

**Einführung optimierter Managementkonzepte
zur Verringerung von Nährstoffbelastungen im Boden
unter den Aspekten des Tierwohls sowie des Boden- und Wasserschutzes
bei Freilandhaltung von Geflügel am Beispiel einer Öko-Legehennenhaltung
für den Zeitraum vom 1. Januar 2015 bis zum 31. Dezember 2016**

**Abschlussbericht
Stand: 21. Februar 2017**



Mobilstall (Variante: mobil)

30.04.2015



Mobilstall (Variante: stationär)

Fachgebiet Ökologischer Land- & Pflanzenbau
Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften

Universität Kassel

Nordbahnhofstr. 1a, 37213 Witzenhausen

Projektleitung:

Prof. Dr. Jürgen Heß und Dr. Friedhelm Deerberg

Projektbearbeitung:

Frauke Deerberg, Lena Jakobi und Urban Lempp

Danksagung

Aufgrund des hohen Interesses der Landesvereinigung Ökologischer Landbau Nordrhein-Westfalen e.V. (LVÖ-NRW) an Fragen zum Auslaufmanagement in der ökologischen Legehennenhaltung, wurde das vorliegende Versuchsprojekt von den Auftragnehmern durchgeführt. Das Projekt wurde möglich durch die finanzielle Förderung des Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen. Dem Ministerium sowie der LVÖ-NRW sei an dieser Stelle gedankt.

Durchgeführt wurde das Projekt am Fachgebiet Ökologischer Land- und Pflanzenbau der Universität Kassel in Kooperation mit der Ökoberatung (Dr. Deerberg). Aktive und fachkundige Unterstützung erfolgte durch den Bioland-Betrieb Strottdrees, der seine betriebliche Infrastruktur (Tiere, Ställe, Flächen, MitarbeiterInnen) dafür zur Verfügung stellte. Das trifft auch für die BetriebsleiterInnen zu, die sich im Rahmen der Best-Practice-Untersuchung sowohl an der Fragebogenaktion beteiligt, als auch für Betriebsbesuche bereit erklärt und mitgewirkt haben. Unser Dank geht auch an die engagierten studentischen Hilfskräfte, die bei den vielen Probenahmen und im Labor unterstützend dabei waren (Lea Ball, Moritz Füchtenbusch, Dario Harzendorf, Marvin Kinkele, Sissy Meyer, Paul Müllich, Jannis Pahlke, Rasmus Priebe, Jens Steinmetz, Marcus Strohla, Jannik Zimmermann) sowie Hannes Schulz, der die Drohnenaufnahmen der Versuchsfläche durchgeführt hat. Ebenfalls sei Eberhard Kölsch für die Hilfe beim Wiegen und Häckseln der Pflanzenproben gedankt. Sabine Ahlers vom FÖL danken wir für die Analyse der Pflanzenproben.

Vorwort

Die Haltung von Legehennen mit der Möglichkeit einen Grünauslauf zu nutzen, hat in den letzten Jahren deutlich zugenommen. Konzepte zur Optimierung der Nutzung des Auslaufs fokussieren vorrangig nutztierethologische Aspekte. Die Nährstoffproblematik ist zwar diffus unterschwellig bewusst, führt aber noch nicht in ausreichendem Ausmaß zu entsprechenden Handlungen.

Das Land Nordrhein-Westfalen unterstützt die Öko-Anbauverbände im Land in ihren Bemühungen durch angewandte Forschung auf Praxisbetrieben relevante Fragestellungen der Biolandwirtschaft zu bearbeiten. Im Jahr 2014 vergab die Landesvereinigung Ökologischer Landbau e.V. einen Forschungsauftrag an die Universität Kassel, Fachgebiet Ökologischer Land- und Pflanzenbau. Der vorliegende Abschlussbericht gibt eine Übersicht über die Ergebnisse der Untersuchungen und stellt die daraus abzuleitenden Erkenntnisse zusammen.

In diesem Projekt wurden erstmals über einen Zeitraum von 16 Monaten in ca. monatlichen Abständen Bodenproben genommen, um die durch den von den Hennen auf dieser Fläche abgesetzten Kot ausgelöste Stickstoffdynamik auf den Auslauflächen erfassen und besser beurteilen zu können. Es zeigt sich, dass der von den Hennen stark bevorzugte Nahbereich am Stall schon nach kurzer Zeitdauer zu einer Herausforderung für das Nährstoffmanagement der Auslaufläche wird. Während mobile Geflügelhaltungen potenziell die Möglichkeit haben, durch rechtzeitiges Versetzen des Stalles die Nährstoffansammlung im Nahbereich zu vermeiden, besteht diese Option für stationäre Ställe nicht.

Angesichts der Tatsache, dass nur ein geringer Anteil der Legehennen in vollmobilen Ställen im Freiland gehalten werden, besteht insbesondere für stationäre Ställe weiterer Forschungs- und Handlungsbedarf, Lösungsansätze für den stallnahen Bereich zu entwickeln. Aus diesem Grund hat die Landesvereinigung Ökologischer Landbau mit finanzieller Unterstützung des Landes beschlossen, genau in diesem Bereich ein Folgeprojekt zu initiieren. Mittelfristige Zielsetzung ist dabei, das Haltungsverfahren Freilandhaltung von Legehennen so weiterzuentwickeln, dass die ethologisch wünschenswerte Auslaufnutzung der Hennen im Gleichklang mit den Erfordernissen der Umwelt steht.

Im Sommer 2017

Jan Leifert
LVÖ NRW

Friedhelm Deerberg
Die Ökoberater

Jürgen Heß
Universität Kassel

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	1
1 Einleitung, Problemstellung und Vorgehensweise	4
2 Feldversuch Harsewinkel (Hauptversuch)	7
2.1 Material und Methoden	7
2.1.1 Material.....	7
2.1.1.1 Standort und Witterungsverlauf	7
2.1.1.2 Stallsysteme und -bewegung.....	8
2.1.1.3 Tiere	12
2.1.2 Untersuchungen	13
2.1.2.1 Nährstoffdynamik.....	13
2.1.2.2 Kotuntersuchungen.....	15
2.1.2.3 Beurteilung der Grasnarbe.....	17
2.2 Ergebnisse	17
2.2.1 Nährstoffdynamik.....	17
2.2.1.1 Nitrat-Stickstoff	17
2.2.1.2 Vergleich der beiden Systeme zur Kontrolle	21
2.2.1.3 Ammonium-Stickstoff.....	22
2.2.1.4 Phosphor	23
2.2.1.5 Kotmengenerfassung.....	24
2.2.2 Endoparasiten	25
2.2.2.1 In Kotproben.....	25
2.2.2.2 In Bodenproben	26
2.2.3 Tiere und Legeleistung	27
2.2.4 Zustand der Grasnarbe.....	28
2.3 Diskussion	30
2.4 Zusammenfassung	31
3 Folgefrucht Silomais.....	33
3.1 Material und Methoden	33
3.1.1 Standort und Anbaumaßnahmen.....	33
3.1.2 Methode	33
3.1.3 Stickstoffanalyse und Berechnung des NO ₃ -N- und NH ₄ -N-Gehalts	34
3.2 Ergebnisse	35

3.2.1	N _{min} -Dynamik auf den Flächen des ehemaligen stationären Stalls (stallnahe und stallferne Zone)	35
3.2.2	N _{min} -Dynamik auf den Flächen des ehemaligen Mobilstalls (stallnahe und stallferne Zone)	37
3.2.3	N _{min} -Dynamik unter dem intakten Klee gras (Kontrolle)	38
3.3	NO ₃ -Gehalte im Silomais	39
3.4	Diskussion	39
3.5	Zusammenfassung	41
4	Best-Practice-Beispiele	42
4.1	Material und Methoden	42
4.1.1	Auswahl der Betriebe	42
4.1.2	Befragung der Betriebsleiter	42
4.1.3	Zonierung der Ausläufe	43
4.1.4	Probenahme	43
4.1.5	Stickstoffanalyse und Berechnung des NO ₃ -N- und NH ₄ -N-Gehalts	44
4.2	Ergebnisse und Diskussion	44
4.2.1	Betrieb 1: Mobilstall auf Rädern – System Weiland (mit Bodenplatte)	45
4.2.2	Betrieb 2: Stationärer Winterstall kombiniert mit Verarmungsanbau	47
4.2.3	Betrieb 3: Stationärer Stall mit zwei Wechselläufen	50
4.2.4	Betrieb 4: Mobilstall auf Kufen – System Wördekemper (ohne Bodenplatte)	54
4.2.5	Betrieb 5: Stationärer Stall mit Tunnel	57
4.2.6	Zusammenfassender Vergleich der Betriebe	61
4.3	Allgemeine Diskussion & Fazit	62
4.4	Zusammenfassung	64
5	Sondererhebungen	66
5.1	Simulation eines Starkregenereignisses	66
5.1.1	Material und Methoden	66
5.1.2	Ergebnisse	69
5.1.3	Diskussion	70
5.1.4	Zusammenfassung	71
5.2	Kies- und Schotterstreifen im stallnahen Bereich	71

5.3	Ausreißertest (N_{\min} -Untersuchung zur Probenahmemethodik) auf der Fläche des Hauptversuchs	73
5.4	N_{\min} -Gehalte auf der Standfläche des stationären Stalls nach einem Jahr Standzeit	74
6	Abschließende Diskussion	76
7	Erkenntnisse aus der Studie und Schlussfolgerungen	78
8	Literaturverzeichnis	80

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Niederschläge, Tagesdurchschnittstemperaturen und langjähriges Niederschlags- und Temperaturmittel (1981-2010) im Versuchszeitraum von Januar 2015 bis Oktober 2016 (Quelle: DWD Weste XL (2016), Messstationen Harsewinkel und Bielefeld-Deppendorf)	8
Abb. 2: schematischer Querschnitt vom „Hühnermobil 225“, (Quelle: Weiland 2010)	9
Abb. 3: Schemata der Versuchsvarianten Mobil (V1) und Stationär (V2).....	10
Abb. 4: Luftbild der Versuchsanlage (Harsewinkel) im Mai 2016,.....	11
Abb. 5: NO ₃ -N-Dynamik (0-90 cm) von Januar 2015 bis Juni 2016 unter dem intakten Klee grasbestand (Kontrolle).....	17
Abb. 6: NO ₃ -N-Dynamik (0-90 cm) von Januar 2015 bis Juni 2016 im Auslauf (stallnahe Zone und stallferne Zone) des stationären Stalls inklusive der Wechselläufe (gewichtete Mittel der Zonen).....	18
Abb. 7: NO ₃ -N-Dynamik (0-90 cm) von Januar 2015 bis Juni 2016 im Auslauf des stationären Stalls nach Zonen im Vergleich zum intakten Klee grasbestand (Kontrolle)	19
Abb. 8: NO ₃ -N-Dynamik (0-90 cm) von Januar 2015 bis Juni 2016 im Auslauf des Mobilstalls (gewichtete Mittel der Zonen).....	20
Abb. 9: NO ₃ -N-Dynamik (0-90 cm) von Januar 2015 bis Juni 2016 im Auslauf des Mobilstalls in Abhängigkeit von der Zone über 7 bzw. 8 Wiederholungen im Vergleich zum intakten Klee grasbestand (Kontrolle)	21
Abb. 10: NO ₃ -N-Dynamik (0-90 cm) von Januar 2015 bis Juni 2016 im Vergleich der beiden Stallsysteme zur Kontrolle (intakter Klee grasbestand) (gewichtete Mittel)	21
Abb. 11: NH ₄ -N-Dynamik (0-30 cm) von Januar 2015 bis Juni 2016 im Vergleich der beiden Stallsysteme zur Kontrolle (gewichtete Mittel)	22
Abb. 12: NH ₄ -N-Dynamik (0-30 cm) von Januar 2015 bis Juni 2016 der beiden Stallsysteme in Abhängigkeit von der Zone im Vergleich zur Kontrolle (intaktes Klee gras)	23
Abb. 13: P-Gehalt im Oberboden (OB, 0-30 cm) und Unterboden (UB, 30-60 cm) in Abhängigkeit von der Zone in den unterschiedlichen Stallsystemen an drei Terminen (Versuchsbeginn, -mitte und -ende) (WA = W1 + W2).....	23
Abb. 14: P-Gehalte im Oberboden (OB, 0-30 cm) und Unterboden (UB, 30-60 cm) in Abhängigkeit vom Stallsystem (mobil, stationär) im Vergleich zur Kontrolle (intakter Klee grasbestand) (gewichtete Mittel) an drei Terminen (Versuchsbeginn, -mitte und -ende).....	24
Abb. 15: Verlauf der Legeleistung je Anfangshenne im stationären Stall im Jahr 2015.....	27
Abb. 16: Verlauf der Legeleistung je Anfangshenne im mobilen Stall im Jahr 2015.....	28
Abb. 17: Zustand der Grasnarbe bei sechs von acht Mobilstallflächen am 02.05.2016	29
Abb. 18: Zustand der Grasnarbe des stationären Stalls mit den beiden Wechselläufen am 02.05.2016 (Foto: Hannes Schulz)	29
Abb. 19: NO ₃ -N-Dynamik (0-90 cm) im Maisnachbau und N-Aufnahme durch den Mais im ehemaligen stallnahen Bereich des stationären Stalls.....	35

Abb. 20: NO ₃ -N-Dynamik (0-90 cm) im Maisnachbau und N-Aufnahme durch den Mais im ehemaligen stallfernen Bereich des stationären Stalls	36
Abb. 21: NO ₃ -N-Dynamik (0-90 cm) im Maisnachbau und N-Aufnahme durch den Mais im ehemaligen stallnahen Bereich von vier Mobilstallparzellen.....	37
Abb. 22: NO ₃ -N-Dynamik (0-90 cm) im Maisnachbau und N-Aufnahme durch den Mais im ehemaligen stallfernen Bereich von vier Mobilstallparzellen über fünf Probenahmeterminen	38
Abb. 23: NO ₃ -N-Dynamik (0-90 cm) im Maisnachbau und N-Aufnahme durch den Mais in der Kontrolle (intaktes Klee gras) über fünf Probenahmeterminen	38
Abb. 24: NO ₃ -N-Gehalte im Mais am 17.08.2016 zum Zeitpunkt der Blüte (WA = Mittelwert aus Wechselauslauf 1 und 2).....	39
Abb. 25: N _{min} -Dynamik (0-90 cm) von Mai bis Oktober 2016 im Zonen- und Systemvergleich	40
Abb. 26: Auslaufzeichnung von Betrieb 1: Mobilstall - System Weiland	45
Abb. 27: N _{min} -Gehalte der drei Zonen des Mobilstalls als Mittelwert aus acht Wechselausläufen am 07.04.2016 (Betrieb 1)	46
Abb. 28: Auslaufzeichnung von Betrieb 2: Stationärer Winterstall kombiniert mit Verarmungsanbau im Sommerhalbjahr.....	48
Abb. 29: N _{min} -Gehalt (Zonen-Mittelwerte) im Auslauf des stationären Winterstalls am 12.04., 24.08. und 07.10.2016 sowie N-Entzug durch den Verarmungsanbau im August 2016 (Betrieb 2).....	49
Abb. 30: Auslaufzeichnung von Betrieb 3: Stationärer Stall mit zwei Wechselausläufen..	51
Abb. 31: N _{min} -Gehalte beim stationären Stall mit zwei Wechselausläufen (WA) am 03.06.2016 in Abhängigkeit von den Zonen (Betrieb 3)	53
Abb. 32: Auslaufzeichnung von Betrieb 4: Mobilstall – System Wördekemper (ohne Bodenplatte)	55
Abb. 33: Zonen-Mittelwerte von einem Wechselauslauf des Mobilstalls (Wördekemper) und von der ehemaligen Stallstandfläche am 03.06.2016 (Betrieb 4)	57
Abb. 34: Auslaufzeichnung von Betrieb 5: Stationärer Stall mit Tunnelsystem.....	58
Abb. 35: Mittelwerte der Stickstoffgehalte aus zwei Probenahmen aller Wechselausläufe des stationären Stalls mit Tunnelsystem (13.06.2016) (Betrieb 5)	60
Abb. 36: Versuchsanlage der Starkregensimulation (März 2016).....	67
Abb. 37: N _{min} -Dynamik (0-90 cm) in Abhängigkeit von den verschiedenen Varianten (Düngung und Bewässerung) vom 17.03. bis 07.04.2016.....	69
Abb. 38: N _{min} -Dynamik nach Bodentiefe vom 17.03. bis 07.04.2016 (Variante D3).....	70
Abb. 39: stallnaher Bereich eines stationären Stalls mit an den Außenklimabereich angrenzenden Schotterstreifen (Foto: Frauke Deerberg).....	72
Abb. 40: stallnaher Bereich eines stationären Stalls mit Flusskies (Foto: Frauke Deerberg)	72
Abb. 41: N _{min} -Werte (0-30 cm) unter Flusskies bzw. Schotter auf zwei Betrieben mit stationären Ställen (Juli 2016).....	73

Abb. 42: N _{min} -Gehalte von Bodenproben mit und ohne Kothaufen im stallnahen und stallfernen Bereich im Mai 2016	74
Abb. 43: N _{min} -Gehalte (0-60 cm) nach zwölfmonatiger Standzeit auf der Standfläche eines Mobilstalls mit Bodenplatte am 15.12.2015 im Vergleich zu einem intakten Klee grasbestand (Kontrolle, Beprobung am 22.12.2015)	75

