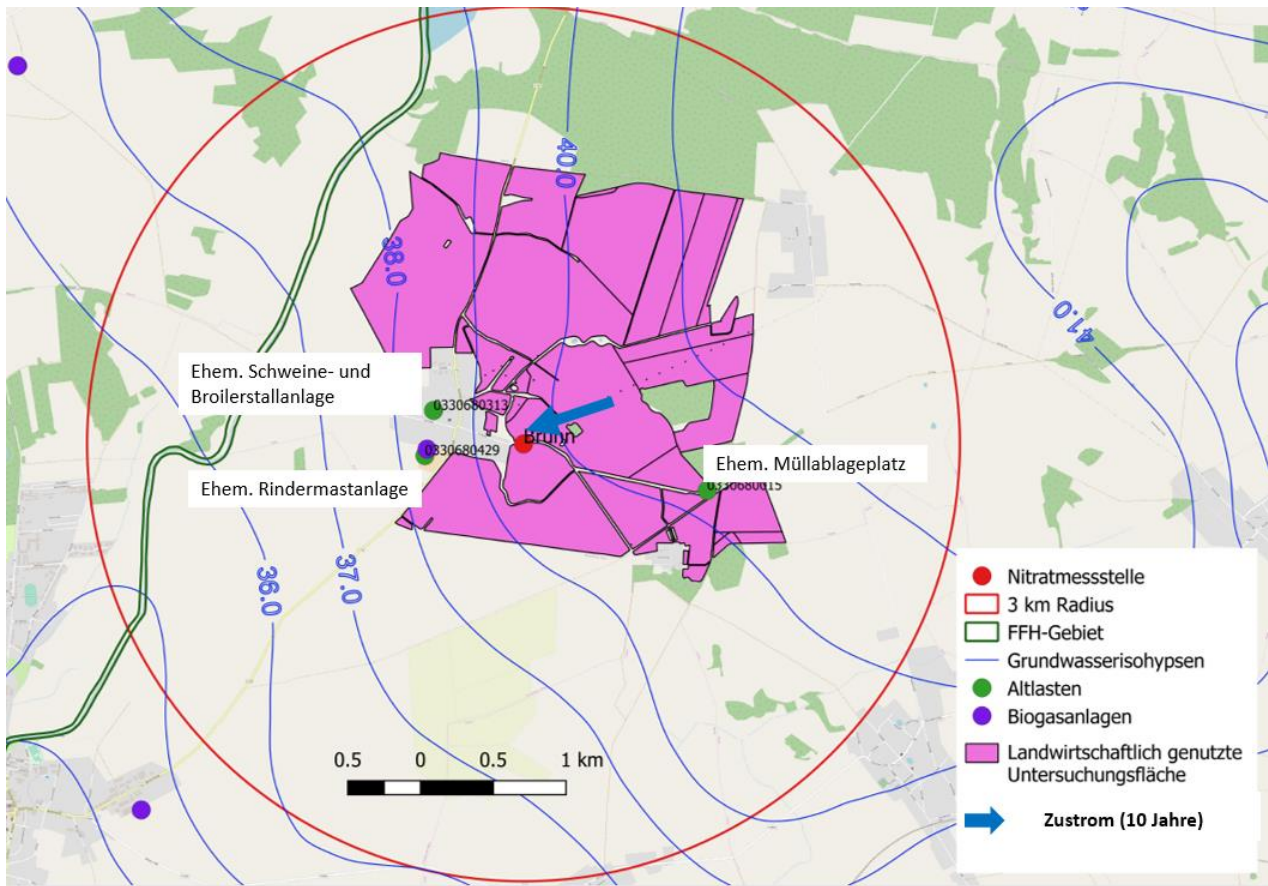


Abbildung 17 Landwirtschaftliche Untersuchungsflächen und Altlasten im Gebiet Brunn

Es liegen keine Hinweise vor, die auf eine Nitratbelastung des Grundwassers durch mögliche Altlasten schließen lassen.

Im festgelegten Untersuchungsgebiet um die Messstelle Brunn wirtschafteten drei landwirtschaftliche Unternehmen auf 34 Schlägen bzw. 603 ha.

### 6.3.3 Untersuchungsgebiet Glienicke

Nach Hinweisen der einheimischen Landwirte fanden innerhalb der Regionalisierungsfläche auf zwei Flächen Verklappungen von Fäkalien bis in die 1990-iger Jahre statt. Schon in der DDR-Zeit gab es ein Verbot zur Nutzung von Wasser aus Hausbrunnen als Trinkwasser.

Direkt im Zustrom der Grundwassermessstelle Glienicke, im Abstand von ca. 2 km, befindet sich eine Siloanlage mit einer Sickerwassergrube.

In Abbildung 18 sind die untersuchten landwirtschaftlich genutzten Flächen sowie die Altlasten und Hinweise der Beteiligten dargestellt.

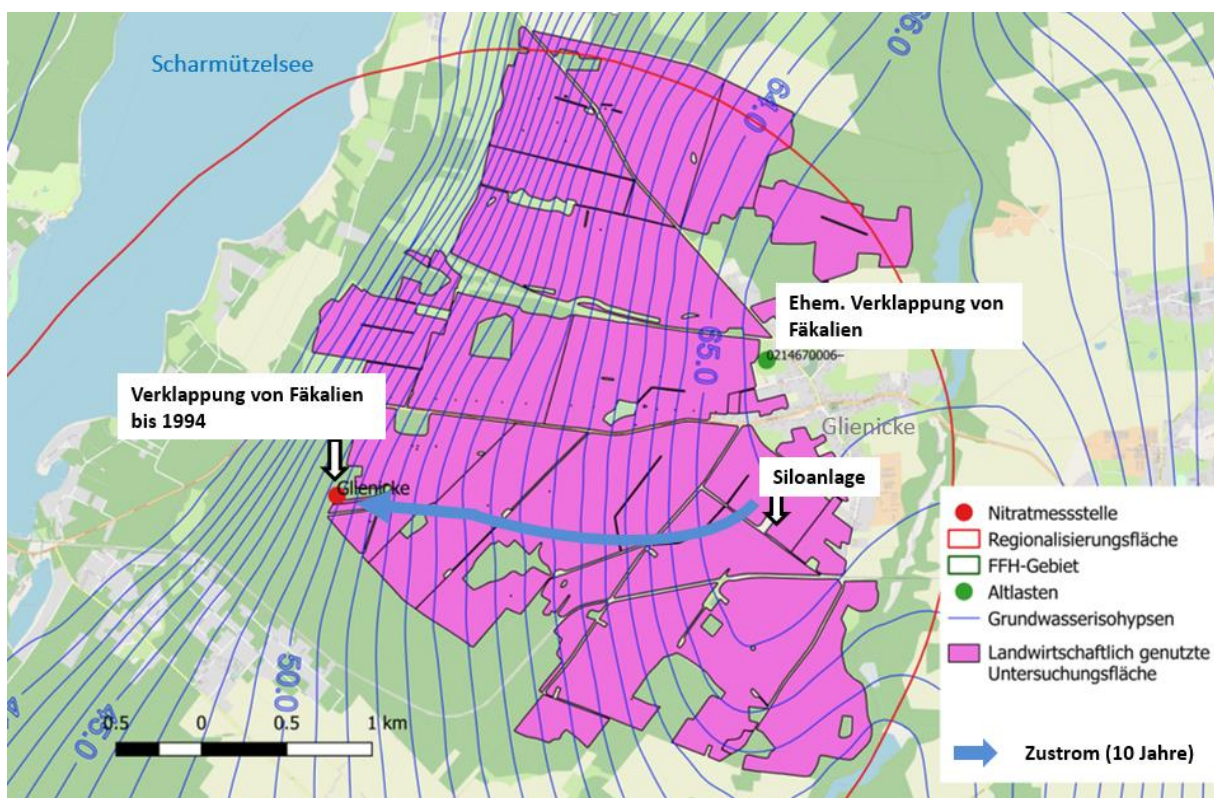


Abbildung 18 Landwirtschaftliche Untersuchungsflächen und Altlasten im Gebiet Glienicke

Im Gebiet wurden zusätzliche Untersuchungen mit dem Direct-Push-Verfahren durchgeführt. Die Ergebnisse (Tabelle 5) zeigen, dass das Überlaufen des Sickerwasserbehälters als alleinige Ursache für das Überschreiten des Nitratgrenzwertes an der Grundwassermessstelle Glienicke ausgeschlossen werden kann. Gleiches gilt für die ehemaligen Fäkalverklappungen in der Nähe der Messstelle.

Das Untersuchungsgebiet um die Messstelle Glienicke umfasste 34 Schläge bzw. 827 ha von drei landwirtschaftlichen Unternehmen.



### 6.3.4 Untersuchungsgebiet Lichterfelde

Laut Altlastenkataster befinden sich innerhalb der Regionalisierungsfläche zwei Altlasten sowie eine ausgewiesene Güllehochlastfläche. Eine weitere Altlast sind die ehemaligen Güllelagunen Lichterfelde mit einer Fläche von 163.000 m<sup>2</sup>, die ca. 1 km südwestlich der Gemeinde Lichterfelde liegen. Die anfallende Gülle aus dem Betrieb für die industrielle Produktion von Schweinen (ehemalige Schweinemastanlagen mit Haltung von ca. 200.000 Schweinen in Lichterfelde) wurde in die Gülle-Lagunen Lichterfelde verbracht und von dort auf die umliegenden landwirtschaftlichen Flächen ausgebracht. Grundwasseruntersuchungen von Messstellen dieser Güllelagunen werden regelmäßig erhoben. Die Ergebnisse für den Parameter Nitrat von August 2017 lagen bei bis zu 78 mg l<sup>-1</sup>. Diese Messstellen befinden sich nicht im Zustrom der Nitratmessstelle, tragen aber zur Aufklärung der Belastungssituation dieses Gebietes bei. In Abbildung 19 sind die untersuchten landwirtschaftlich genutzten Flächen sowie die Altlasten dargestellt.

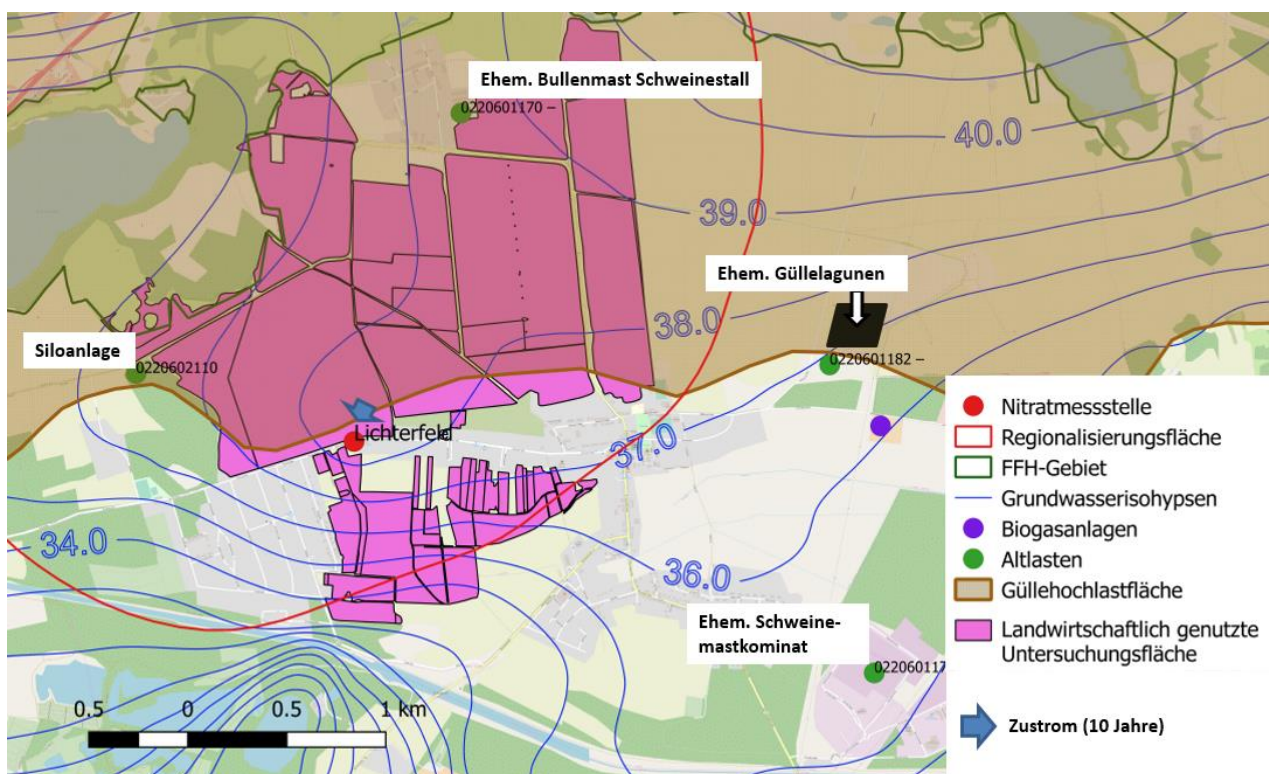


Abbildung 19 Landwirtschaftliche Untersuchungsflächen und Altlasten im Gebiet Lichterfelde

Im festgelegten Untersuchungsgebiet um die Messstelle Lichterfelde wirtschafteten sechs landwirtschaftliche Unternehmen auf 54 Schlägen bzw. 398 ha.



### 6.3.5 Untersuchungsgebiet Meseberg

Im Untersuchungsgebiet befinden sich zwei Tierhaltungsbetriebe. Während der Auftaktveranstaltung wurde auf ehemalige Erdsilos im direkten Umfeld der Messstelle, die später auch als Jauchegrube genutzt wurden, hingewiesen. In Abbildung 20 sind die untersuchten landwirtschaftlich genutzten Flächen sowie die Hinweise der Beteiligten dargestellt.

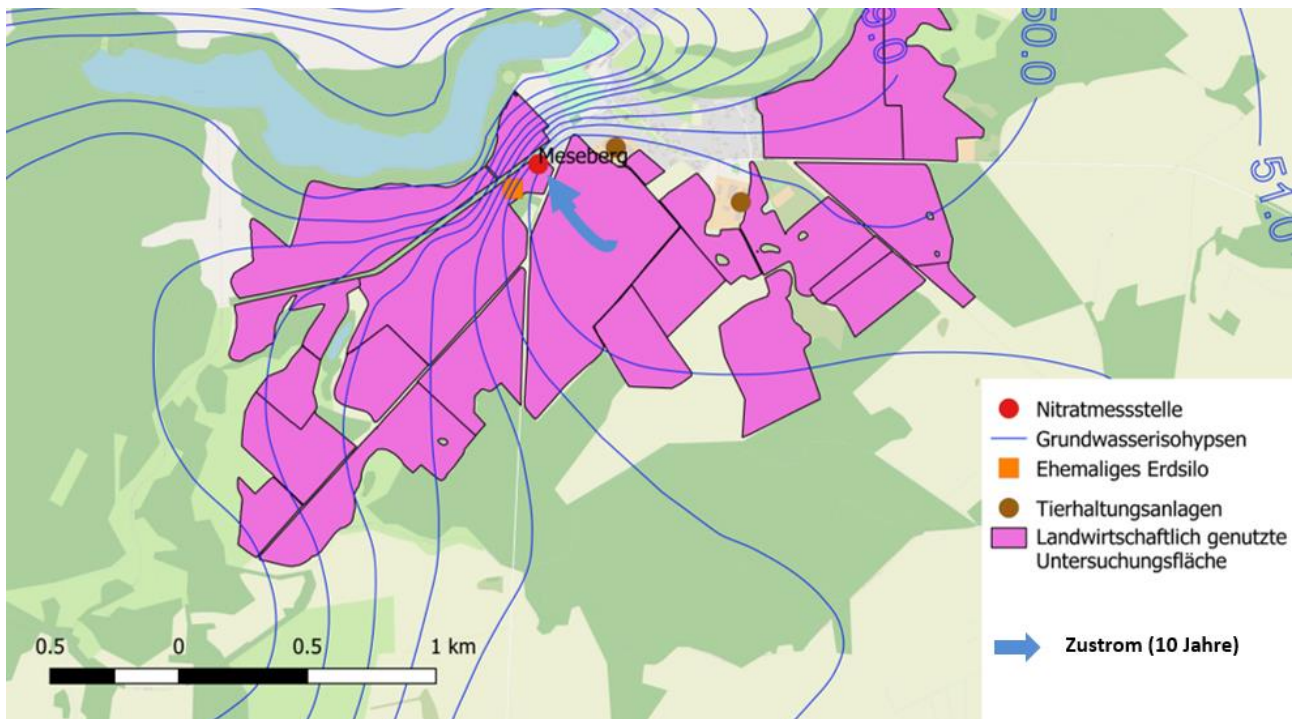


Abbildung 20 Landwirtschaftliche Untersuchungsflächen und Altlasten im Gebiet Meseberg

Der Ort Meseberg ist vollständig an die Kanalisation angeschlossen. Abwassereinträge als Ursache für die hohe Nitratbelastung sind daher auszuschließen. Im Gebiet wurden zusätzliche Untersuchungen mit dem Direct-Push-Verfahren durchgeführt. Ebenfalls wurde eine vorhandene Messstelle im Abstrom der ehemaligen Erdsilos beprobt.

Alle Zusatzmessstellen zeigten auffällig hohe Nitratkonzentrationen. Die ehemaligen Erdsilos konnten als Verursacher der Nitratbelastung der Grundwassermessstelle ausgeschlossen werden.

Im festgelegten Untersuchungsgebiet an der Messstelle Meseberg wirtschafteten vier landwirtschaftliche Unternehmen auf 23 Schlägen bzw. 256 ha.

### 6.3.6 Untersuchungsgebiet Neuenfeld

Innerhalb der Regionalisierungsfläche befinden sich laut Altlastenkataster keine relevanten Altlasten. Eine ehemalige Kiesgrube befindet sich nur wenige Meter entfernt von der Messstelle. In Abbildung 21 sind die untersuchten landwirtschaftlich genutzten Flächen der Brandenburger Betriebe und Verdachtsflächen dargestellt.

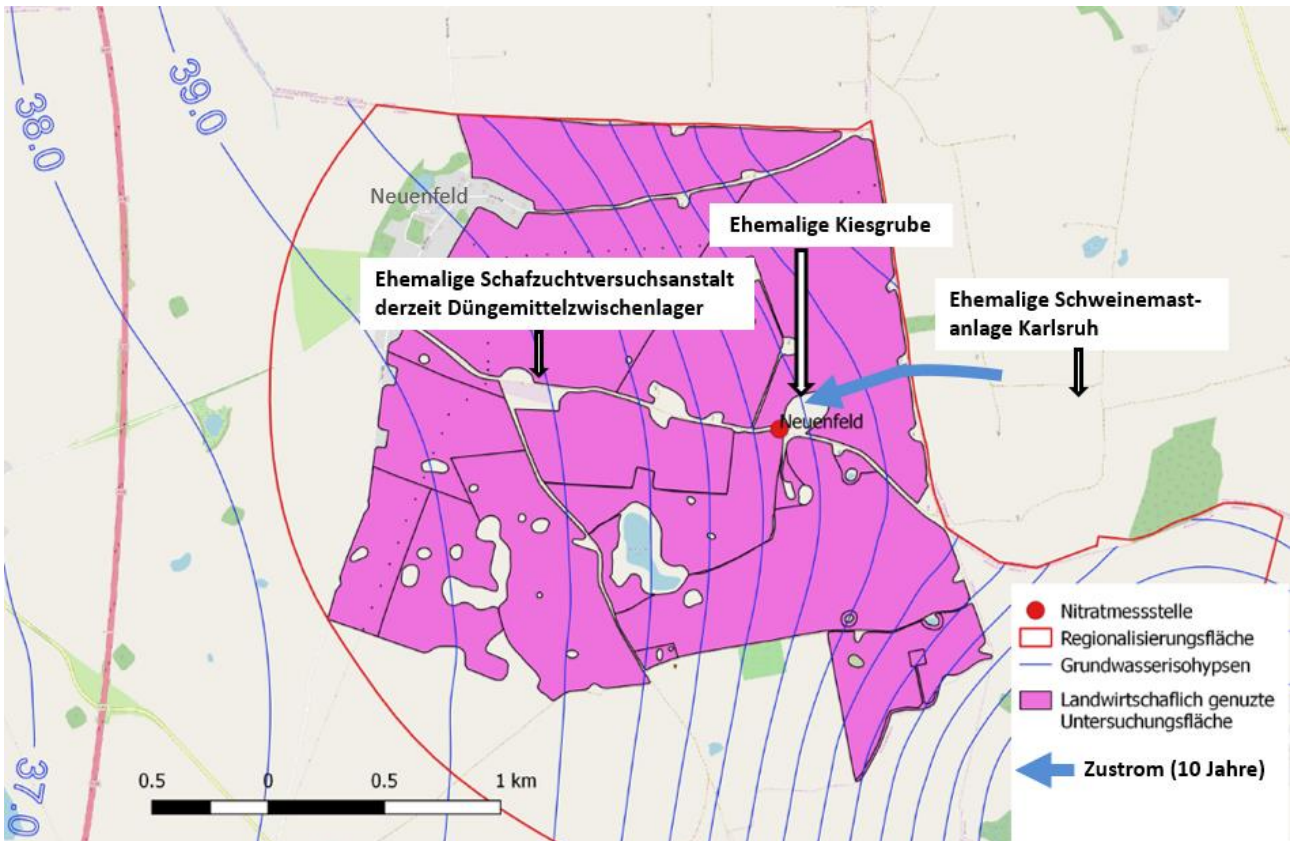


Abbildung 21 Landwirtschaftliche Untersuchungsflächen und Altlasten im Gebiet Neuenfeld

Die Kiesgrube wurde als Müllkippe und Verklappungsort für häusliche Abwässer bis in die 1990-iger Jahre genutzt. Die ehemalige Schafzuchtversuchsanstalt, die als Düngemittelzwischenlager fungiert, ist abgedichtet, zeigte keine Auffälligkeiten und war auch aufgrund der Entfernung von 1,5 km im Abstrom der Messstelle nicht als Verursacher der hohen Nitratkonzentrationen anzunehmen.

Im festgelegten Untersuchungsgebiet um die Messstelle Neuenfeld wirtschafteten auf Brandenburger Gebiet zwei landwirtschaftliche Unternehmen auf 22 Schlägen bzw. 526 ha. Auf dem Gebiet Mecklenburg-Vorpommerns wurden die Bewirtschaftungsdaten von fünf Betrieben mit insgesamt 21 Schlägen bzw. 483 ha Fläche abgefragt.

### 6.3.7 Untersuchungsgebiet Neuschönfeld

In Abbildung 22 sind die untersuchten landwirtschaftlich genutzten Flächen sowie möglicherweise relevante Altlasten und die Hinweise der Beteiligten dargestellt.

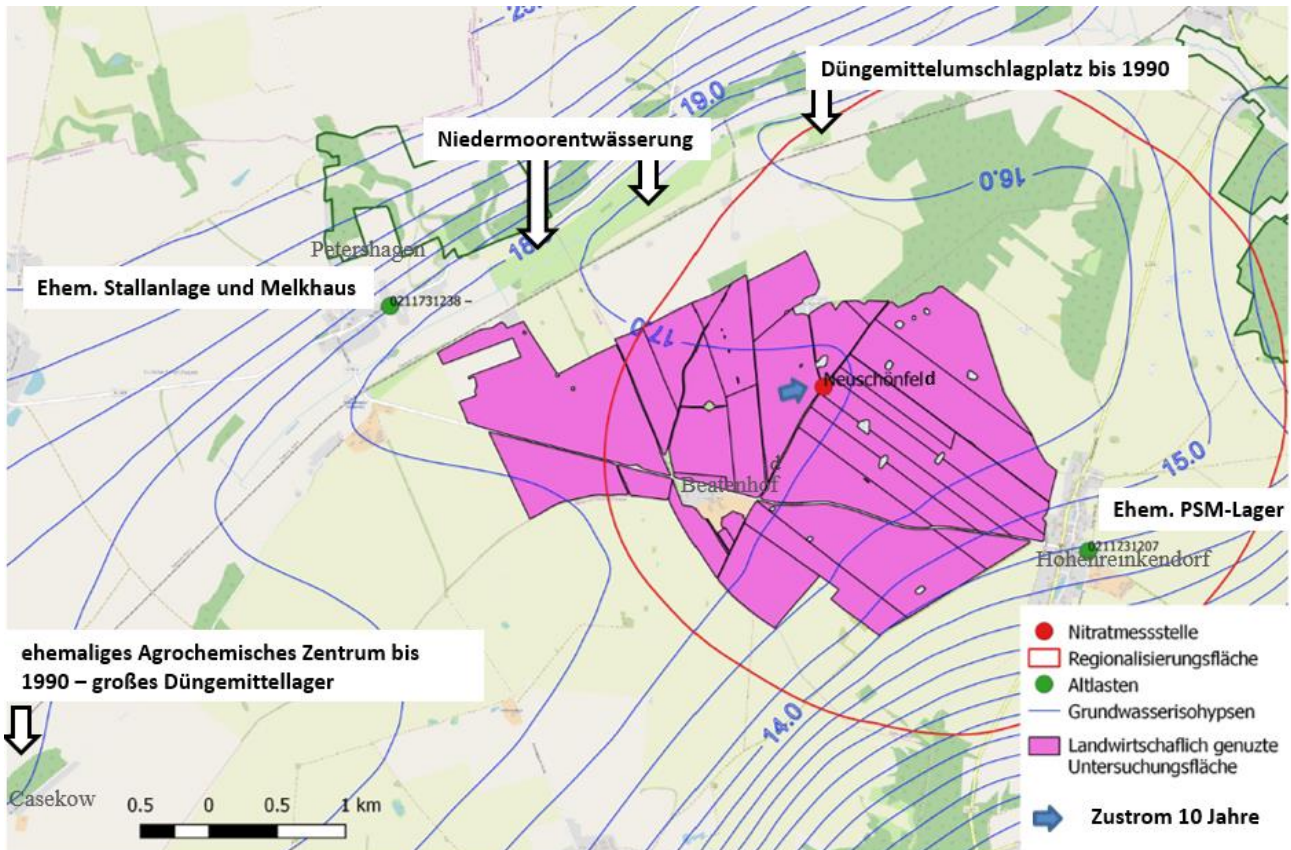


Abbildung 22 Landwirtschaftliche Untersuchungsflächen und Altlasten im Gebiet Neuschönfeld

Für die Einschätzung des Einflusses des ehemaligen Düngemittelumschlagplatzes, des ehemaligen Agrochemischen Zentrums sowie der Niedermoorentwässerung auf Stickstoffeinträge in das Grundwasser an der Messstelle wurde eine Auswertung zusätzlich vorhandener Grundwassermessstellen vorgenommen. Zusatzuntersuchungen mit dem Direct-Push-Verfahren konnten aufgrund des großen Flurabstandes nicht durchgeführt werden.

Grundwasseranalysen der Nitratmessstelle aus der Tiefe von 42 m (2. Grundwasserleiter) zeigten keine auffälligen Werte. Die Grundwasseranalysen im Bereich der Niedermoorentwässerung zeigten ebenfalls keine auffälligen Nitratkonzentrationen, ebenso wie die Analysen an der Messstelle welche im Einflussgebiet des ehemaligen Agrochemischen Zentrums liegt, aber mit 51 m sehr tief verfiltert ist.



Das Untersuchungsgebiet um die Messstelle Neuschönfeld umfasste 32 Schläge bzw. 685 ha von drei landwirtschaftlichen Unternehmen.

### 6.3.8 Untersuchungsgebiet Plötzin

Im Umfeld der Grundwassermessstelle Plötzin befinden sich eine ehemalige Fäkalienverwertungsanlage, eine ehemalige Kiesgrube mit Altablagerungen und eine Kompostieranlage. In Abbildung 23 sind die untersuchten landwirtschaftlich genutzten Flächen sowie die Altlasten und Verdachtsflächen dargestellt.

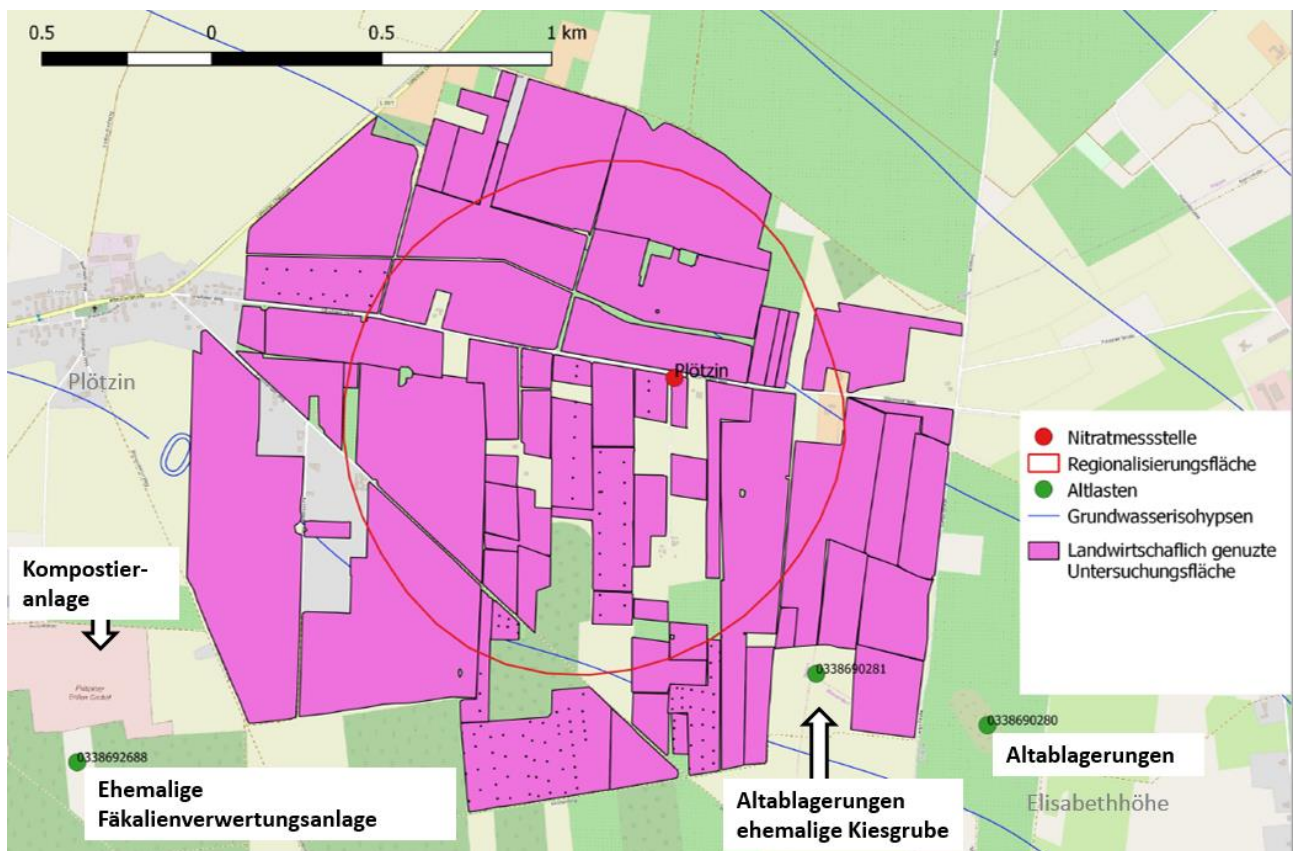


Abbildung 23 Landwirtschaftliche Untersuchungsflächen und Altlasten im Gebiet Plötzin

Im Gebiet wurden zusätzliche Untersuchungen mit dem Direct-Push-Verfahren durchgeführt. Die Grundwassergleichenpläne der Region standen dabei im Widerspruch zu den Untersuchungen und Schichtenplänen des Direct-Push-Verfahrens. Demzufolge befindet sich die Messstelle Plötzin nicht im Hauptgrundwasserleiter. Die Zustromrichtung konnte nicht bestimmt werden. Die Zusatzmessstellen zeigten auffällige Nitratkonzentrationen. Eine Sandlinse führt möglicherweise zur Aufkonzentration von Wasserinhaltsstoffen. Erhöhte Borkonzentrationen an der Messstelle deuten

auf einen Abwassereinfluss. Ein Einfluss der ehemaligen Fäkalverwertungsanlage auf die Grundwassermessstelle Plötzin ist somit nicht auszuschließen.

Im festgelegten Untersuchungsgebiet um die Messstelle Plötzin wirtschafteten zehn landwirtschaftliche Unternehmen auf 61 Schlägen bzw. 297 ha.

### 6.3.9 Untersuchungsgebiet Reichenow

Während der Auftaktveranstaltung wurden von den behördlichen Vertretern des Landkreises und den ansässigen Landwirten Hinweise für das Umfeld der Messstelle gegeben. Diese Verdachtsflächen sowie Altlasten und die untersuchten landwirtschaftlich genutzten Flächen sind in Abbildung 24 dargestellt.

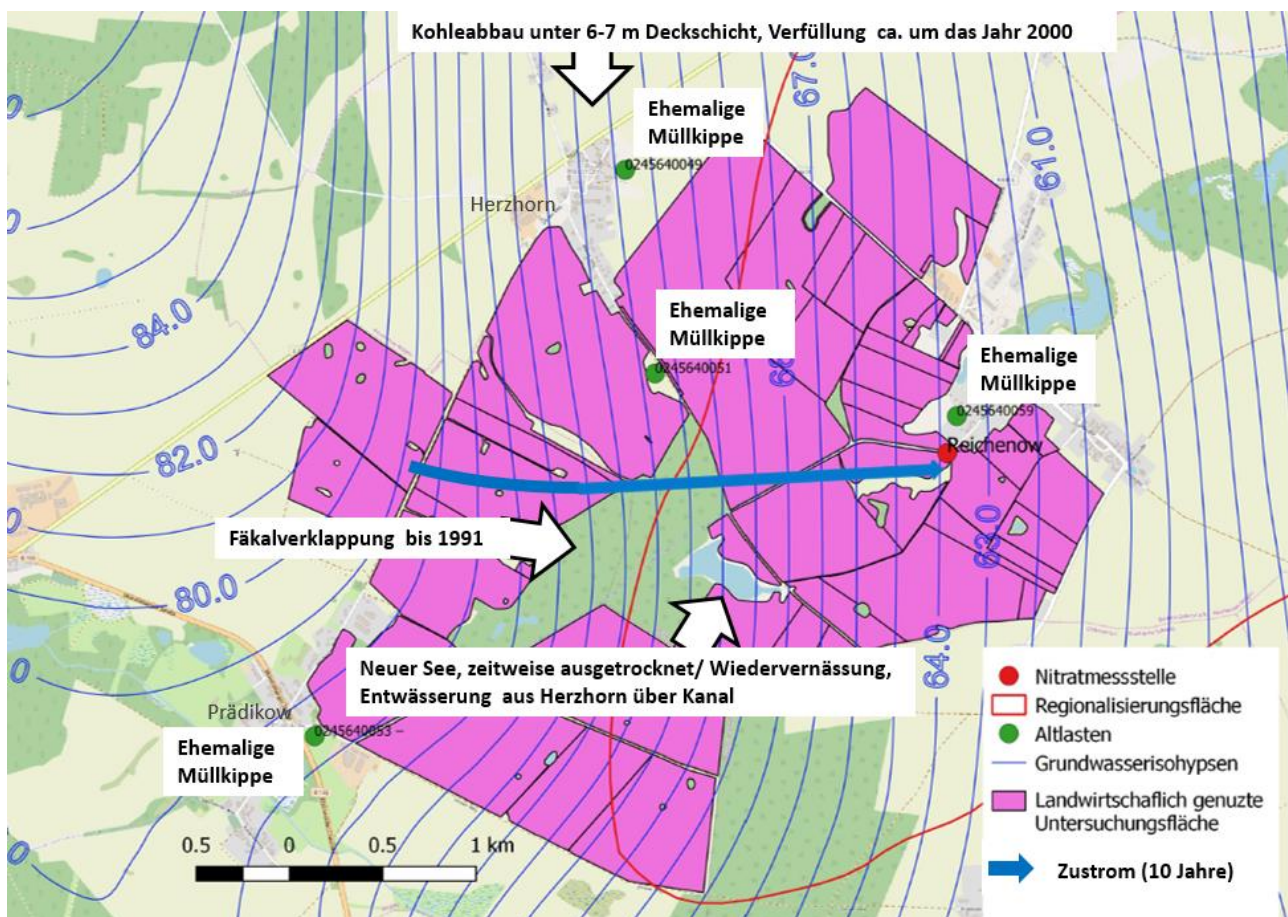


Abbildung 24 Landwirtschaftliche Untersuchungsflächen und Altlasten im Gebiet Reichenow

Vom ehemaligen Kohleabbau und dessen Verfüllung sowie von den oberirdischen Gewässern und einer im Gebiet verlegten Soleleitung können die erhöhten Einträge von Stickstoff ins Grundwasser nicht ausgehen. Die ehemalige Fäkalverklappung kann wegen der hydrogeologischen Bedingungen kein relevanter Grund für erhöhte Nitratkonzentrationen an der Messstelle sein. Der deutliche



Anstieg ab 2012 kann durch Ursachen, die vor 1990 lagen, nicht begründet werden. Relevante Altlasten oder Punktquellen, die die Höhe und den Trend der Nitratkonzentrationen an der Messstelle Reichenow begründen würden, wurden somit nicht identifiziert.