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: N-Eintrag (kg/ha) durch Hühnerkot im Freiland in Abhängigkeit vom prozentualen Kotanfall im Außenbereich und der Flächenbeimessung pro Tier bei gleichmäßiger Verteilung des Kotes in der Fläche (Modellrechnung für 1.000 Legehennen (Deerberg & Heß 2017)).....	5
Tab. 2: Korngrößenverteilung und Grundnährstoffanalyse am Standort Harsewinkel	7
Tab. 3: Probenahmetermini, Stallstandort des Mobilstalls und Untersuchungen ¹	12
Tab. 4: Zusammenstellung der Flächen für die Auslaufzonen der Versuchsvarianten und deren Anteilen an der Gesamtfläche	14
Tab. 5: Trockenmasse- und Gesamtstickstoffgehalt der Kotproben vom Kotband und aus dem Scharraum der Versuchsställe	24
Tab. 6: Verteilung des durchschnittlichen täglichen Frischkotanfalls einer Henne im Stall und auf der Auslaufläche zu unterschiedlichen Terminen.....	25
Tab. 7: Untersuchungen der Kotproben auf Endoparasiten.....	26
Tab. 8: Untersuchungen der Bodenproben auf Endoparasiten	27
Tab. 9: Anbaumaßnahmen Silomais 2016	33
Tab. 10: Probenahmetermini bei der Folgefrucht Silomais (Harsewinkel)	34
Tab. 11: Vergleich einiger Merkmale der fünf Best-Practice-Betriebe.....	61
Tab. 12: Übersicht der Versuchsvarianten (D = Düngung und W = Bewässerung).....	68
Tab. 13: Ergebnisse der Varianzanalyse für den N _{min} -Gehalt der Varianten (0-90 cm) zu den drei Probenahmeterminen*	69

Zusammenfassung

Auf dem Biolandbetrieb Strottdrees am Standort Harsewinkel/Ostwestfalen wurde vor Beginn des zweiten Hauptnutzungsjahres eines Kleegrasschlags ein vergleichender Versuch zum Auslaufmanagement in der Freilandhaltung von Bio-Legehennen angelegt und von Januar 2015 bis Oktober 2016 wissenschaftlich begleitet. Geprüft wurden ein Mobilstall der Firma Weiland („Hühnermobil 225“) im mobilen Einsatz (Variante Mobilstall) und aus *ceteris paribus*-Gründen ein weiterer Mobilstall gleicher Bauart, der allerdings an einem Standort verblieb, quasi als stationärer Stall (Variante stationärer Stall). Für den Mobilstall standen acht Teilflächen mit je 4 m² pro Tier zur Verfügung (in Summe 32 m²), für den stationären Stall waren es 4 m² plus einem Wechselauslauf von 1 m² pro Tier (in Summe 5 m²). Der Mobilstall wurde – wie im Betrieb üblich - bis auf wenige Ausnahmen wöchentlich versetzt. Zum Vergleich wurde parallel eine Teilfläche mit intaktem Klee grasbestand zur Kontrolle in die Erhebungen mit einbezogen. Untersucht wurde die NO₃-N- bzw. N_{min}-Dynamik (monatlich), der pflanzenverfügbare Phosphor und die Grasnarbe. Darüber hinaus wurden Boden- und Kotproben auf Tierpathogene untersucht. Des Weiteren wurde der Kotanfall im Stall erfasst, um Rückschlüsse auf die angefallenen Mengen im Freiland ziehen zu können. Erfasst wurde auch die Nachwirkung der N-Einträge bei der Folgefrucht Mais. Zudem wurde in Erweiterung des Versuchsansatzes eine kleinere Best-Practice-Studie durchgeführt, um erste Erkenntnisse aus der Praxis zu dort bereits bestehenden Handlungs- und Lösungsansätzen zu erlangen. Darüber hinaus fand ein Modellversuch zum Thema Starkregen statt sowie weitere Sonderuntersuchungen.

Folgende wesentliche Ergebnisse lassen sich festhalten:

Hauptversuch

- Die Flächen der Mobilstallvariante weisen über den gesamten Versuchszeitraum nie bedenkliche N_{min}-Gehalte auf. Im Wesentlichen bewegen sich die Werte auf dem Niveau des intakten Klee grasbestands, der immer unter 25 kg NO₃-N/ha bleibt.
- Die N_{min}-Werte für die Auslaufflächen des stationären Systems unterliegen einer sehr ausgeprägten Dynamik. Schon nach wenigen Wochen ist ein sehr starker Anstieg zu verzeichnen.
- Nach Versuchsende und erfolgtem Umbruch des Klee gras bzw. dessen, was vom Klee gras im Auslauf des stationären Stalls übriggeblieben ist, erfolgt ein starker Anstieg der N_{min}-Gehalte in allen drei Varianten. Der Anstieg der Variante Mobilstall verläuft in vergleichbarer Höhe wie der der Kontrolle (intakter Klee grasbestand), während das Niveau des Anstiegs bei der Variante stationärer Stall um ca. 50 % erhöht ist.
- Beim Parameter Phosphor ist nach dem zweiten Probenahmetermin ein Anstieg festzustellen. Unerwartet verzeichnet die Kontrolle den höchsten Anstieg, gefolgt von den Mobilstallflächen.

- Abgesehen von kleinen Teilflächen ($< 1 \text{ m}^2$) bleibt die Klee grasnarbe auf den Mobilstallflächen intakt bzw. regenerierte sich nach erfolgter Stallumsetzung zuverlässig.
- Bereits nach wenigen Monaten ist die Klee grasnarbe im stationären System nahezu vollständig zerstört, sodass es im Versuchszeitraum zweimal erforderlich ist, die Hennen über einen Korridor von der Versuchsfläche „abzuleiten“ bzw. einmal sogar ganz von der Fläche zu nehmen.
- Die Kotmengenerfassung zeigt, dass im Untersuchungszeitraum etwa zwei Drittel des Frischkotenfalls im Stallbereich (auf dem Kotband und im Scharraum) anfallen, während ein Drittel des Frischkots von Hennen auf der Auslaufläche abgesetzt wird.
- Die parasitologischen Untersuchungen der Bodenproben ergeben keinen Unterschied im Belastungsgrad zwischen der mobilen und der stationären Variante über den gesamten Versuchszeitraum. Ähnliches gilt auch für die Kotproben. Bei der stationären Variante können nach zwölf Monaten, in den im Scharraum entnommen Kotproben, vermehrt Bandwurmeier nachgewiesen werden. Eine Behandlung mit Antiparasitika wird im Untersuchungszeitraum nicht durchgeführt.
- Beim als Folgefrucht angebauten Silomais zeigen sich auf den Flächen der unterschiedlich gemanagten Systeme (mobil bzw. stationär) in den verschiedenen Zonen deutlich unterschiedliche $\text{NO}_3\text{-N}$ -Dynamiken und N-Aufnahmen durch den Pflanzenbestand. Die intensiv genutzte Zone (Nahbereich) des stationären Stalls sticht dabei mit hohen N_{min} -Werten zur Maissaat, hohem Entzug und hohem Rest- N_{min} -Gehalten nach der Maisernte heraus. Im Vergleich dazu bleiben die Zonen des Mobilstalls, ebenso wie die Kontrolle (intakter Klee grasbestand), auf deutlich niedrigerem Niveau.

Best-Practice

- Neben dem Hauptversuch wurden auf vier weiteren Betrieben mit einer Ausnahme einmalig Bodenproben gezogen und analysiert und die Ergebnisse mit den Ergebnissen von April 2016 des Hauptversuchs verglichen. Folgende Stall-/Auslaufarten wurden dabei untersucht:
 - ein stationärer Winterstall für 675 Legehennen mit Verarmungsanbau im Sommer
 - ein stationärer Stall für 3.000 Legehennen mit zwei Wechselläufen und zweimonatigem Umsetzungsrythmus
 - ein Mobilstall ohne Bodenplatte (System Würdekemper) für 1.000 Legehennen und zweimonatigem Umsetzungsrythmus bei vier Wechselweiden
 - ein stationärer Stall für 3.000 Legehennen mit einem Tunnelsystem und vier Wechselflächen im Nahbereich

- Die Analyseergebnisse zeigen, dass die meisten Betriebe stark stickstoffbelastete Nahbereiche haben. Neben dem Nahbereich sind weitere mit Stickstoff überfrachtete Zonen:
 - o die quer zu den Auslaufklappen verlaufende Hecke auf Betrieb 2 (stationärer Winterstall mit Verarmungsanbau im Sommer)
 - o die Stall-Standfläche (Betrieb 4, Mobilstall – System Würdekemper, ohne Bodenplatte)
- Der Winterstall-Auslauf (Betrieb 2) wurde zusätzlich zur ersten Probenahme an zwei weiteren Terminen in ca. monatlichem Abstand beprobt, um die Wirkung des Verarmungsanbaus mit einem Sonnenblumen-Mais-Wildkraut-Gemenge zu untersuchen. Die Stickstoffanalysen zeigen, dass der Bewuchs zwar beträchtliche Mengen an Stickstoff entziehen kann, die N_{\min} -Gehalte im Boden im Verlauf des Sommers dennoch weiter ansteigen.
- Die niedrigsten Stickstoffgehalte hat der Auslauf des stationären Stalls mit Tunnel-system (Betrieb 5), allerdings bleibt offen, ob nicht auch die niedrige Auslaufakzeptanz der Hennen zu den niedrigen N-Gehalten geführt hat.

Sondererhebungen

- Auf der Fläche, auf der der Hauptversuch stattgefunden hat, wurde im April 2016 die Simulation eines Starkregenereignisses bei verschiedenen Düngergaben auf intakter Kleegrasnarbe vorgenommen. Die wöchentlich durchgeführte Beprobung zeigt, dass sich Ammonium, aber kein Nitrat, im untersuchten Zeitraum bildet.
- Unter praxisüblichen Kies- und Schotterstreifen im stallnahen Bereich auf zwei Betrieben wurden Bodenproben gezogen (0-30 cm). Die Stickstoffanalyse erbringt sehr hohe N_{\min} -Gehalte von 25 bzw. 33 mg NO_3 -N bzw. NH_4 -N/100 g Boden.
- Im Zuge von Ausreißeruntersuchungen wurden auf den Versuchsflächen in Harsewinkel zusätzliche Bodenproben gezogen. Verglichen wurden Einstiche jeweils ohne erkennbaren und mit, auf der Bodenoberfläche, erkennbaren Kothaufen. Die Stickstoffanalyse zeigt, dass die Werte der Bodenproben mit sichtbarem Kothaufen 1,5- bis 4-mal höher sind und Ausreißer bei Einzelwerten dadurch zu identifizieren sind.
- Nach einem Jahr Standzeit wurden auf der Standfläche des stationären Stalls mit Bodenplatte (Hauptversuch) Bodenproben gezogen und N_{\min} -Untersuchungen vorgenommen. Der analysierte Gehalt von etwa 9 mg/100 g Boden weist darauf hin, dass entweder eine starke Mineralisation aus dem zwischenzeitlich abgestorbenen Kleegrasbestand bzw. eine beträchtliche laterale Nährstoffverlagerung aus der umliegenden stallnahen Zone stattfindet.

1 Einleitung, Problemstellung und Vorgehensweise

Die Legehennenhaltung hat für den Öko-Landbau in Deutschland eine große wirtschaftliche Bedeutung. Mit etwa 10 % hat sie im Vergleich zu anderen Formen der Öko-Nutztierhaltung den höchsten Anteil an der bundesdeutschen Gesamterzeugung. Die Freilandhaltung von Legehennen ist dabei für das Marketing ein absoluter Eyecatcher mit Bildern von saftig grünen Ausläufen, auf denen sich vollbefiederte Hennen tummeln.

Die 4 m²-Mindestregelung (EU 2008), die seit dem Jahr 2000 besteht, erweist sich allerdings zunehmend als problematisch, insbesondere, wenn ungleichmäßige Nutzung der Fläche durch die Tiere zu lokalen Belastungen des Bodens und des Pflanzenaufwuchses führen. Bei länger auf einem Standort verweilenden Legehennenställen kommt es zu dem Zielkonflikt, einerseits den Tieren möglichst viel Auslauf zu gewähren und andererseits gleichzeitig eine Eutrophierung des Auslaufes v.a. mit Stickstoff und Phosphor zu vermeiden, die in der weiteren Folge - zumindest beim Stickstoff - Auswaschungen bzw. Ausgasungen nach sich ziehen und damit den Umweltzielen des Ökologischen Landbaus diametral entgegenstehen. Bereits seit mehr als zehn Jahren liegen Untersuchungsergebnisse vor (Meierhans & Menzi 1995, Fürmetz 2003, Zorn et al. 2004), die darauf hinweisen, dass tatsächlich gravierende Eutrophierungsprobleme im Auslauf bei der Freilandhaltung von Legehennen, bestehen und zwar unabhängig davon, ob diese ökologisch oder konventionell betrieben wird.

Als ein Lösungsansatz für die Eutrophierungsproblematik im stallnahen Bereich wurden in den letzten zehn Jahren so genannte Mobilställe entwickelt. Mit Hilfe der Mobilställe sollen große Anteile des in der Freilandhaltung anfallenden Hühnerkotes in die Fläche gebracht werden. Das funktioniert aber nur, wenn die Ställe auch entsprechend bewegt werden. Grundlage dafür sind an das häufige Versetzen angepasste stallbaukonstruktive Voraussetzungen. Darüber hinaus spielen auch Standortbedingungen eine bedeutende Rolle, insbesondere, weil sie Restriktionen für die Befahrbarkeit darstellen, aber auch Maßnahmen gegen eine Anreicherung von Nährstoffen erforderlich machen können.

Bereits einfache mathematische Ableitungen (Deerberg & Heß 2017) können belegen, dass die 4 m²-Regelung nicht ausreicht, um Überdüngungseffekte im Grünauslauf zu vermeiden. Anhand einer simplen Modellrechnung ist das Problem eindrücklich darstellbar: geht man nach Stein-Bachinger et al. (2004) von einem durchschnittlichen Frischkotanfall von 192 g pro Henne und Tag bei einem Trockenmassegehalt (TM) von 25 % und einem N-Gehalt in der TM von 5,16 % aus, dann fallen in Summe pro Henne und Tag 2,48 g N bzw. im Jahr 905,2 g N an. Bezogen auf 1.000 Hennen sind das 905,2 kg N/ha und Jahr in der Kottrockenmasse.

Für den Auslauf eines Legehennenstalls können sich daraus unterschiedliche Belastungssituationen in der Fläche ergeben. Diese sind zunächst einmal u.a. davon abhängig, wie

hoch der prozentuale Anteil des Kotanfalles im Freiland und wie groß die Flächenbeimessung pro Henne ist (Tab. 1). Bei einer Flächenbeimessung von 4 m² pro Tier ergibt sich z.B. bei einem, gleichmäßig auf der gesamten Auslauffläche verteilten Kotanfall von nur 10 %, ein N-Eintrag von 226 kg/ha und Jahr bei 1.000 Tieren. Dieser würde, bei großzügiger Flächenbeimessung von 10 m² pro Tier, auf akzeptable 91 kg/ha und Jahr reduziert. Eine erstrebenswerte höhere Nutzung des Auslaufes durch die Hennen, mit einem entsprechend erhöhten Kotanfall im Außenbereich von 50 %, würde bei einer Flächenbeimessung von 4 m² pro Tier zu einer Verfünffachung des Eintrags auf ca. 1.161 kg N/ha und Jahr führen. Erst bei einer Flächenbeimessung von 30 m² pro Tier ergibt sich ein Wert von 171 kg N/ha und Jahr.

Tab. 1: N-Eintrag (kg/ha) durch Hühnerkot im Freiland in Abhängigkeit vom prozentualen Kotanfall im Außenbereich und der Flächenbeimessung pro Tier bei gleichmäßiger Verteilung des Kotes in der Fläche (Modellrechnung für 1.000 Legehennen (Deerberg & Heß 2017))

prozentualer Kotanfall im Freiland	N-Eintrag bei unterschiedlicher Flächenbeimessung pro Tier (kg/ha und Jahr)*			
	bei 4 m ² /Tier	bei 10 m ² /Tier	bei 20 m ² /Tier	bei 30 m ² /Tier
10 %	226	91	45	30
20 %	453	181	91	60
33 %	746	298	149	99
50 %	1.161	453	226	171
66 %	1.493	597	298	199
100 %	2.263	905	452	301

*die N-Angaben in kg/ha hier und im Text sind als Konzentrationsangaben zu verstehen

In der Praxis wird die stallnahe Zone allerdings deutlich intensiver genutzt. Geht man z.B. davon aus, dass 70 % des Kotes im stallnahen Bereich (z.B. 10 % der Gesamtfläche) anfallen, dann wären hier bei einem prozentualen Kotanfall von 10 % im Außenbereich und derzeitiger Flächenbeimessung von 4 m² je Henne 1.582 kg N/ha und Jahr erreicht (nicht gezeigt). Selbst wenn die Flächenbeimessung auf 30 m²/Tier erhöht würde, wären im selben Bereich noch N-Einträge von 211 kg/ha zu erwarten. Hinzu kommt, dass die Grasnarbe im stallnahen Bereich rasch überstrapaziert wird, was sich in zerstörtem Bewuchs, der Akkumulation von Parasiten und Bodenverdichtung äußert („Hühnermüdigkeit“, Hörning et al. 2002). Neben der Stickstoff-Problematik gibt es also auch noch weitere Probleme.

Vorgehensweise

Die Datenlage bezüglich in der Praxis gemessener Werte ist nach wie vor relativ dünn. Außerdem fehlt es an Erkenntnissen über die Wirkung unterschiedlicher Managementansätze bei gleichen Standortbedingungen und dem Verlauf der Nährstoffdynamik einer Auslauffläche im Jahresverlauf. Aus diesem Grund wurde im Zeitraum von Januar 2015 bis April 2016 auf einem Praxisbetrieb in Ostwestfalen ein Vergleichsversuch durchgeführt, bei dem zwei baugleiche Ställe parallel auf einem Schlag geführt wurden, der eine stationär,

ausgestattet mit 4 m² Auslauf pro Tier, zuzüglich eines Wechsellauslaufes von 1 m² pro Tier, der andere als Mobilstall mit 4 m²/Tier auf acht Teilflächen. Die Erhebungen erstreckten sich über 16 Monate (Kap. 2). Quantifiziert wurden auch die P-Anreicherung im Boden und der Kotanfall im Stall, letzteres um Rückschlüsse über den Kotanfall auf der Fläche ziehen zu können. Im nach dem Umbruch der Fläche gesäten Silomais (Kap. 3) wurden die N_{min}-Untersuchungen sowie Erhebungen zur N-Aufnahme bis zur Maisernte fortgeführt. Ergänzt wurden die Untersuchungen durch Erhebungen in der Praxis (Kap. 4), bei denen es darum ging, Best-Practice-Konzepte ausfindig zu machen. Die Ergebnisse zu ebenfalls durchgeführten Sonderuntersuchungen (Kap. 5) bilden den Abschluss der Untersuchungen. Alle Ergebnisse werden im Folgenden dargestellt. Am Ende des Berichts finden sich die Schlussfolgerungen, die sich, nach Auswertung und Betrachtung der Ergebnisse, aus dem Projekt ziehen lassen.

2 Feldversuch Harsewinkel (Hauptversuch)

Im vorliegenden Versuch wurde die mobile Haltung von Legehennen vergleichend zu einem stationären System untersucht. Ein wichtiger Baustein des Versuchsdesigns bestand darin, dass, vom Flächenmanagement abgesehen, in beiden Varianten identische Bedingungen zu Grunde gelegt wurden („*ceteris paribus*“). Diese Herangehensweise soll eine differenzierte Bewertung des Mobilstallsystems, eingebettet in die landwirtschaftliche Alltagspraxis, ermöglichen. Im Versuch wurde mit zwei baugleichen Ställen der Firma Weiland gearbeitet. Deren Bauart und technische Ausstattung erlauben sowohl eine regelmäßige, vollmobile Versetzung als auch eine praxisnahe Stallführung in Bezug auf Herdengröße und Management. Somit könnte die Versuchsanstellung auch auf anderen Standorten mit den gleichen Haltungsbedingungen geprüft oder bei entsprechender Flächenverfügbarkeit an einem Standort in mehrfacher Wiederholung angelegt werden.

2.1 Material und Methoden

2.1.1 Material

Um einen möglichst exakten Vergleich zwischen mobiler und stationärer Freilandhaltung anstellen zu können, wurde der Versuch unter *ceteris paribus*-Bedingungen angelegt. Dies umfasst Stallsystem, Herdengröße und Standortfaktoren (Boden und Klima).

2.1.1.1 Standort und Witterungsverlauf

Der Versuch fand auf Flächen des Bioland-Hofes Strottdrees in 33428 Harsewinkel (Ostwestfalen) statt. Die Ställe standen auf einer nahezu ebenen Feldfutterbaufläche mit Klee-gras (2015 im zweiten Hauptnutzungsjahr), zuvor (2013) wurde Triticale angebaut. Es handelt sich um einen sandigen Boden mit 35 Bodenpunkten. Bei der letzten Bodenprobe-nahme wurde ein pH-Wert von 5,3 gemessen, womit der pH-Wert des Bodens im sauren Bereich liegt.

Tab. 2: Korngrößenverteilung und Grundnährstoffanalyse am Standort Harsewinkel

Boden-tiefe cm	Korngrößenvertei-lung**			pH*	Phosphor* mg/100 g Boden	Kalium* mg/100 g Boden	Magnesium* mg/100 g Boden
	Sand	Schluff	Ton				
0-30	83,6	12,3	4,1	5,3	19,6	4,9	2,6
30-60	84,5	11,4	4,1	5,5	4,0	3,7	1,8

*gerundete Mittelwerte aus 30 Einzelanalysen vom 07.06.2016 (0-60 cm Bodentiefe)

** gerundete Mittelwerte aus 30 Einzelanalysen vom 22.01.2015 (0-60 cm Bodentiefe)

Für den Standort Harsewinkel wird eine Jahresdurchschnittstemperatur von 9,2 °C sowie ein durchschnittlicher Jahresniederschlag von 820 mm angegeben (Climate Data 2016). Der Niederschlagsverlauf sowie die durchschnittliche Tagestemperatur am Standort im Ver-suchszeitraum sind Abbildung 1 zu entnehmen.

Zu beobachten ist eine relativ trockene erste Jahreshälfte 2015 und ansteigende Niederschläge im Juli und August. Alleine in diesen beiden Monaten sind 215 mm Niederschlag zu verzeichnen, dementsprechendes Augenmerk ist bei der Ergebnisbetrachtung auf evtl. nachfolgende Auswaschung zu legen. Der November ist ebenfalls mit über 120 mm nochmal sehr niederschlagsreich. Das Jahr 2016 zeigt zunächst eine Frühjahrstrockenheit, dann sehr hohe Niederschläge im Juni (über 170 mm) und dann wiederum eine sehr ausgeprägte Sommertrockenheit. Der Temperaturverlauf ist nah am langjährigen Mittel außer im November und Dezember, wo er deutlich über dem langjährigen Mittel liegt.

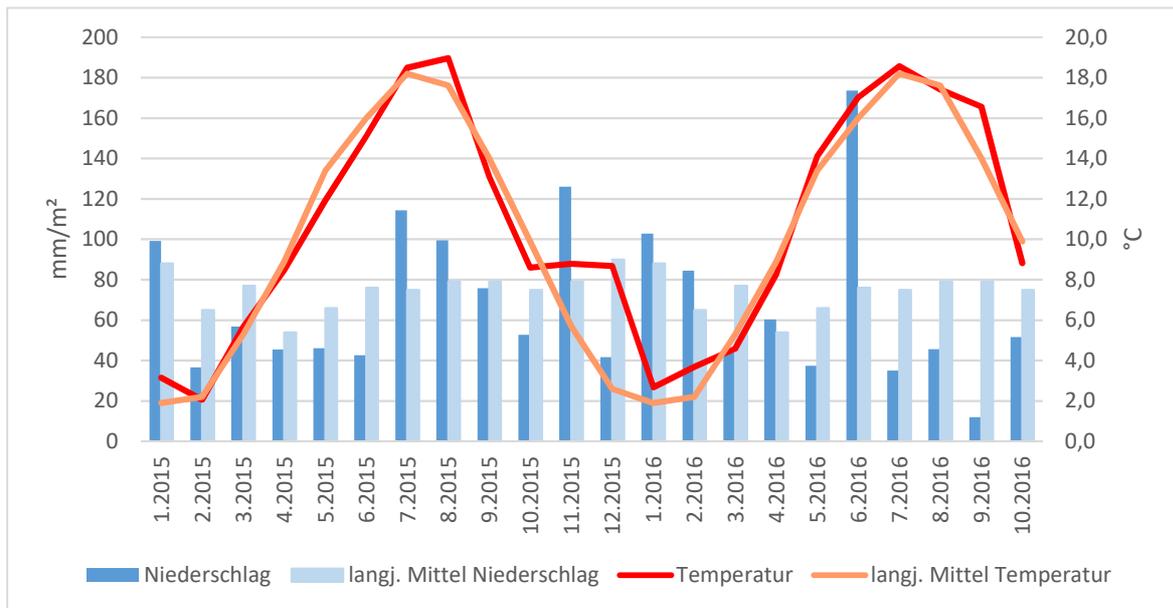


Abb. 1: Niederschläge, Tagesdurchschnittstemperaturen und langjähriges Niederschlags- und Temperaturmittel (1981-2010) im Versuchszeitraum von Januar 2015 bis Oktober 2016 (Quelle: DWD Weste XL (2016), Messstationen Harsewinkel und Bielefeld-Dependorf)

2.1.1.2 Stallsysteme und -bewegung

Die Tiere wurden nach den Richtlinien des Bioland-Verbandes in zwei baugleichen Mobilställen der Firma Weiland („Hühnermobil 225“) gehalten. Die Ställe entsprechen den Richtlinien des Bioland-Verbandes (Bioland 2013) und damit auch den Vorgaben der EU-Öko-Durchführungsverordnung (EU 2008). Bei einer Grundfläche von 27,13 m² verfügen die Ställe über zwei Ebenen. Die nutzbare Stallfläche pro Legehennen-Mobilstall beträgt 37,8 m², davon sind 18,0 m² Kunststoffrostfläche mit einem Kotband darunter und 19,8 m² Scharrraumfläche. Pro Stall sind 31,36 lfm Sitzstangen vorhanden, wovon ca. 6,3 lfm direkt auf der Rostfläche angebracht sind und ca. 25 lfm als erhöhte Sitzstangen. Den Hennen stehen pro Hühnermobil vier mit Dinkelspelzen eingestreute Gruppennester von insgesamt 3,6 m² zur Verfügung. Die Fütterung erfolgt über vier einseitige Längströge mit einer Gesamtlänge von 7,84 m und weitere Fressplätze an Rundautomaten im Scharrbereich. Für die Wasserversorgung sind pro Stall 30 Nippeltränken, davon fünf Cuptränken, vorhanden.

Von der unteren Ebene, die als Kaltscharraum verwendet wird, gelangen die Tiere nach draußen. Die Ställe sind mit einer festen Bodenplatte versehen, sodass im Stall anfallende Exkremente aufgefangen werden. Ein erhöhter punktförmiger Nährstoffeintrag soll so vermieden werden.

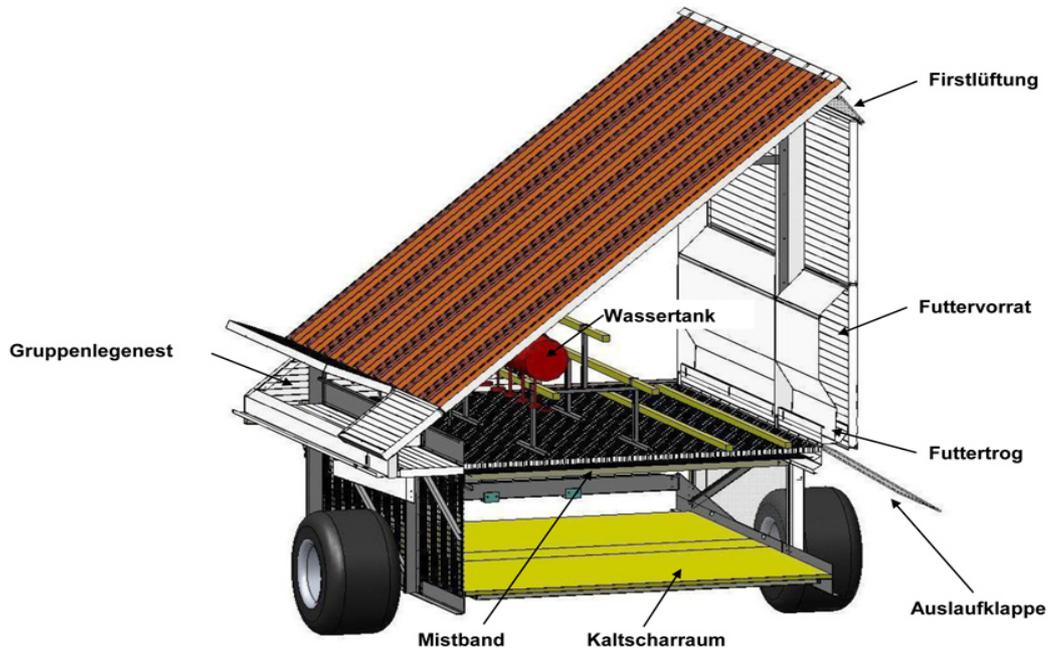


Abb. 2: schematischer Querschnitt vom „Hühnermobil 225“, (Quelle: Weiland 2010)

Einer der Ställe wird wöchentlich umgesetzt und stellt im Versuch die Mobilhaltung (System V1) dar. Hierfür stehen insgesamt acht verschiedene Parzellen zur Verfügung. Der zweite Stall wird nicht bewegt und simuliert demnach einen stationären Stall (System V2). Die Hühner verfügen in letztgenannter Variante über einen i.d.R. ständig zugänglichen Auslauf sowie einen im Wechsel abgesteckten, weiteren Auslaufbereich (Wechselauslauf). In beiden Varianten beträgt die jeweils gewährte Auslaufläche 4 m²/Tier (vgl. Abb.3, was den Mindestanforderungen nach EU-Öko-Verordnung entspricht (sofern die Obergrenze von 170 kg N/ha und Jahr nicht überschritten wird (EU 2008)). Insgesamt stehen durch das Versetzen bzw. den Wechselauslauf 32 bzw. 5 m² pro Tier zur Verfügung. Der Mobilstall hat somit großzügige Rahmenbedingungen, wie sie in der Praxis des Betriebes auch gewährt werden, während der Feststall mit der 4 plus 1 m²-Situation leicht besser als die Mindestanforderungen nach EU-Verordnung bzw. Verbandsrichtlinien gestellt ist.

In der Zeit vom 01.05.2015 bis 15.06.2015 wurden die Hennen von der Weide des stationären Stalls auf eine benachbarte Fläche außerhalb des Versuchs abgeleitet. Eine zweite Ableitungsphase gab es vom 15.12.2015 bis 12.01.2016, wobei ein Wechselauslauf zusätzlich bis zum 10.03.2016 ausgezäunt blieb, um die Etablierung einer Neuansaat auf der Fläche möglich zu machen. Im Mai 2015 wurden die Wechselausläufe und die stallferne Zone (Zone 3) gegrubbert und neu mit Futterroggen eingesät. Im Dezember 2015 nach Ausstallung der Herde und vor Neu-Einstallung wurde die gesamte Parzelle oberflächlich gelockert und mit Futterroggen eingesät.

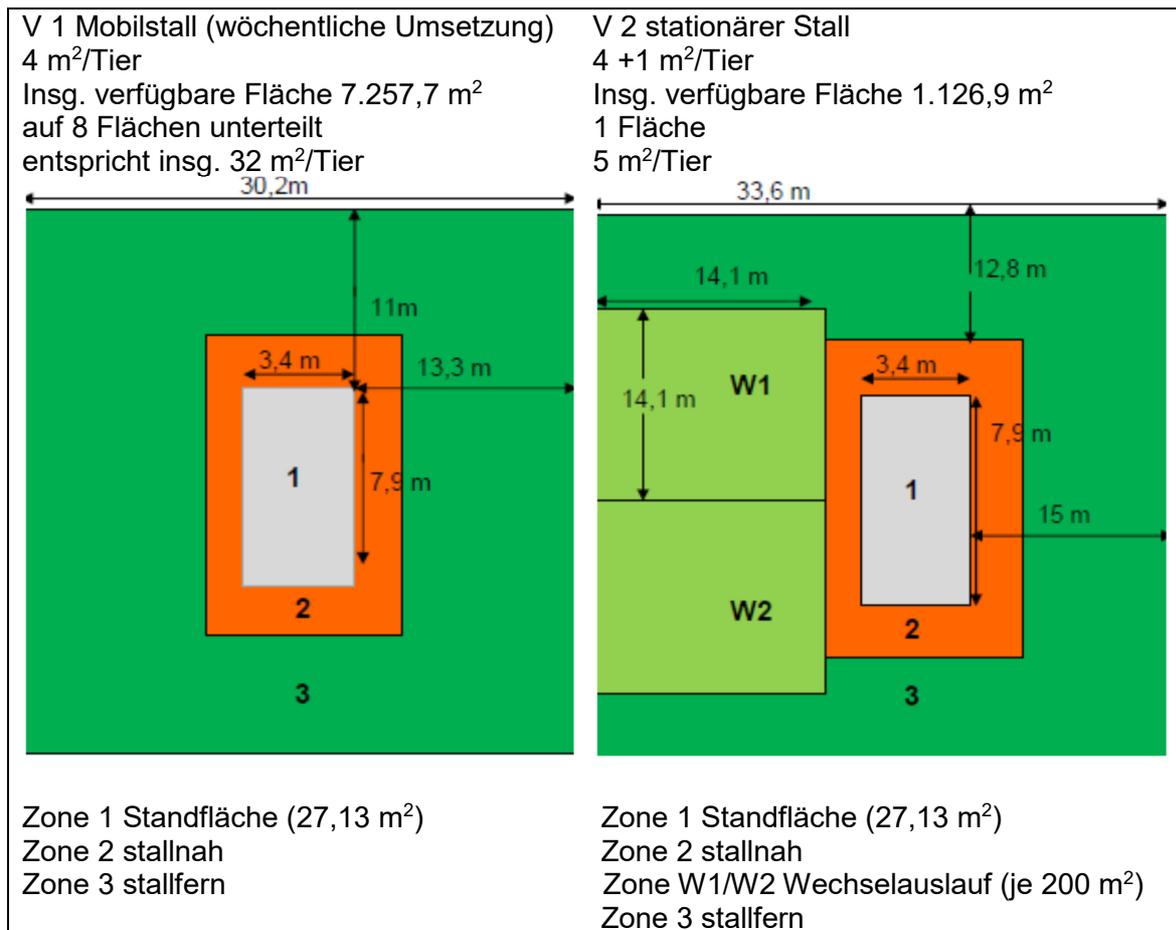


Abb. 3: Schemata der Versuchsvarianten Mobil (V1) und Stationär (V2)

Um Gradienten der Nährstoffeinträge möglichst exakt zu erfassen, wurden beide Versuchsvarianten bei der Probenahme in Teilbereiche (Zonen) gegliedert. Dies basiert auf der Grundlage dessen, dass die angebotene Auslauffläche von Hennen unterschiedlich stark frequentiert und besonders der stallnahe Bereich häufig übernutzt wird. Die Probenahme erfolgte separat in den einzelnen Zonen, die im Folgenden näher erläutert werden:

Zone 1:

Standfläche des Stalls. Die Beprobung erfolgt nur beim Mobilstall. Beim stationären Stall bleibt die Standfläche im Hauptversuch unberücksichtigt.

Zone 2:

Stallnaher Bereich. Die Beprobung erfolgt in ein bis zwei Metern Abstand zur Stallgrenze.

Zone 3:

Weiterer Auslauf. Die Beprobung erfolgt in einer Entfernung von ein bis zwei Metern zur äußeren Begrenzung (Netzzaun).

Zone W1/W2:

Wechsellaufläufe (nur stationärer Stall). Diese umfassen jeweils 200 m² und werden monatlich wechselnd abgesteckt bzw. geöffnet, um der Grasnarbe eine Regeneration zu ermöglichen. Die Beprobung erfolgt verteilt über die Fläche.

Abbildung 4 zeigt die Versuchsanlage als Luftaufnahme. Die Gesamtfläche der mobilen Versuchsvariante (V1) unterteilt sich in acht Parzellen à 907,2 m². Die Parzellen werden im Folgenden mit Buchstaben bezeichnet. Der Mobilstall wird wöchentlich von einer Parzelle zur nächsten bewegt (Reihenfolge: E-F-G-H-D-C-B-A), wobei der Stallstandplatz auf jeder Parzelle genau ausgemessen ist und der Stall immer wieder nur auf dieser abgestellt wird. Im direkten Anschluss an die Fläche von V1 befindet sich der Feststall (V2) samt Auslauf. Auf einer unbelegten und unbearbeiteten Teilfläche (intakter Klee grasbestand, ca. 20 m²) werden Referenzproben gezogen, die in der Versuchsauswertung als Kontrolle dienen.