Das Untersuchungsgebiet um die Messstelle umfasste 894 ha bzw. 49 Schläge, welche von neun landwirtschaftlichen Unternehmen bewirtschaftet wurden.

### 6.3.10 Untersuchungsgebiet Schönhagen

Innerhalb der Regionalisierungsfläche befinden sich mehrere Verdachtsflächen sowie eine Biogasanlage. Die Biogasanlage liegt im Abstrom der Messstelle. Direkt im Zustromgebiet befindet sich eine Altlast – eine Kiesgrube. Bei den Altlasten handelt es sich um Altablagerungen überwiegend aus privaten Haushalten.

In Abbildung 25 sind die untersuchten landwirtschaftlich genutzten Flächen sowie die Altlasten und Verdachtsflächen dargestellt.

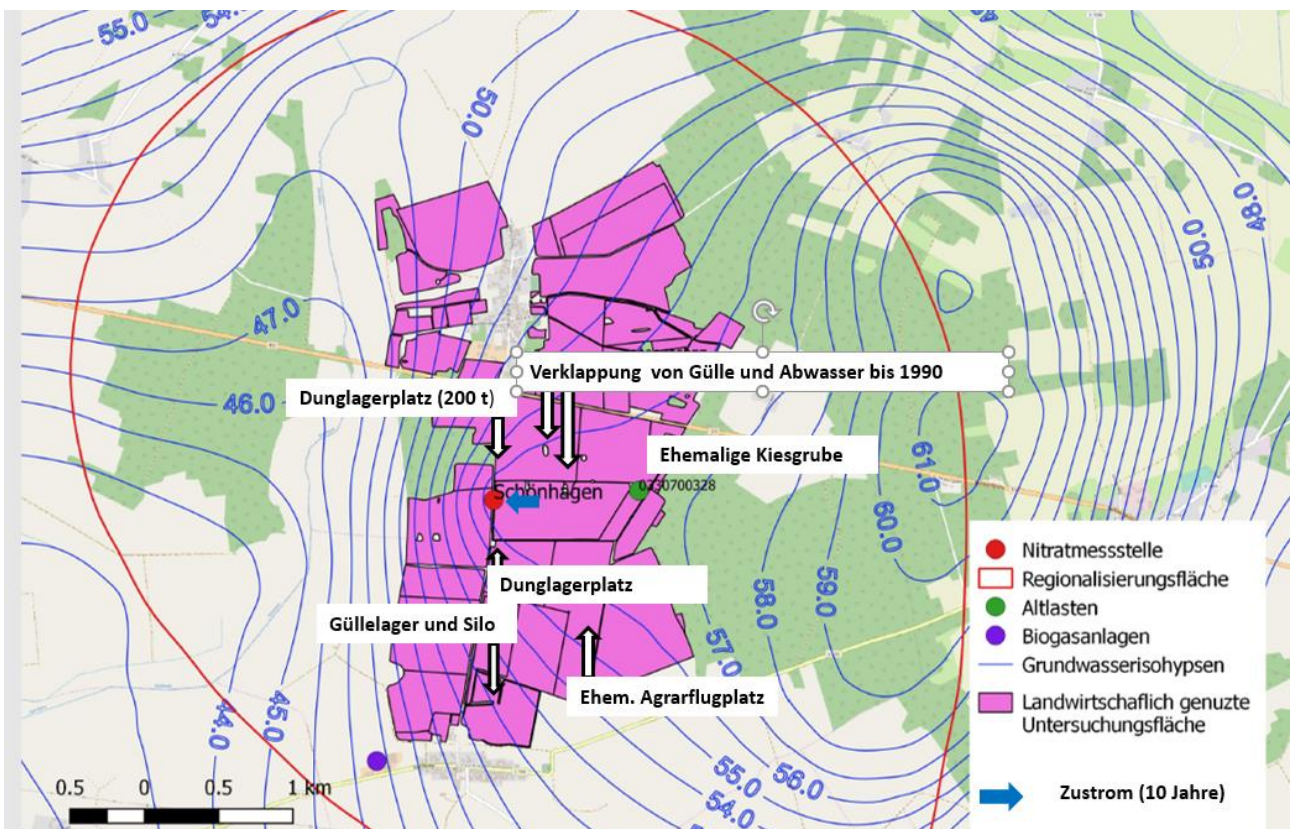


Abbildung 25 Landwirtschaftliche Untersuchungsflächen und Altlasten im Gebiet Schönhagen

In unmittelbarer Nähe der Messstelle wurden während der letzten Jahre regelmäßig Silagen und Mist gelagert. Genaue Angaben zu Art, Größe, Lagerdauer und Anzahl waren nicht zu ermitteln.

Inwieweit diese Lager die Nitratkonzentrationen an der Messstelle Schönhagen beeinflusst haben, war daher nicht abschätzbar.

Das Untersuchungsgebiet um die Messstelle umfasste 607 ha bzw. 66 Schläge, welche von fünf landwirtschaftlichen Unternehmen bewirtschaftet wurden.

### 6.3.11 Untersuchungsgebiet Stavenow

Im nördlichen Bereich des Zustromgebietes der Grundwassermessstelle Stavenow befinden sich Güllehochlastflächen. In diesen Bereichen und auch weiter nördlich fanden und finden Verregnungen von Abwässern aus Kartoffelstärkefabriken statt. In der Region sind daher sehr hohe Kaliumwerte zu finden. Abbildung 26 zeigt die untersuchten landwirtschaftlich genutzten Flächen.

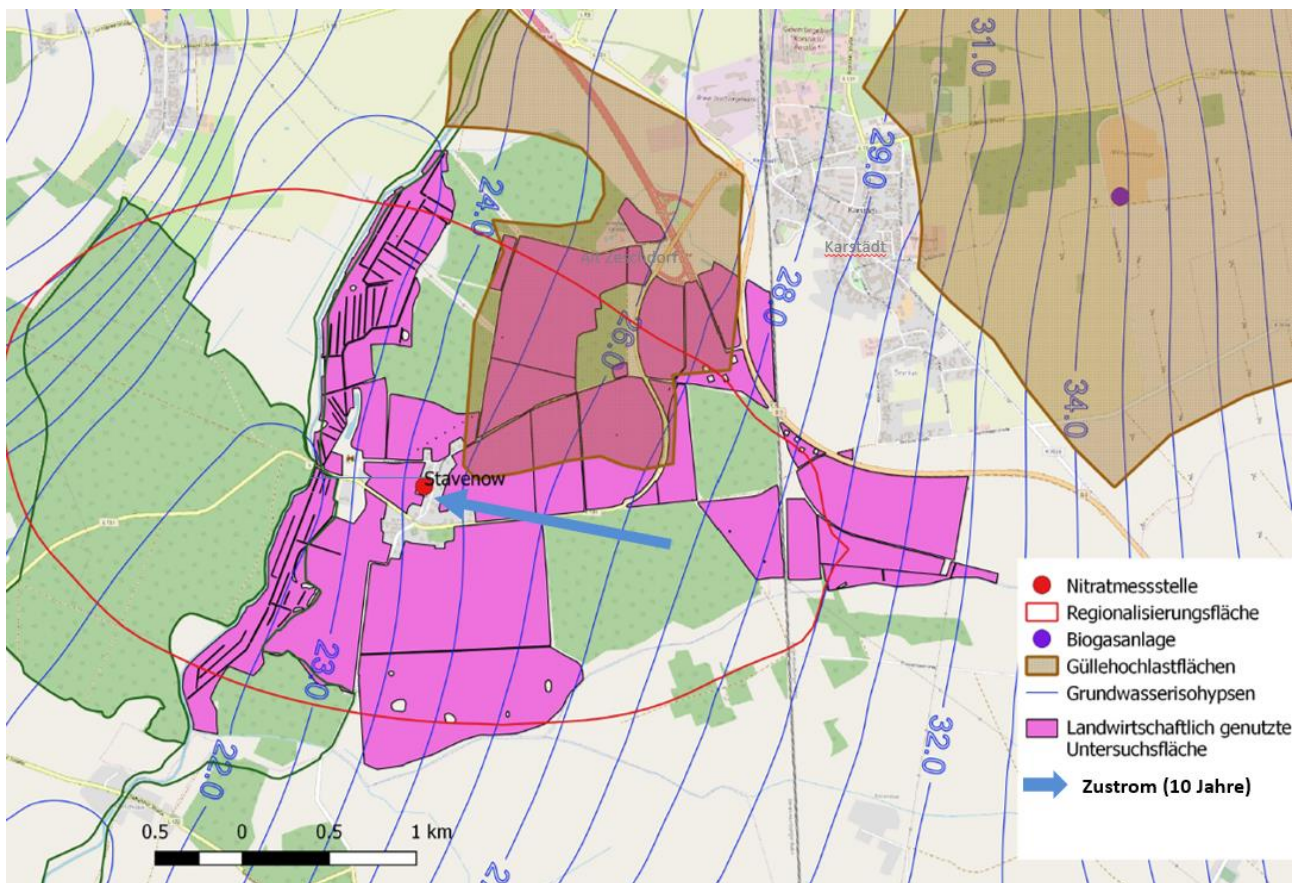


Abbildung 26 Landwirtschaftliche Untersuchungsflächen und Altlasten im Gebiet Stavenow

Im Gebiet wurden zusätzliche Untersuchungen mit dem Direct-Push-Verfahren durchgeführt (vgl. Kap 6.2). Damit konnten die dezentralen Abwasseranlagen als Verursacher der erhöhten Nitratkonzentrationen an der Grundwassermessstelle Stavenow ausgeschlossen werden.

Das Untersuchungsgebiet um die Messstelle umfasste 598 ha bzw. 33 Schläge, welche von zwei landwirtschaftlichen Unternehmen bewirtschaftet wurden.

## 7 Landwirtschaftliche Bewirtschaftung in den Untersuchungsgebieten

### 7.1 Datenerfassung in den Betrieben

Die Erfassung der Betriebsdaten erfolgte anhand von Originalunterlagen bzw. elektronischen Schlagkarteien in den jeweiligen Landwirtschaftsbetrieben sowie über Erfassungsbögen, die zur Projektbearbeitung entwickelt wurden.

Im ersten Schritt wurden zunächst für alle im Untersuchungsgebiet befindlichen Schläge **jährliche Einzelschlagbilanzen** mit dem NPK-Rechner für die Jahre 2010 bis 2016 erstellt. Dabei handelt es sich um flächenbezogene Nährstoffbilanzen, bei denen für jeden Schlag die Nährstoffzufuhr, die über

- die Mineraldüngung,
- die organische Düngung und
- ggf. über die legume N-Bindung erfolgt ist,

der Nährstoffabfuhr, die durch die

- Ernte der Hauptfrüchte,
- der Zwischenfrüchte sowie ggf.
- der Koppelprodukte (Stroh, Rübenblatt u. ä.) realisiert wurde,

gegenübergestellt und bilanziert worden ist.

Zur zusammenfassenden Bewertung des N-Düngeregimes wurden im nächsten Schritt je Betrieb **jährliche aggregierte Schlagbilanzen** berechnet. Diese für jedes Untersuchungsjahr bestimmten Bilanzwerte enthalten die N-Salden aller Einzelschläge eines Betriebes im Untersuchungsgebiet, nach Schlaggrößen gewichtet.

Die jährlichen aggregierten Schlagbilanzen der Betriebe wurden den **Betriebsbilanzen** gegenübergestellt und verglichen (nur in Teilberichten). Letztere sind Berechnungen, die jeder Betrieb selbst (nach DüV vorgeschrieben) auf Gesamtbetriebsebene erstellt hat. Der Vergleich verdeutlicht, ob sich das Düngeregime im Untersuchungsgebiet stark von dem des Gesamtbetriebes unterscheidet.



Für jede Messstelle wurde außerdem das **gewichtete Mittel aller aggregierten Schlagbilanzen** ermittelt, das für das jeweilige Jahr die aggregierten N-Bilanzsalden der Schläge aller Betriebe im Untersuchungsgebiet zusammenfasst.

Beim Einsatz organischer Dünger ist zu beachten, dass die Pflanzenverfügbarkeit des enthaltenen Stickstoffs zum Teil erst im Folgejahr oder noch später eintritt. Der vom Land Brandenburg zur Berechnung der Nährstoffbilanzen zur Verfügung gestellte NPK-Rechner berücksichtigt jedoch entsprechend den gesetzlichen Vorgaben den gesamten N-Gehalt der organischen Dünger im Jahr ihrer Ausbringung. Daher sind hohe berechnete N-Überschüsse in Jahren mit organischer Düngung und in Jahren mit unerwartet schlechten Erträgen nicht vermeidbar. Ein gutes Düngeregime ist dadurch gekennzeichnet, dass (berechnete) Nährstoffüberschüsse eines Jahres in den Folgejahren „aufgefangen“ werden. Deshalb ist in einem weiteren Bearbeitungsschritt die Berechnung und Interpretation **mehnjähriger N-Salden** erfolgt.

Da zur Interpretation der Bilanzergebnisse immer auch betriebliche Besonderheiten des Düngeregimes eine wichtige Rolle spielen, enthalten die Teilberichte zur jeweiligen Grundwassermessstelle viele betriebsbezogene erklärende Sachverhalte zu

- Mineraldüngung,
- organischer Düngung,
- Zwischenfruchtanbau,
- Ernte der Koppelprodukte,
- Kulturarten- und Sortenwahl sowie zu Fruchtfolgewirkungen,
- $N_{\min}/S_{\min}$  Bodenuntersuchung,
- Düngebedarfsplanung,
- Einsatz spezieller Düngetechniken (z. B. Precision Farming, Nitrifikationshemmer)
- Grundnährstoff-Bodenuntersuchungen und
- sonstigen spezifischen Situationen.

## ***7.2 Landwirtschaftliche Betriebe – Struktur und Tierbesatz***

Die im Kapitel 5 beschriebene Abgrenzung der Untersuchungsgebiete hat an den einzelnen Messstellen unterschiedlich große Betrachtungsräume ergeben. Daraus resultierend wurde abgeleitet, für welche Schläge (in welchen Betrieben) eine rückwirkende Bewertung des Düngeregimes vorzunehmen war. Deutliche Unterschiede ergaben sich an den einzelnen

Messstellen bezüglich der zu analysierenden Größen der Untersuchungsgebiete, der Anzahl betroffener Landwirtschaftsbetriebe und der Anzahl der zu untersuchenden Schläge, wie in **Tabelle 6** dargestellt ist. Zur Einschätzung, ob hohe Tierbesatzzahlen und der damit verbundene Anfall organischer Dünger ein Grund für hohe Nitratbelastungen im Grundwasser sein können, wurde die Tierhaltung der Betriebe analysiert, die Flächen in den jeweiligen Untersuchungsgebieten hatten. Der Tierbesatz bezieht sich dann jedoch nicht nur auf die Flächen in den Untersuchungsgebieten, sondern es wurden die Gesamtbetriebsflächen der Betriebe zugrunde gelegt, die zur Verwertung der organischen Dünger zur Verfügung standen. Die Berechnung der Großvieheinheiten pro Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche zeigt für alle Untersuchungsgebiete, dass die Nährstoffausscheidungen der Tiere für sich betrachtet, als wertvolle Dünger eingesetzt werden können und daraus keine hohen Nitratbelastungen für das Grundwasser zu erwarten sind.

**Tabelle 6**      **Übersicht über Größe der Untersuchungsgebiete, Struktur, Anzahl der Betriebe und Tierzahlen**

Messstelle	Größe Untersuchungsgebiet (LN) [ha]	Ackerland (AL)		Grünland (GL) [ha]	Dauerkultur (DK) [ha]	Anzahl der Betriebe	Anzahl der Schläge	Großvieheinheiten GV ha <sup>-1</sup> LF <sup>a</sup>
		[ha]	Brache [ha]					
Alt Zeschdorf	938	938	13	-	-	6	30	0,5
Brunn	603	572	4	31	-	3	34	0,1
Glienicke	827	794	-	33	-	3	29	0,4
Lichterfelde	398	279	-	119	-	6	54	0,4
Meseberg	256	252	12	4	-	4	23	0,1 (0,33 <sup>b</sup> )
Neuenfeld	1.009 (526 <sup>c</sup> )	1.009 (526 <sup>c</sup> )	33 (29 <sup>c</sup> )	-	-	7 (2 <sup>c</sup> )	43 (21 <sup>c</sup> )	0,02 (0,04 <sup>c</sup> )
Neuschönfeld	685	682	3	2	1	4	32	0,2
Plötzin	297	149	31	-	148	10	61	0,02
Reichenow	887	875	5	12	-	9	49	- <sup>d</sup>
Schönhagen	607	586	6	21	-	5	66	0,4
Stavenow	598	498	118	100	-	2	34	1,0
<b>Gesamt</b>	<b>7.105</b>	<b>6.634</b>	<b>225</b>	<b>322</b>	<b>149</b>	<b>59</b>	<b>450</b>	

a. bezogen auf Gesamtbetriebsflächen aller Betriebe im jeweiligen Untersuchungsgebiet

b. Inclusive externem Bewirtschafter einer Schweinemastanlage bis 2012, 80 GV, keine Flächen im Untersuchungsgebiet

c. Anteil im Land Brandenburg

d. Tierbesatz im großen Firmenverbund lässt sich nicht auf die Fläche des Untersuchungsgebietes übertragen

In allen Gebieten überwog die Ackernutzung. Ein hoher Anteil an Grünland von 43 bzw. 20 % war nur in den Untersuchungsgebieten Lichterfelde bzw. Stavenow zu erkennen. In dem Gebiet Plötzin dominierten Dauerkulturen mit einem Anteil von 50 %.

### 7.3 Grundnährstoffversorgung

Die N-Effizienz hängt im hohen Maße davon ab, ob andere wichtige Nährstoffe im ausgewogenen Verhältnis im Boden vorhanden sind. Das Wachstum der Pflanzen wird durch die im Verhältnis knappste Ressource (limitierender Faktor) eingeschränkt. Schlecht an die Bodenqualität angepasste pH-Werte und die Unter- sowie Überversorgung der Böden mit Grundnährstoffen können dazu führen, dass die für die N-Düngung zugrunde gelegten Ertragsziele nicht erreicht werden. Aus diesem Grund wurden die Ergebnisse der Grundnährstoff-Bodenuntersuchungen der Betriebe in den Untersuchungsgebieten ausgewertet (Tabelle 7). Fehlende Angaben an einigen Messstellen sind begründet durch Betriebsinsolvenzen, Eigentümerwechsel oder nicht bereitgestellte Unterlagen.

**Tabelle 7 Grundnährstoffversorgung - Böden der Betriebe im Untersuchungsgebiet**

Messtelle	Repräsentierter Flächenanteil im Untersuchungsgebiet [%]	Anteil Gehaltsklassen (GHK) [% der Betriebsfläche]																			
		pH-Wert					P					K					Mg				
		A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
Alt Zeschdorf	100	2	13	37	27	21	5	32	40	18	5	-	13	47	36	4	1	13	30	33	23
Brunn	18	3	42	54	0	1	1	16	36	41	6	6	6	22	36	30	15	18	31	10	26
Glienicke	100	10	51	22	8	9	15	48	27	9	1	11	43	28	14	4	19	37	26	14	3
Lichterfelde	-																				
Meseberg	53	8	47	30	9	6	3	23	41	31	2	11	23	27	34	5	5	36	40	11	8
Neuenfeld	52	6	34	28	28	4	2	17	44	36	1	8	17	38	33	4	3	26	49	16	6
Neuschönfeld	-																				
Plötzin	49	53	0	14	33	-	-	12	4	74	10	5	48	18	29		33	13	25	1	28
Reichenow	44						3	25	45	21	6	-	12	46	37	5	-	10	40	25	25
Schönhagen	58	3	30	49	7	11	7	9	24	52	8	7	14	34	45	0	2	56	25	11	6
Stavenow	100	4	57	37	2	-	5	49	32	10	4	13	47	31	9	0	6	48	31	12	3

Annahme: Prozentuale Verteilung der GHK der Betriebsflächen entspricht Verteilung im Untersuchungsgebiet

Zu erkennen ist in allen Untersuchungsgebieten das Optimierungspotenzial insbesondere bei der Regulierung des pH-Wertes.

### 7.4 Einzelschlagbilanzen und Fruchtfolgen

Wie in den vorangegangenen Kapiteln beschrieben, wurden für alle elf untersuchten Grundwassermessstellen zusammen 450 Schläge identifiziert, für die das Düngeregime der Jahre 2010 bis 2016 zu analysieren war. Die Berechnung der jährlichen Einzelschlagbilanzen erfolgte mit

Hilfe des vom Land Brandenburg bereitgestellten und mit landesspezifischen Grundlagendaten ausgestatteten NPK-Rechners. Die detaillierten Ergebnisse wurden in den Teilberichten für jede Messstelle tabellarisch aufgeführt und interpretiert. Für eine anschauliche und zusammenfassende Darstellung der jährlichen Einzelschlagbilanzen wurden die N-Bilanz-Zahlenwerte mit der jeweiligen Schlaggrafik verknüpft und eingefärbt (Abbildung 27, Abbildung 29, Abbildung 31, Abbildung 33, Abbildung 35, Abbildung 37, Abbildung 39, Abbildung 41, Abbildung 43, Abbildung 45, Abbildung 47). Helle Einfärbungen stehen für niedrige N-Bilanzüberschüsse, dunklere Einfärbungen für hohe. Sowohl Brachflächen, auf denen keine Düngung erfolgt ist, als auch die Schläge, für die keine Angaben vorlagen, sind in den Karten weiß gekennzeichnet.

Oft steht das Düngeregime der Betriebe in engem Zusammenhang mit der Fruchtfolge. Aus diesem Grund werden auch die Anbaukulturen in den untersuchten Jahren für die Schläge in den Untersuchungsgebieten grafisch dargestellt (Abbildung 28, Abbildung 30, Abbildung 32, Abbildung 34, Abbildung 36, Abbildung 38, Abbildung 40, Abbildung 42, Abbildung 44, Abbildung 46, Abbildung 48).

Bei der Berechnung der jährlichen N-Salden mit dem NPK-Rechner wurden zusätzliche Erkenntnisse über Besonderheiten des Düngeregimes im Umfeld der Messstellen, die teilweise mit den Fruchtfolgen im Zusammenhang stehen, gewonnen. Diese wurden in Tabelle 8 bis Tabelle 10 für die Untersuchungsgebiete zusammengefasst.

**Tabelle 8 Besonderheiten und Auffälligkeiten bei der Berechnung der jährlichen N-Bilanzen mit dem NPK-Rechner für die Untersuchungsgebiete Alt Zeschdorf, Brunn, Glienicke und Lichterfelde**

Messstelle	Auffälligkeiten bei der Berechnung der jährlichen, einzelschlagbezogenen N-Bilanzen	Besonderheiten der Fruchtfolge
Alt Zeschdorf	<p>In den einzelnen Jahren waren jeweils große Bereiche des Untersuchungsgebietes mit der gleichen Kultur bestellt.</p> <p>Jahre mit relativ hohen Bilanzüberschüssen wechselten mit Jahren, in denen niedrige Salden überwogen.</p> <p>Das Jahr 2016 hatte durch einen hohen Raps/Mais-Anteil im schlechten Erntejahr den Durchschnitt nach oben getrieben. Die höchste aggregierte Bilanz eines Schlages über alle Jahre lag bei einem Saldo von 76 kg N ha<sup>-1</sup>Überschuss.</p>	<p>Der Fruchtwechsel:</p> <p>Raps/Mais → Getreide → Raps/ Mais</p> <p>dominiert.</p>
Brunn	<p>Es zeigen sich sehr große Schwankungen der jährlichen N-Bilanzüberschüsse für einzelne Schläge.</p> <p>Jahre mit niedrigem N-Saldo (regelmäßig sogar negativ) wechselten mit Jahren sehr intensiver Düngung und Bilanzüberschüssen von &gt; 120 kg N ha<sup>-1</sup>.</p> <p>Extremwerte beim N-Saldo zeigten sich beim Einsatz von organischem und mineralischem Dünger bei Luzerne (+ symbiotische N-Bindung).</p>	<p>Teilweise fehlten Angaben wegen einer Betriebsinsolvenz.</p> <p>Ackergrasflächen wurden zum Teil ganzjährig beweidet.</p>
Glienicke	<p>Es ergaben sich sehr große Schwankungen der jährlichen N-Salden innerhalb der einzelnen Jahre.</p> <p>Negativsalden und intensive Düngung mit Bilanzüberschüssen von &gt; 120 kg N ha<sup>-1</sup> traten innerhalb eines Jahres auf den Schlägen auf.</p> <p>Die hohen N-Salden traten immer nach dem Einsatz organischer Dünger auf, bei dem der enthaltene Stickstoff erst über mehrere Jahre pflanzenverfügbar wird, jedoch schon im Ausbringungsjahr in der jährlichen N-Bilanz voll angerechnet wird.</p> <p>Alle Grünlandflächen (Wiesen) fielen durch sehr niedrige bzw. meist negative N-Salden auf.</p>	<p>Es herrschte eine große Fruchtartendiversität vor. Der Getreideanteil lag mit 58 % relativ hoch. Der Futterbau lag bei 25 % Mais. Es zeigte sich ein relativ gleichbleibendes Anbauverhältnis, mit z. T. mehrfacher Selbstfolge von Roggen.</p> <p>Die Düngung erfolgte organisch in Kombination mit mineralischer Düngung zu Raps, Silomais, Sonnenblumen und Getreide.</p> <p>Die Herstdüngung erfolgte zu Kulturen, für die ab der DüV 2017 keine Herstdüngung mehr erlaubt ist.</p>
Lichterfelde	<p>Ermittelt wurden regelmäßig niedrige N-Salden (oft sogar negativ). Lediglich bei 15 (von 378) Einzelbilanzen traten einjährig hohe N-Salden von &gt; 60 kg N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> auf. Davon hingen 13 mit einer organischen Düngung zusammen (Mineralisierung über mehrere Jahre).</p> <p>Es erfolgte ein geringer Einsatz organischer Dünger. Lediglich 28-mal wurde der Einsatz organischer Dünger dokumentiert.</p>	<p>Es herrschte ein großes Fruchtartenspektrum mit Fruchtfolgen mit Blatt- und Halmfruchtwechsel.</p> <p>Selbstfolgen waren seltene Ausnahmen und nur auf kleinen Flächen zu finden.</p>

Tabelle 9

**Besonderheiten und Auffälligkeiten bei der Berechnung der jährlichen N-Bilanzen mit dem NPK-Rechner für die Untersuchungsgebiete Meseberg, Neuenfeld und Neuschönfeld**

Messstelle	Auffälligkeiten bei der Berechnung der jährlichen, einzelschlagbezogenen N-Bilanzen	Besonderheiten der Fruchtfolge
Meseberg	<p>Für 50 Einzelbilanzen wurden sehr hohe N-Überschüsse von <math>&gt; 60 \text{ kg N ha}^{-1}</math> ermittelt. Dem standen 34 Schläge mit z. T. sehr hohen negativen N-Salden gegenüber.</p> <p>Den jährlichen N-Salden innerhalb der einzelnen Jahre von <math>&gt; 120 \text{ kg ha}^{-1}</math> (bei Wintergetreide und Raps) standen sehr hohe negative N-Salden von <math>&lt; -150 \text{ kg ha}^{-1}</math> (bei Ackergras) gegenüber.</p> <p>In einem Betrieb traten die hohen N-Salden von <math>&gt; 60 \text{ kg ha}^{-1}</math> ausschließlich nach dem Einsatz organischer Dünger auf, bei dem der enthaltene N erst über mehrere Jahre pflanzenverfügbar wird, jedoch schon im Ausbringungsjahr in der jährlichen N-Bilanz voll angerechnet wird.</p> <p>In einem anderen Betrieb traten die hohen N-Salden von <math>&gt; 60 \text{ kg ha}^{-1}</math> auch bei ausschließlicher Mineraldüngung auf.</p> <p>Alle Ackergrasflächen fielen regelmäßig durch negative N-Salden auf, sie wurden nie organisch gedüngt, nur sehr extensiv mit Mineraldüngern.</p>	<p>Es lag eine hohe Fruchtartendiversität im Untersuchungsgebiet vor.</p> <p>Die Flächenanteile für Raps (mit hohen N-Salden und für Ackergras (mit niedrigen N-Salden) variierten sehr stark in den Jahren.</p> <p>2014: 26 % Ackergras 2015: 0 % Ackergras 2015: 27 % Raps 2016: 0 % Raps.</p> <p>Es resultierten daraus stark schwankende aggregierte Jahresbilanzen.</p>
Neuenfeld	<p>Seltene N-Saldo-Überschüsse traten beim Raps- und Winterweizenanbau auf.</p> <p>Es erfolgte kein Einsatz organischer Dünger durch die Brandenburger Betriebe und nur ein geringer Einsatz organischer Dünger in den Betrieben in Mecklenburg-Vorpommern.</p>	<p>Es erfolgte ein Anbau von Winterweizen und Raps in hohen Anteilen.</p> <p>Mais wurde in Brandenburg gar nicht und nur in sehr geringen Anteilen in Mecklenburg-Vorpommern angebaut.</p>
Neuschönfeld	<p>Die Spannweite der N-Bilanzwerte war groß:</p> <p>Bei insgesamt 224 jahresbezogenen Einzel-N-Bilanzen traten 10 Fälle von Bilanzüberschüssen von <math>&gt; 100 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}</math> und 50 Fälle mit Bilanzüberschüssen von <math>&gt; 60 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}</math> auf. Auf 2 Schlägen traten Bilanzwerte von <math>&gt; 60 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}</math> drei Jahre nacheinander auf. Dem standen in 47 Fällen negative N-Bilanz-Salden und in 61 Fällen Bilanzüberschüsse <math>&lt; 30 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}</math> gegenüber.</p>	<p>Es herrschten Fruchtfolgen mit hohem Nährstoffanspruch vor. Wintergetreide, Winterraps und Mais nahmen ca. 94 % der Anbaufläche ein.</p> <p>Überwiegend war ein guter Blatt-Halmfrucht-Wechsel zu finden.</p>

Tabelle 10

**Besonderheiten und Auffälligkeiten und bei der Berechnung der jährlichen N-Bilanzen mit dem NPK-Rechner für die Untersuchungsgebiete Plötzin, Reichenow, Schönhagen und Stavenow**

Messstelle	Auffälligkeiten bei der Berechnung der jährlichen, einzelschlagbezogenen N-Bilanzen	Besonderheiten der Fruchtfolge
Plötzin	<p>50 % der Gebietsfläche waren Dauerkulturfleichen und wurden sehr extensiv bewirtschaftet. In fast allen Fällen wurde nicht gedüngt und in einigen Jahren auch nicht geerntet.</p> <p>Obst und Beeren-Anbauflächen zeigten fast ausschließlich negativen N-Salden.</p> <p>Auf einigen Ackerflächen wurde angesichts des niedrigen Ertragsniveaus zu viel N aus organischem Dünger zugeführt. Hier kam regelmäßig Obstschlempe zum Einsatz, dessen Mineraldüngeräquivalent zu berücksichtigen ist.</p>	<p>Die Dauerkulturen sind im östlichen Bereich konzentriert.</p> <p>Auf Ackerflächen herrschte eine geringe Fruchtartenvielfalt, Getreide dominiert, z. T. mit siebenjährigem Roggenanbau.</p>
Reichenow	<p>Berechnet wurden für 7 Jahre insgesamt 350 Einzelschlagbilanzen. Für 84 Einzelbilanzen wurden sehr hohe N-Überschüsse von &gt; 60 kg N ha ermittelt. Dem standen 45 Schläge mit negativen N-Salden gegenüber.</p> <p>Es traten sehr große Schwankungen der jährlichen N-Salden innerhalb der einzelnen Jahre auf. Negativsalden und intensive Düngung mit Bilanzüberschüssen von &gt; 120 kg N ha<sup>-1</sup> traten innerhalb eines Jahres auf den Schlägen auf.</p> <p>Die hohen N-Salden traten oft nach dem Einsatz von organischen Düngern auf, bei dem der enthaltene N erst über mehrere Jahre pflanzenverfügbar wird, jedoch schon im Ausbringungsjahr in der jährlichen N-Bilanz voll angerechnet wird.</p>	<p>Die landwirtschaftlichen Unternehmen betrieben im Untersuchungsgebiet je nach Ausrichtung der Betriebszweige recht unterschiedliche Fruchtfolgen.</p> <p>Grundsätzlich herrschten aber Fruchtfolgen mit hohem Nährstoffanspruch vor. Wintergetreide, Winterraps und Mais nahmen 75 bis &gt; 90 % des Flächenanteils ein.</p>
Schönhagen	<p>Die N-Saldo-Überschüsse bei Winterraps und Winterweizen traten ohne organische Düngung auf. Die Ertragsserwartungen waren zu hoch.</p> <p>N-Saldo-Überschüsse traten auch wegen mehrerer Jahre organisch/ mineralischer Düngung in Folge auf.</p> <p>Es zeigten sich keine sehr hohen „N-Saldo-Ausreißer“.</p>	<p>Es erfolgte ein Anbau von Winterweizen, Mais und Raps in hohen Anteilen.</p> <p>Es herrschten Fruchtfolgen mit hohem Nährstoffanspruch bzw. mit relativ intensiver Düngung vor.</p>
Stavenow	<p>Ermittelt wurden sehr große Schwankungen der jährlichen N-Bilanzüberschüsse für einzelne Schläge.</p> <p>Jahre mit niedrigem N-Saldo wechselten mit Jahren sehr intensiver Düngung und Bilanzüberschüssen von &gt; 120 kg N ha<sup>-1</sup> beim Einsatz organisch + mineralischer Dünger.</p>	<p>Es erfolgte im Gebiet ein Wechsel zwischen Mähweide und Brache. Dabei ging die Brache nicht in aggregierte N-Bilanzen ein.</p>