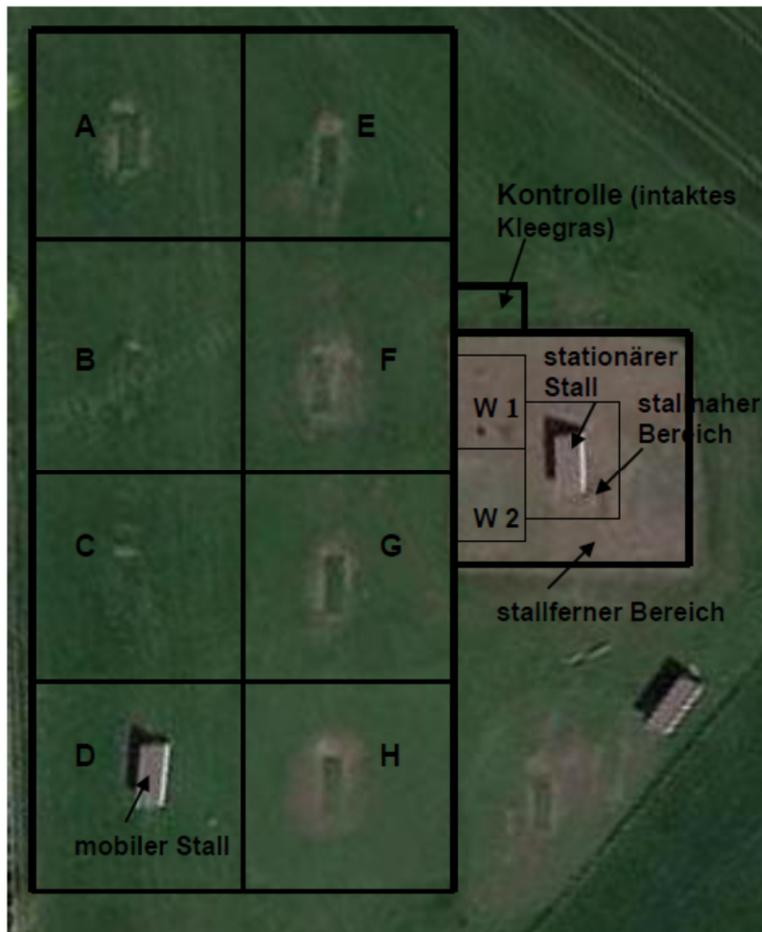


Abb. 4: Luftbild der Versuchsanlage (Harsewinkel) im Mai 2016,
 (Quelle: Google 2017, Geo- Basis-DE/BKG, 2016, ergänzt)

Zur leichteren Einordnung der Ergebnisse zeigt Tabelle 3 die jeweilige Position (Parzelle) des Mobilstalls zum Zeitpunkt der Probenahme.

Tab. 3: Probenahmetermini, Stallstandort des Mobilstalls und Untersuchungen¹

Probenahme-termin	N _{min}	Phosphor	Kot	Grasnarbe	Standort Mobilstall
22.01.2015	X	X			C
22.02.2015	X				F
13.03.2015	X				D
20.04.2015	X				F
29.04.2015			*Stallinnenbereich		
12.05.2015	X		Parasitologische Unters.		D
08.07.2015	X				H
10.08.2015	X				A
17.09.2015	X				C
13.10.2015	X				F
18.11.2015	X	X			B
15.12.2015			Parasitologische Unters.		
22.12.2015	X				H
19.01.2016	X				A
11.02.2016	X				F
10.03.2016	X				C
14.03.-04.04.2016			Kotmengenerfassung		
07.04.2016	X				G
29.04.2016			Parasitologische Unters.		
02.05.2016	X			X	C
07.06.2016	X	X			-
06.07.2016	X				-
17.08.2016	X				-
04.10.2016	X		X		-

¹ In der Zeit vom 01.05.2015 bis zum 15.06.2015 wurden die Hennen von der Fläche abgeleitet. Am 15.12.2015 erfolgte die Ausstallung der Hennen. Der Stall wurde bis zur Neueinstellung am 12.01.2016 von der Fläche genommen. In diesem Zeitraum erfolgte eine Neuansaat. Zu besserer Etablierung der Neuansaat wurde ein Wechsellauf zusätzlich bis 10.03.2016 ausgezäunt.

2.1.1.3 Tiere

In beiden Versuchsvarianten wurden Junghennen aus ökologischer Aufzucht verwendet. Die Hennen im stationären Stall (V 2) waren bei Versuchsbeginn 30 Wochen alt und die im mobilen Stall (V 1) 40 Wochen alt. Mit Einstallung wurden die Hennen mit einem Legehennenalleinfutter gemäß Bioland-Anforderungen versorgt. Zusätzlich bekamen die Hennen noch eine Körnergabe von ca. 2,2 kg pro Stall im Auslauf angeboten. Legeleistung und

Tierverluste wurden täglich in einer Liste erfasst. Abgangsursachen der Tiere wurden nicht extra bestimmt und erfasst. Verluste durch Prädatoren, sofern noch nachvollziehbar, wurden als Verluste mit aufgeführt. Während des Untersuchungszeitraumes wurde in keiner der beiden Versuchsvarianten eine Endoparasitenbehandlung mit dem Wirkstoff Flubendazol, gängig zur Entwurmung bei Geflügel, angewendet.

2.1.2 Untersuchungen

Der Versuch umfasst zunächst den Zeitraum von Januar 2015 bis Mai 2016. Im Laufe der Versuchsdauer wurden Daten zu verschiedenen Parametern erhoben, die sich in drei Gruppen gliedern lassen: Nährstoffdynamik (N und P), Tiergesundheit und Entwicklung der Grasnarbe (siehe Tab. 3). Der Schwerpunkt des Projektes liegt in der Erfassung der N_{\min} -Dynamik.

2.1.2.1 Nährstoffdynamik

Untersuchte Nährstoffe waren mineralischer Stickstoff (N_{\min}) und Phosphor (P). Die Beprobung unterschied sich bei den Parametern in Frequenz und Bodentiefe. Die Bodenanalysen wurden vom Landesbetrieb Hessisches Landeslabor Standort Kassel-Harleshausen (LHL) durchgeführt.

Mineralischer Stickstoff

Alle Zonen der beiden Stallsysteme wurden ungefähr monatlich auf mineralischen Stickstoff untersucht. Die Probenahme erfolgte mit N_{\min} -Sonden in drei unterschiedlichen Tiefen (0-30 cm, 30-60 cm und 60-90 cm). In der Krume (0-30 cm) wurde sowohl NO_3 -Stickstoff (NO_3 -N) als auch Ammonium-Stickstoff (NH_4 -N) erfasst. In den tieferen Schichten wurde ausschließlich NO_3 -N erfasst, da bei NH_4^+ als Kation nicht mit nennenswerter Verlagerung zu rechnen ist. Je Zone und Tiefe wurden vier Einschlüge durchgeführt und diese dann zu Mischproben zusammengefasst. Die Proben wurden anschließend bis zur Laboranalyse tiefgekühlt, um weitere Mineralisierung zu vermeiden.

Die Daten der Stickstoffanalyse werden als gemessene Konzentration angegeben (mg N/100 g Boden). Zur leichteren agronomischen Einordnung kann der Wert überschlagsmäßig in kg/ha umgerechnet werden. Dazu muss er mit dem Faktor 42 multipliziert werden. Eine genaue Umrechnung ist nicht möglich, da der Faktor vom Feuchtegehalt der Proben abhängt.

Neben der Berechnung des arithmetischen Mittels wurde auch das gewichtete Mittel der beiden Varianten bestimmt:

Für den stationären Stall berechnet sich das gewichtete Mittel (\bar{g}_{stat}) wie folgt:

$$\bar{g}_{stat} = FA_{Z2} \times NSK_{Z2} + FA_{W1} \times NSK_{W1} + FA_{W2} \times NSK_{W2} + FA_{Z3} \times NSK_{Z3},$$

wobei FA für den Flächenanteil der jeweiligen Zone (Z2, Z3, W1, W2) steht aus der die bewertete Probe stammt. Die Flächenanteile addieren sich auf eins auf:

$$FA_{Z2} + FA_{ZW1} + FA_{ZW2} + FA_{Z3} = 1$$

Für den mobilen Stall (\bar{g}_{mobil}) berechnet sich das gewichtete Mittel wie folgt:

$$\bar{g}_{\text{mobil}} = FA_{Z1} \times \frac{1}{7} \sum_{i=1}^7 \text{NSK}_{Z1,i} + FA_{Z2} \times \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 \text{NSK}_{Z2,i} + FA_{Z3} \times \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 \text{NSK}_{Z3,i}$$

Im Unterschied zum stationären Stall gehen alle acht Parzellen für jeden Bereich in die Berechnung ein (die Summen). $\text{NSK}_{Z1,i}$ bezeichnet die Nährstoffkonzentration im Bereich Z1 in Parzelle i . Für den Bereich Z1 gehen nur sieben der acht Parzellen in die Berechnung des Durchschnitts ein, da auf einer der acht Parzellen der Stall auf Z1 steht.

Sonstige Abkürzungen:

NSK = Nährstoffkonzentration $\left(\frac{\text{mg}}{100\text{g Boden}} \right)$

Z1 = Standplatz des Stalls

Z2 = stallnaher Bereich

Z3 = stallferner Bereich

W1 = Wechselauslauf 1

W2 = Wechselauslauf 2

Tabelle 4 zeigt die Flächenanteile und die absolute Fläche der einzelnen Zonen von V1 und V2.

Tab. 4: Zusammenstellung der Flächen für die Auslaufzonen der Versuchsvarianten und deren Anteilen an der Gesamtfläche

Variante	mobil (V1)		stationär (V2)	
	Fläche [m ²]	Anteil [%]	Fläche [m ²]	Anteil [%]
Standfläche (Zone 1)	27,13	2,99		
stallnah (Zone 2)	61,52	6,78	61,52	5,59
stallfern (Zone 3)	818,56	90,23	638,37	58,04
Wechselauslauf 1			199,94	18,18
Wechselauslauf 2			199,94	18,18
Gesamtfläche	907,2	100,00	1.099,8	100,00

Phosphor

Zusätzlich zu den Stickstoffanalysen wurde der P-Gehalt bestimmt. Allerdings ist bei diesem Parameter eine weniger kurzfristige Dynamik anzunehmen. Auch ist eine geringere potentielle Auswaschungsgefahr als bei Stickstoff gegeben (vgl. Scheffer & Schachtschabel

2010). Aus diesem Grund fanden entsprechende Analysen nur punktuell statt: Zu Versuchsbeginn am 22.01.2015, zu Beginn der Sickerwasserperiode (18.11.2015) sowie am 07.06.2016 zu Versuchsende. Die Tiefe der Bodenproben unterschied sich dahingehend von denen zur N_{\min} -Beprobung, dass nur die beiden oberen Bodenschichten analysiert wurden (0-30 cm sowie 30-60 cm). Nach der Probenahme wurden die Proben gekühlt transportiert und durch das LHL nach dem Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA, A 6.2.1.1, Bestimmung von Phosphor durch Calcium-Acetat-Lactat-Auszug) bestimmt.

2.1.2.2 Kotuntersuchungen

Kotmengenmessung und Nährstoffgehalt

Um die Kotausscheidungen der Legehennen und den damit verbundenen Nährstoffeintrag zu erfassen, wurde im März und April 2016 an folgenden Terminen (14.03., 22.03., 24.03., 29.03., 01.04. und 04.04.) die im Feststall angefallene Kotmenge gemessen. Hierzu wurde der Kot vom Band im Stall jeweils in eine Frontladerschaufel entmistet und leer vor dem Entmisten und befüllt, nach dem Entmisten, gewogen. Am letzten Termin wurde die Einstreu aus dem Stall ebenfalls entfernt, gewogen und analysiert.

Unter Aspekten des Tierwohls und zur Beibehaltung des Ökostatus können die Hennen ohne ein Einhausungsgebot nicht über mehrere Wochen im Stall verbleiben. Aus diesem Grund wurde mit Hilfe von Literaturangaben, mit Aussagen zur Ausscheidungsmenge von Legehennen, die täglich zu erwartende Gesamtfrischkotmenge bestimmt. Aus der Differenz zwischen Gesamtfrischkotmenge und Kotanfall im Stall ergibt sich der Kotanfall der Hennen im Freiland. Für diese Berechnung wurden folgende Zahlen aus Stein-Bachinger et al. (2004) zu Grunde gelegt:

Alleinfuttermittelverbrauch je Henne am Tag (TV_1)	133,0 g FM
Rohproteingehalt im Alleinfuttermittel (RP_1)	17,2 % in FM (nach Deklaration)
Ø Weizenkörnergabe je Henne am Tag (TV_2)	10,0 g FM
Rohproteingehalt im Futterweizen (RP_2)	8,5 % in FM
N-Retention im Ei (N_{Re})	1,10 g N/d und Tier
N-Retention Tier (N_{Rt})	0,06 g N/d und Tier

Berechnung der täglichen Stickstoffaufnahme (NI =Stickstoffinput):

$$NI = \frac{TV_1 * RP_1 + TV_2 * RP_2}{6,25}$$

Berechnung der täglichen Stickstoffausscheidung (NO =Stickstoffoutput):

$$NO = NI - (N_{Re} + N_{Rt})$$

Parasitologische Untersuchungen

Insgesamt gab es drei parasitologische Untersuchungen von Kot- und Bodenproben. Die erste erfolgte am 12.05.2015, die zweite am 15.12.2015 und die dritte am 29.04.2016. Sowohl die Kot- als auch die Bodenproben wurden zur Analyse dem Labor „Biocheck“ (Labor für Veterinärdiagnostik und Umwelthygiene) in Leipzig übergeben. Dort wurden sie auf Endoparasiten (Befall durch Ascariden und Heterakiden, Capillaren und Kokzidien-Oozysten) untersucht. Hierfür wurden sie einem kombinierten Sedimentations-/Flotationsverfahren unterzogen. Für das kombinierte Sedimentations-/Flotationsverfahren werden die Proben zunächst aufgeschwemmt und gereinigt, bevor zwei Mal 15 ml der Boden-Wasser-Suspension zentrifugiert werden. Schließlich wird das Sediment mit Flotationslösung aufgefüllt, erneut zentrifugiert und dann auf Stadien der Endoparasiten untersucht. Bei dieser herkömmlichen, parasitologischen Untersuchung handelt es sich um eine semiquantitative Methode, bei der subjektiv die Menge der Parasiten erfasst und nach einer fünfstufigen Skala bewertet werden (vereinzelt/wenige/mäßig/zahlreiche/massenhaft). Das Verfahren hat eine sehr hohe Sensitivität, bei der auch einzelne Parasiten je Probe erfasst werden können. Zudem wird die Menge des eingesendeten Kots in Relation zur Parasitendichte mit in die Beurteilung einbezogen.

Die Kotproben, die am 29.04.2016 entnommen wurden, wurden zusätzlich nach dem McMaster-Verfahren ausgewertet. Bei dem McMaster-Verfahren handelt es sich um ein rein quantitatives Nachweisverfahren, das konkrete Aussagen zur Eizahl bzw. Oozystenzahl je g Kot liefert. Die Sensitivität dieses Verfahrens liegt bei 50 Eiern/g Kot. Dies bedeutet: wenn in der Flotation vereinzelt (+) Parasitenstadien nachgewiesen werden, liegt das McMaster-Verfahren unter der Nachweisgrenze und wäre somit negativ.

Entnahme der Bodenproben für die parasitologischen Kotuntersuchungen

Die Bodenproben wurden im stallnahen und stallfernen Bereich des Mobilstalls und des stationären Stalls mit einem 1/2-Zoll-Bohrstock in der Tiefe von 0-30 cm entnommen. In der stallnahen Zone (Zone 2) wurden 15 Einstiche und in der stallfernen Zone (Zone 3) 30 Einstiche vorgenommen. Nach der Entnahme wurden die Proben, nach Zonen getrennt, miteinander vermischt. Diese Mischproben wurden im Anschluss in PE-Beuteln verschlossen und mit Hilfe von Kühlaggregate in Kühltaschen transportiert und bis zur Analyse durch das Labor aufbewahrt.

Entnahme der Kotproben

Die Mischkotproben wurden jeweils aus dem Scharrraum, sowie dem Stallinnenbereich (Kotband/Stalleinrichtung), des mobilen und des stationären Stalls entnommen und in einem Plastikbecher („Urinprobenbecher“) verschlossen. Anschließend wurden die Proben in einer Kühlbox verwahrt und am darauffolgenden Tag zur weiteren Analyse in das Labor gebracht.

2.1.2.3 Beurteilung der Grasnarbe

Eine maßgebliche Problematik in der Freilandhaltung von Legehennen besteht in der raschen Abnutzung von Grünausläufen (Hörning et al. 2002). Der Bewuchs des Auslaufes erfüllt wichtige Funktionen wie u.a. verminderte Auswaschung, Futter und Beschäftigung für die Tiere und Aufrechterhaltung der Bodenstruktur (Deerberg et al. 2010). Im vorliegenden Versuch wurden zwei Varianten untersucht, die Auslaufqualität aufrecht zu erhalten: Das Abzäunen von Wechselläufen im System stationärer Stall (V2) sowie die regelmäßige wöchentliche Bewegung des Stalls im System Mobilstall (V1). Um die Regeneration der Grasnarbe in beiden Fällen beurteilen zu können, wurden im Mai 2016 Luftaufnahmen der Versuchsflächen mittels einer Flugdrohne (*DJI Phantom 2 Vision +*) gemacht.

2.2 Ergebnisse

2.2.1 Nährstoffdynamik

2.2.1.1 Nitrat-Stickstoff

Kontrolle: Nitrat-Stickstoff unter Klee gras

Die $\text{NO}_3\text{-N}$ -Gehalte in 0-90 cm Bodentiefe unter dem intakten Klee grasbestand (Kontrollparzelle) liegen bis zum Klee grasumbruch über einen sehr langen Zeitraum deutlich unter 0,5 mg/100 g Boden, das entspricht ca. 20 kg/ha (Abb. 5). Insgesamt ist das Niveau sehr niedrig. Erst mit dem Umbruch des Klee grasbestandes im Mai 2016 steigt der $\text{NO}_3\text{-N}$ -Gehalt auf 1,5 mg/100 g Boden an, wovon sich etwa 50 % in 0-30 cm Tiefe befinden.

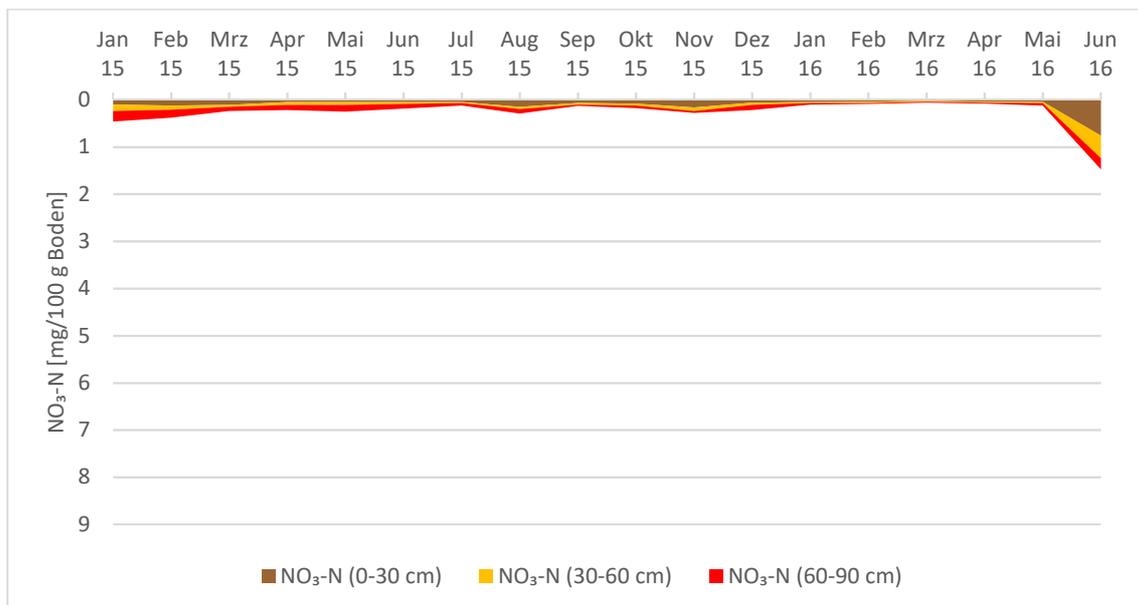
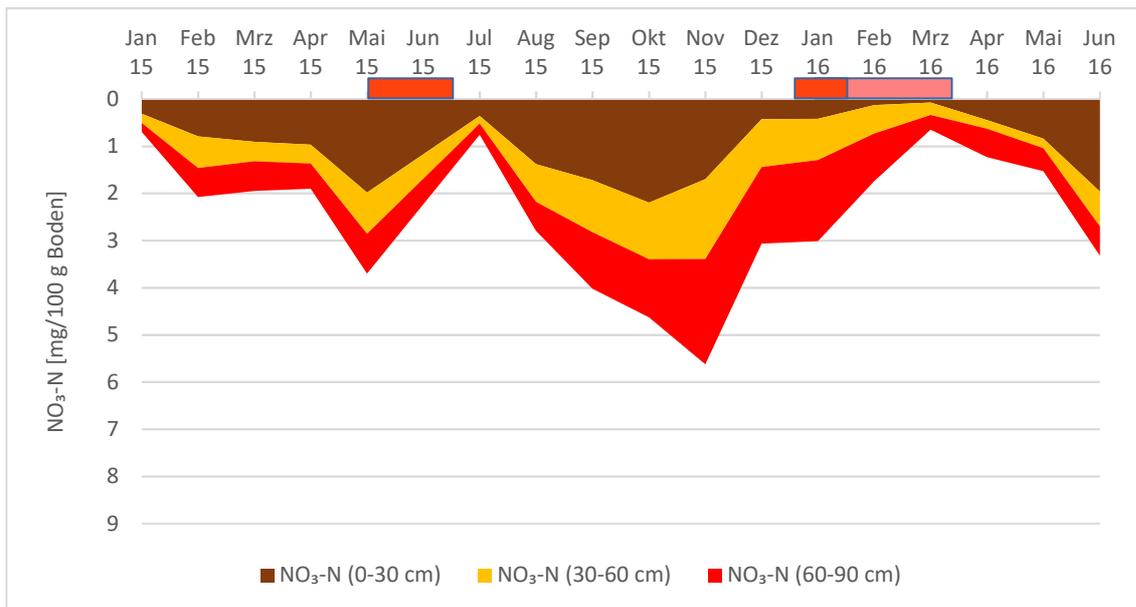


Abb. 5: $\text{NO}_3\text{-N}$ -Dynamik (0-90 cm) von Januar 2015 bis Juni 2016 unter dem intakten Klee grasbestand (Kontrolle)

Stationärer Stall

Die $\text{NO}_3\text{-N}$ -Gehalte im Auslauf des stationären Stalls (Abb. 6) schwanken stark und erreichen zwei Maxima, im Mai 2015 mit etwa 2,1 mg/100 g Boden und im November 2015 mit 5,3 mg/100 g Boden. Beachtenswert ist dabei auch der Anstieg des $\text{NO}_3\text{-N}$ -Gehaltes im Horizont 60-90 cm auf ca. 0,4 mg/100 g Boden und der Rückgang bis zum Juli. In der Zeit vom 01.05.2015 bis zum 15.06.2015 wurden die Hennen von der Fläche abgeleitet. Am 15.12.2015 erfolgte die Ausstellung der Hennen. Der Stall wurde bis zur Neueinstellung am 12.01.2016 von der Fläche genommen. In diesem Zeitraum erfolgte eine Neuansaat. Zur besseren Etablierung der Neuansaat wurde ein Wechselauslauf zusätzlich bis zum 10.03.2016 ausgezäunt.

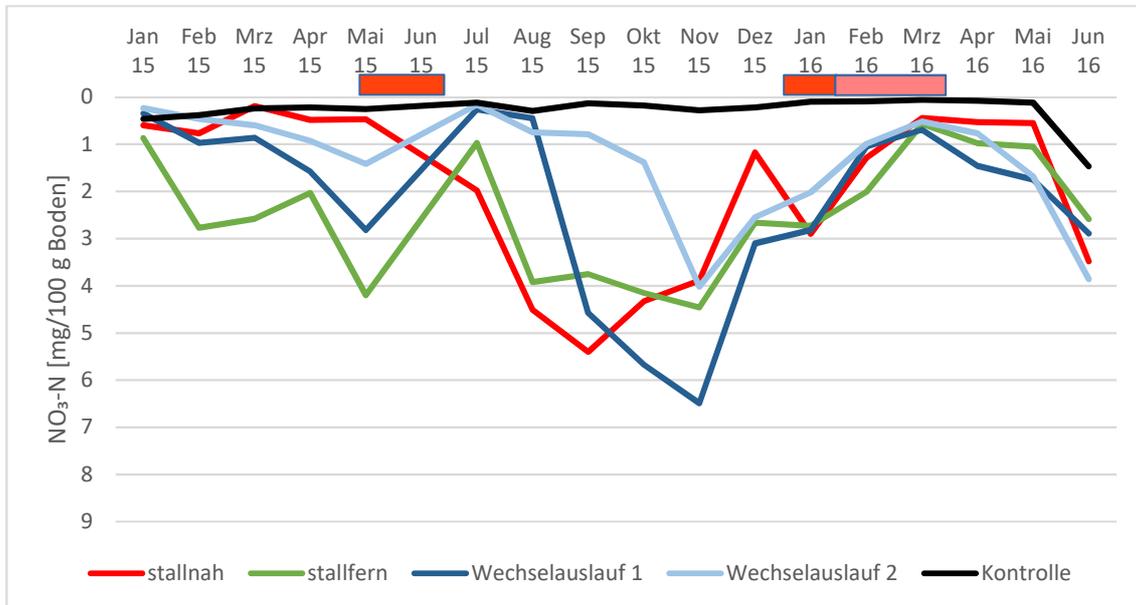


- = Ableitung der Tiere auf Ausweichfläche wegen schlechter Qualität des Auslaufes (01.05.15 bis 15.06.15 sowie 15.12.15 bis 12.01.16)
- = Zusätzliche Auszäunung der Wechselausläufe (15.12.15 bis 10.03.16)

Abb. 6: $\text{NO}_3\text{-N}$ -Dynamik (0-90 cm) von Januar 2015 bis Juni 2016 im Auslauf (stallnahe Zone und stallferne Zone) des stationären Stalls inklusive der Wechselausläufe (gewichtete Mittel der Zonen)

Im Zeitraum von Juli bis Mitte Dezember 2015 kommt es durch die Auslaufnutzung der Hennen zu einem Anstieg der $\text{NO}_3\text{-N}$ -Gehalte in den drei Horizonten. Dabei ist bis zum Oktober zunächst im Horizont 0-30 cm ein Anstieg auf etwa 2 mg $\text{NO}_3\text{-N}$ /100 g Boden zu beobachten. Mit etwa vierwöchiger Verzögerung wird im Horizont 30-60 cm ein Maximum von etwa 1,5 mg/100 g Boden erreicht: Nahezu zeitgleich sammeln sich im Horizont 60-90 cm weitere 2,2 mg/100 g Boden an. Zu diesem Zeitpunkt ist schon keinerlei Bewuchs mehr auf der Oberfläche. Mit der anschließenden Regenerationsphase von Mitte Dezember 2015 bis Ende Januar 2016 geht der Gesamt- $\text{NO}_3\text{-N}$ -Gehalt von 5 mg auf ca. 1 mg/100 g Boden zurück. Da zu diesem Zeitpunkt weder Entzug durch Pflanzenaufwuchs, noch Bewuchs vorhanden waren, kann der Rückgang des $\text{NO}_3\text{-N}$ -Gehaltes von ca. 2,5 auf 0,5 mg/100 g Boden zwischen November und Ende Januar nur auf Auswaschung beruhen.

Vergleicht man die einzelnen Zonen des Auslaufs des stationären Stalls (Abb. 7), wird die starke Variation deutlich. Der Nahbereich des stationären Stalls erreicht schon im September sein Maximum und damit zwei Monate früher als alle anderen Zonen. Wechsellauslauf 1 liegt im November mit 6,5 mg/100 g Boden deutlich am höchsten. Bis zum März 2016 gleichen sich die NO₃-N-Gehalte der Zonen wieder an und erreichen hier ihr niedrigstes Niveau mit ca. 0,4 bis 0,6 mg/100 g Boden.



- = Ableitung der Tiere auf Ausweichfläche wegen schlechter Qualität des Auslaufes (01.05.15 bis 15.06.15 sowie 15.12.15 bis 12.01.16)
- = Zusätzliche Auszäunung der Wechsellausläufe (15.12.15 bis 10.03.16)

Abb. 7: NO₃-N-Dynamik (0-90 cm) von Januar 2015 bis Juni 2016 im Auslauf des stationären Stalls nach Zonen im Vergleich zum intakten Klee grasbestand (Kontrolle)

Der Vergleich zwischen den beiden Wechsellausläufen verdeutlicht, wie wichtig die Etablierung eines ausreichenden Aufwuchses ist, bevor die Hennen den Auslauf wieder nutzen können. Wechsellauslauf 2 wurde den Hennen mit Ende der Regenerationsphase Anfang Juli zur Verfügung gestellt und Anfang August wieder abgesperrt. Es wurde Wechsellauslauf 1 bereitgestellt, der umso interessanter war, weil die anderen Bereiche (Nah- und Fernbereich) abgeweidet waren. In der Folge kam es zu einer Fokussierung und innerhalb von vier bis sechs Wochen zu Stickstoffeinträgen, die den Nahbereich noch um ca. 1 mg NO₃-N/100 g Boden übertrafen.

Mobilstall

Berechnet man das gewichtete Mittel der Mobilstallzonen, so zeigt sich, dass während der gesamten Beobachtungsdauer auf der Fläche nur geringe NO_3 -Stickstoffwerte auftreten, lediglich zum Ende – nach erfolgtem Umbruch des mehrjährigen Kleeegrases - kommt es zu einem leichten Anstieg (Abb. 8). Der Verlauf der Kurve ist nahezu identisch mit dem der Kontrollvariante (intakter Klee grasbestand, Abb. 5).

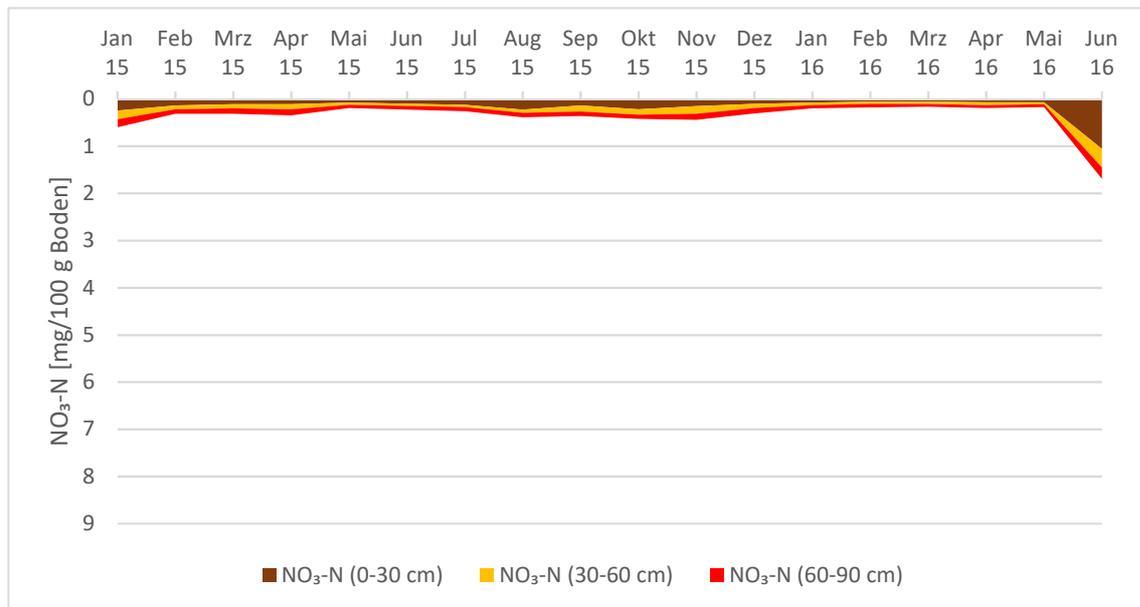


Abb. 8: NO_3 -N-Dynamik (0-90 cm) von Januar 2015 bis Juni 2016 im Auslauf des Mobilstalls (gewichtetes Mittel der Zonen)

In Abbildung 9 sind die unterschiedlichen Zonen des Mobilstalls im Vergleich zur Kontrolle (intaktes Klee gras) dargestellt. Von Mai bis Oktober 2015 steigen die NO_3 -N-Gehalte in den Zonen 1 (Standfläche) und 2 (stallnah) der Mobilstallparzellen kontinuierlich an. Von Oktober 2015 bis März 2016 sinkt der NO_3 -N-Gehalt wieder kontinuierlich ab. Mit dem Umbruch der Fläche Anfang Mai steigt der NO_3 -N-Gehalt erneut an. Die Höhe des NO_3 -N-Gehalts in der stallfernen Zone bewegt sich auf dem Niveau der Kontrolle. Die Standfläche reagiert zeitverzögert, aber auf gleiche Weise wie der stallnahe Bereich. Das Maximum der NO_3 -N-Dynamik aus den acht Parzellen liegt im September (stallnah) und Oktober (Standfläche) bei etwa 3,2 mg/100 g Boden. Kurz nach dem Umbruch erreicht der NO_3 -N-Gehalt schon etwa 4 mg/100 g Boden.