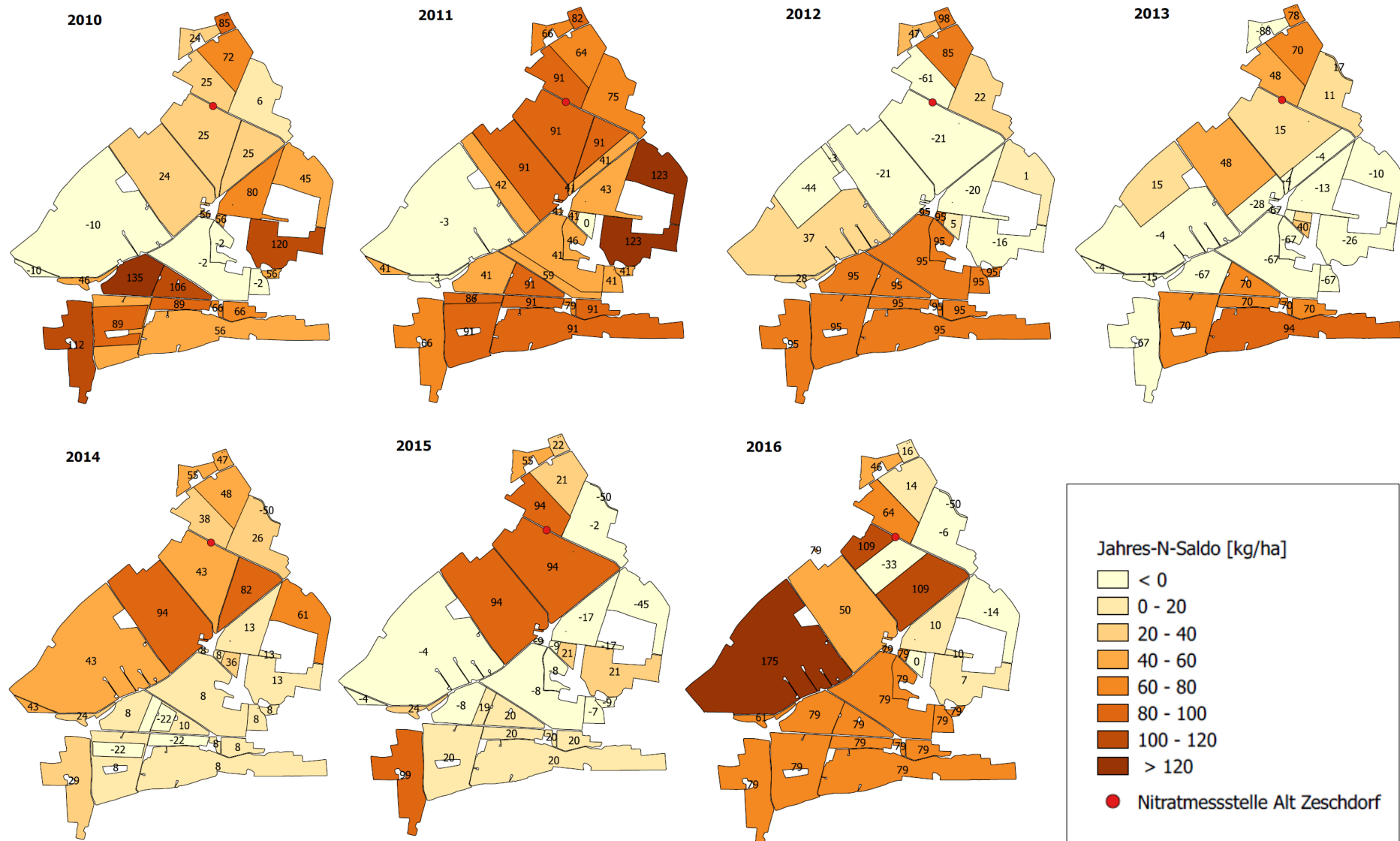


Abbildung 27 Untersuchungsgebiet Alt Zeschdorf - grafische Darstellung der schlagbezogenen N-Salden [kg ha<sup>-1</sup>]



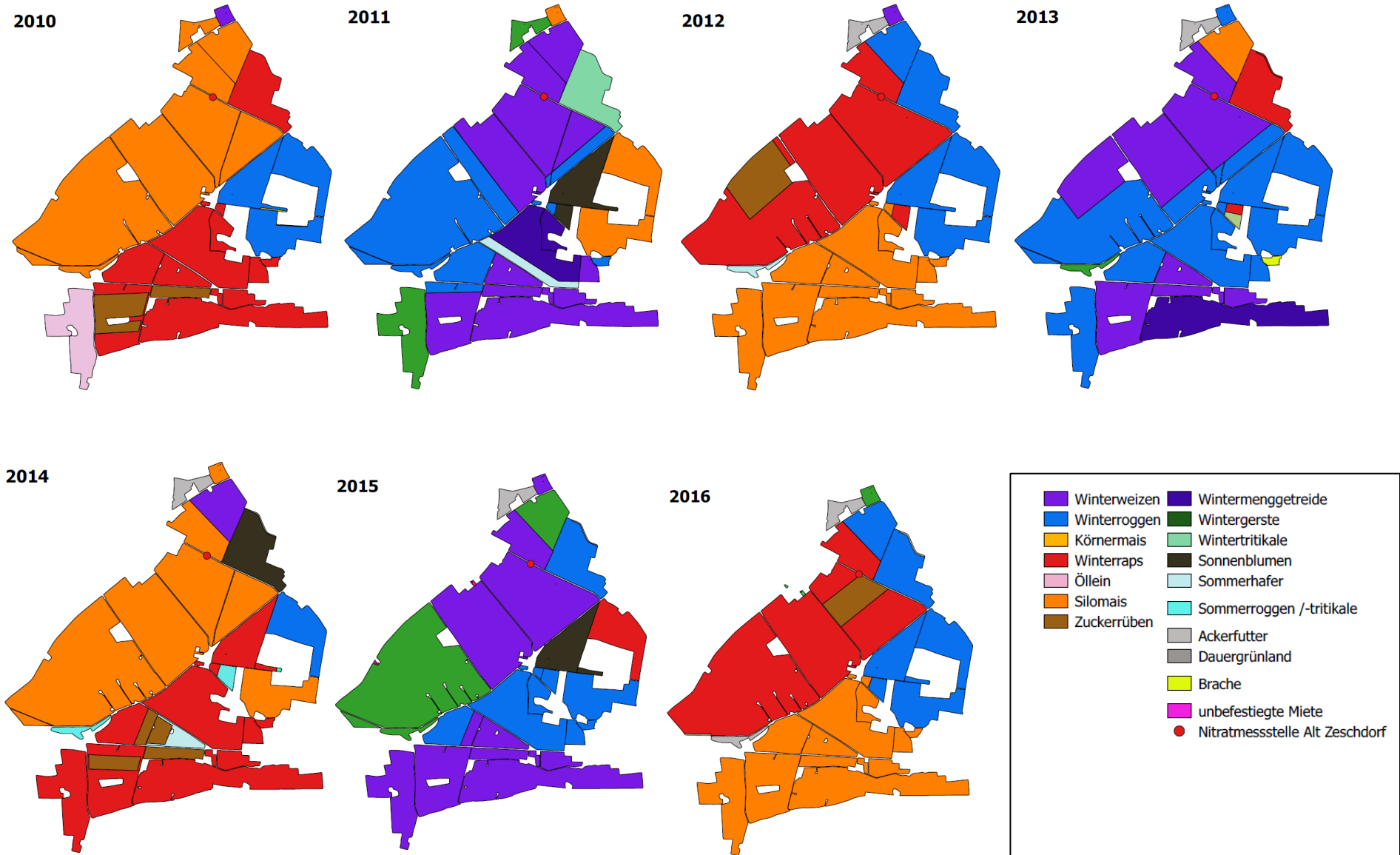


Abbildung 28 Untersuchungsgebiet Alt Zeschdorf - Fruchtfolge der Jahre 2010 bis 2016

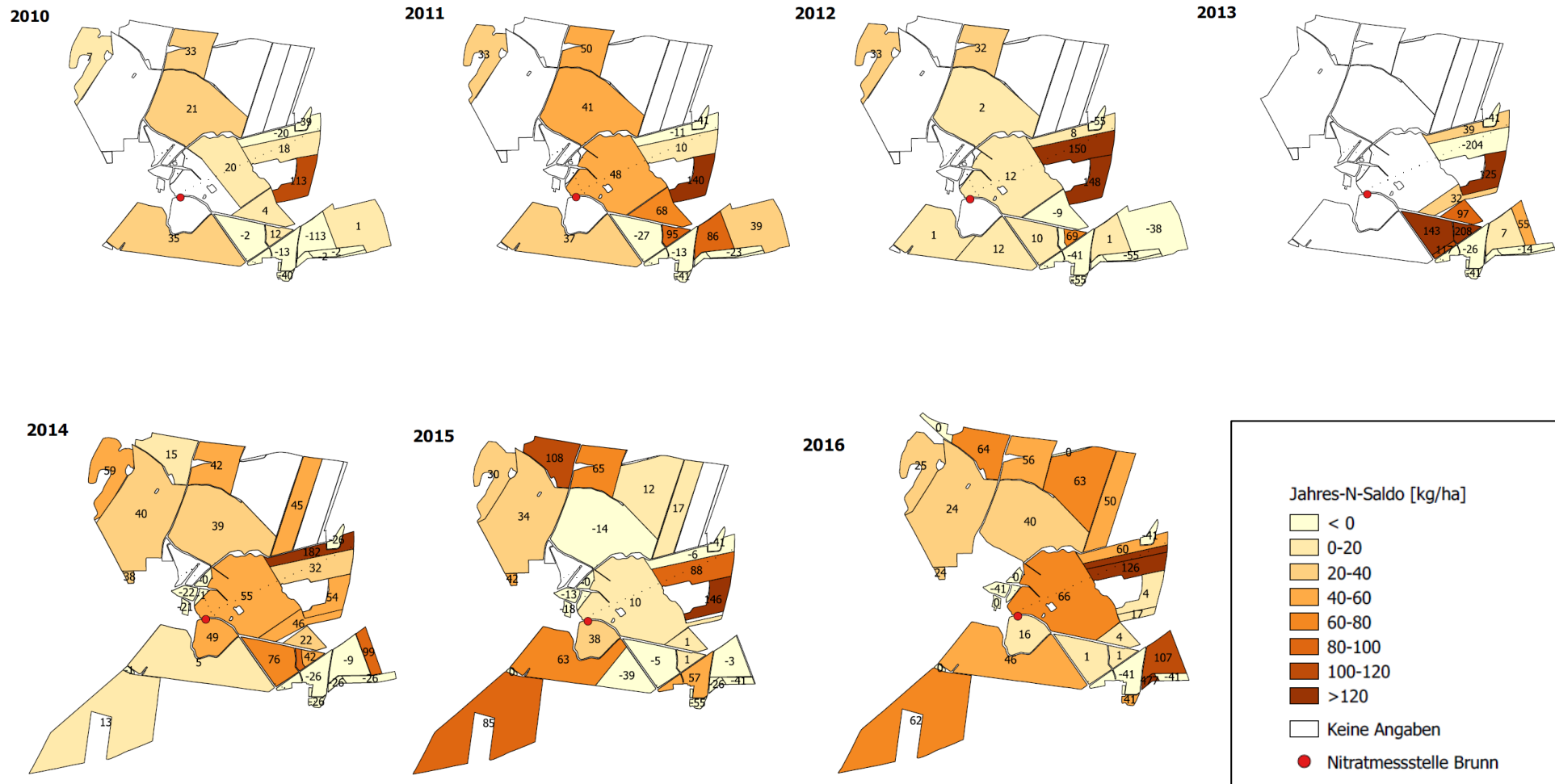


Abbildung 29 Untersuchungsgebiet Brunn - grafische Darstellung der schlagbezogenen N-Salden [kg ha<sup>-1</sup>]

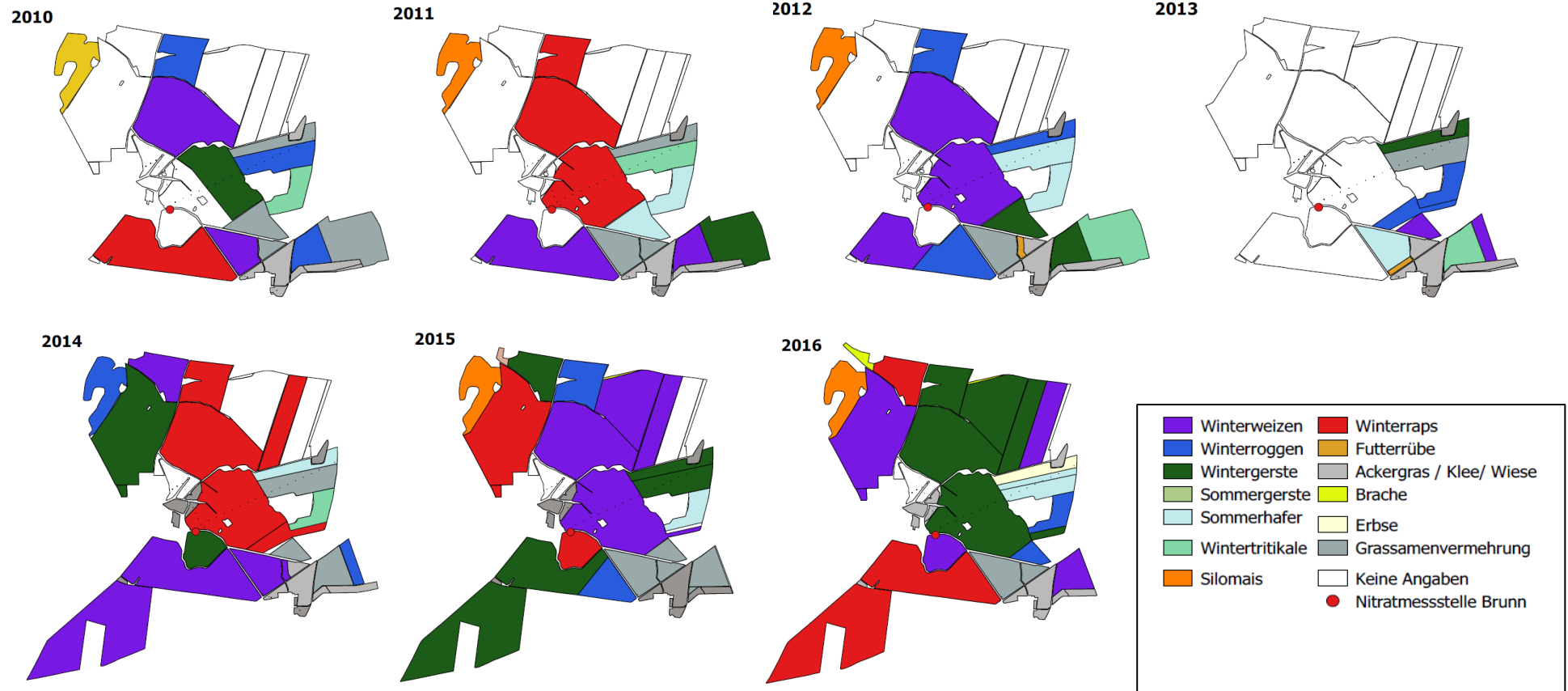
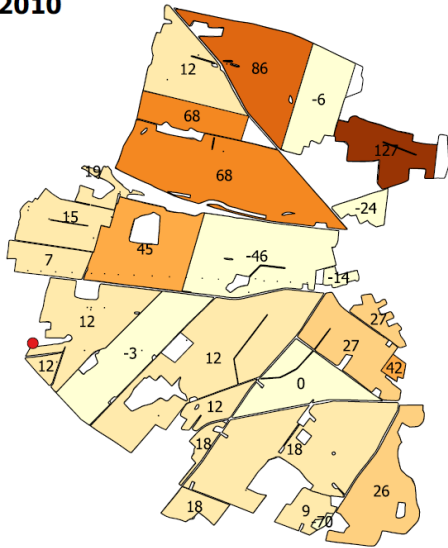
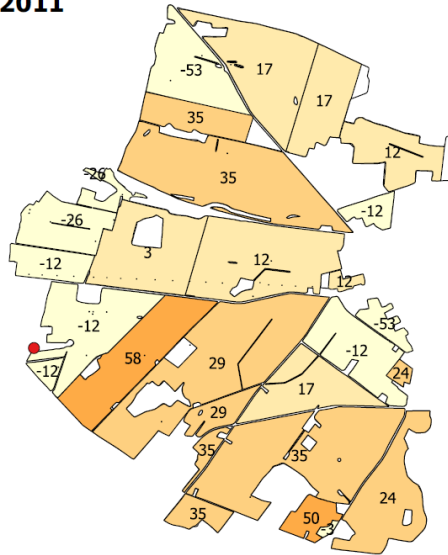


Abbildung 30 Untersuchungsgebiet Brunn - Fruchtfolge der Jahre 2010 bis 2016

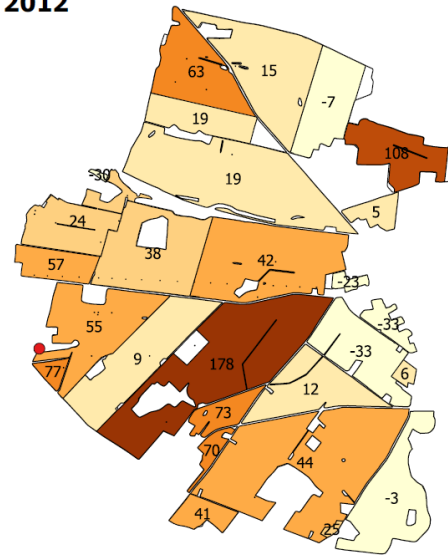
2010



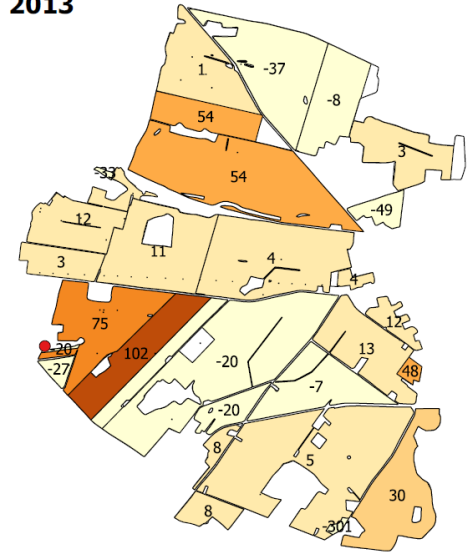
2011



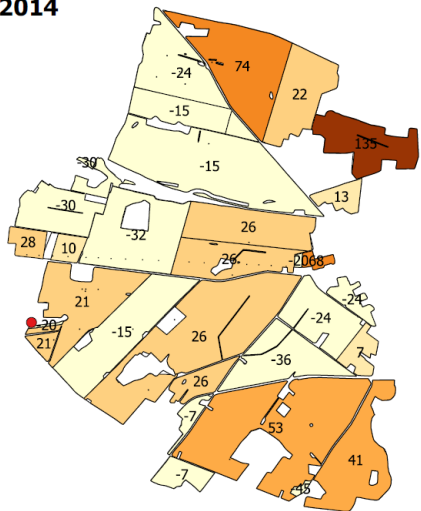
2012



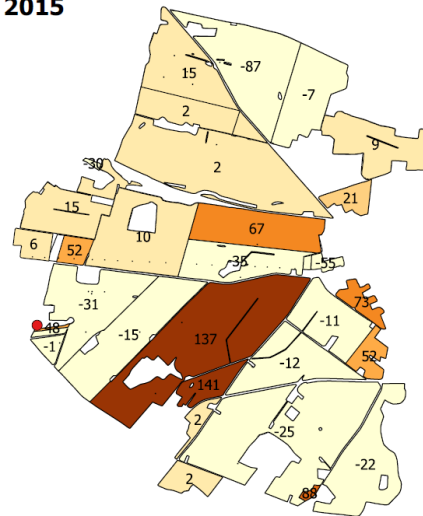
2013



2014



2015



2016

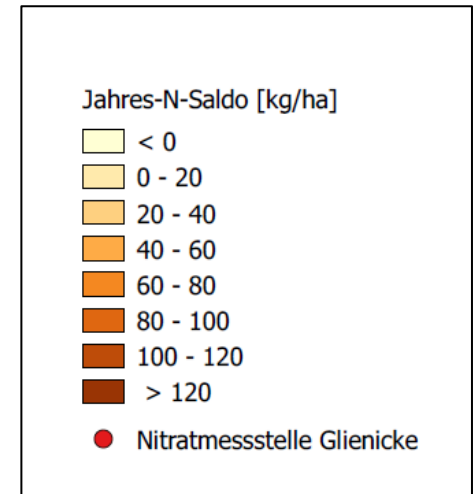
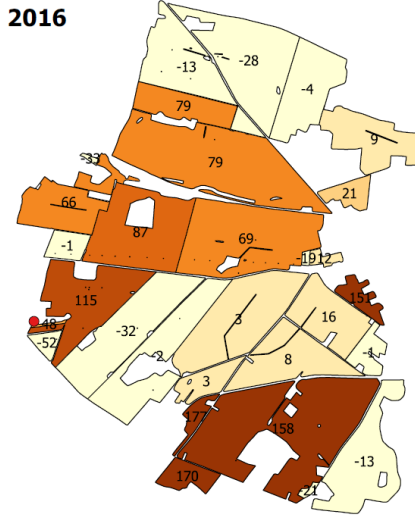


Abbildung 31 Untersuchungsgebiet Glienicke - grafische Darstellung der schlagbezogenen N-Salden [kg ha<sup>-1</sup>]

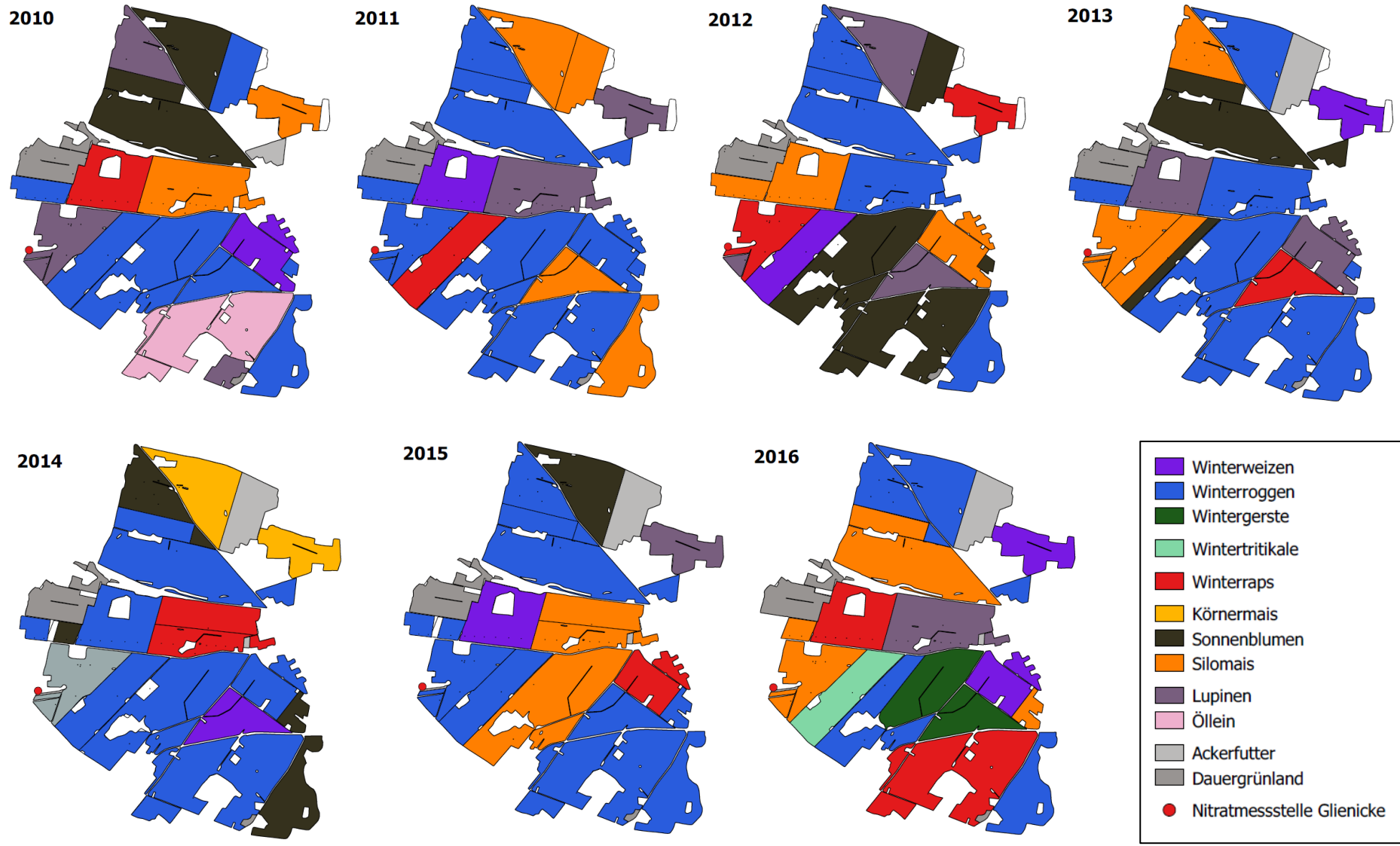


Abbildung 32 Untersuchungsgebiet Glienicke - Fruchtfolge der Jahre 2010 bis 2016





Abbildung 33 Untersuchungsgebiet Lichterfelde - grafische Darstellung der schlagbezogenen N-Salden [kg ha<sup>-1</sup>]

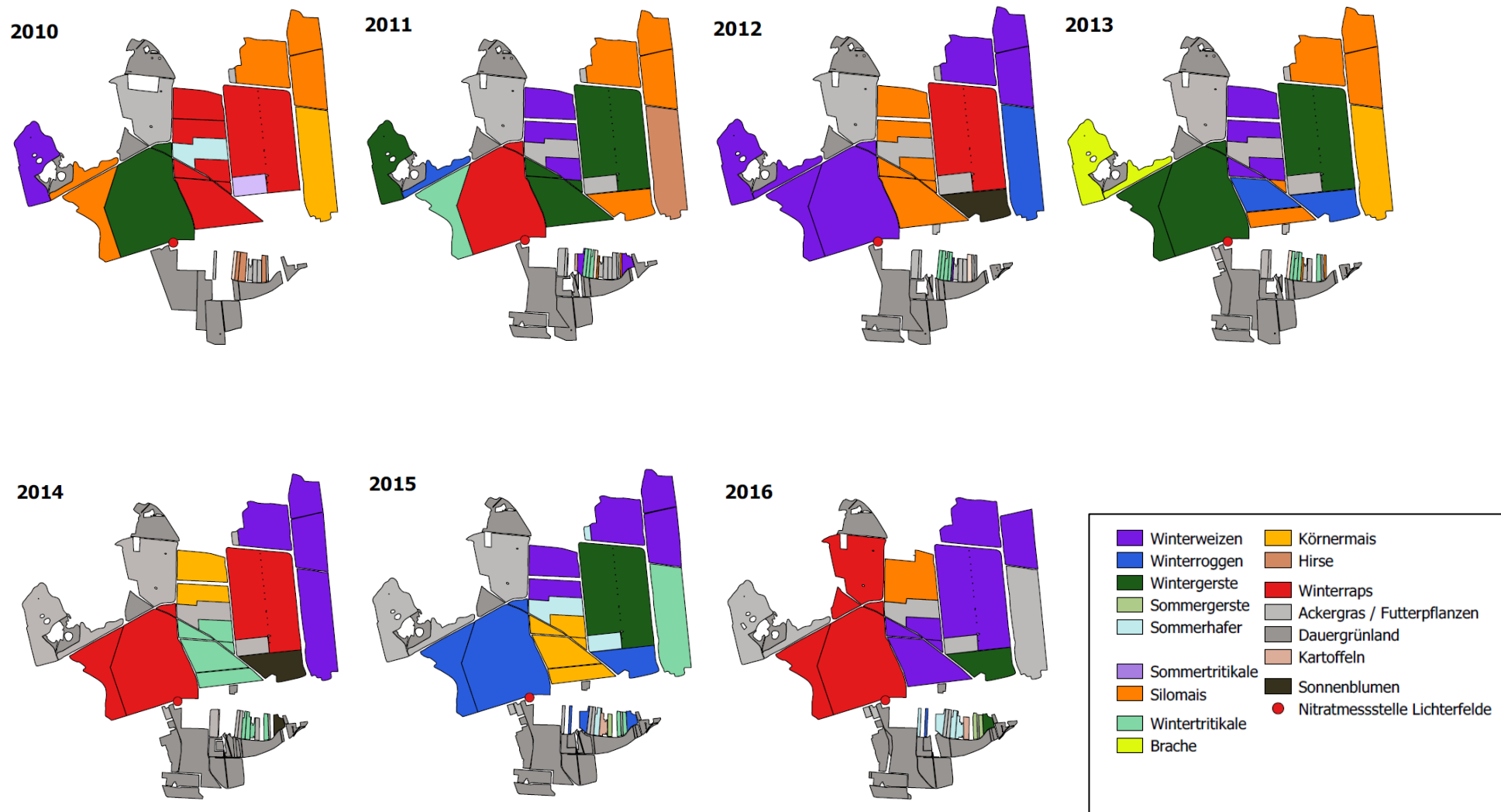
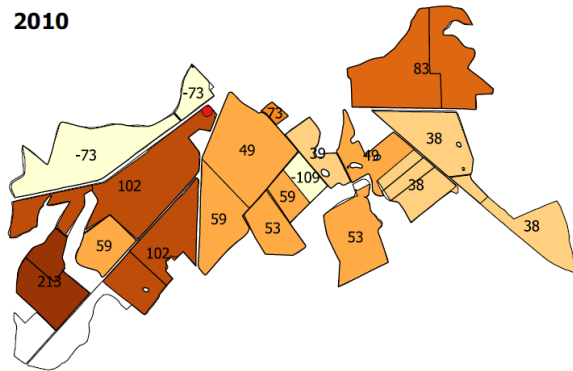
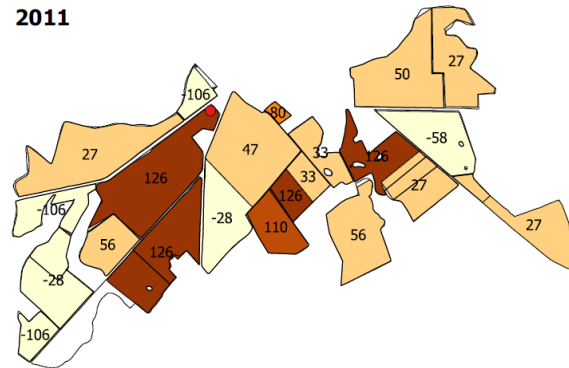


Abbildung 34 Untersuchungsgebiet Lichterfelde - Fruchtfolge der Jahre 2010 bis 2016

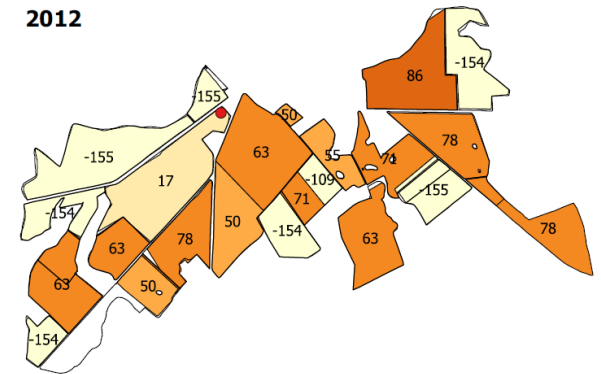
2010



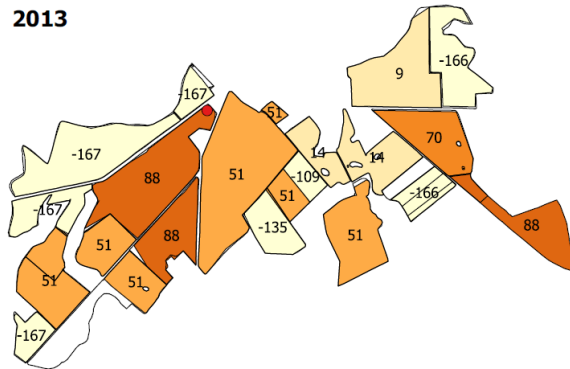
2011



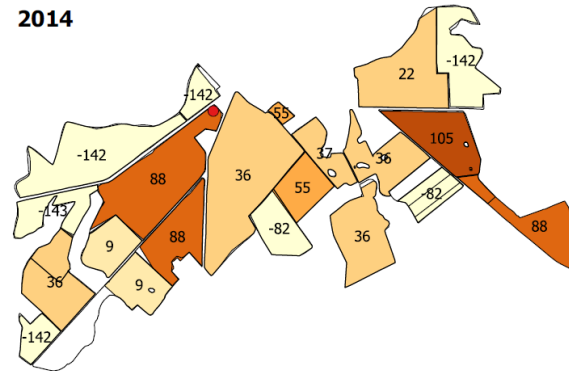
2012



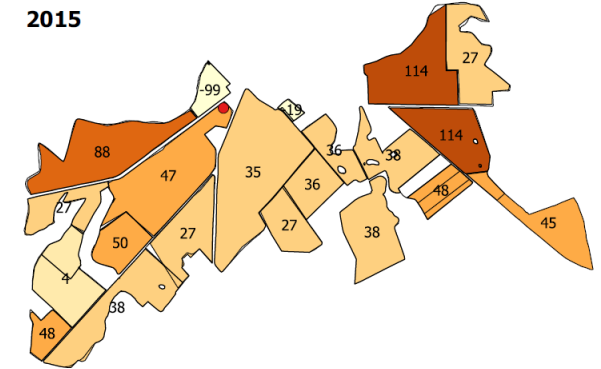
2013



2014



2015



2016

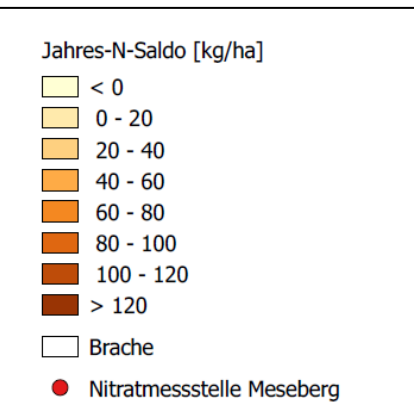
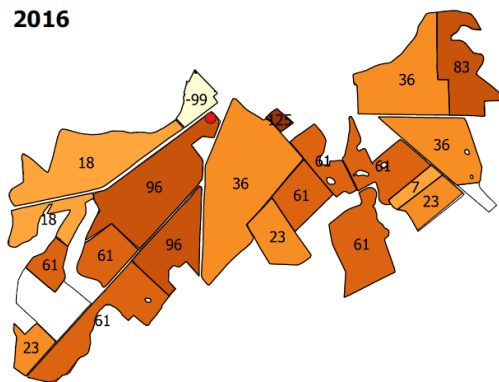


Abbildung 35 Untersuchungsgebiet Meseberg - grafische Darstellung der schlagbezogenen N-Salden [kg ha<sup>-1</sup>]



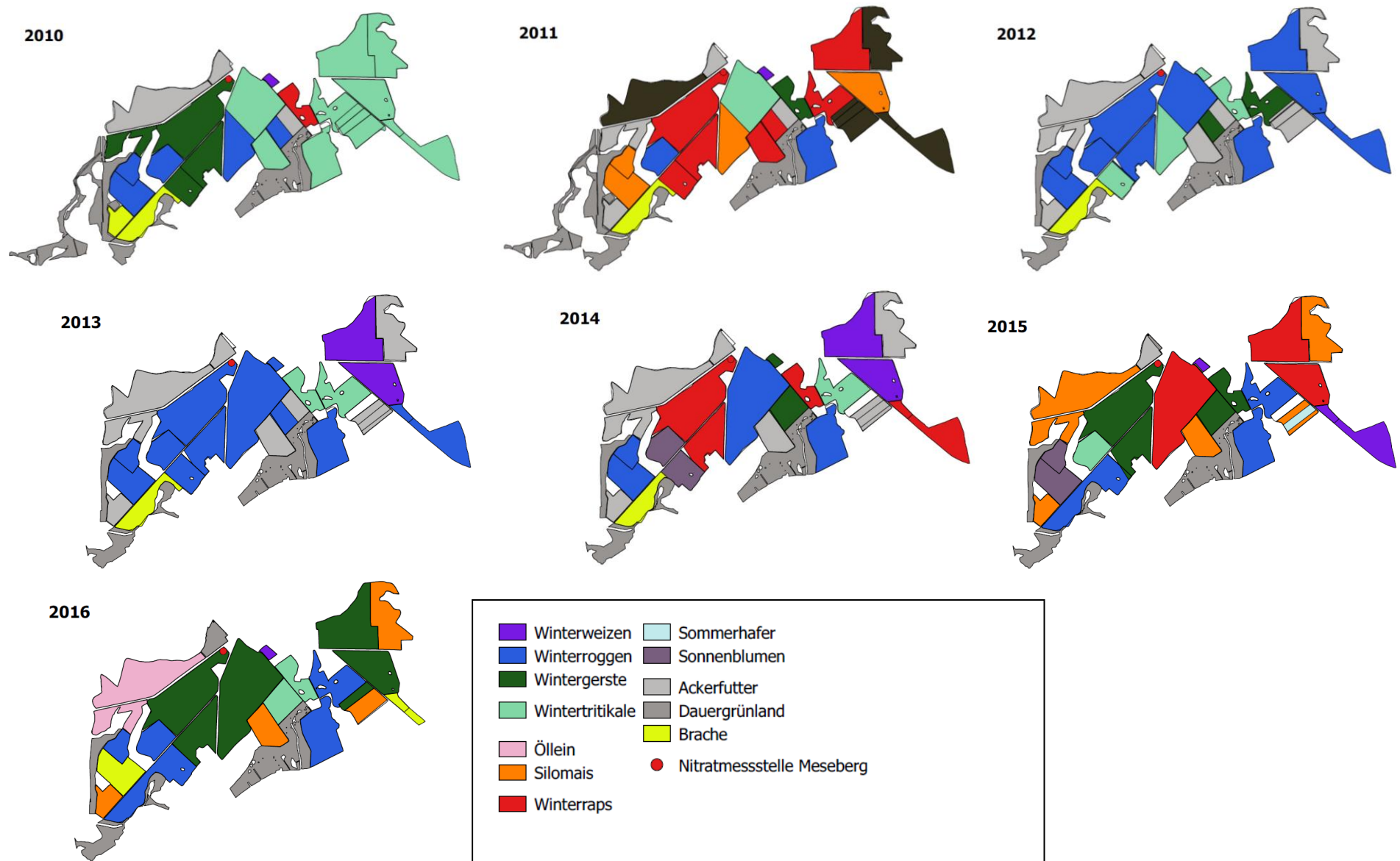


Abbildung 36 Untersuchungsgebiet Meseberg - Fruchtfolge der Jahre 2010 bis 2016

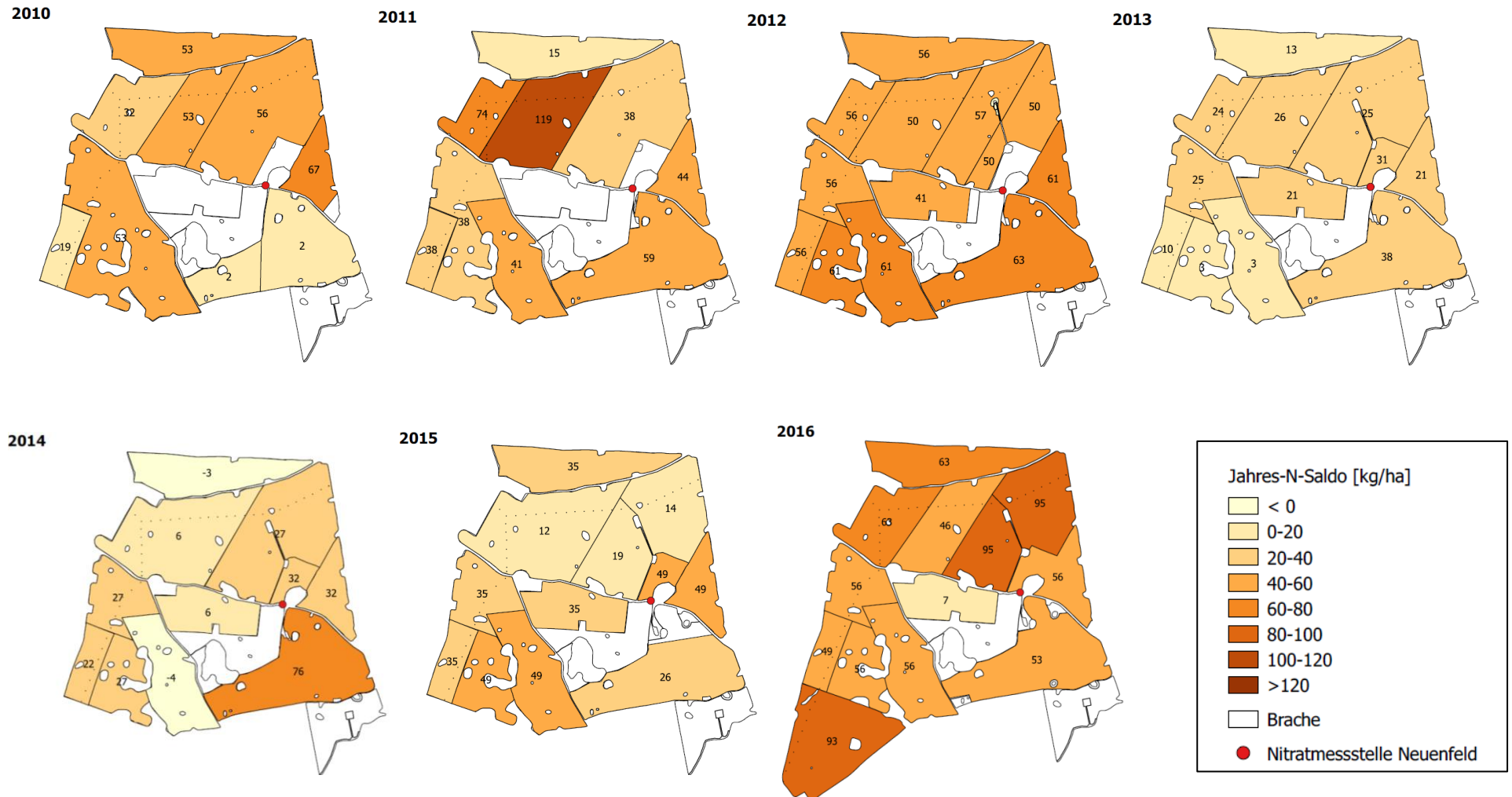


Abbildung 37 Untersuchungsgebiet Neuenfeld - grafische Darstellung der schlagbezogenen N-Salden [kg ha<sup>-1</sup>]

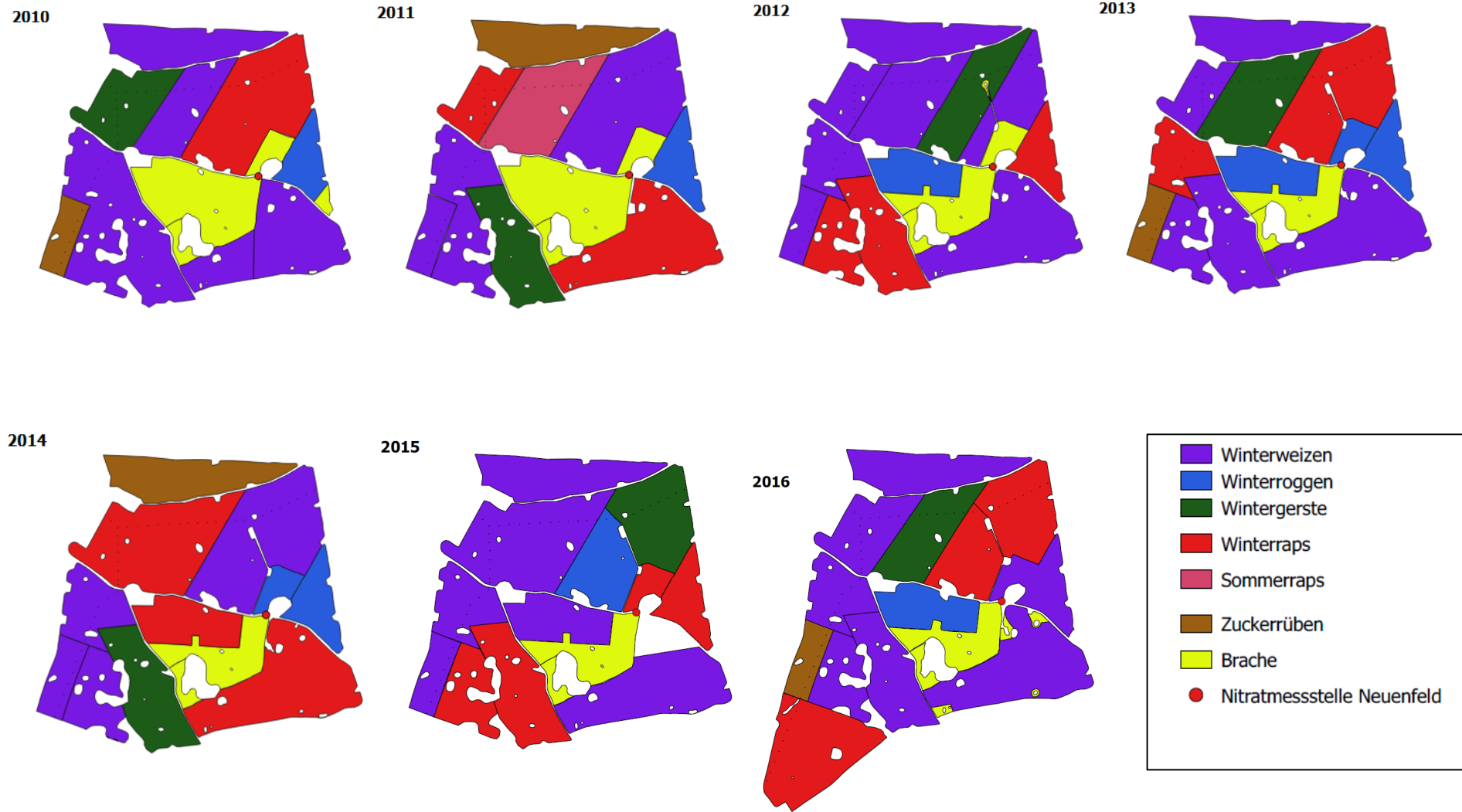


Abbildung 38 Untersuchungsgebiet Neuenfeld - Fruchtfolge der Jahre 2010 bis 2016

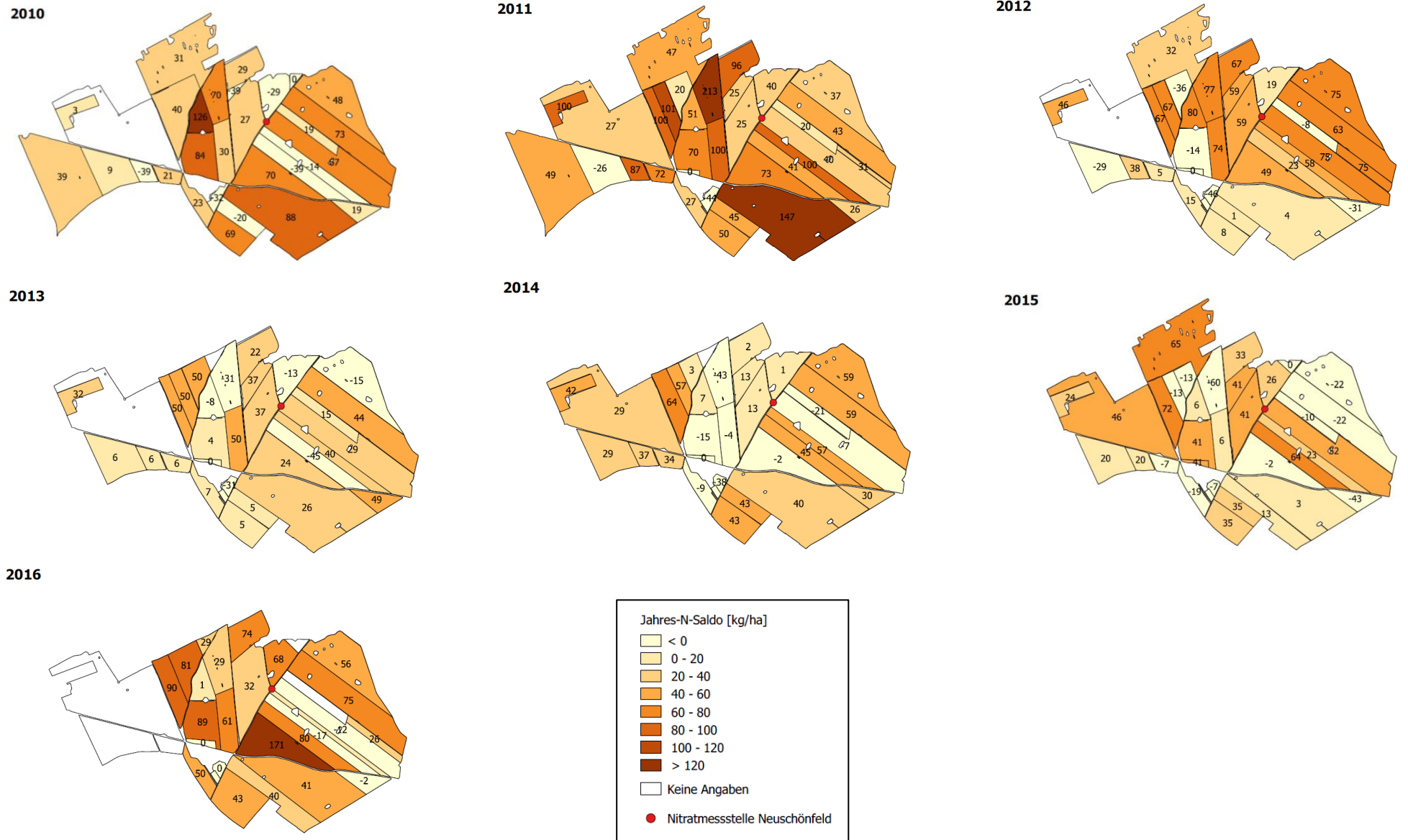


Abbildung 39 Untersuchungsgebiet Neuschönfeld - grafische Darstellung der schlagbezogenen N-Salden [ $\text{kg ha}^{-1}$ ]

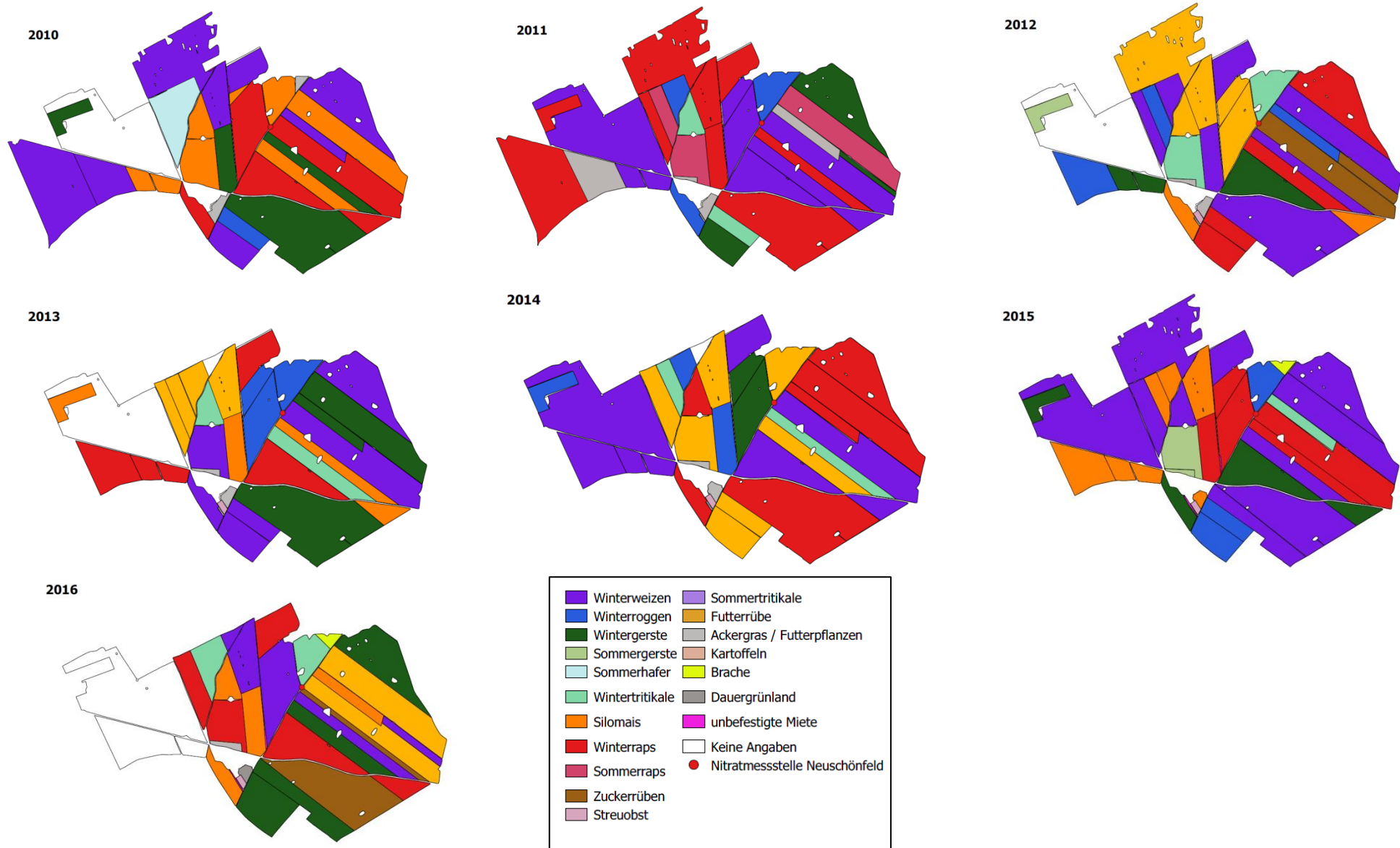


Abbildung 40 Untersuchungsgebiet Neuschönfeld - Fruchtfolge der Jahre 2010 bis 2016





Abbildung 41 Untersuchungsgebiet Plötzing - grafische Darstellung der schlagbezogenen N-Salden [kg ha<sup>-1</sup>]



Abbildung 42 Untersuchungsgebiet Plötzing - Fruchtfolge der Jahre 2010 bis 2016



Abbildung 43 Untersuchungsgebiet Reichenow - grafische Darstellung der schlagbezogenen N-Salden [kg ha<sup>-1</sup>]



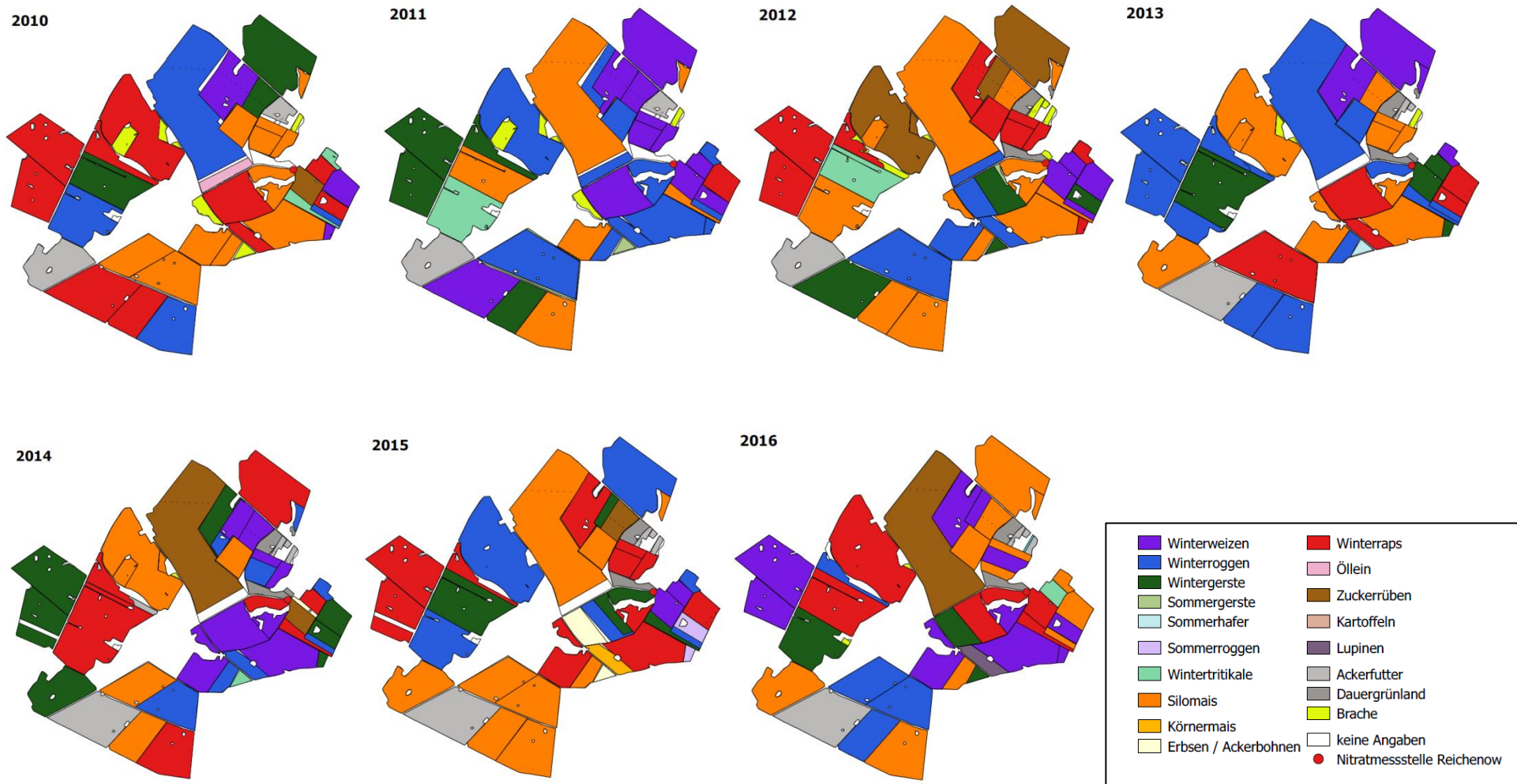


Abbildung 44 Untersuchungsgebiet Reichenow - Fruchtfolge der Jahre 2010 bis 2016

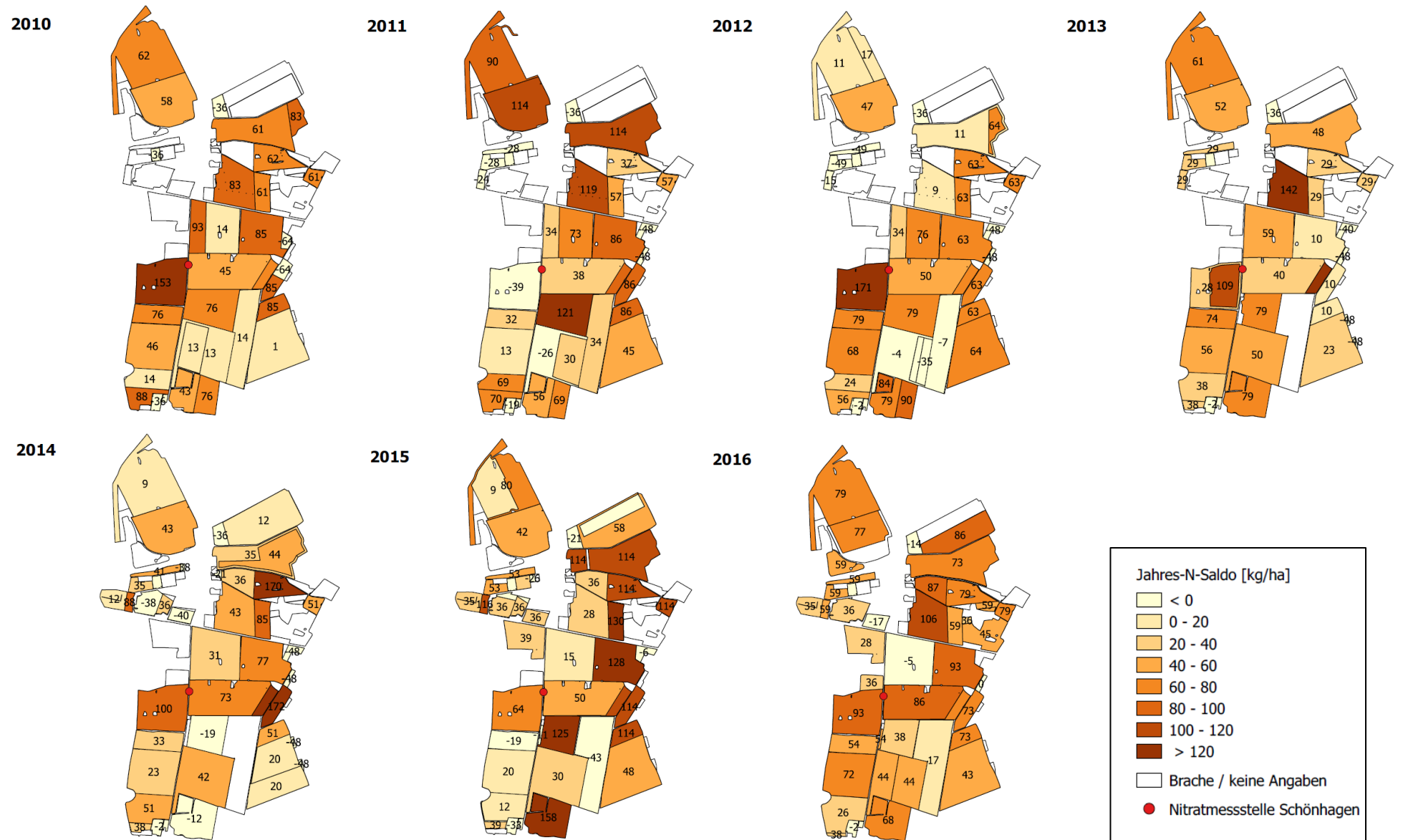
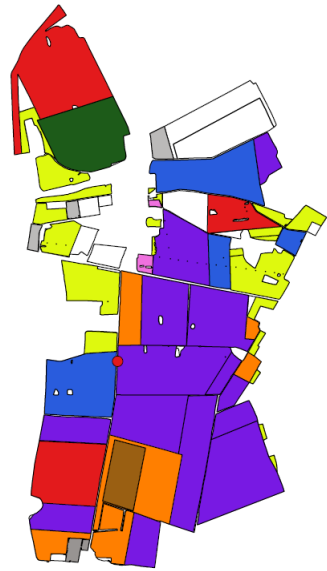
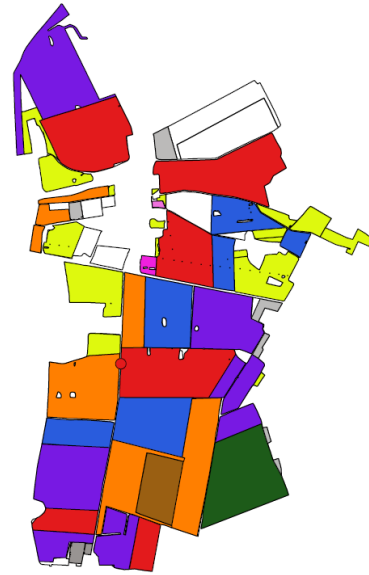


Abbildung 45 Untersuchungsgebiet Schönhagen - grafische Darstellung der schlagbezogenen N-Salden [kg ha<sup>-1</sup>]

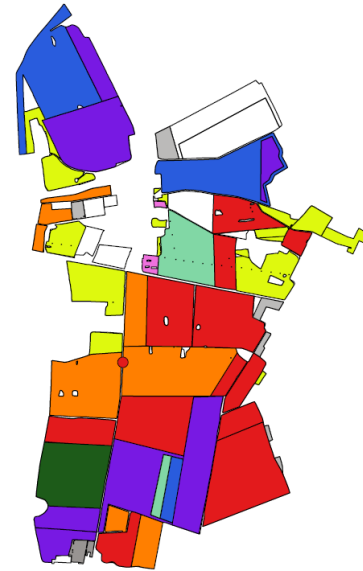
2010



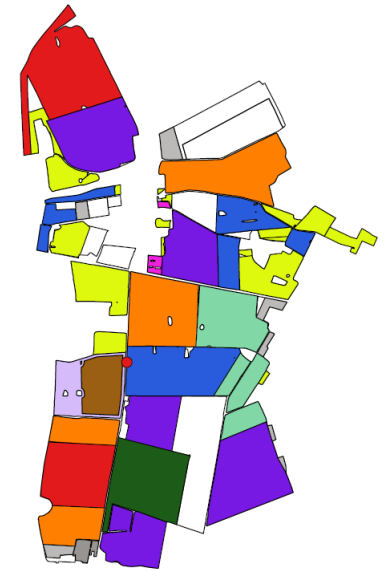
2011



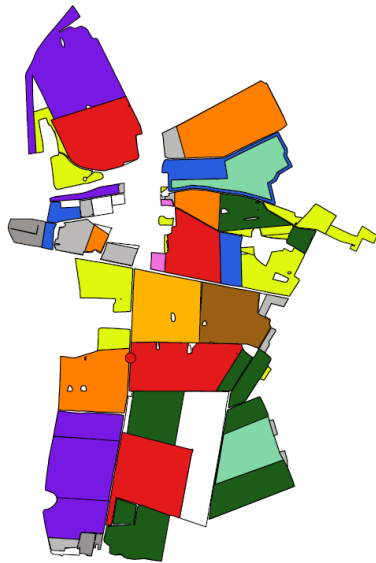
2012



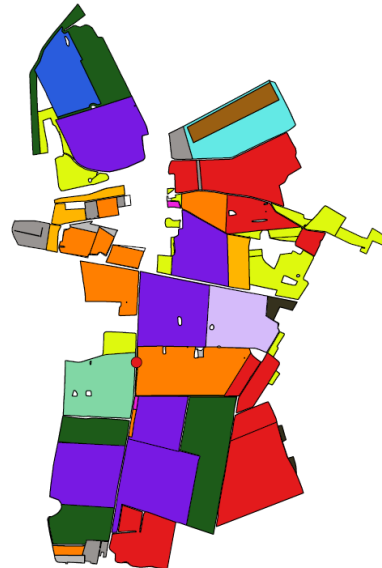
2013



2014



2015



2016

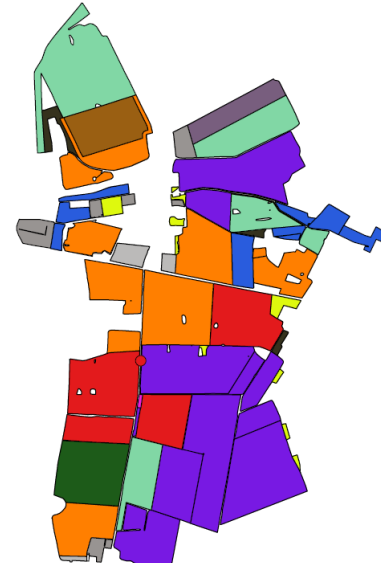


Abbildung 46 Untersuchungsgebiet Schönhagen - Fruchtfolge der Jahre 2010 bis 2016

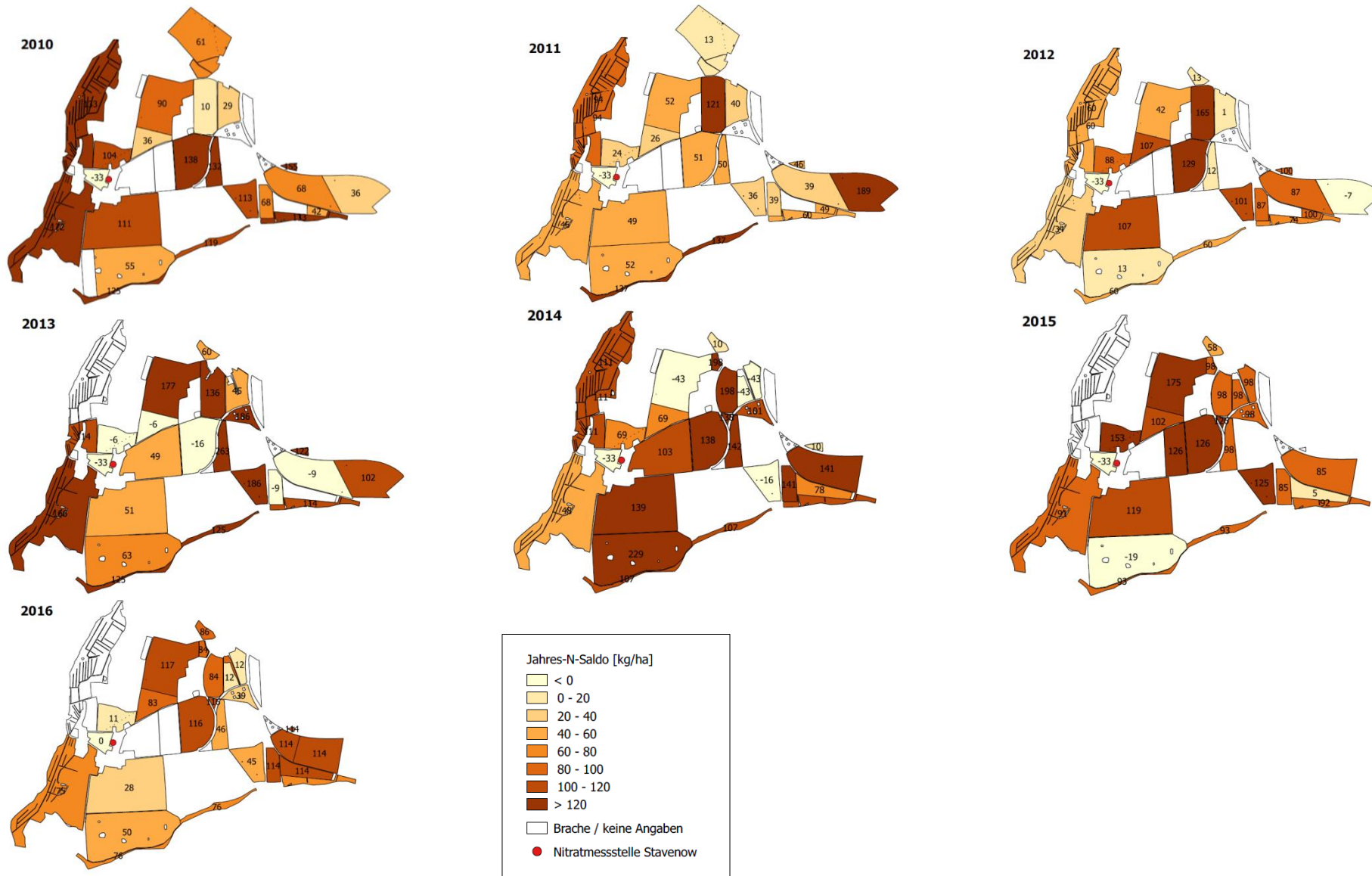
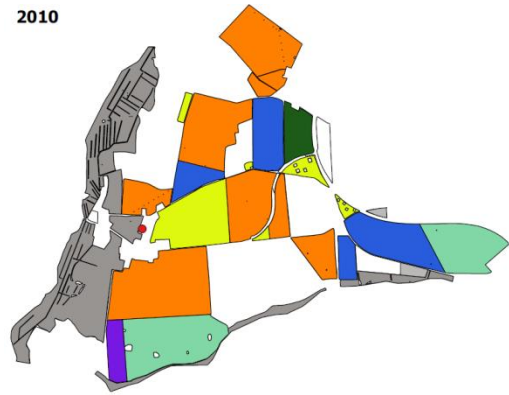


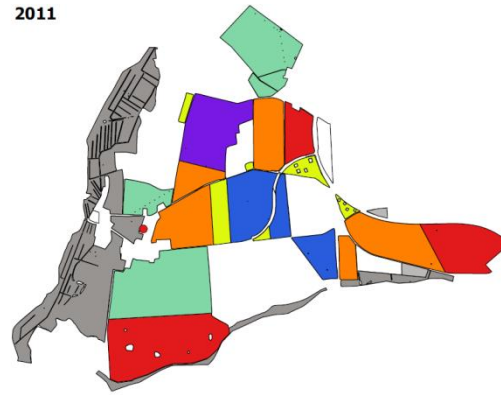
Abbildung 47 Untersuchungsgebiet Stavenow - grafische Darstellung der schlagbezogenen N-Salden [kg ha<sup>-1</sup>]



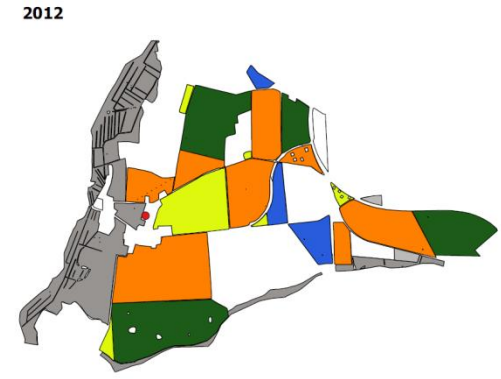
2010



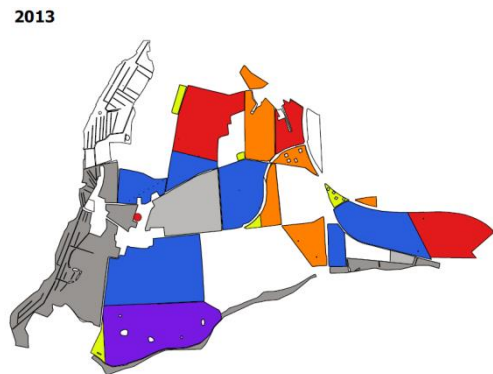
2011



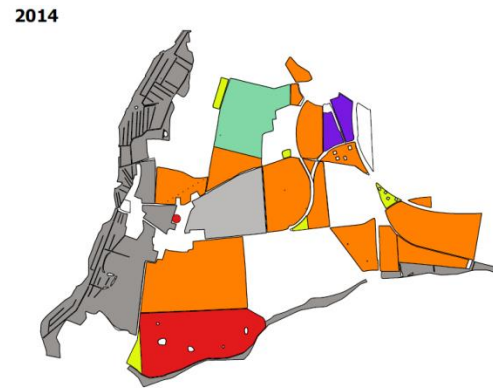
2012



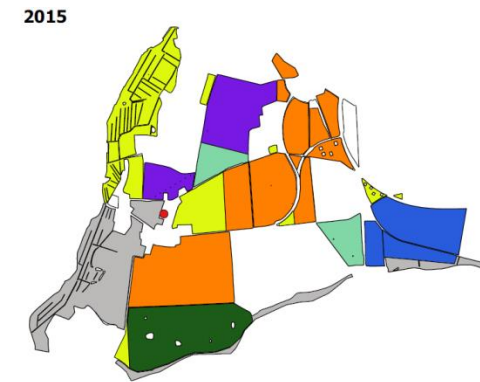
2013



2014



2015



2016

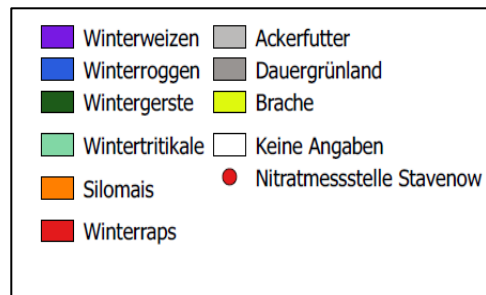
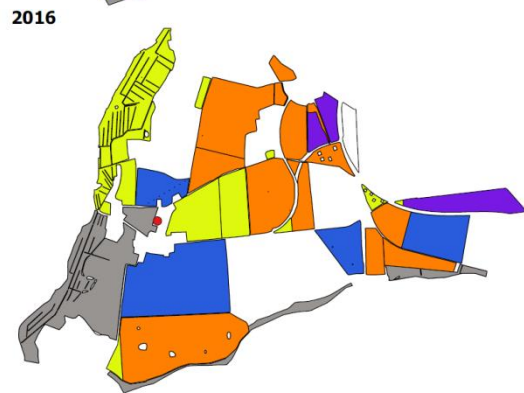


Abbildung 48 Untersuchungsgebiet Stavenow - Fruchtfolge der Jahre 2010 bis 2016

## **7.5 Einzelschlagbilanzen – N-Salden**

Landwirtschaftliche Kulturen haben zur Biomassebildung und für das Wachstum der Ernteprodukte recht unterschiedliche Ansprüche an die N-Versorgung. Deutlich wird dieser genetisch bedingte N-Anspruch durch die unterschiedlich hohen N-Einlagerungsmengen während der Vegetationsperioden. Lagert zum Beispiel Braugerste zur Erzeugung einer Dezitonne Korn nur 1,8 kg N in die Gesamtpflanze ein (Braugerstenkörner haben einen Rohproteingehalt von ca. 11 %), so muss man für die Erzeugung von einer Dezitonne Winterrapskorn von einer N-Aufnahme der Gesamtpflanze von 4,5 kg N ausgehen (Winterrapskörner im konventionellen Anbau haben einen Rohproteingehalt von ca. 23 %). Je größer der Umfang des Anbaus N-anspruchsvoller Kulturen eines Betriebes ist, umso mehr kommt es auf ein gut angepasstes Düngemanagement an, vor allem in Jahren, in denen witterungsbedingt die geplanten Zielerträge nicht erreicht werden können.