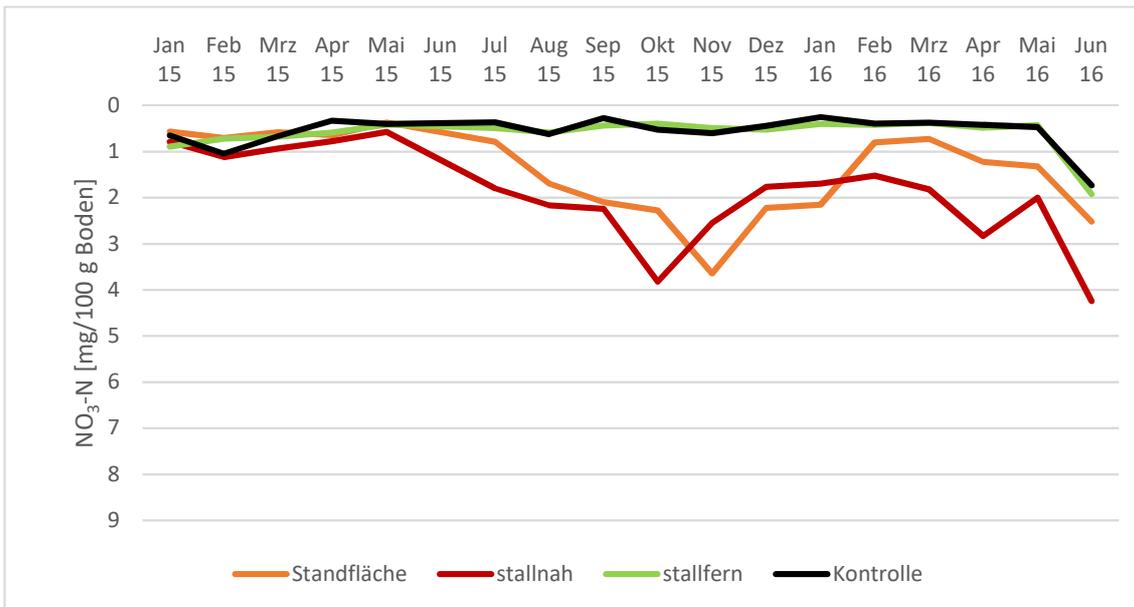
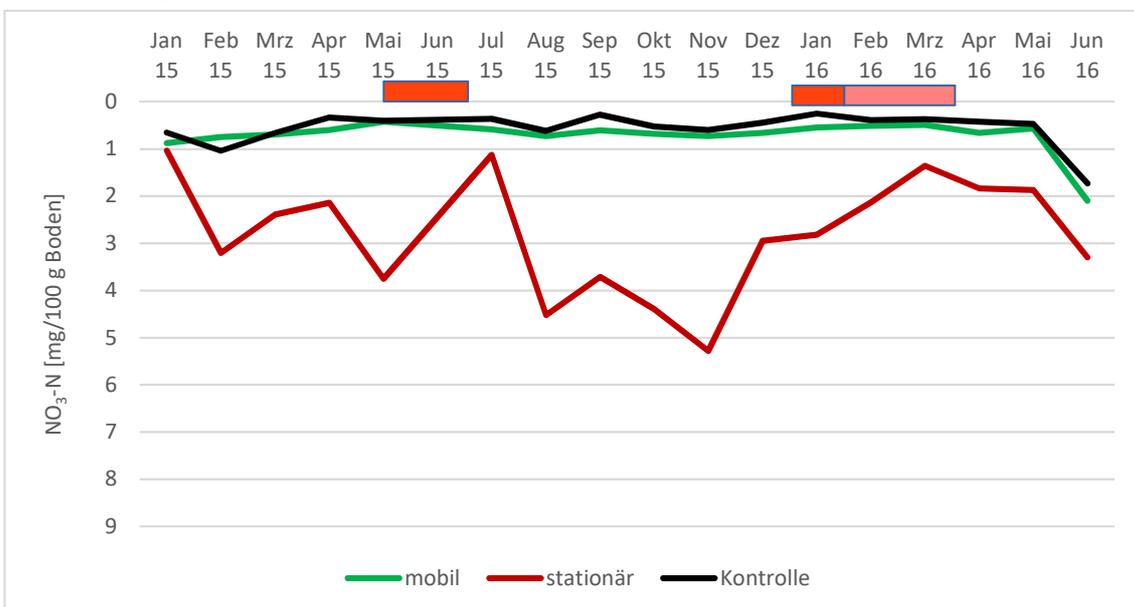


Abb. 9: NO₃-N-Dynamik (0-90 cm) von Januar 2015 bis Juni 2016 im Auslauf des Mobilstalls in Abhängigkeit von der Zone über 7 bzw. 8 Wiederholungen im Vergleich zum intakten Klee grasbestand (Kontrolle)

2.2.1.2 Vergleich der beiden Systeme zur Kontrolle

Berechnet man das gewichtete Mittel der Zonen auf die Gesamtfläche, so stellen sich die NO₃-N-Gehalte für den mobilen Stall sehr niedrig dar (Abb. 10). Sie sind in ihrer Höhe mit der Kontrolle (intakter Klee grasbestand) vergleichbar. Im Gegensatz dazu liegen die N_{min}-Gehalte im gewichteten Mittel des stationären Stalls deutlich höher.



 = Ableitung der Tiere auf Ausweichfläche wegen schlechter Qualität des Auslaufes (01.05.15 bis 15.06.15 sowie 15.12.15 bis 12.01.16)

 = Zusätzliche Auszäunung der Wechselläufe (15.12.15 bis 10.03.16)

Abb. 10: NO₃-N-Dynamik (0-90 cm) von Januar 2015 bis Juni 2016 im Vergleich der beiden Stallsysteme zur Kontrolle (intakter Klee grasbestand) (gewichtetes Mittel)

2.2.1.3 Ammonium-Stickstoff

Ammonium ist die erste Stickstoffverbindung aus dem Abbau organischer Stickstoffverbindungen, die von Pflanzen in nennenswertem Umfang aufgenommen werden kann. Mit Hilfe von Bakterien erfolgt in der Regel die Oxidation zu NO_3 . In Abbildung 11 ist die NH_4 -N-Dynamik der beiden Stallsysteme als gewichtetes Mittel dargestellt. Insgesamt bleiben die NH_4 -Gehalte auf niedrigem Niveau.

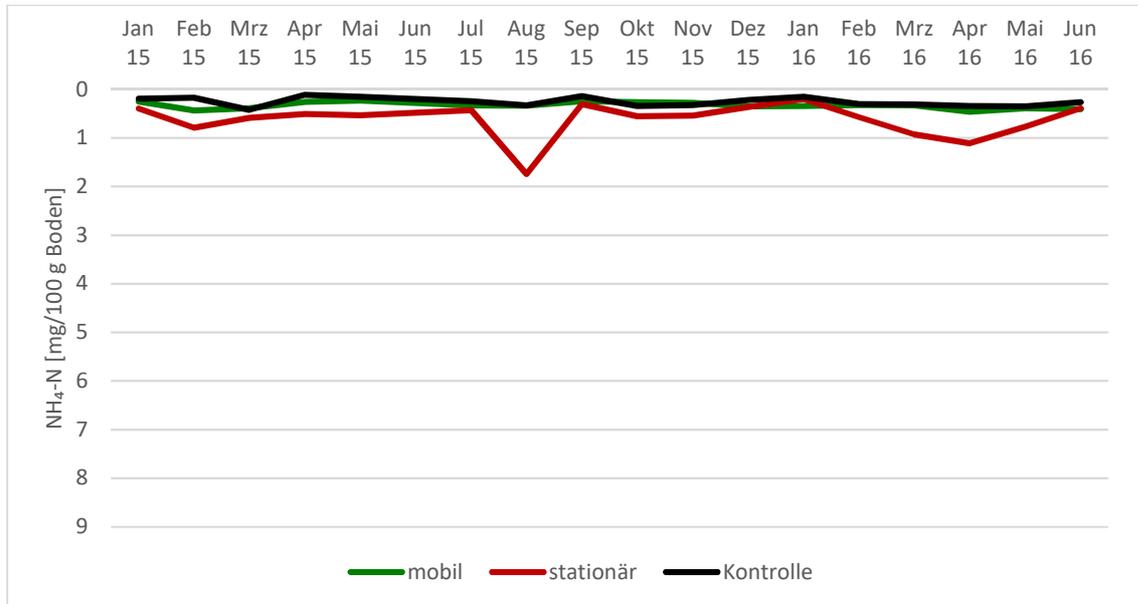


Abb. 11: NH_4 -N-Dynamik (0-30 cm) von Januar 2015 bis Juni 2016 im Vergleich der beiden Stallsysteme zur Kontrolle (gewichtetes Mittel)

Die Flächen der Mobilstallvariante und der Kontrolle haben fast gleichbleibende Ammoniumgehalte im Untersuchungszeitraum. Beim stationären Stall ist im August 2015 ein deutlicher Anstieg der Ammoniumkonzentration auf 2 mg/100 g Boden zu beobachten. Dies fällt in einen Zeitraum mit hohen Monatsniederschlägen und den höchsten Lufttemperaturen im Juli und August 2015. Diese Niederschläge verursachen unzureichende Luftverhältnisse im Boden. Der zweite Peak im April beruht auf ähnlichen Verhältnissen.

Der Ammonium-N-Gehalt der Parzellen schwankt stark (Abb. 12). Alle Zonen des Mobilstalls bewegen sich auf dem niedrigen Niveau der Kontrolle (intakter Klee grasbestand). Die häufigsten und stärksten Schwankungen sind im stallnahen Bereich (Zone 2) des stationären Stalls festzustellen. Der Peak im Mai 2015 liegt für den stallnahen Bereich mit 4 mg NH_4 -N/100 g Boden um etwa eine Zehnerpotenz über den anderen Vergleichswerten. Weitere Peaks finden sich im Oktober und Dezember 2015 und ein besonders ausgeprägter im April 2016 von ca. 12 mg NH_4 -N/100 g Boden. Bei der folgenden Probenahme im Mai hat sich NH_4 -N-Gehalt nahezu halbiert.

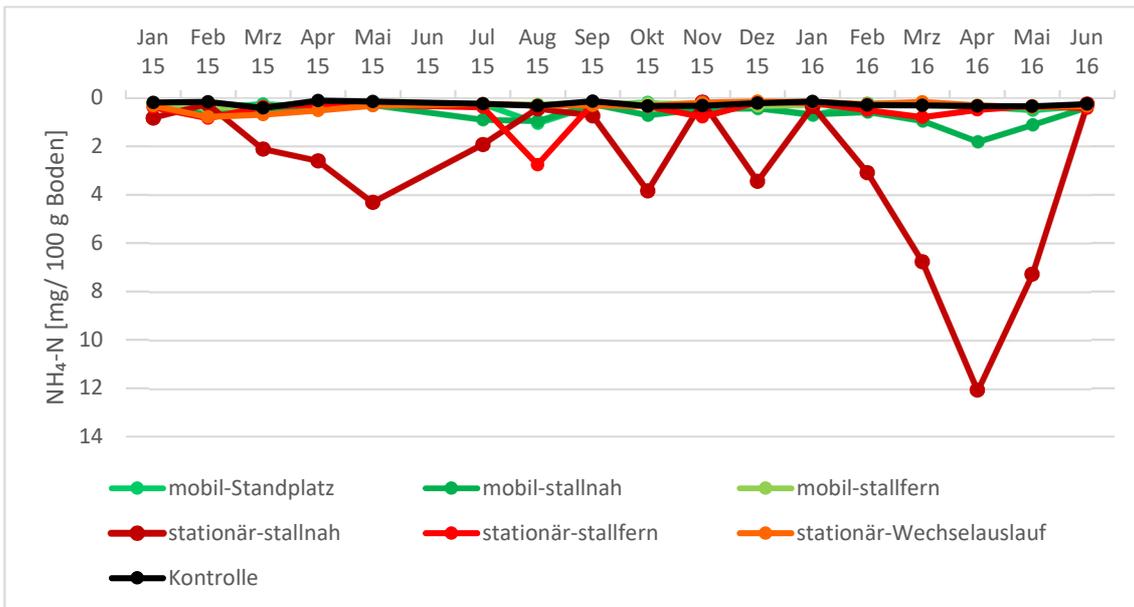


Abb. 12: NH₄-N-Dynamik (0-30 cm) von Januar 2015 bis Juni 2016 der beiden Stallsysteme in Abhängigkeit von der Zone im Vergleich zur Kontrolle (intaktes Klee gras)

2.2.1.4 Phosphor

Der pflanzenverfügbare Phosphor wurde zu Beginn, in der Mitte und am Ende des Versuchszeitraumes erfasst. Für die unterschiedlichen Zonen des Mobilstalls, werden über den Untersuchungszeitraum tendenziell höhere Werte festgestellt als für das stationäre System (Abb.13). Es fällt auf, dass sich die Werte für die Kontrolle (intakter Klee grasbestand) über den gesamten Untersuchungszeitraum im oberen Spektrum befinden und gegen Ende des Versuchs sogar deutlich über den Werten der anderen Varianten liegen.

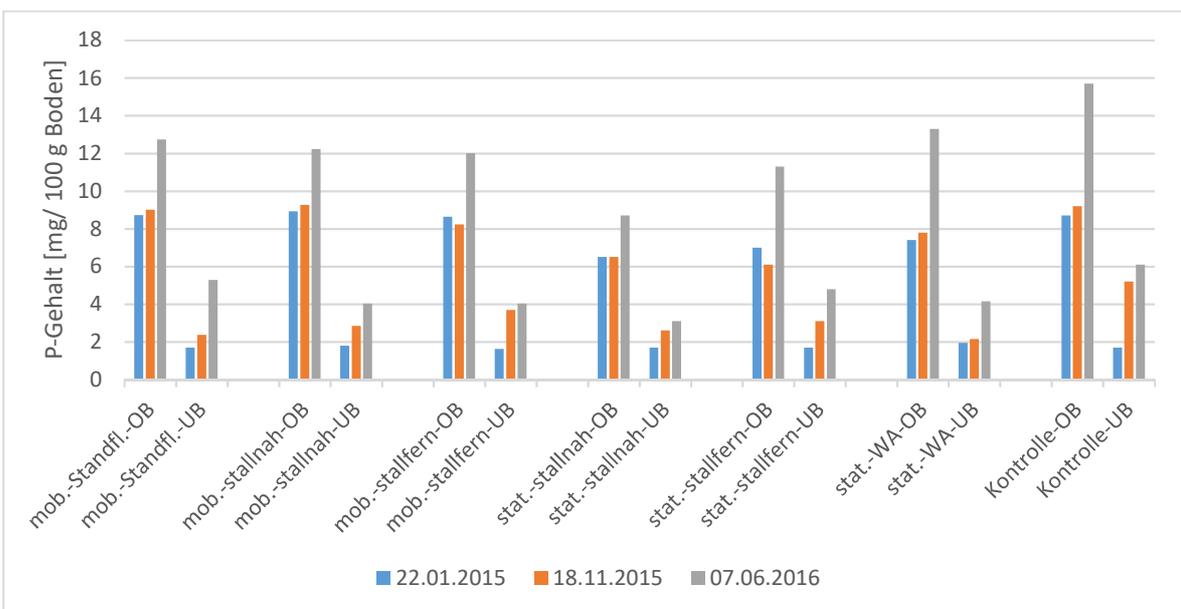


Abb. 13: P-Gehalt im Oberboden (OB, 0-30 cm) und Unterboden (UB, 30-60 cm) in Abhängigkeit von der Zone in den unterschiedlichen Stallsystemen an drei Terminen (Versuchsbeginn, -mitte und -ende) (WA = W1 + W2)

Im Unterboden (30-60 cm) zeigt sich auf deutlich niedrigerem Niveau keine ausgeprägte Differenz, gleich wohl liegen die Werte für die Kontrolle (intakter Klee grasbestand) auch hier über denen der anderen Varianten (Abb. 14).

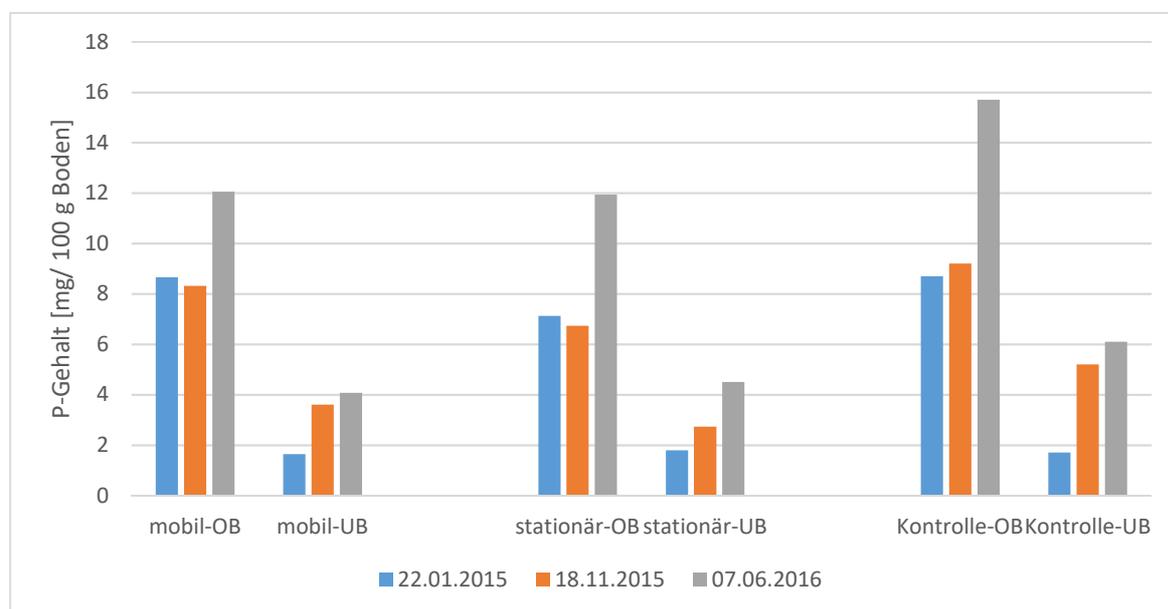


Abb. 14: P-Gehalte im Oberboden (OB, 0-30 cm) und Unterboden (UB, 30-60 cm) in Abhängigkeit vom Stallsystem (mobil, stationär) im Vergleich zur Kontrolle (intakter Klee grasbestand) (gewichtetes Mittel) an drei Terminen (Versuchsbeginn, -mitte und -ende)

2.2.1.5 Kotmengenerfassung

Die Ergebnisse der Analysen für die Trockenmassebestimmung und den Stickstoffgehalt im Frischkot sind in Tabelle 5 zusammengestellt. Die Ergebnisse der zwei Kotbandproben unterscheiden sich in beiden Parametern. Die Mittelwerte sind aber vergleichbar mit denen aus anderen Untersuchungen. Im Gegensatz zu anderen Untersuchungen ist der Trockenmassegehalt des Kotes aus dem Scharrraum jedoch deutlich niedriger.

Tab. 5: Trockenmasse- und Gesamtstickstoffgehalt der Kotproben vom Kotband und aus dem Scharrraum der Versuchsställe

		TM (%)	N (g/kg OS)
Kotband	Probe A	44,8	11,4
	Probe B	29,1	8,18
	Ø AB	36,95	9,79
Scharrraum	Probe A	30,2	18,4
	Probe B	27,3	6,39
	Ø AB	28,75	12,40
	Gesamtdurchschnitt	32,85	11,09

Für die sechs Wiegetermine konnte ein durchschnittlicher Kotanfall von ca. 150 g pro Henne am Tag im Stall bestimmt werden, wobei der Schwankungsbereich zwischen 74,2 g und 192,3 g je Henne und Tag liegt (siehe Tab. 6). Bei einem durchschnittlichen Frischkotanfall von ca. 152 g pro Henne wird etwa zwei Drittel des täglich ausgeschiedenen Stickstoffs im Stall angesammelt und ein Drittel im Verlauf des Tages auf der Auslauffläche abgesetzt. Unter Berücksichtigung des im Frischkot bestimmten Gesamtstickstoffgehaltes werden mit dem Frischkot täglich etwa 0,9 g N je Henne eingetragen.