### **7.5.1 Kulturen mit hohen einjährigen N-Salden/ Anteil der Wirtschaftsdünger bei hohen einjährigen N-Salden**

Die Berechnungen der einzelschlagbezogenen jährlichen N-Salden mit dem NPK-Rechner haben gezeigt, dass hohe einjährige N-Überschüsse vermehrt beim Anbau bestimmter Kulturen auftraten. Eine Auswertung, wie häufig für einzelne Kulturen N-Bilanzsalden von  $> 60 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  errechnet wurden, enthält

Tabelle 11. Auffällig ist hier insbesondere der Raps. Bei dieser Kultur wurde die höchste Anzahl von Schlägen mit Salden von  $> 60 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  ermittelt. 56 % aller Schläge mit Rapsanbau zeigten Bilanzüberschüsse von  $> 60 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ . Zu hohen N-Bilanzüberschüssen kam es auch bei Wintergetreide. Hier waren bei 19-25 % der Schläge Bilanzüberschüsse von  $> 60 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  zu finden. Bei Silo- und Körnermais lag der Anteil der Schläge mit Salden von  $> 60 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  bei 34 %. Zu beachten ist jedoch dabei, dass der NPK-Rechner die N-Zufuhr aus organischen Düngern im Jahr der Ausbringung vollständig anrechnet, wodurch Kulturen, zu denen häufig organische Dünger eingesetzt wurden (u.a. Mais), im Ranking steigen. Deshalb wurde in

Tabelle 11 zusätzlich ausgewertet, wie oft ein hoher N-Überschuss von  $> 60 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  im Zusammenhang mit einer organischen Düngung aufgetreten ist. Allerdings kann es hier auch im Zusammenhang mit organischer Düngung ein Risiko einer Nitratverlagerung geben. Zur Bewertung

dieser Risiken sind jedoch die Betrachtung der Fruchtfolgen und die mehrjährige N-Bilanzierung erforderlich.

**Tabelle 11 Häufigkeit hoher N-Salden / Anteil hoher N-Salden mit Wirtschaftsdüngereinsatz**

Anbaukultur	Gesamtanzahl der Schläge	jährlicher N-Saldo > 60 N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>		N-Saldo > 60 kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> & Anteil der organische Düngung > 50 %	
		Anzahl	Anteil [%]	Anzahl	Anteil [%]
Winterraps	253	141	56	66	47
Winterweizen	355	87	25	21	24
Silomais	291	88	30	84	95
Winterroggen	330	62	19	40	65
Wintergerste	142	32	23	11	34
Mähweide	122	24	20	14	58
Körnermais	33	22	67	22	100
Wintertritikale	98	21	21	4	19
Zuckerrübe	25	10	40	9	90
Sommerhafer	22	8	36	7	88
Grünland	7	7	100	3	43
Sonnenblume	32	7	22	7	100
Kartoffel	9	7	78	7	100
Ackergras	124	4	3	1	25
Luzerne	28	3	11	2	67
Wiese	108	3	3	1	33
Lupine	26	3	12	2	67
Sommerraps	4	3	75	0	0
Sommerweizen	4	2	50	2	100
Grassamenvermehrung	23	2	9	2	100
Klee	28	1	4	0	0

### 7.5.2 Flächenanteile in einjährigen N-Saldoklassen/ Flächenanteile in siebenjährigen N-Saldoklassen

Die Bewertung des quantitativen Risikos der Nitrat-Verlagerung in den ersten Grundwasserleiter erfordert nicht nur eine Analyse über die Anzahl von aufgetretenen Einzelschlag-N-Bilanzsalden in unterschiedlichen Niveaustufen, sondern es ist auch zu berücksichtigen, für welche Flächengrößen im Umfeld der Nitratmessstellen die N-Überschüsse aufgetreten sind. Neben den jährlich berechneten N-Salden der Schläge sind also auch die Schlaggrößen als Gewichtungsfaktor von Bedeutung. In Tabelle 12 sind für die untersuchten Messstellen die Flächenanteile der Untersuchungsgebiete in den unterschiedlichen einjährigen N-Saldoklassen dargestellt.

Bei den Untersuchungsgebieten Brunn und Lichterfelde lagen die Flächenanteile mit einjährig hohen N-Bilanzüberschüssen von > 60 kg N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> bei 14 bzw. 7 %. In den Untersuchungsgebieten

Alt Zeschdorf, Glienicke, Meseberg, Neuenfeld, Neuschönfeld, Plötzin, Reichenow und Schönhagen wurden Flächenanteile von 18-40 % mit mehrjährigen N-Bilanzüberschüssen von  $> 60 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  ermittelt. Dieser Anteil lag im Gebiet Stavenow bei 51 %.

Ob von den einzelnen Schlägen tatsächlich eine Nitratverlagerung ausgegangen ist, hängt davon ab, ob N-Überhänge einzelner Jahre durch die jeweilige Folgekultur aufgefangen werden konnten. Wurde für mehrere aufeinander folgende Jahre ein hoher N-Saldo errechnet, muss für diesen Schlag von einer insgesamt hohen N-Austragsgefährdung ausgegangen werden. In Tabelle 13 sind für die untersuchten Messstellen die Flächenanteile der Untersuchungsgebiete in den unterschiedlichen siebenjährigen N-Saldoklassen dargestellt.

Bei den Untersuchungsgebieten Brunn, Glienicke, Lichterfelde und Neuschönfeld wurde ein Flächenanteil mit mehrjährig hohen N-Bilanzüberschüssen von  $> 60 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  von 5 % und weniger ermittelt. Die Untersuchungsgebiete Alt Zeschdorf, Meseberg, Neuenfeld, Plötzin, Reichenow und Schönhagen zeigten einen Flächenanteil von 18-33 % mit mehrjährigen N-Bilanzüberschüssen von  $> 60 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ . Im Gebiet Stavenow lag dieser Anteil bei 86 %.



**Tabelle 12** Flächenanteile der Untersuchungsgebiete mit unterschiedlich hohen einjährigen N- Bilanz-Salden

	Alt Zeschdorf	Brunn	Glienicke	Lichterfelde	Meseberg	Neuenfeld	Neuschönfeld	Plötzin	Reichenow	Schönhagen	Stavenow
<b>einjähriger N-Saldo [kg N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>]</b>	<b>Flächenanteil im Untersuchungsgebiet [%]</b>										
> 120	4	3	6	-	4	-	3	-	4	5	20
100-120	4	1	2	0	6	3	1	-	4	5	15
80-100	17	3	2	1	12	5	3	19	4	9	10
60-80	12	7	8	6	11	15	12	8	8	21	6
40-60	14	16	10	18	17	29	18	1	19	21	19
20-40	10	14	14	16	23	21	22	3	19	15	7
0-20	12	19	29	10	7	12	10	9	13	12	4
< 0	27	11	29	35	15	8	14	26	18	11	9
Brache	-	-	-	-	3	7	0	31	1	1	10
<b>Summe &gt; 60</b>	<b>37</b>	<b>14</b>	<b>18</b>	<b>7</b>	<b>33</b>	<b>23</b>	<b>19</b>	<b>27</b>	<b>20</b>	<b>40</b>	<b>51</b>

**Tabelle 13** Flächenanteile der Untersuchungsgebiete mit unterschiedlich hohen siebenjährigen N- Bilanz-Salden

	Alt Zeschdorf	Brunn	Glienicke	Lichterfelde	Meseberg	Neuenfeld	Neuschönfeld	Plötzin	Reichenow	Schönhagen	Stavenow
<b>siebenjähriger N-Saldo [kg N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>]</b>	<b>Anteil an der Gesamtfläche des Untersuchungsgebietes [%]</b>										
> 120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
100-120	.	<b>2</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>21</b>
80-100	-	-	-	-	<b>15</b>	<b>6</b>	-	<b>7</b>	-	<b>6</b>	<b>38</b>
60-80	<b>19</b>	<b>3</b>	-	<b>1</b>	<b>7</b>	<b>12</b>	<b>2</b>	<b>19</b>	<b>19</b>	<b>27</b>	<b>27</b>
40-60	35	15	28	16	40	46	44	3	20	30	9
20-40	36	68	24	34	8	26	45	11	32	21	3
0-20	10	4	27	10	-	6	7	-	17	8	-
< 0	-	8	21	39	30	0	2	39	12	8	1
Dauerbrache	-	-	-	-	-	4	-	18	-	-	1
<b>Summe &gt; 60</b>	<b>19</b>	<b>5</b>	<b>-</b>	<b>1</b>	<b>22</b>	<b>18</b>	<b>2</b>	<b>26</b>	<b>19</b>	<b>33</b>	<b>86</b>

## **7.6 Ein- und mehrjährige aggregierte Schlagbilanzen**

Fasst man die einjährigen N-Salden aller Schläge eines Betriebes für ein Untersuchungsjahr zusammen, spricht man von der einjährigen aggregierten Schlagbilanz. Dabei ist die jeweilige Schlaggröße zu berücksichtigen, es wird also gewichtet. Werden die aggregierten Schlagbilanzen mehrerer Jahre zusammengefasst, spricht man von mehrfährigen aggregierten Schlagbilanzen. Die besondere Aussagekraft der mehrjährigen N-Bilanzen für die Bewertung des Düngeregimes der Betriebe ist in Kap. 6.1 beschrieben.

Zur zusammenfassenden Bewertung des N-Düngeregimes der Betriebe in den Untersuchungsgebieten wurden je Betrieb die jährlichen aggregierten Schlagbilanzen sowie 3- und 7-jährige (gesamter Untersuchungszeitraum) aggregierte Schlagbilanzen berechnet. Für alle elf Messstellen sind diese Ergebnisse in den jeweiligen Teilberichten dargestellt.

Für alle elf Untersuchungsgebiete wurde eine Übersicht erarbeitet, die die einjährigen aggregierten Schlagbilanzen und die aggregierten Schlagbilanzen über 3 und 7 Jahre enthält (Tabelle 14). Die Tabelle beinhaltet für alle untersuchten Flächen der jeweiligen Grundwassermessstelle den gewichteten Mittelwert der aggregierten N-Bilanzen. Mit dem gewichteten Durchschnittswert über alle Flächen und über alle sieben Betrachtungsjahre ergibt sich in der rechten Spalte dieser Tabellen eine Kennzahl, die den Ausnutzungsgrad des gedüngten Stickstoffs beschreibt. Für den untersuchten Zeitraum lässt sich anhand dieser Kennzahl auf die nicht durch Pflanzenentzug verwerteten N-Mengen und damit auf ein N- bzw. NO<sub>3</sub>-Verlagerungspotenzial in das Grundwasser schließen. Dabei ist zu beachten, dass auch einjährige hohen Salden zu einer Nitratverlagerung führen können, auch wenn der mehrjährig gemittelte Saldo insgesamt niedrig ist. Des Weiteren führen insbesondere negativen N-Salden auf Teilflächen bei einer Mittelwertbildung zu einer Unterschätzung des Nitratverlagerungspotenzials im Gesamtgebiet. Daher sind neben den gemittelten N-Salden für die Untersuchungsgebiete immer die Einzelschläge sowie individuellen Gegebenheiten der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung zu berücksichtigen.

**Tabelle 14 Zusammenfassung der mehrjährigen aggregierten Schlagbilanzen für alle elf Untersuchungsgebiete**

Untersuchungs- gebiet	Fläche (2016) [ha]	Saldo aggregierte Schlagbilanz [kg N ha <sup>-1</sup> ]												
		Jahr							3-jähriges Mittel					7- jähriges Mittel
		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2010-12	2011-13	2012-14	2013-15	2014-16	2010-16
<b>Alt Zeschdorf</b>	938	39	62	33	11	31	29	76	45	35	25	24	45	40
<b>Brunn</b>	603	14	39	15	14	35	33	47	23	25	25	32	39	31
<b>Glienicke</b>	829	24	15	45	11	16	9	46	28	24	24	12	24	24
<b>Lichterfelde</b>	398	10	3	8	-6	-2	1	13	7	2	0	-2	4	4
Meseberg	255	60	42	3	-2	6	47	49	35	15	3	18	34	29
<b>Neuenfeld</b>	1009	42	35	59	29	25	33	61	45	41	38	29	40	41
<b>Neuschönfeld</b>	685	40	54	37	18	24	21	51	44	46	27	23	31	37
<b>Plötzin</b>	297 (164*)	46	52	33	40	30	22	32	44	44	35	32	29	36
<b>Reichenow</b>	904	52	30	41	19	10	35	53	41	30	24	22	33	34
<b>Schönhagen</b>	607	53	56	46	51	38	49	61	52	51	45	46	50	51
<b>Stavenow</b>	598	98	65	61	88	95	88	65	75	72	91	90	83	80

\*Mittelwert der beantragten Fläche im Untersuchungsgebiet abzüglich Brachen und ungedüngten und ungeernteten Dauerkulturen

Auffällig sind insbesondere die durchgängig sehr hohen N-Salden der aggregierten Schlagbilanzen über 1, 3 und 7 Jahre im Gebiet Stavenow, welche alle über 60 kg N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> betragen. In den zehn weiteren Untersuchungsgebieten sind vier 1-jährig aggregierte Schlagbilanzen mit einem N-Saldo von über 60 kg N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> zu finden, drei davon im Jahr 2016. Die N-Salden des Jahres 2016 lagen generell bei allen Untersuchungsgebieten, mit Ausnahme von Stavenow, wesentlich höher als die zwei vorherigen Jahresbilanzen, welches mit der sehr schlechten Rapsernte 2016 zusammenhängt. Die 3-jährig aggregierten Schlagbilanzen aller Untersuchungsgebiete mit Ausnahme von Stavenow zeigten Salden von unter 60 kg N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. In Lichterfelde wurden hier die geringsten Werte mit ≤ 7 kg N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> und in Stavenow die höchsten Salden mit ≥ 72 kg N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> ermittelt. Die gleiche Reihenfolge ergibt sich für das 7-jährige Mittel der N-Salden. Lichterfelde zeigte den geringsten Wert mit 4 kg N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> und Stavenow den höchsten Wert mit 80 kg N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. Bei den Messstellen Alt Zeschdorf, Brunn, Glienicke, Meseberg, Neuenfeld, Neuschönfeld, Plötzin, Reichenow und Schönhagen lagen die 7-jährigen Mittel der aggregierten Schlagbilanzen bei 24-51 kg N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

## 7.7 Nitratverlagerungspotenzial

Das Risiko einer Nitratverlagerung ist, wie in Kap. 4 beschrieben, u. a. abhängig von der Grundwasserneubildung und Denitrifikation in der ungesättigten Bodenzone.

Die Denitrifikationspotenziale wurden mit Hilfe der Schichtenverzeichnisse der jeweiligen Nitratmessstellen (Anhang 2) sowie unter Berücksichtigung der jeweils im gesamten Untersuchungsgebiet dominierenden Bodenarten bzw. -typen<sup>23</sup> bestimmt. In den Untersuchungsgebieten dominieren sandige bis schluffige Böden. Für sandige Lockergesteine wurden Denitrifikationspotenziale von  $< 10 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  und für schluffige Lockergesteine von  $10\text{-}30 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  abgeschätzt (s. Kap. 4).<sup>24</sup>

Für alle Untersuchungsgebiete wurde das Nitratverlagerungspotenzial bei den über 7 Jahre gemittelten aggregierten N-Salden und den Minimal- und Maximalwerten der über 3 Jahre gemittelten aggregierten N-Salden unter Berücksichtigung der hydrogeologischen Verhältnisse nach Renger<sup>25</sup> (siehe auch Kap. 4) berechnet (Tabelle 15).

Das Nitratverlagerungspotenzial bei mittlerem jährlichen N-Überschuss ergibt eine Abschätzung über eine mögliche landwirtschaftlich bedingte Eintragssituation ins Grundwasser an der jeweiligen Messstelle. Dabei ist jedoch zu beachten, dass es innerhalb der jeweiligen Untersuchungsgebiete teilweise erhebliche Unterschiede der mittleren N-Salden zwischen den einzelnen Flächen bzw. Flächenbewirtschaftern und damit auch erhebliche Unterschiede im Nitratverlagerungspotenzial gab. So zeigten z. B. an der Messstelle Meseberg, welche einen moderaten mittleren jährlichen Überschuss von  $29 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  aufwies, 22 % der Flächen langjährige Überschüsse von  $> 60 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  (Tabelle 13) mit entsprechend hohen Nitratverlagerungspotenzialen.

Die erheblichen Unterschiede der mittleren N-Salden zwischen Flächenbewirtschaftern werden hier im Nitratverlagerungspotenzial der Mini- und Maximalwerte der dreijährig aggregierten N-Überschüsse verdeutlicht. Die Einzelschlagbilanzen wurden zu dreijährig aggregierten Schlagbilanzen für die einzelnen Betriebe zusammengefasst und für die Minimal- und Maximalwerte ebenso die Nitratverlagerungspotenziale berechnet (Tabelle 15).

---

23. <http://www.geo.brandenburg.de/lbgr/bergbau>, Zugriff: 11.12.2017

24. Gäth, S., Antony, F., Becker, K.-W., Gerjes, H., Höper, H., Kersebaum, C., Nieder, R. (1999): Bewertung der standörtlichen Denitrifikationsleistung und N-Vorratsänderung von Böden und Bodennutzungssystemen. *Mitteil.d. Deutschen Bodenkundl. Gesellsch.* 91, 1213-1216; zit. in: Renger, M (2002): Sicker- und Fließzeiten von Nitrat aus dem Wurzelraum ins Grundwasser, S. 30

25. Renger, M (2002): Sicker- und Fließzeiten von Nitrat aus dem Wurzelraum ins Grundwasser, S. 2-20

Tabelle 15 Überblick Nitratverlagerungspotenziale in den Untersuchungsgebieten

Messstelle	Grundwasserneubildungsrate an der Messstelle (1999-2015)	Mittlerer Sauerstoffgehalt des Grundwassers (2010-2018)	Denitrifikationspotenzial im Untersuchungsgebiet	Mittlerer 7-jähriger N-Überschuss im Untersuchungsgebiet	Nitratverlagerungspotenzial bei mittlerem jährlichen N-Überschuss (7-Jahresmittel)	Minimalwerte bis Maximalwerte aggregierter Schlagbilanzen der Betriebe (3-Jahresmittel)	Maximales Nitratverlagerungspotenzial bei 3-jährig aggregierten Schlagbilanzen einzelner Betriebe
	[mm a <sup>-1</sup> ]	[mg l <sup>-1</sup> ]	[kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	[kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	[mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> l <sup>-1</sup> ]	[kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	[mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> l <sup>-1</sup> ]
Alt Zeschdorf	133	10,1 ± 0,8	0-30	<b>40</b>	<b>33-100</b>	3-76	253
Brunn	154	0,2 ± 0,6	10-30	<b>31</b>	<b>3-60</b>	17-40	86
Glienicke	163	4,6 ± 0,6	10-30	<b>24</b>	<b>&lt;38</b>	4-43	90
Lichterfelde	161	3,9 ± 1,5	0-30	<b>4</b>	<b>&lt;11</b>	-39-33	91
Meseberg	141	8,2 ± 0,6	10-30	<b>29</b>	<b>&lt;60</b>	-50-55	141
Neuenfeld	129	7,1 ± 0,9	10-30	<b>41</b>	<b>38-106</b>	22-59	168
Neuschönfeld	123	8,7 ± 0,6	10-30	<b>37</b>	<b>25-97</b>	6-66	202
Plötzin	142	7,8 ± 1,8	10-30	<b>36</b>	<b>19-81</b>	-22-65	175
Reichenow	156	10,3 ± 0,3	10-30	<b>34</b>	<b>11-68</b>	1-75	185
Schönhagen	161	7,1 ± 0,6	0-30	<b>51</b>	<b>57-139</b>	1-64	175
Stavenow	178	7,2 ± 0,5	0-30	<b>80</b>	<b>124-199</b>	69-92	229

Die geringsten Nitratverlagerungspotenziale vom  $< 11$  bzw.  $< 38 \text{ mg NO}_3^- \text{ l}^{-1}$  bei 7-jährig gemitteltem N-Saldo wurden für die Gebiete Lichterfelde und Glienicke ermittelt. Das höchste Verlagerungspotenzial bei 7-jährig gemitteltem N-Saldo von bis zu  $199 \text{ mg NO}_3^- \text{ l}^{-1}$  trat im Gebiet Stavenow auf. In allen Untersuchungsgebieten zeigten die maximalen Nitratverlagerungspotenziale bei 3-jährig aggregierten Schlagbilanzen einzelner Betriebe von  $> 86 \text{ mg NO}_3^- \text{ l}^{-1}$ , dass zumindest in begrenzten Zeiträumen auf Teilflächen hohe Nitratverlagerungen auftreten konnten.

Der Untersuchungszeitraum von 2010 bis 2016 war bei den zu berücksichtigenden Nitratverlagerungszeiten in der ungesättigten Bodenzone an den einzelnen Messstellen von 3-49 Jahren (Tabelle 2) zum überwiegenden Teil nicht ausreichend, um abschließend die Wirkungen des derzeitigen Düngeregimes der Betriebe auf die gemessenen Nitratkonzentrationen zu beurteilen. Jedoch war eine Abschätzung des Nitratverlagerungspotenzials an den Messstellen durch die derzeitigen Düngeregime der Betriebe möglich.

Die tatsächliche Nitratauswaschung weist aber erhebliche Schwankungen in der durchwurzelten Bodenzone durch jahreszeitlich abhängige Mineralisierung, Immobilisierung und Denitrifikation sowie durch die Art und Intensität der Bodennutzung (Pflanzenbestand, Bodenbearbeitung, mineralische und organische Düngung) auf. Eine Modellierung der Nitratverlagerung war jedoch nicht Gegenstand des Projektes.

## **8 Bewertung und Maßnahmenempfehlungen**

Nach Auswertung der landwirtschaftlichen Bewirtschaftungsdaten erfolgte eine Bewertung der agronomischen Maßnahmen in den Untersuchungsgebieten unter Berücksichtigung der hydrogeologischen Gegebenheiten. Die empfohlenen Maßnahmen zur Reduzierung von N-Überschüssen bzw. deren Verlagerung ins Grundwasser sind für die einzelnen Untersuchungsgebiete in Tabelle 16 zusammengefasst, außer für Lichterfelde (sehr geringes Nitratverlagerungspotenzial).

**Tabelle 16 Zusammenfassung der empfohlenen Maßnahmen in den Untersuchungsgebieten**

Empfohlene Maßnahmen	Alt Zeschdorf	Brunn	Glienicke	Meseberg	Neuenfeld	Neu-schönfeld	Plötzin	Reichenow	Schön-hagen	Stavenow
Beratungsförderung Schwerpunkt 12: Beratung zu Nährstoffkreisläufen / Stoffströmen	x	x	x	x	x		x	x	x	x
Eigene N <sub>min</sub> -Bodenuntersuchungen	x		x	x	x	x	x	x	x	x
Anpassung der Ertragserwartungen		x		x	x	x	x	x	x	x
Zwischenfruchtanbau	x		x	x	x	x		x	x	x
Defizite bei der Grundnährstoffversorgung systematisch beseitigen			x	x	x	x	x	x	x	x
Teilschlagspezifische Bewirtschaftungsmethoden	x		x	x		x	x	x	x	x
Nährstoffanalyse organischer Dünger durch eigene Laboruntersuchungen	x		x	x		x		x	x	
Reduzierung der organischen Düngung							x	x		x
Überarbeitung der Fruchtfolgen	x				x				x	x
Teilung der N-Gaben					x	x				
Vermeidung von organischer Düngung mehrere Jahre nacheinander						x				
Keine N-Düngung bei Leguminosen		x								
Berücksichtigung der Beweidung bei Berechnung des N-Düngebedarfs		x								
Nutzung stabilisierter N-Düngemittel									x	x
Brachenumbruch vermeiden									x	x



## ***8.1 Untersuchungsgebiet Alt Zeschdorf – Zusammenfassung und Bewertung der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung***

Im Rahmen der Gebietsanalyse wurden Altlasten und Verdachtsflächen für Nitrat austräge identifiziert. Sie waren der Anlass dafür, zusätzliche temporäre Grundwassermessstellen im Direct Push-Verfahren anzulegen und auszuwerten. Die Interpretation dieser zusätzlichen Grundwasseranalysen durch das LfU führte zu dem Schluss, dass die untersuchten Altlasten (ehemaliger Agrarflugplatz und Wäldchen mit ehemaliger Fäkalverklappung) nicht die alleinige Ursache für die hohe Nitratkonzentration im Grundwasser an der Messstelle Alt Zeschdorf sein können.

Dass der Nitratgehalt des Grundwassers an der Messstelle Alt Zeschdorf seit 1999 signifikant gesunken ist, zeigt einerseits, dass die Düngeplanung mit Berücksichtigung vieler eigener Boden- $N_{min}$ -Werte sowie der Einsatz von Sensortechnik bei der N-Düngung durch die hier wirtschaftenden Betriebe nicht ohne Wirkung bleibt. Andererseits weisen Ergebnisse dieser Untersuchung darauf hin, dass auch N-Überschüsse aus der Düngung mitverantwortlich für die anhaltend hohen Überschreitungen des Grenzwertes der Nitratkonzentration an der Messstelle sind, die gleichzeitig mit erhöhten Sulfatkonzentrationen einhergehen.

Die landwirtschaftlichen Unternehmen betreiben im Untersuchungsgebiet eine intensive Marktfruchtproduktion, Futterbau spielt nur eine untergeordnete Rolle – Mais wird, wenn möglich, als Körnermais geerntet. Es herrschen Fruchtfolgen mit hohem Nährstoffanspruch vor. Wintergetreide, Winterraps und Mais nahmen ca. 95 % des Flächenanteils ein.

Der komplexe großflächige Einsatz moderner Maschinen führt in den einzelnen Anbaujahren zu einer Konzentration bestimmter Kulturen im Untersuchungsgebiet. Der erhebliche Winterweizen-Anbau erfolgt ausschließlich mit E-Weizensorten, die zur Sicherung von mind. 14 % Eiweißgehalt eine dritte N-Düngergabe benötigen. Die N-Ausbringung erfolgt überwiegend als sehr gut zu dosierender Flüssigdünger, dabei wird die erste Gabe zusätzlich mit Schwefel ergänzt. Ab der 2. N-Gabe kam der N-Sensor mit dem Ziel zum Einsatz, die N-Düngung präzise am Pflanzenbedarf auszurichten. Die Betriebe sind sich dem Nährstoffüberhang, der in Form der Koppelprodukte vor allem bei Körnermais, Raps und Wintergetreide (ca. 75 % des Getreidestrohs wird nicht geborgen) auf dem Feld verbleibt, bewusst. Folgekulturen waren Wintergetreide oder Zwischenfrüchte, es blieben im Untersuchungszeitraum keine Flächen im Winter unbestellt. Vor Mais wurden regelmäßig Winterzwischenfrüchte angebaut, die zusätzlich als Schafweide genutzt wurden. Bezogen auf die Gesamtbetriebsflächen berechnete sich für das Untersuchungsgebiet ein Tierbesatz

von 0,5 GV ha<sup>-1</sup> LN. Im Untersuchungsgebiet gibt es keine Biogasanlage, im Untersuchungsraum wurde keine überbetriebliche Zufuhr organischer Dünger verzeichnet.

In den Betrieben wurden als Grundlage für die Düngebedarfsplanungen regelmäßig eigene N<sub>min</sub>-Bodenuntersuchungen beauftragt.

Für alle Betriebe im Untersuchungsgebiet zusammen wurde für die Grundnährstoffversorgung der Böden festgestellt, dass 28 bis 49 % der Flächen der GHK C zuzuordnen waren und somit mit Grundnährstoffen optimal versorgt sind. Eine deutliche Unterversorgung (GHK A) besteht lediglich für sehr geringe Anteile, beim pH-Wert für 2 %, bei Phosphor für 5 % und bei Magnesium für 1 % der Flächen. Bei dieser vergleichsweise sehr guten Versorgung mit Grundnährstoffen kann im Untersuchungsgebiet davon ausgegangen werden, dass überwiegend ausgewogene Nährstoffverhältnisse im Boden auch eine gute Ausnutzung des ausgebrachten N-Düngers ermöglichen.

In den Betrieben waren einjährige N-Bilanzüberschüsse von 60-100 kg N ha<sup>-1</sup> auf 29 % der Schläge festzustellen. Auf 4 % der Schläge wurden bis 120 kg N ha<sup>-1</sup> und auf 4 % der Schläge mehr als 120 kg N ha<sup>-1</sup> ermittelt. Die Schläge wurden überwiegend mineralisch gedüngt und die Überschüsse traten insbesondere bei den Kulturen Winterraps, Körnermais und teilweise bei Wintergetreide auf, bei denen diese erheblichen N-Überhänge oft in Form großer Mengen Erntereste auf den Feldern verblieben. Diese überwiegend in Ernteresten vorliegenden, zum Teil sehr hohen N-Jahresbilanzüberschüsse sind wie organische Dünger anzusehen, die nicht im einjährigen Bilanzzeitraum mineralisieren und aus denen pflanzenverfügbare N-Anteile erst in den Folgejahren entstehen. Auch wenn ansonsten die organische Düngung im Untersuchungsgebiet nur eine untergeordnete Rolle spielt, geben daher nur mehrjährige N-Bilanzen Auskunft über den tatsächlichen auswaschungsgefährdeten N-Überschuss.

Hohe Bilanzüberschüsse von 60-80 kg N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> im 7-jährigen Mittel (2010-2016) waren auf 19 % der Untersuchungsfläche zu finden.

Für alle Flächenbewirtschafter im Untersuchungsgebiet ergab die Berechnung des mittleren aggregierten N-Saldos über alle Jahre von 2010 bis 2016 einen Wert von 40 kg N-Überschuss je Hektar und Jahr.

## ***8.2 Untersuchungsgebiet Brunn – Zusammenfassung und Bewertung der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung***

An der Messstelle Brunn deuten die geologischen und hydrogeologischen Bedingungen auf eine hohe Eintragsgefährdung von Schadstoffen ins Grundwasser. In Folge des geringen Grundwasserabstandes und niedriger Sauerstoffkonzentrationen sind allerdings verstärkte Denitrifikationsprozesse bei vorhandenem Nitratbaupotenzial im Grundwasserleiter möglich.

Altlasten oder Punktquellen, die ursächlich für die Grenzwertüberschreitung für Nitrat im Grundwasser an dieser Messstelle sein können, wurden in diesem Projekt nicht identifiziert.

Die Nitratkonzentrationen an der Messstelle von durchschnittlich  $50 \text{ mg l}^{-1}$  in den Jahren 2010 bis 2018 sowie hohe Sulfatkonzentrationen lassen auf eine Beeinflussung des Grundwassers durch landwirtschaftlich genutzte Flächen schließen. Auf Grundlage der vorhandenen Datenlage konnten landwirtschaftliche Ursachen für die hohen Nitratkonzentrationen im Grundwasser nicht ausgeschlossen werden. Der deutliche Rückgang der gemessenen Nitratkonzentrationen an der Messstelle Brunn seit 2015 ist auf ein deutlich fachgerechteres Düngeregime zurückzuführen, das nach der Insolvenz eines Flächennutzers nach 2013 einsetzte. Der Betrieb mit dem größten Flächenanteil im Untersuchungsgebiet (79 %) hatte große Teile der Flächen an einen Biogasbetreiber unterverpachtet, der 2013 insolvent wurde. Über das Düngeregime dieses damaligen Flächennutzers konnten nur unvollständige Angaben erhoben und verrechnet werden.