Tab. 6: Verteilung des durchschnittlichen täglichen Frischkotanfalls einer Henne im Stall und auf der Auslauffläche zu unterschiedlichen Terminen

Datum der Kotwiegung	tägliche Stickstoffausscheidung g N/d und Tier	Kotauscheidung im Stall g FM Kot/d und Tier	Stickstoff* im Stallkot g N/d und Tier	Stickstoff im Auslauf g N/d und Tier	Anteil Stickstoff im Auslauf %
14.03.2016	2,6	171,5	1,8	0,8	29,5
22.03.2016	2,6	148,6	1,6	1,0	38,2
24.03.2016	2,6	164,0	1,8	0,8	32,4
29.03.2016	2,6	159,0	1,7	0,9	34,2
01.04.2016	2,6	74,2	0,9	1,7	66,2
04.04.2016	2,6	192,3	2,0	0,6	21,7
Mittelwert		151,6	1,6	0,9	34,5
Median		159,0	1,7	0,8	31,6

* Bandkot ca. 90 % Anteil Ø 9,79 g N/kg FM; Scharraumkot ca. 10 % Anteil Ø 12,4 g N/kg FM

2.2.2 Endoparasiten

2.2.2.1 In Kotproben

Die Endoparasitenbelastung der Kotproben ist in Tabelle 7 zusammengestellt. Nach fünf Monaten Versuchsdauer ergeben die Kotuntersuchen keine gravierenden Unterschiede hinsichtlich der Endoparasitenbelastung zwischen den zwei Varianten. Bei der zweiten Probenahme waren die Unterschiede beim Bandkot ebenfalls nicht groß. Die Proben aus dem Scharraum des stationären Stalls hingegen zeigen zu diesem Zeitpunkt einen massiven Bandwurmbefall. Das Spektrum an Belastung mit Endoparasiten, der im Auslauf des Mobilstalls gesammelten Kotproben, gleicht dem Befund, der in den Kotproben aus dem Stallinnenraum festgestellt wird.

Tab. 7: Untersuchungen der Kotproben auf Endoparasiten

Stallart	Ort	Parasiten	Befund
mobil (Mai '15)	Kotband/Rostfläche	Capillaria-Eier	wenige
		Ascaridia/Heterakis-Eier	mäßig
stationär (Mai '15)	Kotband/Rostfläche	Capillaria-Eier	wenige
		Spulwurm/Heterakis-Eier	mäßig
mobil (Dez.'15)	Kotband/Rostfläche	Ascaridia/Heterakis-Eier	mäßig
		Kokzidien-Oozysten	vereinzelt
	Scharraum	Capillaria-Eier	wenige
	Auslauf	Capillaria u. Ascaridia/ Heterakis Eier	wenige
stationär (Dez.'15)	Kotband/Rostfläche	Capillaria u. Ascaridia/ Heterakis Eier	wenige
		Bandwurm-Eier (Fam. Hymenolepididae)	vereinzelt
	Scharraum	Bandwurm-Eier (Fam. Hymenolepididae)	zahlreiche
		Kokzidien-Oozysten u. Ascaridia/Heterakis Eier	vereinzelt
mobil (April '16)	Kotband/Rostfläche	Ascaridia/ Heterakis-Eier	zahlreiche (1.650 EpG)*
stationär (April '16)	Kotband/Rostfläche	Ascaridia/ Heterakis-Eier	mäßig (750 EpG)

*EpG= Eier pro Gramm Kot (Mc Master-Verfahren)

In den im April genommenen Kotproben wird in der Mobilstallvariante ein deutlich höherer Befall von Ascariden-/Herakideneiern festgestellt. Bezogen auf Eier/g Kot ist der Wert etwa doppelt so hoch wie bei den Tieren im stationären Stall.

2.2.2.2 In Bodenproben

Die Bodenproben vom Mai 2015 zeigen in beiden Stallsystemen vergleichbare Werte wie die im Stall gezogenen Kotproben. Bei der Mobilstallvariante sind keine Unterschiede zwischen Standfläche und stallnahe Bereich festzustellen. Die Probenahme bei Abschluss des Versuchs im April 2016 führt zu ähnlichen Ergebnissen.

Tab. 8: Untersuchungen der Bodenproben auf Endoparasiten

Stallart	Ort	Parasiten	Befund
mobil (Mai '15)	stallnaher Bereich (Parzelle B)	dünnschalige Nematodeneier	wenige
	Standfläche d. Stalls (Parzelle G)	Kokzidien- Oozysten	wenige
	stallnaher Bereich (Parzelle G)	Ascaridia/Heterakis-Eier	wenige
stationär (Mai '15)	stallnaher Bereich	Capillaria-Eier	wenige
mobil (April '16)	stallnaher Bereich	Ascaridia/ Heterakis-Eier	verein- zelt
stationär (April '16)	stallnaher Bereich	Kokzidien-Oozysten u. Ascaridia/Heterakis Eier	verein- zelt

2.2.3 Tiere und Legeleistung

Die durchschnittliche Legeleistung je Anfangshenne liegt im Untersuchungszeitraum 2015 bei der Herde im stationären Stall bei 70 % (Abb. 15); die Gesamtlegeleistung über ca. 58 Legewochen (nicht dargestellt) beträgt etwa 72 %. Üblicher Weise wäre die Herde Mitte September ausgetauscht oder eine Legepause durchgeführt worden, worauf mit Rücksicht auf den Versuch abgesehen wurde. Ende April beginnt ein stärkerer Abwärtstrend in der Legeleistung.

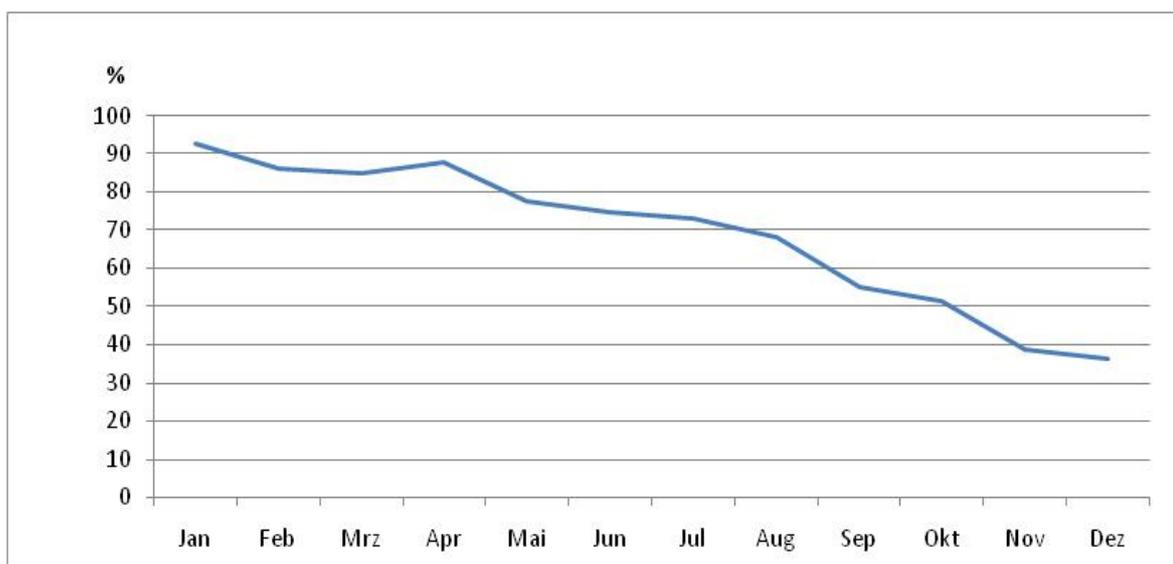


Abb. 15: Verlauf der Legeleistung je Anfangshenne im stationären Stall im Jahr 2015

Die Herde in der Mobilstallvariante hat im Beobachtungszeitraum eine durchschnittliche Legeleistung von 66 % je Anfangshenne (Abb. 16). Über die Gesamtlegeperiode (nicht dargestellt) von etwa 68 Legewochen beträgt die Legeleistung etwa 71 % je Anfangshenne. Ab etwa Ende Mai ist bei dieser Herde ein starker Abfall in der Legeleistung zu beobachten. Zum Ende des Beobachtungszeitraumes sind beide Herden auf etwa gleichem Niveau von ca. 35 % angekommen.

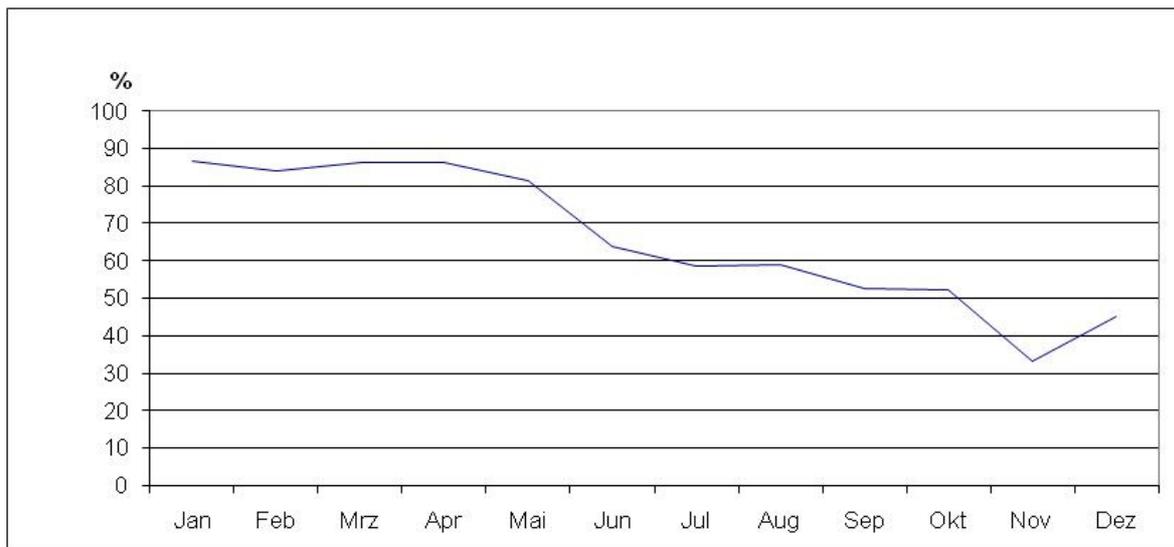


Abb. 16: Verlauf der Legeleistung je Anfangshenne im mobilen Stall im Jahr 2015

Ein verstärkter Rückgang der Legeleistung im 4. Quartal 2015 ist in beiden Varianten festzustellen. Ursache hierfür könnte ein erhöhter Verlust durch Prädatoren (z.B. Fuchs) sein, der nicht eindeutig zu bestimmen war. Als Abgänge wurden für den stationären Stall im Untersuchungszeitraum drei Hennen und beim mobilen Stall 40 Hennen dokumentiert. Davon fielen Anfang Juni 30 Tiere einem Crowding zum Opfer.

2.2.4 Zustand der Grasnarbe

Abbildung 17 zeigt sechs von acht Stall-Standorten und gibt einen Überblick über den Zustand der Grasnarbe für die Mobilstallvariante am Ende der Untersuchung. Deutlich erkennbar ist der Stall auf seinem aktuellen Standort. Die zugehörige Auslauffläche ist in ihrer grünen Farbintensität deutlich heller als die angrenzenden Parzellen, was auf die Beweidung und dadurch bedingt verjüngtem Aufwuchs zu erklären ist. Bei den anderen fünf bildlich erfassten Parzellen sowie auf den nicht dargestellten Parzellen der Mobilstallvariante sind die Standplätze gut erkennbar, weil der Aufwuchs im stallnahen Bereich lückig und teilweise kleinflächig durch Staubbäder zerstört wurde.



**Abb. 17: Zustand der Grasnarbe bei sechs von acht Mobilstallflächen am 02.05.2016
(Foto: Hannes Schulz)**

Zum gleichen Zeitpunkt ist die Auslaufläche des stationären Stalls (Abb. 18) gänzlich abgeweidet bzw. zerstört. Die ausgezäunte Wechsellaufläche (Wechsellauflauf 2) zeigt einen leichten Grünschimmer als Anzeichen des beginnenden Regenerationsprozesses. Gegenüberliegend in der stallfernen Zone des stationären Stalls sind dunkle Flecken erkennbar, die auf verdichtete Stellen mit Pfützenbildung zurückzuführen sind.



Abb. 18: Zustand der Grasnarbe des stationären Stalls mit den beiden Wechsellaufläufen am 02.05.2016 (Foto: Hannes Schulz)

2.3 Diskussion

Schon nach wenigen Wochen der Versuchsdurchführung zeigt sich eine sehr starke Differenzierung zwischen den beiden Systemen. Während der Mobilstall wegen des größeren Flächenangebotes, verbunden mit der Möglichkeit diese infolge der regelmäßigen Versetzung auch zu nutzen, im N_{\min} -Niveau über den gesamten Untersuchungszeitraum kaum von der Kontrolle (intakter Klee grasbestand) zu unterscheiden ist, steigen die Werte für das stationäre System sehr rasch an und erreichen im fünften Monat bereits über 3 mg/100 g Boden. Parallel dazu wird die Grasnarbe weitgehend zerstört, sodass die Hühner temporär von der Fläche abgeleitet werden müssen. Bedingt dadurch gehen die N_{\min} -Werte auch wieder zurück, was auf dem sandigen Standort nur durch Auswaschung bei gleichzeitig ausbleibender weiterer Kotzufuhr erklärt werden kann. Ein Grünaufwuchs, der zum Entzug beitragen könnte, ist zu diesem Zeitpunkt nicht vorhanden. Nach Rückführung der Hühner auf die Fläche steigen die Werte wieder rasch an und die Grasnarbe, die sich mäßig erholt hatte, wird wiederum zerstört, was nach etwa sechs Monaten Nutzung einen erneuten Abzug der Hennen von der Fläche erforderlich macht.

Die Differenzierung zugunsten des Mobilstallsystems ist natürlich auch der Tatsache geschuldet, dass hier mit 32 m² pro Tier erheblich mehr Fläche zur Verfügung steht als im stationären System. Klar ist aber auch, dass, würde man im stationären System 32 m² zur Verfügung stellen, in keiner Weise gesichert wäre, dass diese auch gleichmäßig genutzt würde, bzw. bei großen Stalleinheiten dieser Flächenbedarf innerhalb der max. Auslaufentfernung von 350 m gar nicht mehr zu gewährleisten wäre. Im Gegenteil, Luftbildaufnahmen entsprechender stationärer Ställe belegen vielfältig, dass es auch dann zur Zerstörung der Gras- bzw. Klee grasnarbe im stallnahen Bereich kommt. N_{\min} -Untersuchungen in der Praxis (Meierhans und Menzi 1995, Zorn 2004, Deerberg 2006) belegen darüber hinaus, dass es dort eben auch zu erhöhten N-Einträgen kommt.

Der Sandboden des Versuchsstandortes Harsewinkel (84% Sand, 12 % Schluff, 4 % Ton) begünstigt zwar die Auswaschung von Nitrat, gleichzeitig bietet der Standort aber auch den Vorteil, dass er bereits kurz, d.h. i.d.R. wenige Stunden nach stärkeren Niederschlägen wieder befahrbar ist. Somit steht auch im Winterhalbjahr einem regelmäßigen Umsetzen des Stalls nichts entgegen, was durch die Praxis der mobilen Variante belegt wird.

Daraus folgt wiederum, dass sowohl eine erhöhte NO₃-Belastung als auch eine übermäßige Belastung der Grasnarbe durch Tätigkeiten der Hennen, mit entsprechendem Management des Mobilstallsystems, unter den Rahmenbedingungen des Standortes vermieden werden kann. Somit können Stickstoffeinträge durch die Hennen und Stickstoffentzug durch Pflanzenaufwuchs flächendeckend ins Gleichgewicht gestellt werden, was für Dauergrünlandstandorte besonders wichtig ist, da hier kein Entzug durch stark zehrende Folgefrüchte eingerichtet werden kann.

Unter den Rahmenbedingungen war kein entscheidender Effekt auf die Endoparasitenbelastung der Tiere in den beiden Varianten festzustellen. Wenn Unterschiede auftreten, dann eher im Stall als im Auslauf. Jedoch ist ein indirekter Effekt durch einen feuchten, matschigen stallnahen Bereich, wie bei der stationären Variante, auf die Einstreu im Scharrraum nicht auszuschließen. Ferner ist das matschige, anaerobe Milieu auch Basis für andere Erreger, die innerhalb dieses Projektes nicht untersucht wurden, aber dennoch Risikopotenzial bieten.

Die Ergebnisse der parasitologischen Untersuchungen sind vergleichbar mit einer Untersuchung von Maurer (2011) bei stationären Legehennenställen in der Schweiz. Anlässlich einer Untersuchung zum Stand der mobilen Geflügelhaltung in Niedersachsen (Deerberg et al. 2014) wurden bei einer Stichprobe von Betrieben ebenfalls Kotproben von Hühnern einmalig im Winter untersucht; auch hier wurden nur geringe Befallsgrade festgestellt.

Kleine Herden zeigen eine große Auslaufakzeptanz; dies schlägt sich, wie im vorliegenden Fall, auf die Nutzung des Grünaufwuchses, Beanspruchung des Bodens und den Nährstoffeintrag in die Fläche (hier ca. 33 %) nieder. Regnerische, milde Winter ohne Frost halten die Hennen nicht von der Auslaufnutzung ab, sodass bereits nach 120 Tagen eine Henne die ihr zur Verfügung stehenden 5 m² Auslauf komplett überweidet hat und dem Nährstoffeintrag durch den Kot keinerlei Entzug durch Pflanzenaufwuchs entgegensteht.

2.4 Zusammenfassung

Auf dem Biolandbetrieb Strottdrees am Standort Harsewinkel (Ostwestfalen) wurde vor Beginn des zweiten Hauptnutzungsjahres eines Kleegrasschlages ein vergleichender Versuch zum Auslaufmanagement in der Freilandhaltung von Bio-Legehennen angelegt und von Januar 2015 bis Oktober 2016 wissenschaftlich begleitet. Geprüft wurden ein Mobilstall der Firma Weiland im mobilen Einsatz und aus *ceteris paribus*-Gründen ein weiterer Mobilstall gleicher Bauart, der allerdings an einem Standort verblieb, quasi als stationärer Stall. Für den Mobilstall standen acht Teilflächen mit je 4 m² pro Tier zur Verfügung (in Summe 32 m²), für den stationären Stall waren es 4 m² plus einem Wechsellauslauf von 1 m² pro Tier (in Summe 5 m²). Der Mobilstall wurde bis auf wenige Ausnahmen wöchentlich versetzt. Zum Vergleich wurde parallel ein intakter Klee grasbestand zur Kontrolle in die Erhebungen mit einbezogen. Untersucht wurde die NO₃-N- bzw. N_{min}-Dynamik (monatlich), der pflanzenverfügbare Phosphor und die Grasnarbe. Darüber hinaus wurden Boden- und Kotproben auf Tierpathogene untersucht. Des Weiteren wurde der Kotanfall im Stall erfasst, um Rückschlüsse auf die angefallenen Mengen im Freiland ziehen zu können.