Im Jahr 2018 lag die Nitratkonzentration des Grundwassers an der Messstelle Brunn nur noch bei 21 bzw.  $6 \text{ mg l}^{-1}$  und damit deutlich unter dem Grenzwert von  $50 \text{ mg l}^{-1}$ .

Die im Untersuchungsgebiet praktizierte Weidehaltung auf Ackergrasflächen führte über mehrere Jahre zu Bilanzüberschüssen auf einzelnen Schlägen. Ansässige Betriebe unterhalten zwei Mutterkuhherden (80 bzw. 55 Mutterkühe mit Nachzucht) und eine Schweinemast mit 300 Mastschweineplätzen. Bezogen auf die Gesamtbetriebsflächen der Betriebe ergibt sich ein Tierbesatz von nur  $0,1 \text{ GV ha}^{-1} \text{ LN}$ .

Positiv anzumerken ist die Praxis der Betriebe im Untersuchungsgebiet, den Düngebedarf auf der Grundlage eigener  $N_{\min}$ -Bodenuntersuchungen zu kalkulieren. Die Schläge mit Bilanzüberschüssen zeigten nicht notwendigerweise erhöhte  $N_{\min}$ -Werte im darauffolgenden Frühjahr. Die Grundnährstoffversorgung der Böden, für die Daten erfasst werden konnten, weist überwiegend ausgewogene Nährstoffverhältnisse auf. Lediglich für Kalium zeigt sich ein Einsparpotential, da 30 % der Betriebsfläche der GHK E zugeordnet wurde. Für Magnesium kommt es auf eine bessere

Umverteilung des Nährstoffes an, da 33 % der Flächen leicht bis stark unterversorgt und 36 % der Flächen leicht bis stark überversorgt sind.

Für alle Flächenbewirtschafter im Untersuchungsgebiet zusammen ergab die Berechnung des mittleren aggregierten N-Saldos über alle Jahre von 2010 bis 2016 einen Wert von  $31 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ .

### ***8.3 Untersuchungsgebiet Glienicke – Zusammenfassung und Bewertung der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung***

Direkt an der Messstelle ist ein quasi bedeckter Grundwasserleiter zu finden, d. h. ein mittlerer hydraulischer Schutz in Form akkumulierender oder sperrender Bodenschichten von  $< 10 \text{ m}$  ist vorhanden. Zusatzbohrungen zeigten jedoch keine Bedeckung des Grundwasserleiters im Zustrom der Messstelle.

Im Rahmen der Gebietsanalyse wurden Altlasten und Verdachtsflächen für Nitratausträge identifiziert. Sie waren der Anlass dafür, zusätzliche temporäre Grundwassermessstellen im Direct-Push-Verfahren anzulegen und auszuwerten.

Die Interpretation dieser zusätzlichen Grundwasseranalysen durch das LfU führte zu dem Schluss, dass die untersuchten Altlasten (Fläche mit ehemaliger Fäkalverklappung, Siloanlage) nicht die alleinige Ursache für die hohe Nitratkonzentration im Grundwasser an der Messstelle Glienicke sein können. Weitere Altlasten oder Punktquellen, die ursächlich für die Grenzwertüberschreitung für Nitrat im Grundwasser und für die in den letzten 20 Jahren erheblichen Schwankungen dieses Messwertes an der Messstelle Glienicke sein können, wurden nicht identifiziert.

Die landwirtschaftliche Bewirtschaftung des Untersuchungsgebietes war im Untersuchungszeitraum durch einen sehr breit gefächerten Marktfrucht- und Futterbau gekennzeichnet. Dabei dominierte der Getreideanbau mit ca. 55 % Flächenanteil, der Futterbau nahm ca. 25 % Flächenanteil ein. Das Anbauverhältnis der Kulturen war über die Jahre sehr stabil. Es fand regelmäßig ein guter Wechsel zwischen Halm- und Blattfrüchten in der Fruchtfolge statt. Lediglich in geringem Umfang wurde für einige Jahre eine Roggenselbstfolge verzeichnet. Die anfallenden Mengen an organischen Düngern konnten hier als wertvoller Dünger (vor allem zu Raps, Mais und Getreide) sehr gut eingesetzt werden. Zwei Betriebe setzten im Untersuchungszeitraum regelmäßig ca.  $52 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ LN}$  bzw. ca.  $64 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ LN}$  ein, der aus organischen Düngern bezogen wurde.

Bezogen auf die Gesamtbetriebsflächen der Betriebe im Untersuchungsgebiet berechnet sich ein Tierbesatz von 0,4 GV ha<sup>-1</sup>. Dieser resultierte aus zwei Milchviehherden (ca. 180 / 675 Milchkühe mit Nachzucht), einer Mutterkuhherde (ca. 70 Mutterkühe mit Nachzucht) und einer Beteiligung an einer Sauenanlage (bei einer Gülleabnahme in Höhe von 5-25 kg N ha<sup>-1</sup> LN). Im Untersuchungszeitraum gehörte zu den untersuchten Betrieben eine 500 kW- Biogasanlage.

Über alle Betriebe betrachtet, können große Anteile der untersuchten Flächen als mit Grundnährstoffen „mäßig bis gut versorgt“ eingestuft werden. Größere Defizite werden lediglich für den Nährstoff Magnesium ausgewiesen. Trotzdem gilt für 10 % der Fläche (beim pH-Wert) und 19 % der Fläche (bei Magnesium), dass die ausgewiesenen Defizite (GHK A) auch zu einer nicht optimalen Ausnutzung des Stickstoffs beitragen. Geht man weiter davon aus, dass jeweils ein anderer Nährstoff als limitierender Faktor die optimale N-Ausnutzung verhindern kann, summieren sich auch geringere Flächenanteile mit Grundnährstoffdefiziten zu größeren Problembereichen.

In den Betrieben waren einjährige N-Bilanzüberschüsse von über 60 kg N ha<sup>-1</sup> auf 18 % der untersuchten Flächen festzustellen. Bei 53 % der Flächen lag der Jahres-N-Saldo bei 0-60 kg ha<sup>-1</sup> und bei 29 % der Flächen < 0 kg ha<sup>-1</sup>. Die sehr hohen N-Salden traten jedoch immer nach dem Einsatz organischer Dünger auf. Ihr zum Teil organisch gebundener Stickstoff wird erst über mehrere Jahre pflanzenverfügbar, jedoch rechnet der NPK-Rechner die N-Gehalte der organischen Dünger in der jährlichen N-Bilanz des Ausbringungsjahres voll an. Aus diesem Grund geben hier nur mehrjährige N-Bilanzen Auskunft über den tatsächlichen auswaschungsgefährdeten N-Überschuss.

Flächenanteile mit N-Bilanzüberschüssen über 60 kg N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> im Mittel des gesamten Untersuchungszeitraums von 2010 bis 2016 wurden im Untersuchungsgebiet um die Messstelle Glienicke nicht festgestellt. Aus dem berechneten mittleren N-Überschuss von 24 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> und dem abzuleitenden Nitratverlagerungspotential von 38 mg l<sup>-1</sup> Nitrat kann kein ursächlicher Rückschluss auf die hohen Nitratmesswerte an der Grundwassermessstelle Glienicke gezogen werden. Allerdings können aufgrund der Sickerwasserverweilzeit an der Messstelle von 13 Jahren aus der Bewirtschaftung des Untersuchungsgebietes in den letzten 7 Jahren auch mögliche landwirtschaftliche Ursachen nicht ausgeschlossen werden.

#### ***8.4 Untersuchungsgebiet Lichterfelde – Zusammenfassung und Bewertung der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung***

Innerhalb der Regionalisierungsfläche befindet sich eine ausgewiesene Güllehochlastfläche. Eine weitere Altlast, die ehemaligen Güllelagunen Lichterfelde, liegt ca. 1 km südwestlich der Gemeinde

Lichterfelde mit einer Fläche von 163.000 m<sup>2</sup>. Das Areal besteht aus 5 voneinander durch Erdwälle getrennten Erdspeicherbecken. Die anfallende Gülle aus dem Betrieb für die industrielle Produktion von Schweinen (ehemalige Schweinemastanlagen mit Haltung von ca. 200.000 Schweinen in Lichterfelde) wurde in die Güllelagunen Lichterfelde verbracht und von dort auf die umliegenden landwirtschaftlichen Flächen ausgebracht. Die Schweinemastanlagen wurden nach 1990 geschlossen. Ca. 130.000 m<sup>3</sup> Gülle, die noch in den Lagunen vorhanden waren, wurden auf die umgebenden Flächen ausgebracht.

Die Nitratkonzentration an der Messstelle sank kontinuierlich im Untersuchungszeitraum von 204 mg l<sup>-1</sup> im Jahr 1994 auf 95 mg l<sup>-1</sup> im Jahr 2018. Ebenfalls sanken die Kalium- und die Sulfatkonzentrationen.

Die Düngung der untersuchten Betriebe im Zustrom der Messstelle Lichterfelde haben in den Jahren 2010 bis 2016 nur ein sehr geringes Nitratverlagerungspotenzial ins Grundwasser ergeben. Die derzeitige Landbewirtschaftung ist als nicht ursächlich für die Messung der hohen Nitratkonzentrationen an der Messstelle Lichterfelde anzusehen. Vielmehr ist davon auszugehen, dass die Altlasten, d. h. die ehemaligen Güllelagunen sowie die ausgewiesene Güllehochlastfläche im Zustrom der Messstelle für die Grenzwertüberschreitung für Nitrat ursächlich sind. Diese Schlussfolgerung wird durch die kontinuierlich sinkenden Nitratkonzentrationen bestärkt.

Da vom aktuellen Düngeregime nur ein sehr geringes N-Verlagerungspotenzial ausgeht, ist zu erwarten, dass sich der Abwärtstrend der gemessenen Nitratkonzentrationen fortsetzt und in einigen Jahren der Grenzwert von 50 mg l<sup>-1</sup> unterschritten wird.

Die Bewirtschaftung der landwirtschaftlichen Flächen im Untersuchungsgebiet ist von einem relativ großen Fruchtartenspektrum und regelmäßigen Fruchtfolgen mit Blatt- Halmfruchtwechsel geprägt. Selbstfolgen sind seltene Ausnahmen und nur auf kleinen Flächen anzutreffen. Das typische Fruchtartenspektrum im Untersuchungsgebiet besteht aus ca. 60 % Marktfrüchte (Raps, Weizen, Gerste und Hafer), ca. 25 % Ackerfutter (Ackergras, Mais, Klee und Luzerne) sowie ca. 15 % Dauergrünland (Mähweiden und Wiesen). Für ca. 25 % der Flächen im Untersuchungsgebiet liegen Angaben zur Bewirtschaftung erst ab dem Jahr 2014 vor, da sie zuvor von einem Nutzer bewirtschaftet wurden, der in Insolvenz gegangen ist. Der Anfall organischer Dünger ist aufgrund des geringen Viehbesatzes von nur 0,4 GV ha<sup>-1</sup> (bezogen auf die Gesamtbetriebsflächen der Betriebe im Untersuchungsgebiet) sehr gering. Entsprechend selten kamen organische Dünger zum Einsatz. Lediglich bei 15 von 378 Einzelbilanzen traten einjährig hohe N-Salden von > 60 kg N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> auf.

Davon hingen 13 mit einer organischen Düngung zusammen (Mineralisierung über mehrere Jahre). Lediglich 28-mal wurde der Einsatz organischer Dünger dokumentiert. Der durchschnittliche jährliche Stickstoffüberschuss im Untersuchungsgebiet für die Jahre 2010-2016 betrug  $4 \text{ kg ha}^{-1}$ .

### ***8.5 Untersuchungsgebiet Meseberg – Zusammenfassung und Bewertung der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung***

Im Rahmen der Gebietsanalyse wurden zusätzliche temporäre Grundwassermessstellen im Direct Push-Verfahren angelegt und ausgewertet. Dadurch wurden ehemalige Erdsilos als Ursache für die Grenzwertüberschreitung für Nitrat im Grundwasser an dieser Messstelle ausgeschlossen.

Würde man den relativ moderaten durchschnittlichen N-Überschuss von  $29 \text{ kg ha}^{-1}$  und Jahr für sich betrachten, käme man zu dem Schluss, dass die N-Einträge aus der Landwirtschaft eher nicht ursächlich für die sehr hohen Nitratmesswerte an der Messstelle Meseberg sein können.

Die Tatsache jedoch, dass sich auf über 20 % der Flächen im Siebenjahreszeitraum N-Salden von zum Teil deutlich über  $60 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  berechnen, weist für über 50 ha auf ein wesentlich höheres Nitratverlagerungspotenzial ins Grundwasser hin.

Im Untersuchungszeitraum fand im Gebiet ein vielfältiger Marktfrucht- und Futteranbau statt. Es herrschte eine gute Fruchtartendiversität im Untersuchungsgebiet. Der Rapsanteil, welcher mit hohen N-Salden einhergeht, ist in den untersuchten Jahren sehr unterschiedlich (z. B. 27 % der Fläche im Jahr 2015, 0 % der Fläche im Jahr 2016). Ebenso verhält sich der Anteil von Ackergras, der durch sehr niedrige N-Salden auffällt (z. B. 25 % der Fläche in 2014 und 0 % der Fläche in 2015). Daraus folgen stark schwankende aggregierte Jahresbilanzen.

Die Einstellung von Milchproduktion und Schweinehaltung verringerte den Tierbesatz im Untersuchungszeitraum von  $0,38 \text{ GV ha}^{-1} \text{ LN}$  auf  $0,1 \text{ GV ha}^{-1} \text{ LN}$ . Die anfallenden Mengen an organischen Düngern konnten hier als Dünger sinnvoll eingesetzt werden.

Die nur für 53 % der Fläche des Untersuchungsgebietes vorgelegte Bodenuntersuchung auf Grunddünger weist recht solide Ergebnisse aus. 30 bis 41 % der untersuchten Böden sind jeweils der GHK C zuzuordnen und gelten somit mit Grundnährstoffen als optimal versorgt. Starke Unterversorgung (GHK A) wurde nur für Phosphor bei 3 %, beim pH-Wert bei 8 % und den Nährstoffen K und Mg bei jeweils 11 bzw. 5 % der Böden ausgewiesen.



Einzel Schlagbezogene N-Salden innerhalb der einzelnen Jahre von  $> 120 \text{ kg ha}^{-1}$  (bei Wintergetreide und Raps) stehen sehr hohen negativen einzel Schlagbezogenen N-Salden von  $< -150 \text{ kg ha}^{-1}$  (bei Ackergras) gegenüber.

Mehrfährige N-Bilanzüberschüsse von  $> 60 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  über den gesamten Untersuchungszeitraum von 2010 bis 2016 betrachtet, traten im Umfeld der Messstelle Meseberg auf 22 % der Flächen auf. Die siebenjährige Betrachtung verdeutlicht, dass Nährstoffüberhänge eines Jahres oft nicht im Folgejahr verwertet wurden. In keinem Fall war der organische Düngereinsatz (allein) der Grund für die sehr hohen N-Salden, sondern immer zusätzlich ausgebrachte Mineraldünger, deren Bemessung offenbar von zu optimistischen Ertragszielen ausging.

Bei 30 % des Flächenanteils wiesen diese N-Salden einen negativen Wert auf. Darunter sind mit einer Ausnahme alle Flächen, auf denen im Untersuchungszeitraum Ackergras angebaut wurde. Diese Negativsalden führten zu einem moderaten durchschnittlichen N-Überschuss im Untersuchungsgebiet von  $29 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ .

## ***8.6 Untersuchungsgebiet Neuenfeld – Zusammenfassung und Bewertung der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung***

An der Messstelle Neuenfeld deuten die geologischen und hydrogeologischen Bedingungen auf eine hohe, aber verzögerte Eintragsgefährdung von Schadstoffen ins Grundwasser hin. Altlasten, die ursächlich für erhöhte Nitratwerte an der Messstelle sein könnten, sind eine im Zulauf befindliche ehemalige Schweinemastanlage sowie eine direkt an die Messstelle angrenzende Kiesgrube, in der bis in die 1990-iger Jahre Verklappungen von häuslichem Abwasser stattfanden. Die Kiesgrube liegt tiefer im Gelände als die Messstelle und weist dementsprechend eine geringere Sickerwasserverweilzeit auf. Weitere Angaben und Untersuchungen zu dieser Grube liegen jedoch nicht vor.

Im Zeitraum 2003-2017 lagen die Nitratkonzentrationen an der Messstelle ausnahmslos über dem Grenzwert von  $50 \text{ mg l}^{-1}$ . Im Jahr 2018 wurden dagegen Werte von 35 bzw.  $46 \text{ mg l}^{-1}$  gemessen. Seit 2008 sinken die auffälligen Nitrat- und Sulfatwerte signifikant. Aufgrund der hohen Verweilzeit des Sickerwassers und fehlender Erkenntnisse zur Kiesgrube ist eine Bewertung des Einflusses der Altlasten auf die Nitratkonzentrationen der Grundwassermessstelle nicht möglich.

Hohe N-Bilanzüberschüsse auf Teilflächen des Untersuchungsgebiets in Verbindung mit geringen Grundwasserneubildungsraten können im Zusammenhang mit hohen Nitratkonzentrationen im Grundwasser stehen. Jedoch sind aufgrund der hohen Verweilzeiten des Sickerwassers an der

Messstelle von 49 Jahren in dem Gebiet Daten zur Bewirtschaftung innerhalb der letzten 7 Jahre nicht ausreichend, um dies aufzuklären. Hinsichtlich einer zukünftigen Qualitätssicherung des Grundwassers ist es jedoch zielführend, den N-Überschuss auf Teilflächen des Gebietes zu verringern.

Die Ergebnisse der N-Salden der Einzelschläge lassen erkennen, dass die Problemfrucht im Anbau der meisten Betriebe Raps ist. Auf rund 2/3 der Schläge mit N-Salden über  $60 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  wurde Winterraps angebaut. Die Ertragserwartungen, nach denen gedüngt wurde, konnten offensichtlich nicht erreicht werden.

Die landwirtschaftlichen Unternehmen (zwei auf Brandenburger Territorium und fünf in Mecklenburg-Vorpommern) betreiben im Untersuchungsgebiet intensive Marktfruchtproduktion, nur in geringem Umfang wurde auch Silomais angebaut. Es herrschten Fruchtfolgen mit hohem Nährstoffanspruch vor. Wintergetreide und Winterraps nahmen ca. 80 % des Flächenanteils ein, auf ca. 5 % der Untersuchungsfläche wurde Mais angebaut. In einzelnen Fällen traten Kulturselfolgen auf, die in Fruchtfolgen mit nur wenigen Fruchtfolgegliedern gute Entwicklungsbedingungen für Pflanzenschädlinge bieten.

Die organische Düngung spielte im Untersuchungsgebiet nur eine untergeordnete Rolle. Lediglich ein Betrieb hat Tierbestände (ca. 25.000 Mastenten) ausgewiesen. Auf seinen Flächen im Untersuchungsgebiet wurden jedoch keine organischen Dünger ausgebracht. In geringem Umfang wurden im Gebiet Mecklenburg-Vorpommerns Biogasgärreste ausgebracht.

Für die beiden Brandenburger Betriebe liegen die Bodenuntersuchungsergebnisse für Grundnährstoffe vor. Gravierende Unterversorgungen und Einordnungen in die GHK A liegen nur in geringem Umfang vor (pH-Wert für 6 % Flächenanteil, P-Versorgung für 2 % Flächenanteil, K-Versorgung für 8 % Flächenanteil und Mg-Versorgung für 3 % Flächenanteil). Deutlich höher sind die mäßig unterversorgten Flächenanteile (GHK B), 34 % Flächenanteil beim pH-Wert, 17 % bei der P- und K-Versorgung sowie 26 % bei der Mg-Versorgung.

Die N-Bilanzrechnungen ergaben, dass N-Überschüsse von über  $60 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  im Mittel der Jahre 2010-2016 auf 18 % der Untersuchungsfläche (auf 12 % des Brandenburger Flächenanteils) aufgetreten sind. Dem standen 32 % der Untersuchungsfläche mit vergleichsweise niedrigen N-Salden von unter  $40 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  im Mittel der Jahre 2010-2016 gegenüber, so dass sich ein mittlerer N-Überschuss von  $41 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  für die Gesamtfläche (ohne Brachen) errechnete.

## ***8.7 Untersuchungsgebiet Neuschönfeld – Zusammenfassung und Bewertung der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung***

Auch an der Messstelle Neuschönfeld deuten die geologischen und hydrogeologischen Bedingungen auf eine hohe, aber verzögerte Eintragsgefährdung von Schadstoffen ins Grundwasser.

Die bei der Vor-Ort-Begehung herausgestellten möglichen Nitrat-Eintragspfade beruhen auf historischen Begebenheiten (oft vor 1990). Insbesondere die Grundwasserregulierung im Niedermoorbereich in den 80-iger Jahren hat große N-Frachten freigesetzt. An entsprechenden Grundwassermessstellen wurden allerdings keine auffälligen Nitratkonzentrationen gemessen. Wegen der langen Verweilzeit des Sickerwassers in der ungesättigten Bodenzone an der Messstelle von 28 Jahren und der horizontalen Verlagerungsgeschwindigkeit von ca. 350 m in 10 Jahren kann ein Einfluss von Altlasten auf die an der Messstelle gemessenen Nitratkonzentrationen nicht ausgeschlossen werden. Für die potentiellen Eintragsstandorte (ehemaliges Agrochemisches Zentrum, Düngemittelumschlagplatz) wären jedoch erhebliche Verdünnungseffekte anzunehmen. An der Messstelle Neuschönfeld kann nicht ausgeschlossen werden, dass regelmäßige N-Bilanzüberschüsse aus der Landbewirtschaftung in Verbindung mit geringen Grundwasserneubindungsraten für die erhöhten gemessenen Nitratwerte im Grundwasser mitverantwortlich waren. Aus der Bewirtschaftung der Flächen in den Jahren 2010 bis 2016, für die ein mittlerer N-Saldo von  $37 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  über den gesamten Zeitraum berechnet wurde, kann jedoch nicht auf mögliche landwirtschaftliche Ursachen geschlossen werden. Eine Reduzierung des N-Überschusses auf den Flächen und damit des Nitratverlagerungspotenzials in dem Gebiet ist für eine zukünftige Qualitätssicherung des Grundwassers jedoch anzustreben.

Die landwirtschaftlichen Unternehmen betreiben im Untersuchungsgebiet eine intensive Marktfruchtproduktion, zudem wird Silo- bzw. Körnermais auf ca. 20 % der Flächen angebaut.

Es herrschten Fruchtfolgen mit hohem Nährstoffanspruch vor. Wintergetreide, Winterraps und Mais nahmen ca. 94 % des Flächenanteils ein. Es ist überwiegend eine gute Fruchtfolgegestaltung mit Blatt- Halmfruchtwechsel zu verzeichnen. In 11 Fällen traten im Untersuchungsgebiet in den Jahren 2010 bis 2016 aber auch Selbstfolgen bei Winterweizen und bei Mais auf.

Zwei der vier Betriebe im Untersuchungsgebiet halten Tiere, 1 x Milchproduktion mit Nachzucht sowie Mutterkuhhaltung und Schweinezucht in geringem Umfang. Bezogen auf die Gesamtbetriebsflächen der Betriebe ergibt sich ein geringer Tierbesatz von nur  $0,2 \text{ GV ha}^{-1} \text{ LN}$ .

Die anfallenden organischen Dünger können als wertvolle Düngekomponente sinnvoll eingesetzt werden.

Die N-Bilanzierungen ergaben, dass sich hohe Bilanzüberschüsse von 60-80 kg N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> im Mittel der Jahre 2010-2016 nur auf 2 % der Untersuchungsfläche berechneten.

Für alle Flächenbewirtschafter im Untersuchungsgebiet zusammen ergab die Berechnung des mittleren aggregierten N-Saldos über alle Jahre von 2010 bis 2016 einen Wert von 37 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

## ***8.8 Untersuchungsgebiet Plötzin – Zusammenfassung und Bewertung der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung***

Die Messstelle Plötzin befindet sich nicht im Hauptgrundwasserleiter. Die Grundwassergleichenpläne der Region passen nicht zu den Werten an der Messstelle und der Zusatzuntersuchungen des Direct-Push-Verfahrens. Fließrichtung und -geschwindigkeit des Grundwassers im Umfeld der Messstelle sind daher nicht abschätzbar. Erhöhte Borkonzentrationen an der Messstelle deuten auf einen Abwassereinfluss. Beide Zusatzmessstellen des Direct-Push-Verfahrens zeigten auffällige Nitratwerte. Die vorhandenen Zusatzmessstellen auf dem Gebiet der ehemaligen Fäkalienverwertungsanlage waren nicht funktionsfähig. Ein Einfluss der ehemaligen Fäkalverwertungsanlage ist jedoch als wahrscheinlich einzuschätzen. Ein Einfluss der Kompostieranlage konnte weder bestätigt noch ausgeschlossen werden.

Im Untersuchungsgebiet wurde in einem Betrieb überbetrieblich zugeführte Obstschlempe eingesetzt. In diesem Betrieb wurden hohe mittlere Jahres-N-Überschüsse von 60 ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> auf den untersuchten Flächen ermittelt. Von einem erhöhten Nitrateintrag ins Grundwasser von diesen Teilflächen, die 22 % des Untersuchungsgebietes ausmachen, ist auszugehen.

Die Bewirtschaftung der landwirtschaftlichen Flächen im Untersuchungsgebiet ist von einem relativ großen Anteil an Dauerkulturen geprägt. Apfel-, Sanddorn-, Pflaumen- und Kirschenanbau nehmen 50 % des Flächenanteils ein. Diese Kulturen werden i.d.R. nur sehr extensiv oder gar nicht gedüngt. Diese Flächen weisen immer negative N-Salden auf (außer in einem Betrieb bei einem Schlag Kirschen).

Die Ackerflächen, welche sich hauptsächlich westlich der Messstelle befinden, weisen insgesamt eine geringe Ertragsfähigkeit auf. Auf Schlägen mit Bodenwertzahlen um 15 sind nur Brachen oder mehrjähriger Roggenanbau wirtschaftlich. Deshalb wurde auf einzelnen Flächen mehrere Jahre hintereinander Roggen in Selbstfolge angebaut.

Die Auswertung der Ergebnisse der Grundnährstoff-Bodenuntersuchungen zeigte große Unterschiede in den untersuchten Betrieben. Zusammengefasst sind die untersuchten Flächen für den Grundnährstoff P als überversorgt und für K und Mg als unterversorgt einzuschätzen. Insbesondere bei der Regulierung des pH-Wertes zeigt sich Optimierungsbedarf. Mehr als 50 % der Flächen sind der GHK A zugeordnet und gelten damit als stark unterversorgt.

Der Anfall organischer Dünger ist aufgrund des geringen Viehbesatzes von  $0,02 \text{ GV ha}^{-1}$  (berechnet auf die Gesamtbetriebe) extrem gering. In einem Betrieb wurde jedoch überbetrieblich zugeführte Obstschlempe eingesetzt. Dabei wurde von einer zu hohen Ertragsersparnis ausgegangen und nach dem Einsatz der Obstschlempe traten hohe N-Bilanzüberschüsse auf.

Die N-Bilanzrechnungen ergaben Bilanzüberschüsse von über  $60 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  im Mittel der Jahre 2010-2016 auf 26 % der Untersuchungsfläche. Diese hohen mehrjährigen N-Bilanzüberschüsse traten in einem Betrieb beim mehrjährigen Einsatz von Obstschlempe zu Winterroggen und auf einem Schlag mit mineralischer Düngung zu Kirschen auf.

Dem standen 18 % der Flächen mit Dauerbrachen (nicht mit in die Berechnung des mittleren N-Saldos einbezogen) und 39 % der Untersuchungsflächen mit negativem N-Saldo (Dauerkulturen mit extensivem Obstanbau) gegenüber. Diese Negativsalden wirken sich rechnerisch auf den N-Gesamtsaldo des Untersuchungsgebietes verringernd aus und suggerieren damit einen geringeren N-Überschuss bzw. ein geringeres Nitratverlagerungspotenzial.

Für alle Flächenbewirtschafter zusammen ergab somit die Berechnung des mittleren aggregierten N-Saldos über alle Jahre von 2010 bis 2016 einen Wert von  $36 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  (ohne die 164 ha Brache). Auf 74 % der Flächen, d.h. den Brachen und den sehr extensiv bewirtschafteten Flächen sind keine bzw. nur sehr geringe N-Überschüsse aufgetreten. Bei 25 % der Fläche (ca. 100 ha) ist durch die hohen regelmäßigen N-Überschüsse beim Einsatz großer Mengen an Obstschlempe von einem erheblichen Nitratverlagerungspotenzial auszugehen. Ob diese Fläche das Überschreiten des Nitratgrenzwertes von  $50 \text{ mg l}^{-1}$  im Grundwasser an der Messstelle Plötzin zumindest mitverursacht hat, lässt sich nicht abschließend klären. Es sind u.a. die Sickerwasserverweilzeiten von ca. 18 Jahren zu beachten. Die Untersuchung des Düngeregimes der Betriebe im Zeitraum von 2010 bis 2016 lässt auch hier keine direkten Rückschlüsse auf die vorliegenden hohen Nitratwerte zu. Eine Reduzierung der Einsatzmengen an Obstschlempe je Hektar ist jedoch anzustreben.

## ***8.9 Untersuchungsgebiet Reichenow – Zusammenfassung und Bewertung der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung***

Im Untersuchungsgebiet wurden mehrere alte Deponien und Flächen mit Fäkalverklappungen bis 1991 vorgefunden. Hinweise darüber, dass diese Altlasten oder Punktquellen ursächlich für die Grenzwertüberschreitung für Nitrat im Grundwasser an der Messstelle sind, ließen sich nicht erhärten, konnten aber auch nicht ausgeschlossen werden. Wegen der weitgehend konstant hohen Nitratkonzentrationen an der Messstelle von 120 bis 150 mg l<sup>-1</sup> in den Jahren 1999-2010 und der Erhöhung der Nitratgehalte in den Folgejahren bis 2018 wurde für den Untersuchungszeitraum 2010 bis 2016 die detaillierte Untersuchung des Düngeregimes der Betriebe im zuvor festgelegten Betrachtungsgebiet vorgenommen. Für die sieben Jahre wurden 350 jährliche N-Einzelschlagbilanzen berechnet und ausgewertet.

Für alle Flächenbewirtschafter im Untersuchungsgebiet ergab die Berechnung des mittleren aggregierten N-Saldos über alle Jahre von 2010 bis 2016 einen Wert von 34 kg N-Überschuss je Hektar und Jahr.

Die Tatsache, dass auf über 19 % der bewirtschafteten Flächen langjährige Bilanzüberschüsse von > 60 kg N ha<sup>-1</sup>a<sup>-1</sup> berechnet wurden, lässt vermuten, dass die Landbewirtschaftung und das Düngeregime im Untersuchungsgebiet zumindest Mitverursacher für die hohen gemessenen Nitratkonzentrationen im Grundwasser an der Messstelle Reichenow sind. Die für ca. 10 % der Flächen nur lückenhaften Angaben zum Düngeregime lassen einerseits befürchten, dass der tatsächliche Flächenanteil mit hohen langjährigen N-Salden noch höher ist. Andererseits eröffnet die Eingliederung der Flächen seit 2014 (nach der Insolvenz) in ein besseres Düngeregime die Möglichkeit, dass dadurch eine schnelle Verbesserung der Situation eintreten kann.

Die landwirtschaftlichen Unternehmen betreiben im Untersuchungsgebiet je nach Ausrichtung der Betriebszweige recht unterschiedliche Fruchtfolgen. Die Charakteristik der Betriebe im Untersuchungsgebiet wurde differenziert erfasst und bewertet. Zusammenfassende Aussagen geben eine Einschätzung zum Gebiet an der Messstelle Reichenow, jedoch kann das Düngeregime einzelner Betriebe darüber nicht beurteilt werden.

Insgesamt herrschen Fruchtfolgen mit hohem Nährstoffanspruch vor. Wintergetreide, Winterraps und Mais nahmen in den Untersuchungsjahren zwischen 75 % und über 90 % des Flächenanteils ein. Die Tierbesatzberechnung hat für dieses Untersuchungsgebiet keine Aussagekraft, da hier

Unternehmen im Firmenverbund betrachtet wurden, die überbetrieblich große Verwertungsmöglichkeiten bezüglich der anfallenden organischen Dünger haben.

Die Tierproduktion der in die Untersuchung einbezogenen Betriebe lag bei ca. 18.000 bis 20.000 Enten, ca. 315 Milchkühen mit Nachzucht und 7 Pferden. Der Entendung kam nur einmal (sehr sinnvoll) innerhalb des Untersuchungszeitraumes zum Einsatz. Die anfallenden Gärreste aus einer 75 kW-Biogasanlage zur Güllevergärung der Milchviehanlage konnten hier auf den Flächen des Betriebes sehr sinnvoll verwertet werden. Bei mehreren Betrieben kam es zu überbetrieblicher Zufuhr und Einsatz von Gärresten, Hühnertrockenkot und Schweinegülle. In geringem Umfang wurde auch Klärschlammeinsatz im Untersuchungsgebiet dokumentiert.

Die N-Bilanzrechnungen ergaben einjährige hohe N-Bilanzüberschüsse von 60-100 kg N ha<sup>-1</sup> auf 12 % der Schläge. Auf 4 % der Schläge wurden N-Salden mit 100 bis 120 kg N ha<sup>-1</sup> und auf weiteren 4 % wurden N-Salden über 120 kg N ha<sup>-1</sup> ermittelt. Für ca. 10 % Flächenanteil, für die auf den Flächen der insolventen Betriebe keine Angaben vorliegen, muss zusätzlich mit hohen Überschussalden gerechnet werden.

Die große Spannbreite der 3-jährigen aggregierten Schlagbilanzen der einzelnen Betriebe, die zwischen 1 bis 75 kg N ha<sup>-1</sup>a<sup>-1</sup> berechnet wurden, zeigt, dass von sehr unterschiedlichen Düngeregimen im Umfeld der Messstelle ausgegangen werden muss. Die Bewirtschafter der Flächen im Zustrombereich der Messstelle Reichenow sind in Bezug auf das produktionsbedingte Risiko des N-Eintrags in das Grundwasser differenziert einzuschätzen. Die Düngereintensität reicht von Betrieben ohne Düngung über Betriebe, die sich im KULAP zur flächendeckenden Einhaltung von max. 30 kg N-Überschuss im betrieblichen Nährstoffvergleich verpflichtet hatten, bis hin zu Betrieben mit intensiven Fruchtfolgen und zum Teil „zu ambitionierten“ Ertragszielen.

### ***8.10 Untersuchungsgebiet Schönhagen – Zusammenfassung und Bewertung der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung***

Im Rahmen der Gebietsanalyse wurden Altlasten und Verdachtsflächen für Nitrat austräge vorgefunden. Der Kohleabbau im Anstrom der Messstelle bzw. die Verfüllung mit Industrieasche, sowie die Verklappung von Gülle und Abwasser in tiefe wassergefüllte Kühlen aus dem Kohleabbau im Zustrom bis zum Jahr 1990 können jedoch nicht als Quelle für die heutigen hohen Nitratkonzentrationen im Grundwasser angesehen werden. Ein Einfluss der nahe der



Grundwassermessstelle regelmäßig betriebenen Feldrandsilos und Dunglagerplätze auf die Nitratkonzentrationen ist jedoch nicht auszuschließen.

Die Vorgaben, dass Brachflächen, die länger als 5 Jahre stillgelegt sind, zu Grünland werden, hat die Bewirtschaftung auf Grenzstandorten mit erhöhtem Auswaschungsrisiko verstärkt. Dieser Effekt ist auch hier zu erkennen. So werden diese Flächen vor Ablauf der Frist umgebrochen. Damit steigt die Auswaschgefahr für Stickstoff.

Die hohen, aber signifikant sinkenden Nitratkonzentrationen an der Messstelle, die im Untersuchungszeitraum (1997-2018) stark schwankten und Werte zwischen 75 und 260 mg l<sup>-1</sup> annahmen, lassen eine Beeinflussung des Grundwassers durch landwirtschaftlich genutzte Flächen vermuten.

Die landwirtschaftlichen Unternehmen betreiben im Untersuchungsgebiet Marktfrucht- und Futterproduktion mit Fruchtfolgen, die einen hohen Nährstoffanspruch haben. Wintergetreide, Winterraps und Mais nehmen 70-75 % des Flächenanteils ein. Auffällig sind dabei N-Saldo-Überschüsse bei Winterraps und Winterweizen ohne organische Düngung, die durch zu hohe Ertragserwartungen hervorgerufen worden sind. Des Weiteren ergaben sich N-Saldo-Überschüsse aufgrund von mehreren Jahren organischer und mineralischer Düngung nacheinander.

Im gesamten Betrachtungszeitraum gab es nur unwesentliche Schwankungen der Tierzahlen mit 3 x Rinderhaltung (insgesamt ca. 900 Milchkühe inkl. Nachzucht) und 6.600 Entenmastplätzen. Bezogen auf die Gesamtbetriebsflächen der Betriebe ergibt sich ein Tierbesatz von 0,4 GV ha<sup>-1</sup> LN.

In unmittelbarer Nähe der Messstelle wurden in regelmäßigen Abständen Silagen und Mist gelagert. Aufgrund mangelnder Daten über Art, Größe und Lagerdauer ist der Einfluss auf die Nitratwerte an der Grundwassermessstelle nicht abschätzbar. Es ist jedoch nicht auszuschließen, dass diese Lager ein relevantes Nitrat-Auswaschpotential besaßen/besitzen.

Für alle Flächenbewirtschafter im Untersuchungsgebiet zusammen ergab die Berechnung des mittleren aggregierten N-Saldos über alle Jahre von 2010 bis 2016 einen Wert von 51 kg N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. Die Tatsache jedoch, dass auf über 33 % der bewirtschafteten Flächen langjährige Bilanzüberschüsse von > 60 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> berechnet wurden, lässt den Schluss zu, dass die Landbewirtschaftung und das Düngeregime im Untersuchungsgebiet zumindest Mitverursacher für die hohen gemessenen Nitratkonzentrationen im Grundwasser an der Messstelle Schönhagen sind.

## ***8.11 Untersuchungsgebiet Stavenow – Zusammenfassung und Bewertung der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung***

Im Umfeld der Messstelle Stavenow deuten die geologischen und hydrogeologischen Bedingungen auf eine hohe Eintragsgefährdung von Schadstoffen ins Grundwasser. Trotz des relativ geringen Grundwasserabstandes sind die Sauerstoffkonzentrationen mit im Durchschnitt  $7,1 \text{ mg l}^{-1}$  relativ hoch, so dass Denitrifikationsprozesse nur in sehr geringem Umfang möglich sind.

Im Rahmen der Gebietsanalyse wurden dezentrale Abwasseranlagen im direkten Umfeld der Messstelle als Verdachtsflächen für Nitratausträge identifiziert. Sie waren der Anlass dafür, zusätzliche temporäre Grundwassermessstellen im Direct Push-Verfahren anzulegen und auszuwerten. Die Interpretation dieser zusätzlichen Grundwasseranalysen führte zu dem Schluss, dass die dezentralen Abwasseranlagen nicht die Ursache für die hohe Nitratkonzentration im Grundwasser an der Messstelle Stavenow sein können.

Der Anstieg der Nitratkonzentration ab dem Jahr 2007 deutet auf Ursachen durch landwirtschaftliche Bewirtschaftung im Untersuchungszeitraum hin.

In diesem Gebiet fand eine Abwasserverregnung insbesondere von Kartoffelfruchtwasser statt, die als Güllehochlastflächen ausgewiesen wurden. Die sehr hohen Kaliumkonzentrationen im Grundwasser stehen im scheinbaren Widerspruch zu der Unterversorgung mit Kalium des Oberbodens (60 %). Dies ist durch die geringe Kationenaustauschkapazität des Bodens bedingt, was eine geringe Nährstoffbindung zur Folge hat. Im Untersuchungszeitraum wurden lediglich insgesamt 150 kg Kalium aus Kartoffelfruchtwasser, verteilt auf 10 ha Grünland im Jahr 2013 ausgebracht. Daher ist die Ausbringung von kaliumhaltigem Kartoffelfruchtwasser in der Vergangenheit als ursächlich für die extrem hohen Kaliumgehalte anzusehen. Bei steigendem Grundwasserstand ist ein vermehrter Eintrag von Kalium aus den Bodenschichten anzunehmen. Da die Nitratkonzentration mit der Kaliumkonzentration korreliert, ist ein zusätzlicher Eintrag aus derzeitigen Düngemaßnahmen möglich, da die hier verstärkt eingesetzten organischen Düngemittel, insbesondere Gärreste, einen nennenswerten Kaliumgehalt besitzen.

Die landwirtschaftlichen Unternehmen betreiben im Untersuchungsgebiet eine intensive Grundfutterproduktion, mit Fruchtfolgen, die grundsätzlich zur Verwertung organischer Dünger gut geeignet sind. Das Untersuchungsgebiet ist geprägt von einem hohen Anteil an Weide- und Ackerfutterflächen (37 % im Jahr 2013 bis 72 % im Jahr 2014), die regelmäßig mineralisch und organisch gedüngt worden sind.

N-Bilanzüberschüsse für einzelne Jahre lassen sich in einigen Fällen durch den Einsatz organischer Dünger erklären, deren Stickstoff zum Teil erst über mehrere Jahre pflanzenverfügbar wird. Die sehr hohen N-Bilanzüberschüsse im Durchschnitt mehrerer Jahre von über  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  weisen darauf hin, dass im Untersuchungsgebiet die für die N-Düngung zugrunde gelegten Ertragsziele regelmäßig nicht erreicht werden konnten und eine Berücksichtigung der N-Überschüsse im Folgejahr nicht ausreichend erfolgte.

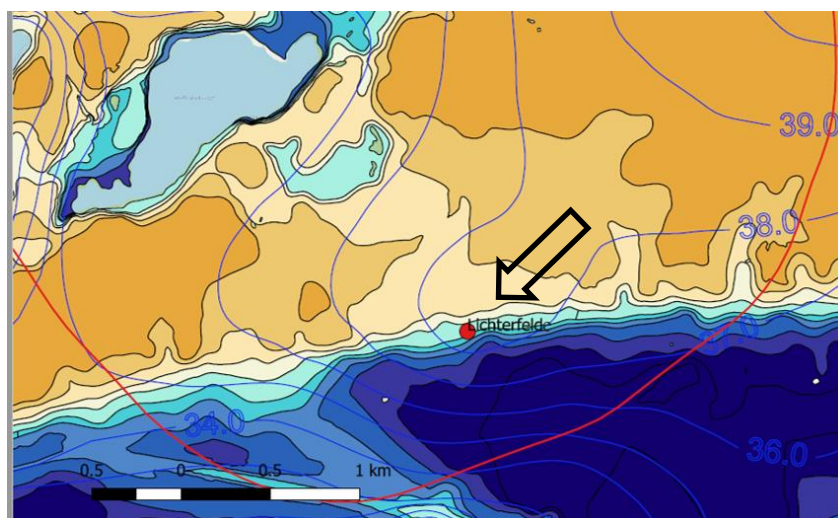
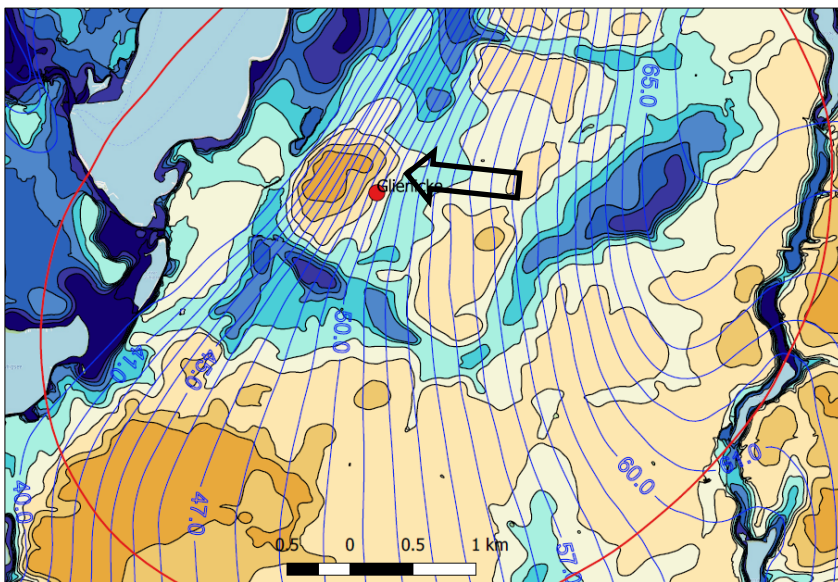
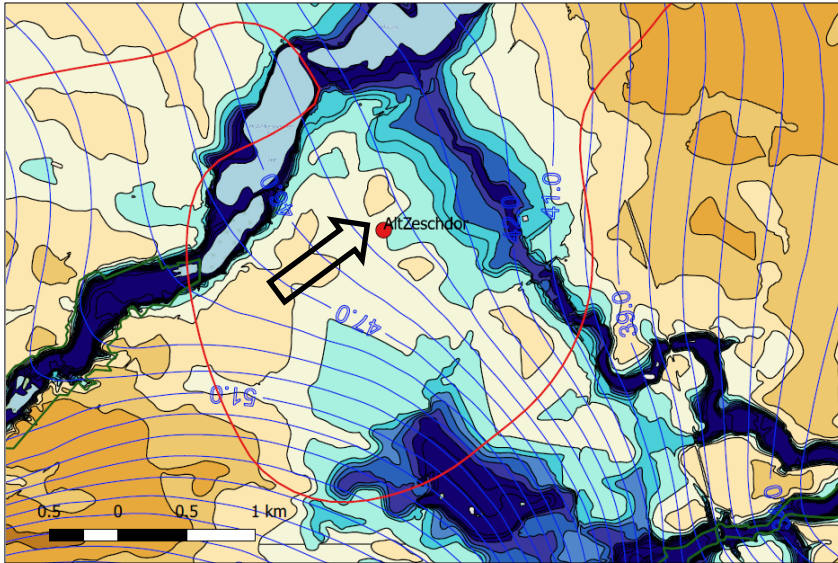
Die Böden im Untersuchungsgebiet sind insgesamt als gut mit Grundnährstoffen versorgt einzuschätzen. Starke Unterversorgungen (GHK A), bei denen eine negative Ertragsbeeinflussung zu erwarten ist, bestehen lediglich für geringe Flächenanteile beim pH-Wert (4 % der Flächen), bei Phosphor (5 % der Flächen), bei Kalium (13 % der Flächen) und bei Magnesium (6 % der Flächen). Dass dennoch deutlicher Handlungsbedarf bei der Grunddüngung besteht, verdeutlichen die sehr hohen Flächenanteile aller vier Grundnährstoffe in der GHK B (47 % bis 57 % Flächenanteile).

Im Untersuchungsgebiet wird ausschließlich Rinderhaltung (Milchproduktion mit Nachzucht sowie Mutterkuhhaltung) betrieben, mit unwesentlichen Schwankungen der Tierzahlen im gesamten Betrachtungszeitraum. Insgesamt werden ca. 3600 Tiere inkl. Nachzucht und Zuchttiere gehalten. Bezogen auf die Gesamtbetriebsflächen der Betriebe ergibt sich ein Tierbesatz von  $1,0 \text{ GV ha}^{-1} \text{ LN}$ . Gülle und Mist werden abgegeben und in einer betriebsfremden Biogasanlage verwertet. Es erfolgt eine Rückführung von Gärresten in den Betrieb sowie die Aufnahme von (geringen Mengen) Kartoffelfruchtwasser.

Die N-Bilanzrechnungen ergaben, dass hohe Bilanzüberschüsse über  $60 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  im Mittel der Jahre 2010-2016 auf 86 % der Untersuchungsfläche vorgefunden wurden. Für alle Flächenbewirtschafter im Untersuchungsgebiet zusammen ergab die Berechnung des mittleren aggregierten N-Saldos über alle Jahre von 2010 bis 2016 einen Wert von  $80 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ .

Angesichts der hohen N-Bilanzüberschüsse im Untersuchungsgebiet, muss davon ausgegangen werden, dass die Landbewirtschaftung und das Düngeregime der Betriebe mindestens Mitverursacher für die hohen gemessenen Nitratkonzentrationen im Grundwasser an der Messstelle Stavenow sind.

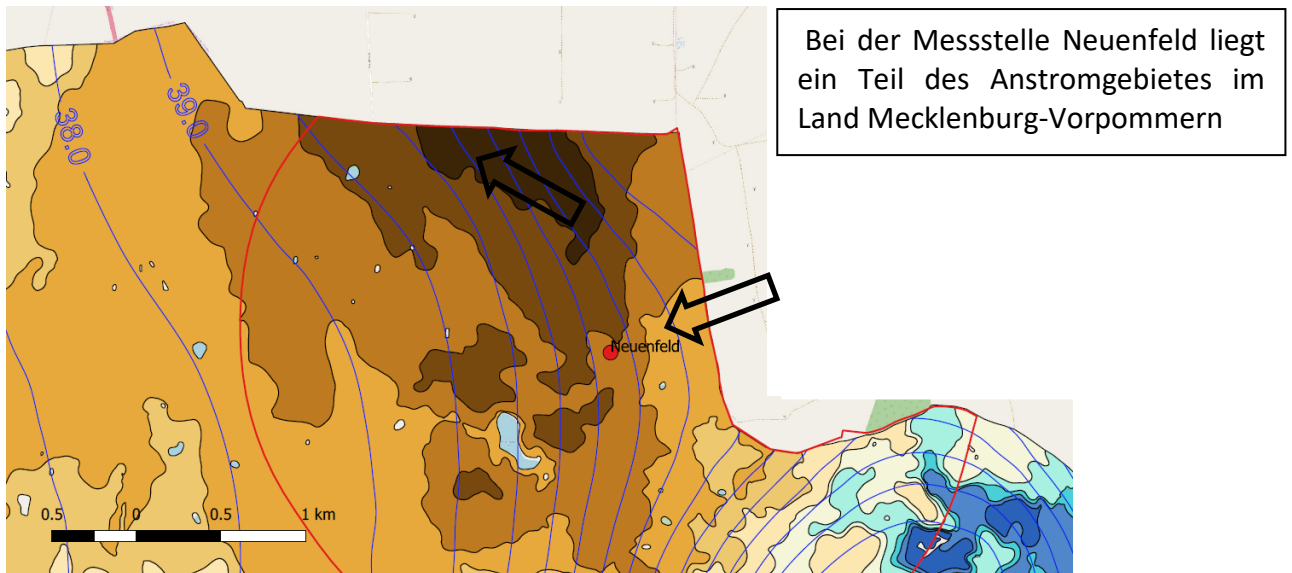
# Anhang 1 Mächtigkeiten der ungesättigten Bodenzonen



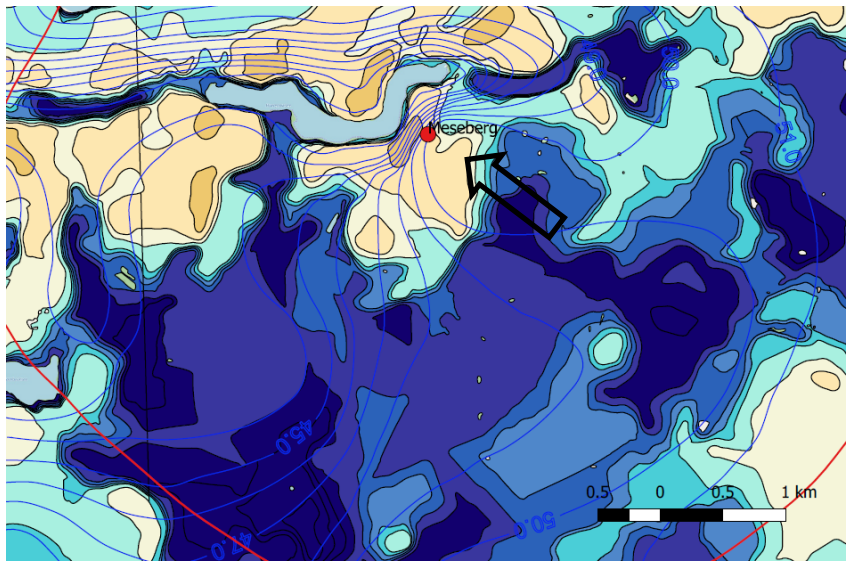
← Anstromrichtung des Grundwassers zur Messstelle

- Nitratmessstelle
  - Regionalisierungsfläche
  - Grundwasserisohypsen
- Mächtigkeit ungesättigte Bodenzone [m]
- 1
  - 2
  - 3
  - 4
  - 5
  - 7.5
  - 10
  - 15
  - 20
  - 30

Abbildung 49 Mächtigkeit der ungesättigten Bodenzone Alt Zeschdorf (oben), Glienicke (mittig), Lichterfelde (unten)

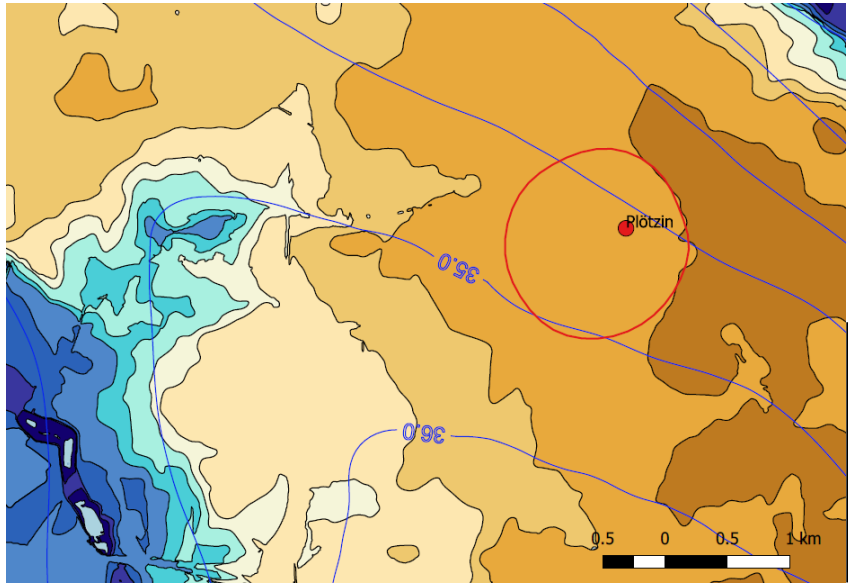


Bei der Messstelle Neuenfeld liegt ein Teil des Anstromgebietes im Land Mecklenburg-Vorpommern



← Anstromrichtung des Grundwassers zur Messstelle

- Nitratmessstelle
- ▭ Regionalisierungsfläche
- Grundwasserisohypsen
- Mächtigkeit ungesättigte Bodenzone [m]
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 7.5
- 10
- 15
- 20
- 30
- 40
- 50
- 200



Die Messstelle Plötzin befindet sich nicht im Hauptgrundwasserleiter. Aus dem Grundwassergleichenplan der Region ließ sich somit der Zustrom zur Messstelle Plötzin nicht bestimmen.

Abbildung 50 Mächtigkeit der ungesättigten Bodenzone Neuenfeld (oben), Meseberg (mittig), Plötzin (unten)



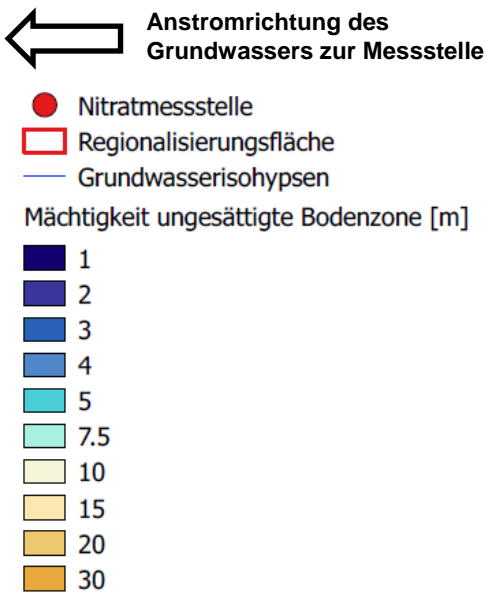
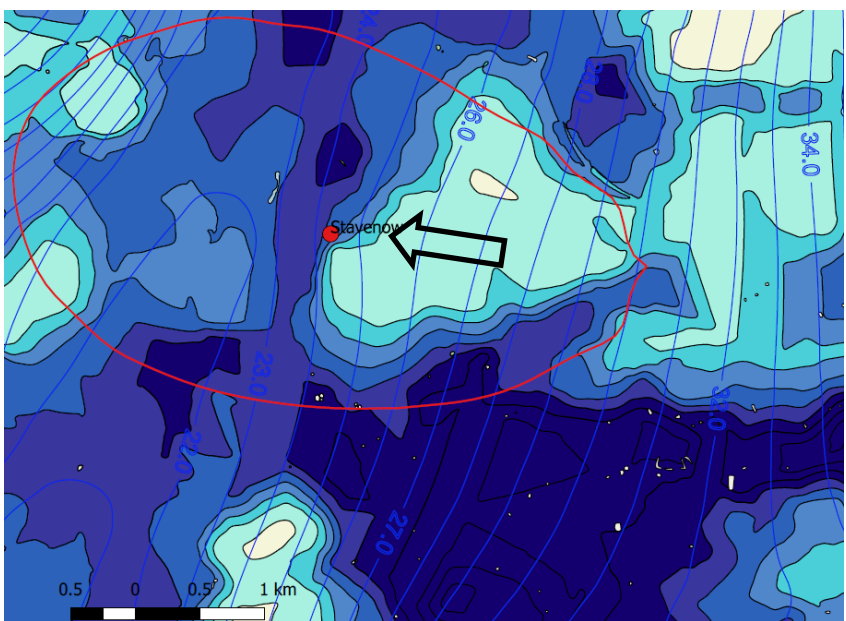
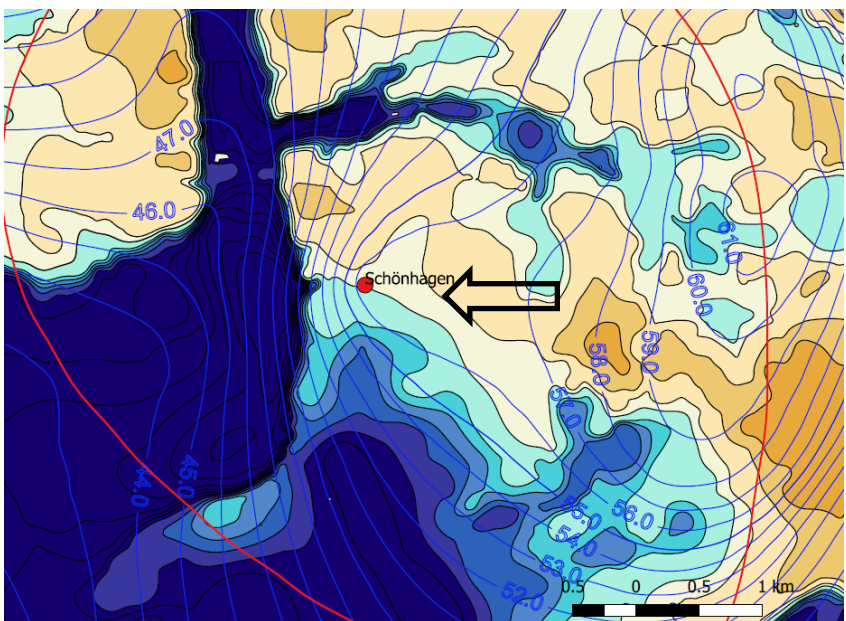
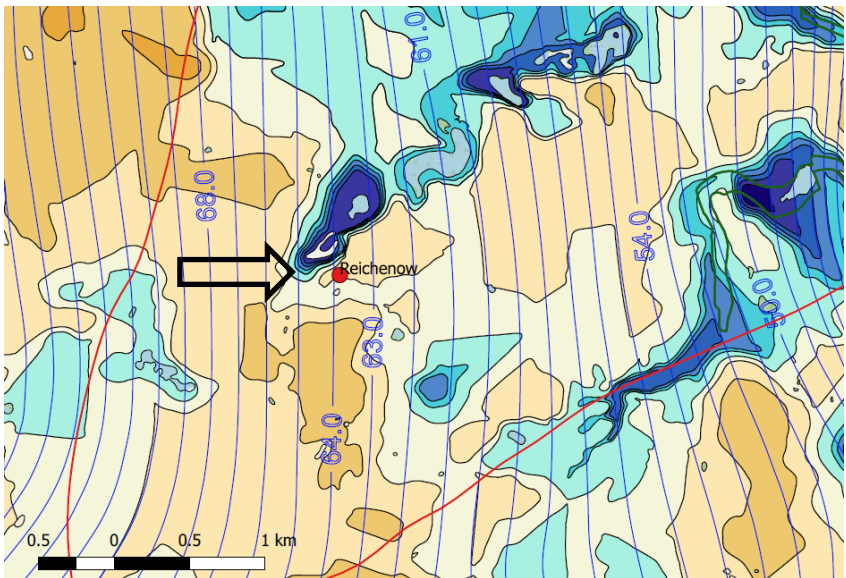
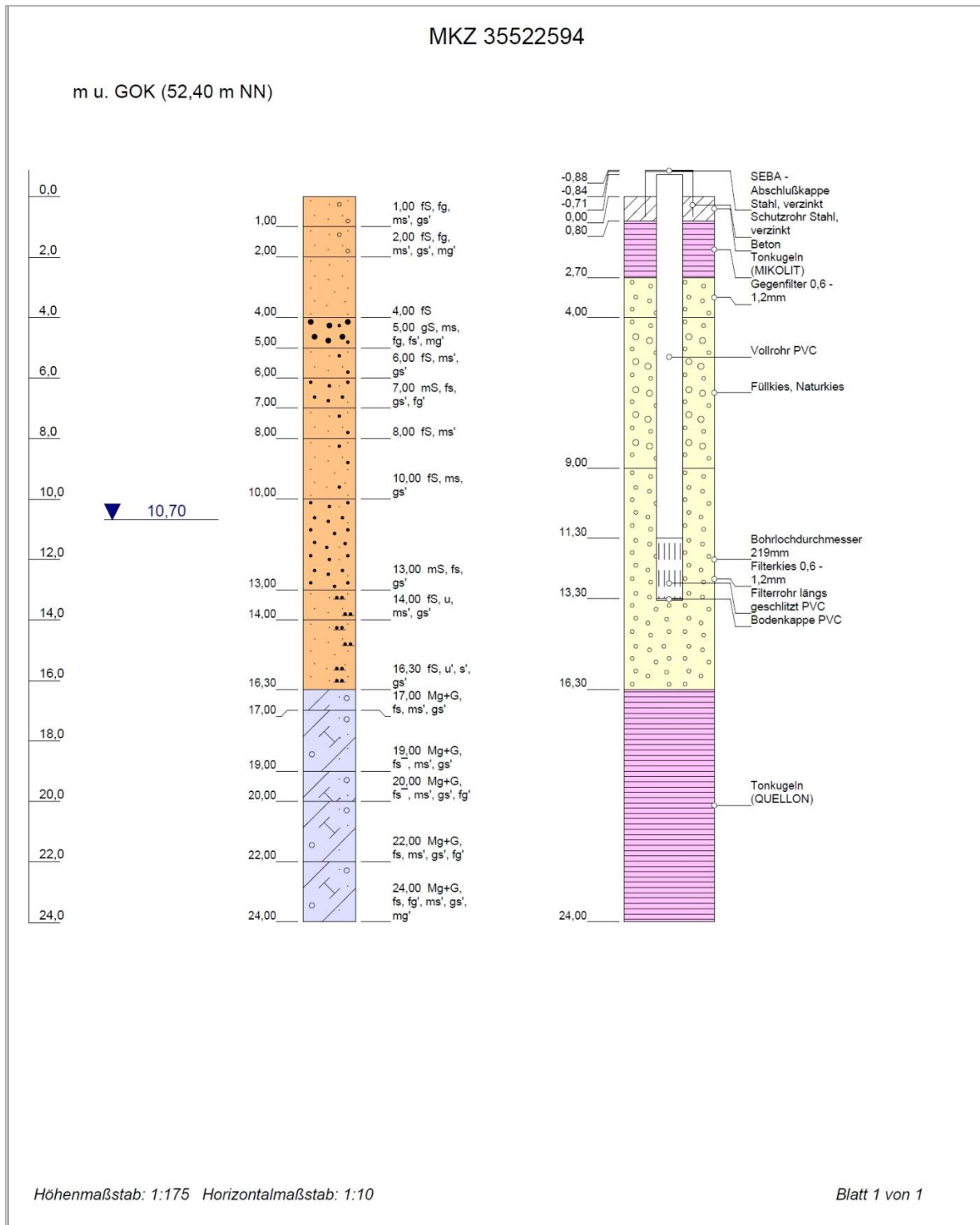


Abbildung 51 Mächtigkeit der ungesättigten Bodenzone Reichenow (oben), Schönhagen (mittig), Stavenow (unten)

# Anhang 2 Schichtenverzeichnisse



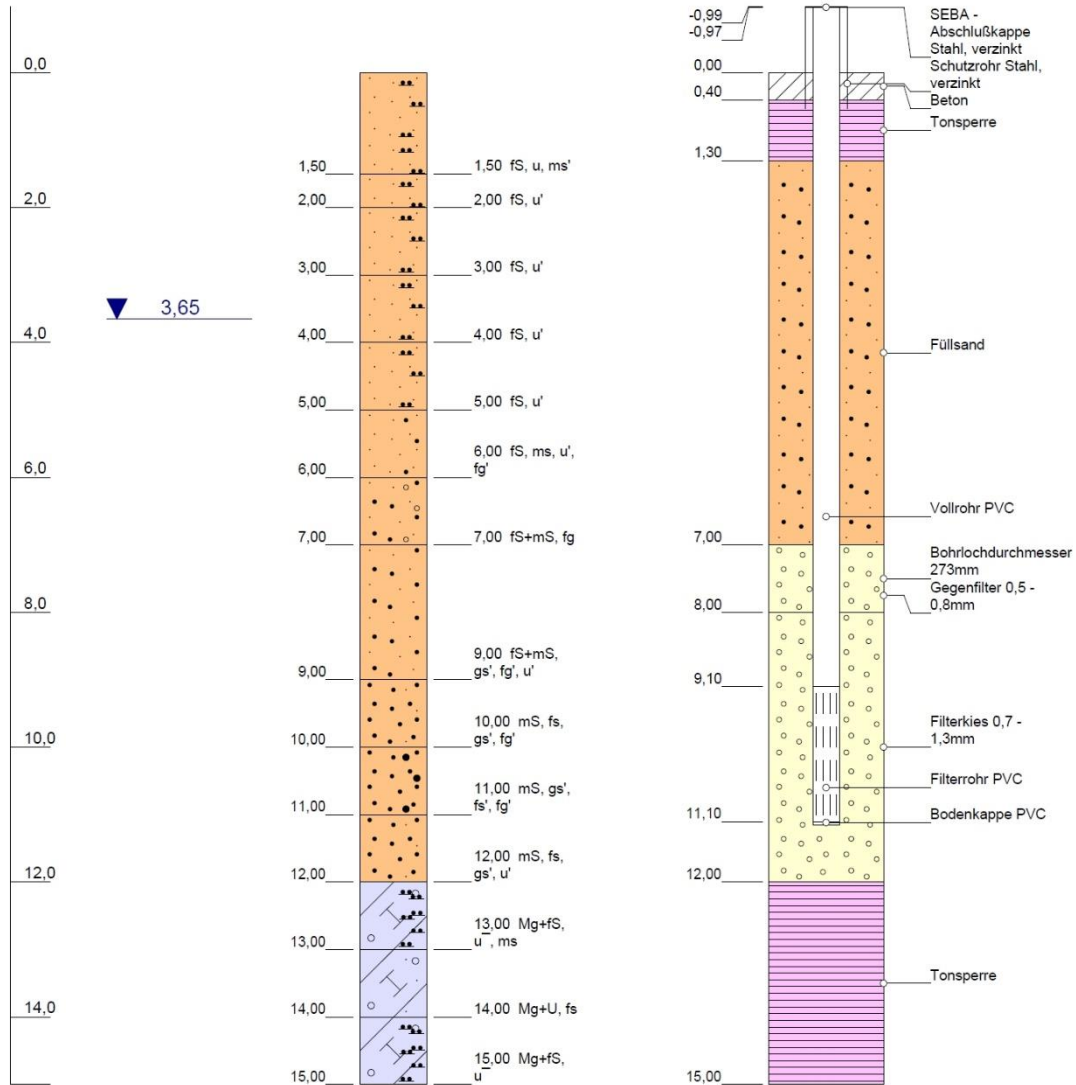
<b>Name der Messstelle: Alt Zeschdorf</b>		 <b>Landesamt für Umwelt</b>
<b>Bohrung: Hy AZs 1/1999</b>		
Auftraggeber: LfU Potsdam	Rechtswert: 462784,6	
Bohrfirma: Vormann & Partner	Hochwert: 5808401,5	
Bearbeiter: BABINSKY	Ansatzhöhe: 52,40 m	
Baujahr: 1999	Endtiefe: 24,00 m	

Abbildung 52 Schichtenverzeichnis Messstelle Alt Zeschdorf



# MKZ 30410900

m u. GOK (42,01 m NN)



Höhenmaßstab: 1:100 Horizontalmaßstab: 1:10

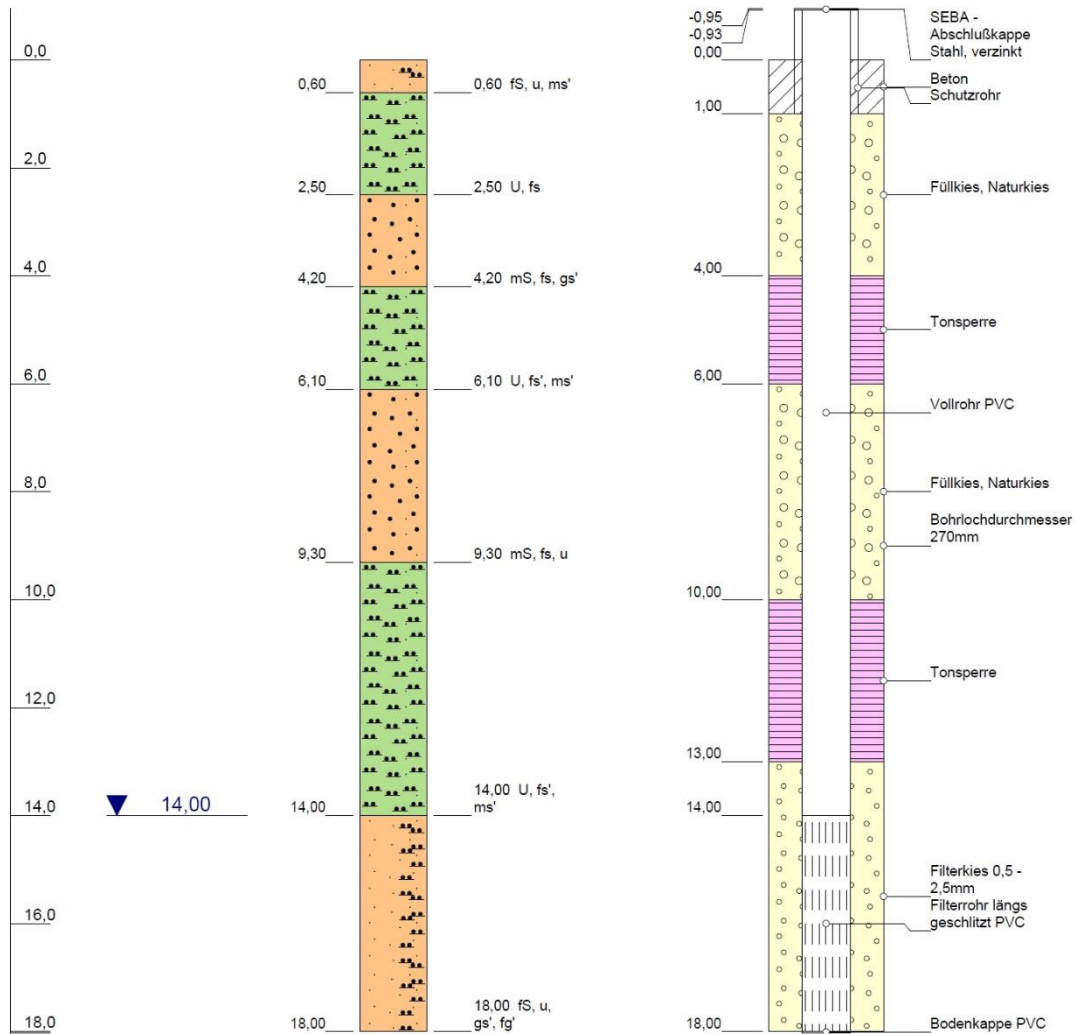
Blatt 1 von 1

<b>Name der Messstelle: Brunn</b>		 <b>Landesamt für Umwelt</b>
<b>Bohrung: Hy BruKy 2/2001</b>		
Auftraggeber: LfU Potsdam	Rechtswert: 332768,3	
Bohrfirma: Zimmermann Brunnenbau GmbH	Hochwert: 5865690,4	
Bearbeiter: LUA	Ansatzhöhe: 42,01 m	
Baujahr: 2001	Endtiefe: 15,00 m	

Abbildung 53 Schichtenverzeichnis Messstelle Brunn

# MKZ 37505096

m u. GOK (59,50 m NN)



Höhenmaßstab: 1:125 Horizontalmaßstab: 1:10

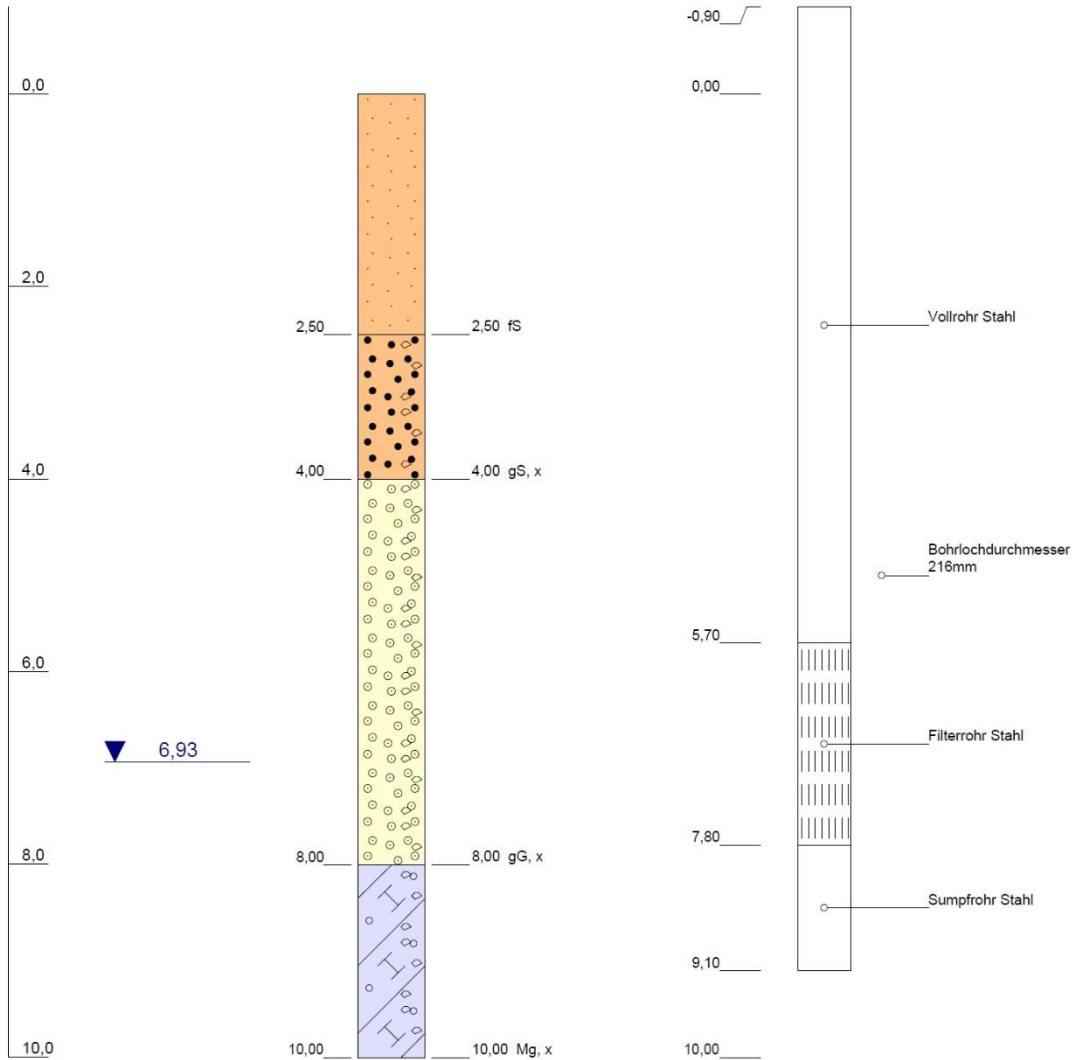
Blatt 1 von 1

<b>Name der Messstelle: Glienicke 1/95 (OP)</b>		
<b>Bohrung: Hy GncBk 1/1995 OP</b>		
Auftraggeber: LfU Potsdam	Rechtswert: 434632,7	
Bohrfirma: Landsberger Bohr- und Brunnenbau GmbH	Hochwert: 5784357,4	
Bearbeiter: LUA	Ansatzhöhe: 59,50 m	
Baujahr: 1995	Endtiefe: 18,00 m	

Abbildung 54 Schichtenverzeichnis Messstelle Glienicke

# MKZ 31481901

m u. GOK (42,50 m NN)



Höhenmaßstab: 1:70 Horizontalmaßstab: 1:10

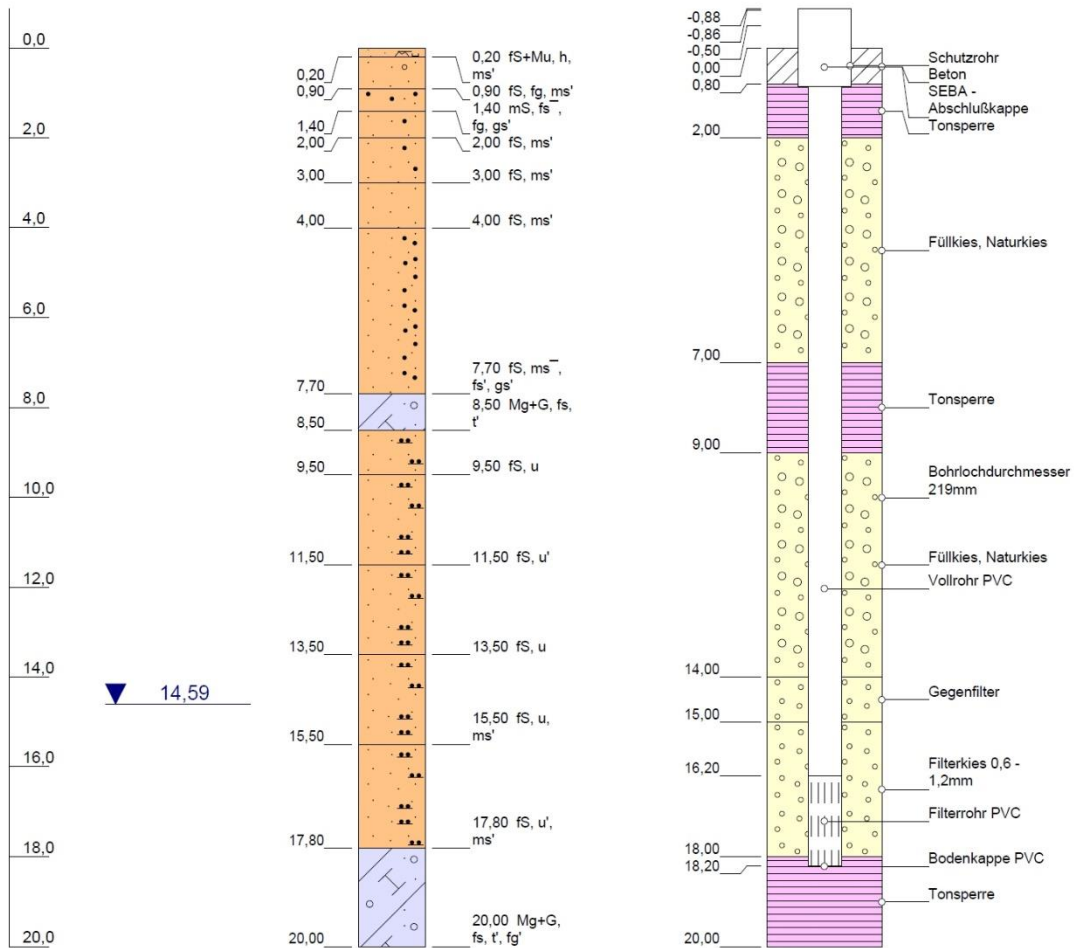
Blatt 1 von 1

<b>Name der Messstelle: Lichterfelde</b>		
<b>Bohrung: 3148 1901 Hy LtfEb 10a/67</b>		
Auftraggeber: LfU Potsdam	Rechtswert: 414419,5	
Bohrfirma: PGH Brunnenbau "Glück auf", Wandlitz	Hochwert: 5858321,0	
Bearbeiter: BABINSKY	Ansatzhöhe: 42,50 m	
Baujahr: 1996	Endtiefe: 10,00 m	

Abbildung 55 Schichtenverzeichnis Messstelle Lichterfelde

# MKZ 30448600

m u. GOK (57,50 m NN)



Höhenmaßstab: 1:150 Horizontalmaßstab: 1:10

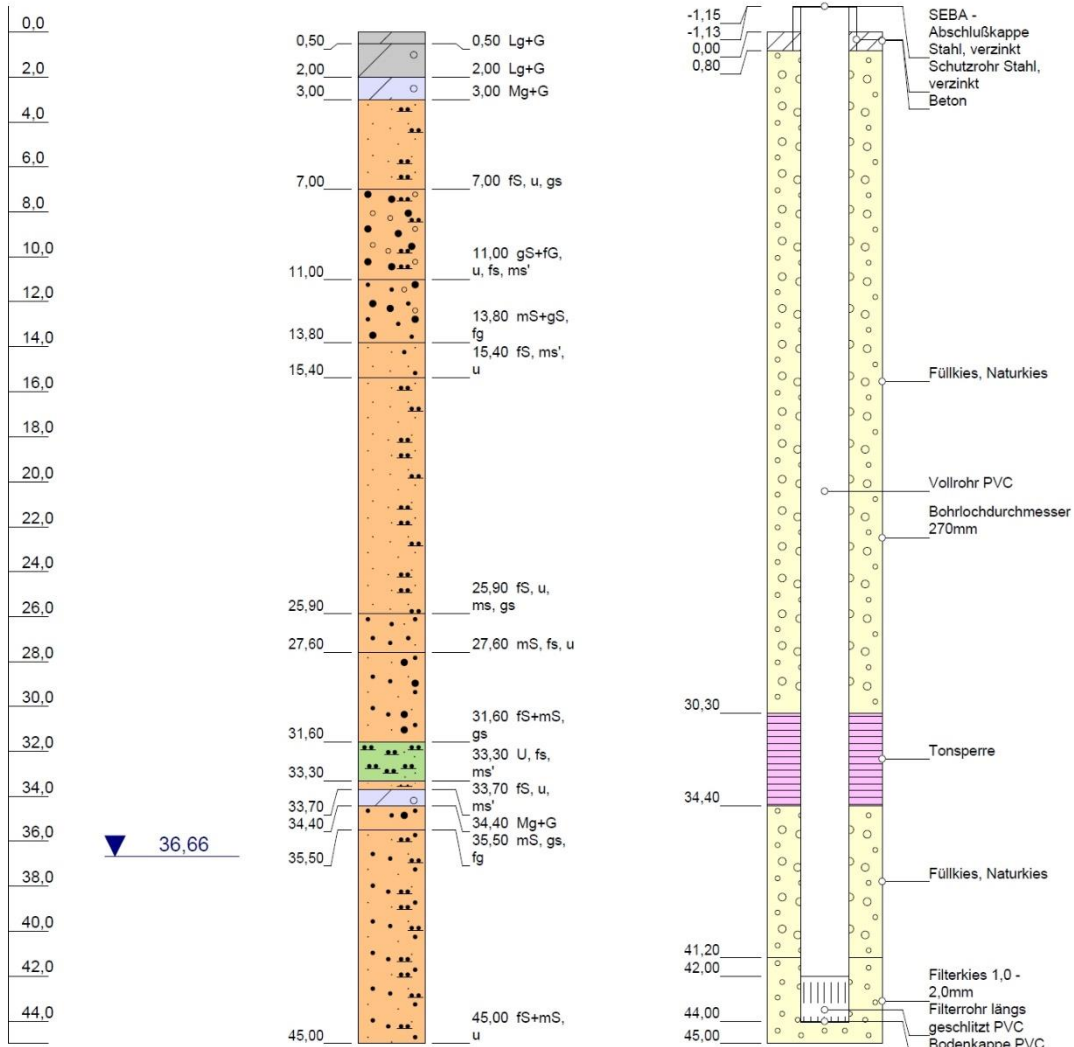
Blatt 1 von 1

<b>Name der Messstelle: Meseberg 1/98</b>		 <b>Landesamt für Umwelt</b>
<b>Bohrung: Hy MbgGs 1/1998</b>		
Auftraggeber: LfU Potsdam	Rechtswert: 372299,9	
Bohrfirma: Brunnenbau Phöben GmbH	Hochwert: 5870519,6	
Bearbeiter:	Ansatzhöhe: 57,50 m	
Baujahr: 1998	Endtiefe: 20,00 m	

Abbildung 56 Schichtenverzeichnis Messstelle Meseberg

# MKZ 25501075

m u. GOK (79,20 m NN)



Höhenmaßstab: 1:300 Horizontalmaßstab: 1:10

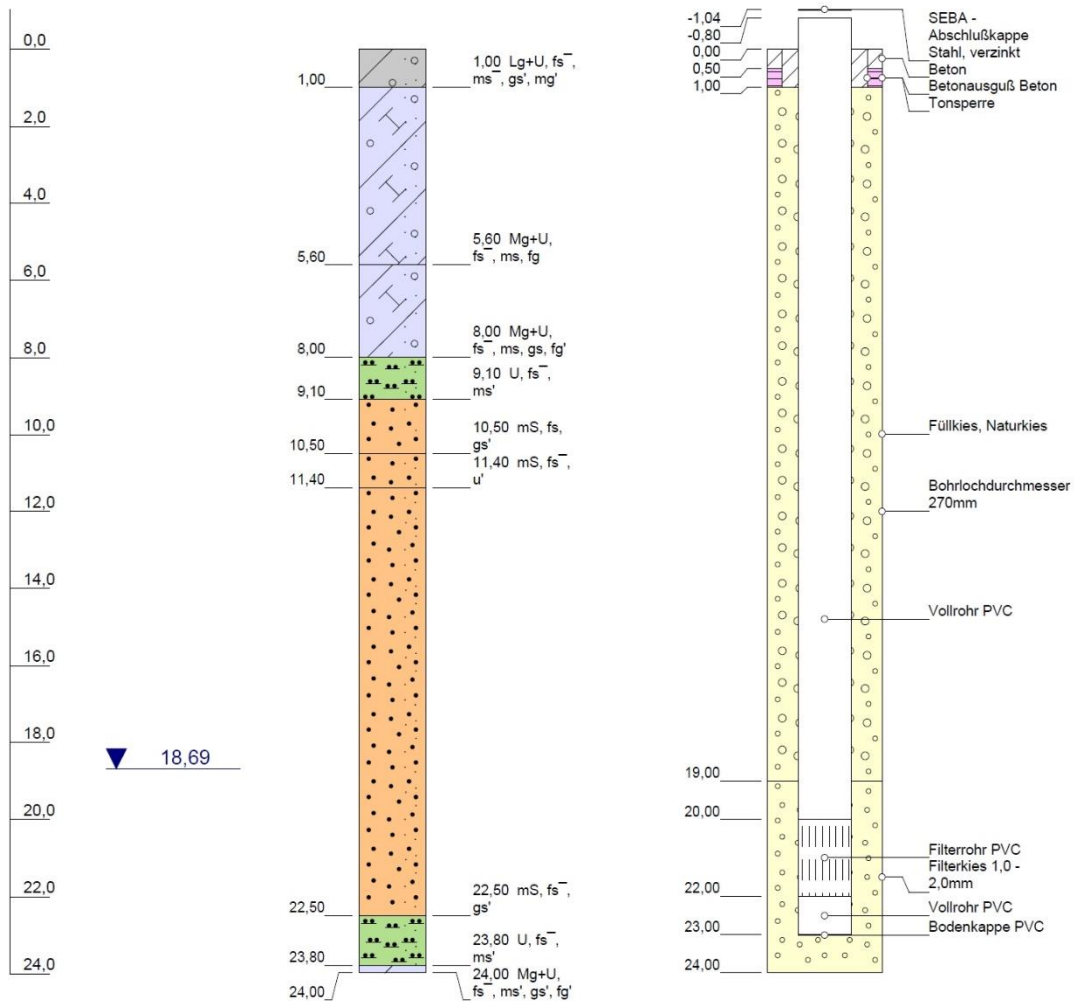
Blatt 1 von 1

<b>Name der Messstelle: Brüsso Neuenfeld 1/97 (OP)</b>		 <b>Landesamt für Umwelt</b>
<b>Bohrung: Hy Nfd 1/1997 OP</b>		
Auftraggeber: LfU Potsdam	Rechtswert: 436180,1	
Bohrfirma: Pestke Brunnenbau GmbH	Hochwert: 5919171,5	
Bearbeiter: LUA	Ansatzhöhe: 79,20 m	
Baujahr: 1997	Endtiefe: 45,00 m	

Abbildung 57 Schichtenverzeichnis Messstelle Neuenfeld

# MKZ 27511090

m u. GOK (41,85 m NN)



Höhenmaßstab: 1:175 Horizontalmaßstab: 1:10

Blatt 1 von 1

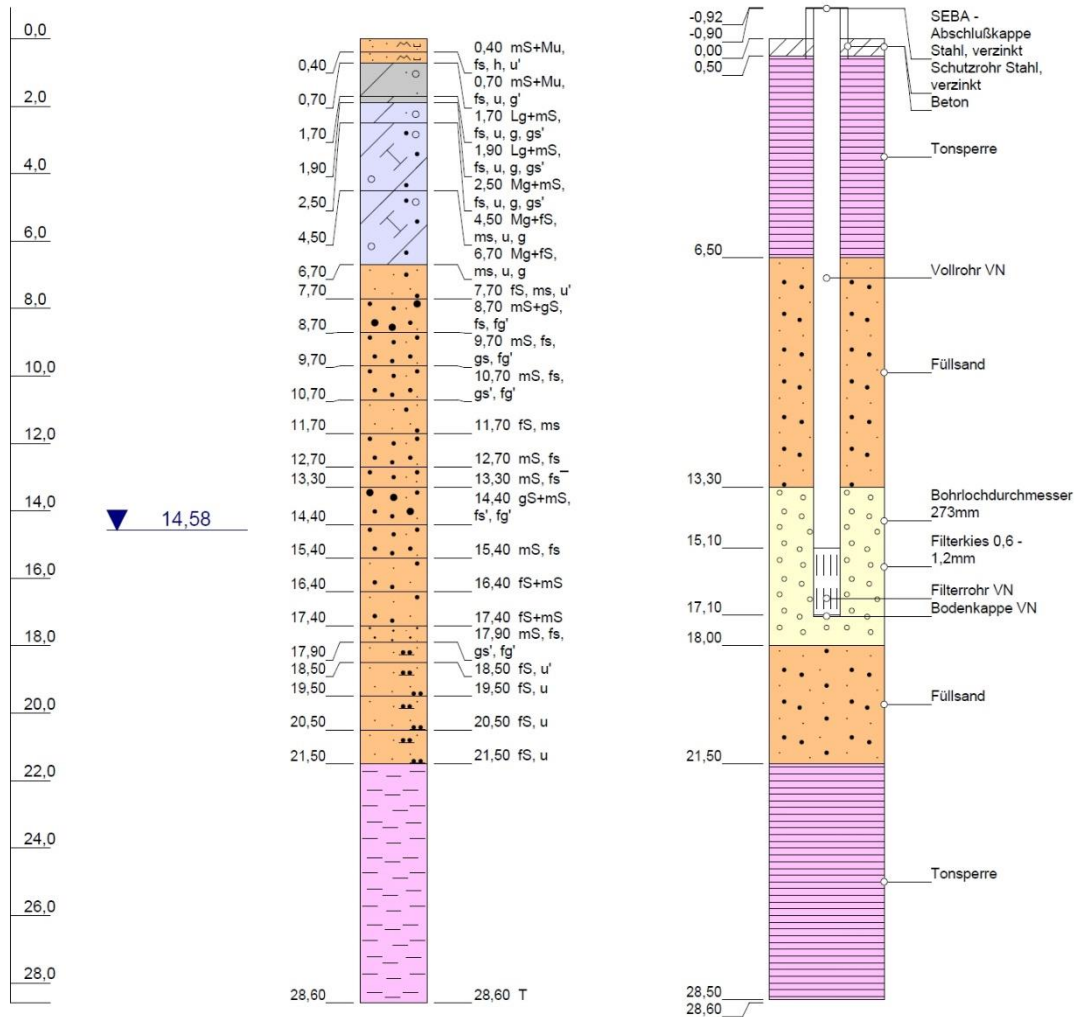
<b>Name der Messstelle: Neuschöfeld 1/96 (OP)</b>		 <b>Landesamt für Umwelt</b>
<b>Bohrung: Hy SöfAm 1/96 OP</b>		
Auftraggeber: LfU Potsdam	Rechtswert: 453550,3	
Bohrfirma: Pestke Brunnenbau GmbH	Hochwert: 5899317,6	
Bearbeiter: Hartzsch	Ansatzhöhe: 41,85 m	
Baujahr: 1996	Endtiefe: 24,00 m	

Abbildung 58 Schichtenverzeichnis Messstelle Neuschöfeld



# MKZ 36432850

m u. GOK (60,74 m NN)



Höhenmaßstab: 1:200 Horizontalmaßstab: 1:10

Blatt 1 von 1

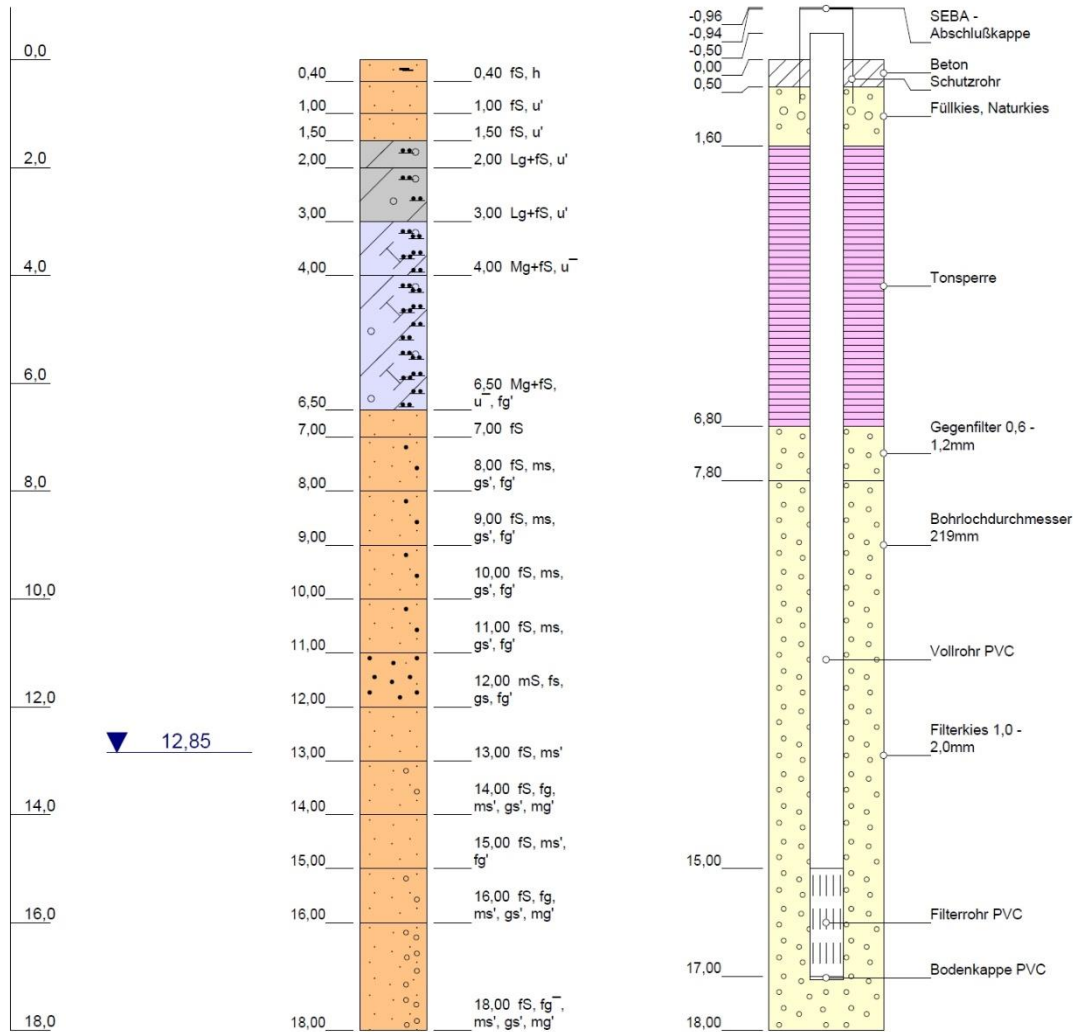
<b>Name der Messstelle: Plötzin, Glindower Weg</b>		 <b>Landesamt für Umwelt</b>
<b>Bohrung: Hy Pöt 1/2001</b>		
Auftraggeber: LfU Potsdam	Rechtswert: 353947,1	
Bohrfirma: Zimmermann Brunnenbau GmbH	Hochwert: 5803500,8	
Bearbeiter:	Ansatzhöhe: 60,74 m	
Baujahr: 2001	Endtiefe: 28,60 m	

Abbildung 59 Schichtenverzeichnis Messstelle Plötzin



# MKZ 33502258

m u. GOK (73,90 m NN)



Höhenmaßstab: 1:125 Horizontalmaßstab: 1:10

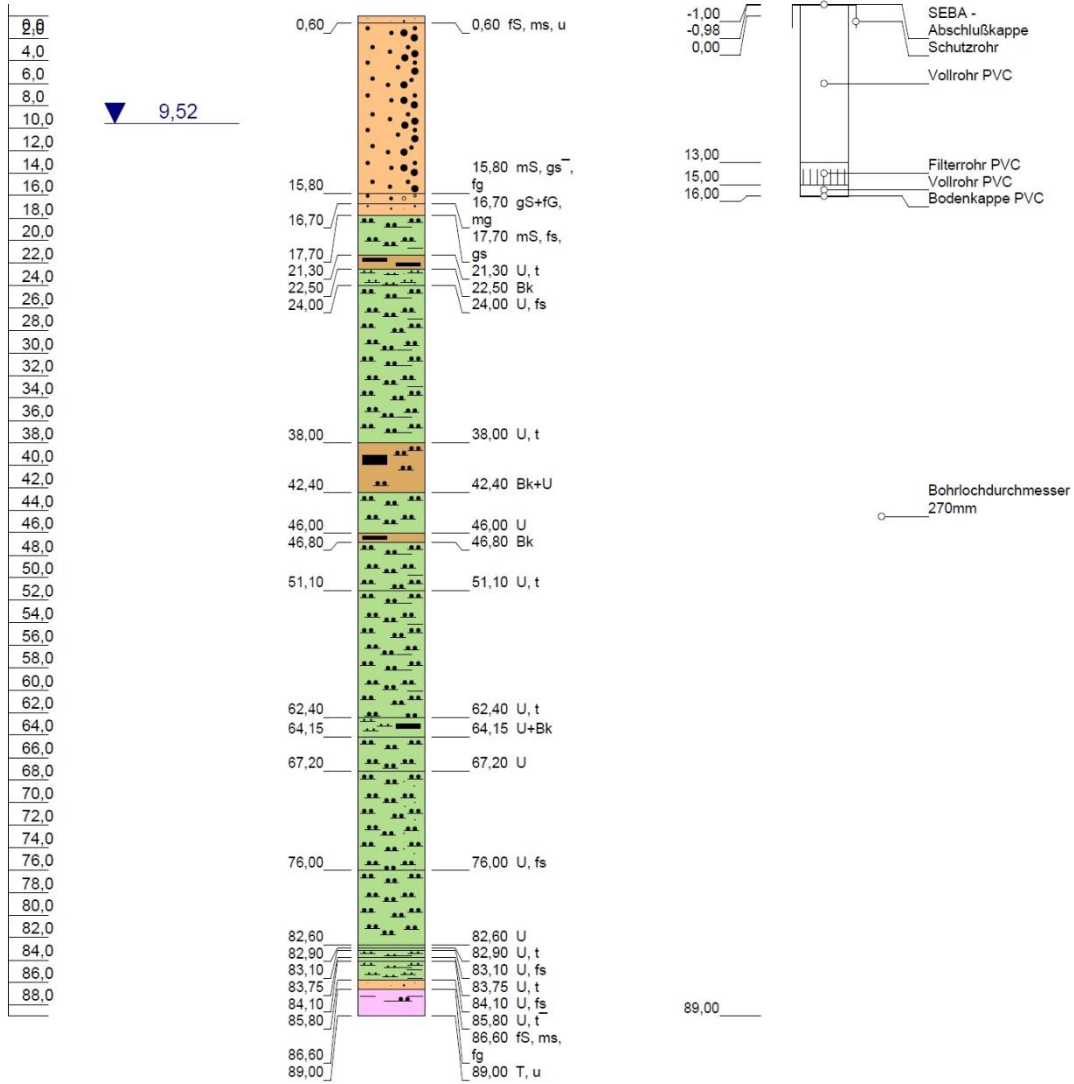
Blatt 1 von 1

<b>Name der Messstelle: Reichenow OP</b>		
<b>Bohrung: Reichenow OP</b>		
Auftraggeber: LfU Potsdam	Rechtswert: 436717,1	
Bohrfirma: Zimmermann Brunnenbau	Hochwert: 5832999,5	
Bearbeiter: Voigt, I.	Ansatzhöhe: 73,90 m	
Baujahr: 1998	Endtiefe: 18,00 m	

Abbildung 60 Schichtenverzeichnis Messstelle Reichenow

# MKZ 30390001

m u. GOK (64,40 m NN)



Höhenmaßstab: 1:600 Horizontalmaßstab: 1:10

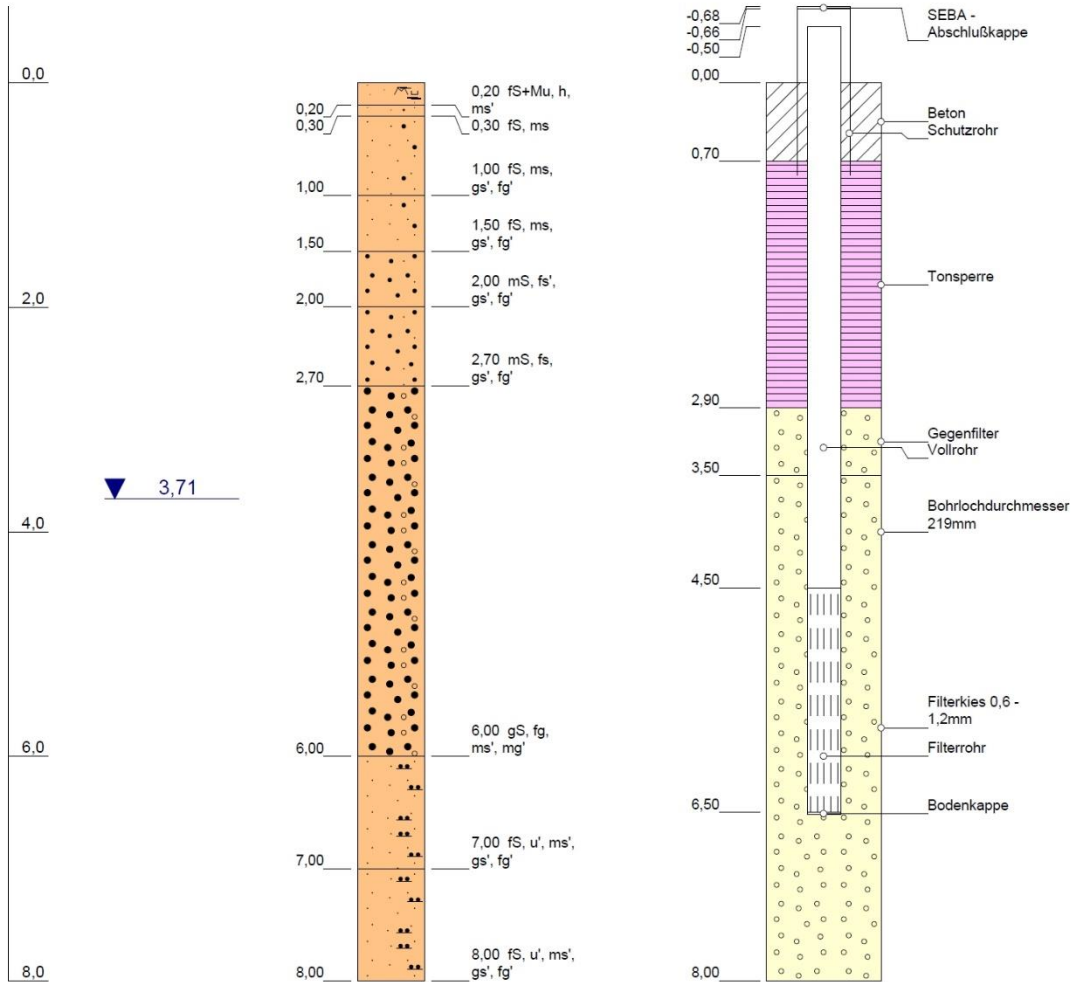
Blatt 1 von 1

<b>Name der Messstelle: Schönhagen</b>		 <b>Landesamt für Umwelt</b>
<b>Bohrung: Hy DII 1/1995</b>		
Auftraggeber: LfU Potsdam	Rechtswert: 310981,8	
Bohrfirma: Landsberger Bohr- und Brunnenbau GmbH	Hochwert: 5873596,4	
Bearbeiter:	Ansatzhöhe: 64,40 m	
Baujahr: 1995	Endtiefe: 89,00 m	

Abbildung 61 Schichtenverzeichnis Messstelle Schönhagen

# MKZ 28360020

m u. GOK (27,00 m NN)



Höhenmaßstab: 1:60 Horizontalmaßstab: 1:10

Blatt 1 von 1

<b>Name der Messstelle: Stavenow</b>		
<b>Bohrung: Hy KdPe 1/1998</b>		
Auftraggeber: LfU Potsdam	Rechtswert: 280002,8	
Bohrfirma: Brunnenbau Phöben GmbH	Hochwert: 5893222,0	
Bearbeiter:	Ansatzhöhe: 27,00 m	
Baujahr: 1998	Endtiefe: 8,00 m	

Abbildung 62 Schichtenverzeichnis Messstelle Stavenow