Folgende wesentliche Ergebnisse lassen sich festhalten:

- Die Flächen der Mobilstallvariante weisen über den gesamten Versuchszeitraum nie bedenkliche N_{min}-Gehalte auf. Im Wesentlichen bewegen sich die Werte auf dem

Niveau des intakten Klee grasbestandes (Kontrolle), der immer unter 25 kg NO₃-N/ha bleibt.

- Die N_{min}-Werte für die Auslaufflächen des stationären Systems unterliegen einer sehr ausgeprägten Dynamik. Schon nach wenigen Wochen steigen sie sehr stark an.
- Die aufgrund der Überlastung der Grasnarbe im stationären System erforderliche Ableitung der Hennen auf eine Außenfläche hat jeweils gravierende Rückgänge der NO₃-N-Gehalte zur Folge.
- Nach Versuchsende und erfolgtem Umbruch des Klee grasses bzw. dessen, was davon im Auslauf des stationären Stalls übriggeblieben war, erfolgt ein starker Anstieg der N_{min}-Gehalte in allen drei Varianten. Während der Anstieg des Mobilstallsystems vergleichbar mit dem der Kontrolle (intakter Klee grasbestand) ist, liegt das Niveau des Anstiegs bei der stationären Stallvariante um etwa 50 % höher.
- Beim Parameter Phosphor ist nach dem zweiten Probenahmetermin ein Anstieg zu verzeichnen. Unerwartet verzeichnet die Kontrolle (intakter Klee grasbestand) den höchsten Anstieg, gefolgt von den Mobilstallflächen.
- Abgesehen von kleinen Teilflächen (< 1 m²) bleibt die Klee grasnarbe auf den Mobilstallflächen intakt bzw. regeneriert sich nach erfolgter Stallumsetzung innerhalb von fünf bis sieben Wochen zuverlässig.
- Bereits nach wenigen Monaten ist die Klee grasnarbe im stationären System nahezu vollständig zerstört, sodass es im Versuchszeitraum zweimal erforderlich ist, die Hennen über einen Korridor von der Versuchsfläche „abzuleiten“ bzw. einmal sogar ganz der Fläche zu nehmen.
- Die täglich ausgeschiedene Stickstoffmenge abzüglich der im Stall erfassten Kotstickstoffmenge ergibt einen Anteil von ca. einem Drittel im Außenbereich ausgeschiedenen Kotstickstoff.
- Die Endoparasitenbelastung der Auslaufflächen wird nicht durch die Stallvariante beeinflusst. Sie muss im Wesentlichen durch das Stallmanagement gesteuert werden. Ausreichende und trockene Einstreu im Übergangsbereich von innen nach außen erscheinen als maßgeblich für die Einstreuqualität und Infektionsrisiko.

Endoparasitika kommen während des Versuchs nicht zum Einsatz.

3 Folgefrucht Silomais

Die folgenden Untersuchungen stellen eine Nachwirkungsprüfung der unterschiedlichen Stallsysteme dar. Geprüft werden sollte, inwieweit die sehr unterschiedlichen Belastungssituationen des Klee-grases sich auf das Wachstum des nachfolgend angebauten Silomais` auswirken und somit den Schlag bzw. die Erträge und Qualitäten der Folgefrucht heterogenisieren.

3.1 Material und Methoden

3.1.1 Standort und Anbaumaßnahmen

Ausführliche Standortbeschreibung: siehe Angaben unter 2.1.1.1 Die getroffenen Anbaumaßnahmen sind Tabelle 9 zu entnehmen.

Tab. 9: Anbaumaßnahmen Silomais 2016

Datum	Arbeitsgang	Bemerkung
05.05.2016	Klee-gras mähen und abfahren	
08.05.2016	Bodenbearbeitung mit der Scheibenegge	
10.05.2016	Bodenbearbeitung mit dem Pflug	Tiefe: ca. 25 cm
13.05.2016	Mais legen	Saatstärke: 90.000 Kö/ha Tiefe: 7 cm, 8-reihig, 2 x 4 Reihen Sorte: OPM.12 (50 %), Padrino (50 %)
18.05.2016	Blind striegeln	Hatzenbichler
27.05.2016	Hacken	Rotor-Sternradhacke
04.06.2016	Hacken	Rollhacke
11.06.2016	Anhäufeln	
27.09.2016	Mais häckseln	

3.1.2 Methoden

Zonierung

Von den ehemals acht vorhandenen Mobilstallausläufen wurden vier ausgewählt (A, C, F, H, vgl. Abb. 4). Die Flächen der Versuchspartellen für die Varianten, sowie die absoluten und relativen Flächenanteile sind Tabelle 3 zu entnehmen.

Bodenproben

Die Bodenproben wurden mit Bohrstöcken aus drei Tiefen entnommen (wie unter 2.1.2.1 beschrieben). An den beiden Terminen (Juni und August 2016) an denen zugleich auch Pflanzenproben entnommen wurden (Tab. 10), erfolgte die Beprobung des Bodens an der Stelle, an der direkt zuvor die Pflanzenproben entnommen worden waren. An den anderen drei Terminen erfolgte die Wahl des Ortes der Bodenprobenahme innerhalb der jeweiligen Zone willkürlich, aber mit je vier Einstichen pro Zone.

Tab. 10: Probenahmeterminale bei der Folgefrucht Silomais (Harsewinkel)

Datum	Art der Probe
02.05.2016	Bodenproben
07.06.2016	Bodenproben
06.07.2016	Bodenproben, Pflanzenproben (2 x 0,5 lfm Maisreihe)
17.08.2016	Bodenproben, Pflanzenproben (2 x 1,33 lfm Maisreihe)
04.10.2016	Bodenproben

Pflanzenproben

Bei der ersten der beiden Pflanzenprobenahmen (Juni 2016) wurden an zwei Stellen pro Zone jeweils 0,5 m laufende Reihe Mais und Beikraut in der dadurch entstehenden Fläche (0,5 m * 0,75 m Reihenabstand) entnommen. Die beiden Proben wurden vor Ort zu jeweils einer Mischprobe für Mais und für das Beikraut zur Bestimmung des Gesamtaufwuchses zusammengeführt.

Bei der zweiten Pflanzenprobenahme zur Blüte (August 2016) wurden an zwei verschiedenen Stellen pro Zone jeweils 1,33 m laufende Maisreihe entnommen, was bei 0,75 m Reihenabstand 1 m² entspricht. Auch das Beikraut dieser Fläche wurde vollständig und separat entnommen. Das gesamte Pflanzenmaterial dieser Proben wurde getrocknet und gemahlen. Dem gemahlene Probenmaterial wurde ein Aliquot entnommen.

Es erfolgte jeweils eine FM-Wiegung direkt nach der „Ernte“ und dann vor dem Zerkleinern der Probe noch einmal, um ggf. den Wasserverlust bis zur Weiterverarbeitung der Proben zu ermitteln. Nach der Zerkleinerung wurde ein Aliquot bei 80°C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Nach der Trocknung erfolgte die TM-Bestimmung durch Differenzwiegung. Danach wurde rechnerisch aus den FM- und TM-Daten die TS-Gehalte in % bestimmt.

3.1.3 Stickstoffanalyse und Berechnung des NO₃-N- und NH₄-N-Gehalts

Bodenproben

siehe Punkt 2.1.2.1

Pflanzenproben

Der Gesamtstickstoffgehalt der Pflanzenproben wurde nach VDLUFA bestimmt. (DIN 387 405, photometrische Bestimmung mit Hilfe dem Continous Flow Analyser (CFA)). Der Nitratgehalt wird ebenfalls photometrisch mit Hilfe der CFA bestimmt. Dazu wird 1 g TS in 200 ml Wasser eine Stunde lang ausgeschüttelt. Anschließend wird die Suspension gefiltert, im Verhältnis 1:3 verdünnt und mit dem CFA gemessen. Wichtig hierfür ist die vorangegangene Trocknung der Pflanzenproben bei 80°C.

Aus dem Stickstoffgehalt der Aliquote konnte durch die Berechnung der Trockenmasse (TM) der Gesamtprobe, der Stickstoffentzug der gesamten Pflanzenmasse berechnet werden. Die Formel lautet:

$$N \left(\frac{kg}{ha} \right) = TM_{Ernte} \left(\frac{kg}{m^2} \right) * N_{TM}(\%) * 10.000$$

3.2 Ergebnisse

3.2.1 N_{min}-Dynamik auf den Flächen des ehemaligen stationären Stalls (stallnahe und stallferne Zone)

Bereits vor der Bodenbearbeitung zur Maisansaat werden Anfang Mai 2016 umgerechnet etwa 330 kg N_{min}/ha im Boden der ehemals stallnahen Zone des stationären Systems gemessen (Abb. 19), wovon jedoch lediglich ca. 20 kg als NO₃-N vorliegen. Etwa vier Wochen später sind im Boden ca. 150 kg NO₃-N/ha vorrätig, davon ca. 90 kg in der Krume (0-30 cm). Im Juli liegt der N_{min}-Gehalt im Boden geringfügig höher als im Vormonat. Zu beachten ist, dass durch oberirdischen Pflanzenaufwuchs etwa 40 kg N/ha dem Boden entzogen werden. In diesem Wachstumsabschnitt ist der Beikrautaufwuchs in den Untersuchungsbereichen dem der Kulturpflanze deutlich überlegen.

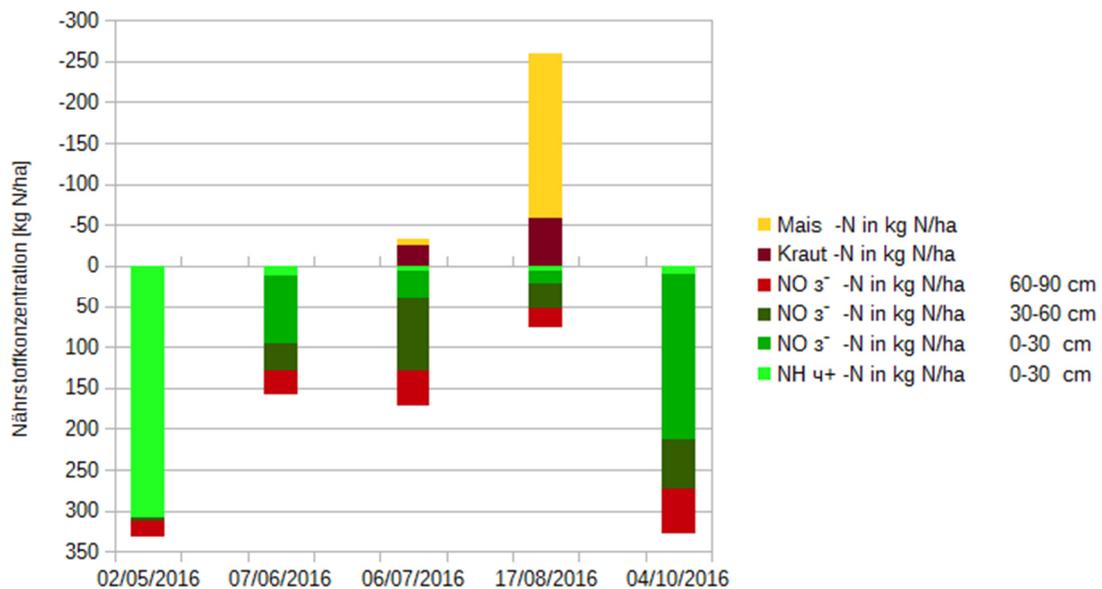


Abb. 19: NO₃-N-Dynamik (0-90 cm) im Maisnachbau und N-Aufnahme durch den Mais im ehemaligen stallnahen Bereich des stationären Stalls

Weitere vier Wochen später im August, ist das Niveau des Stickstoffentzugs durch die Pflanzen (Mais und Wildkräuter) auf ca. 260 kg N/ha angestiegen, während die Stickstoffvorräte im Boden auf ca. 80 kg N_{min}/ha zurückgehen. Zu diesem Zeitpunkt (Blüte) hat der Mais seine maximale Trockenmassebildung erreicht und etwa 200 kg N/ha entzogen. Nach der Ernte im Oktober steigt der N_{min}-Gehalt bereits vor der Bodenbearbeitung in der Schicht 0-30 cm um etwa 200 kg NO₃-N/ha an. Auffällig ist ferner auch der Anstieg der NO₃-N-

Gehalte in den tieferen Bodenschichten. Insgesamt liegt im Oktober ungefähr die selbe N_{\min} -Menge im Boden vor wie Anfang Mai, allerdings mit dem Unterschied, dass der Ammoniumanteil nun nahezu bedeutungslos ist und der NO_3 -N-Gehalt in den tieferen Schichten vergleichsweise erhöht ist. Mit Beginn der Abreife vom Mais sind deutliche Verlagerungstendenzen von NO_3 in tiefere Bodenschichten zu erkennen.

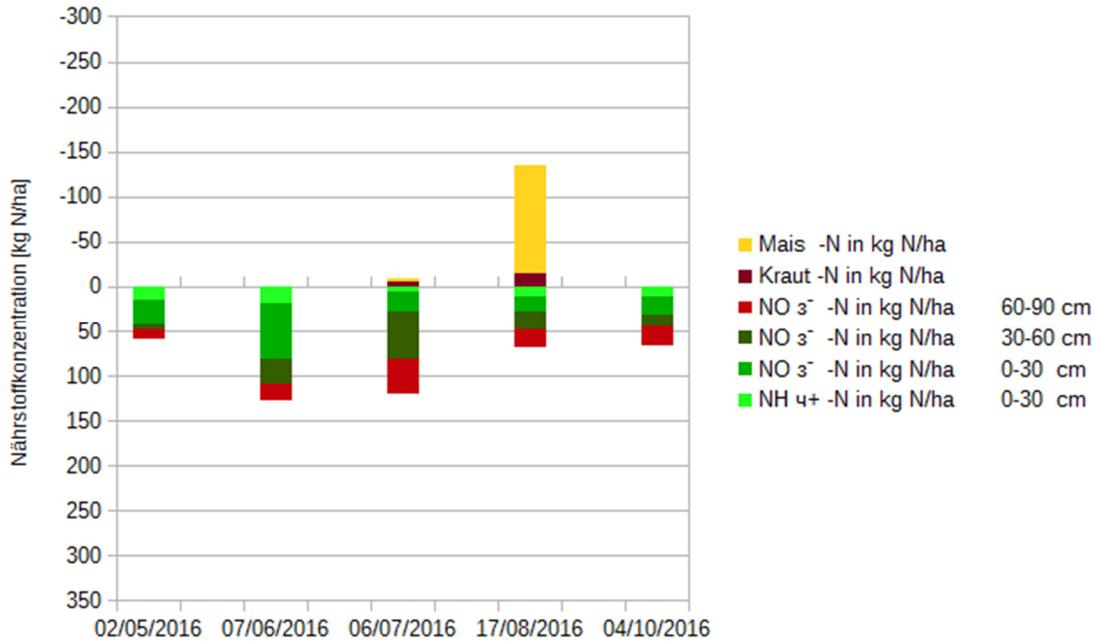


Abb. 20: NO_3 -N-Dynamik (0-90 cm) im Maisnachbau und N-Aufnahme durch den Mais im ehemaligen stallfernen Bereich des stationären Stalls

Im ehemals stallfernen Bereich des stationären Stalls (Abb. 20) ist auffällig, dass bei der ersten Probenahme im Mai mit ca. 60 kg/ha deutlich geringere N_{\min} -Gehalte vorzufinden sind als im stallnahen Bereich. Auffallend sind ebenfalls der deutlich geringere NH_4 -N-Anteil und nahezu gleiche NO_3 -N-Gehalte in der Schicht 60-90 cm. Das Wachstumsverhalten von Beikräutern und Kulturpflanze verläuft analog dem stallnahen Bereich jedoch auf deutlich geringerem Niveau. Der Gesamtstickstoffentzug durch die Pflanzen im August liegt bei etwa 130 kg N/ha und erreicht damit ca. 55 % dessen, was in der stallnahen Zone dieser Variante entzogen werden kann. Die N_{\min} -Gehalte im Boden überschreiten 130 kg NO_3 -N/ha nicht. Ferner ist auch hier zu beobachten, dass der NO_3 -N-Gehalt in der Schicht 60-90 cm nach dem Umbruch der Klee-grasauflä- che leicht zunimmt. Der augenfälligste Unterschied besteht jedoch nach der Maisabreife bei der Probenahme im Oktober. Der ehemals stallferne Bereich geht mit ca. 70 kg N_{\min} /ha in den nachfolgenden Herbst mit der anstehenden Sickerwasserperiode, während die ehemaligen stallnahen Flächenteile fast um das Siebenfache höhere Werte haben.

3.2.2 N_{\min} -Dynamik auf den Flächen des ehemaligen Mobilstalls (stallnahe und stallferne Zone)

Die N_{\min} -Dynamik der ehemals stallnahen Flächen der Mobilstallvariante (Abb. 21) ist nahezu identisch mit dem ehemals stallfernen Bereich des stationären Stalls (Abb. 20). Zum Umbruch ist in der Krume (0-30 cm) ein höherer Anteil an NH_4 -N festzustellen. Die N_{\min} -Gehalte im Boden liegen im Juni 2016 bei ca. 150 kg N_{\min} /ha und im Juli 2016 bei ca. 180 kg N_{\min} /ha und gehen dann zum Augusttermin auf ca. 60 kg N_{\min} /ha zurück. Im Oktober 2016 werden dann nach erfolgter Maisernte 70 kg N_{\min} /ha gemessen.

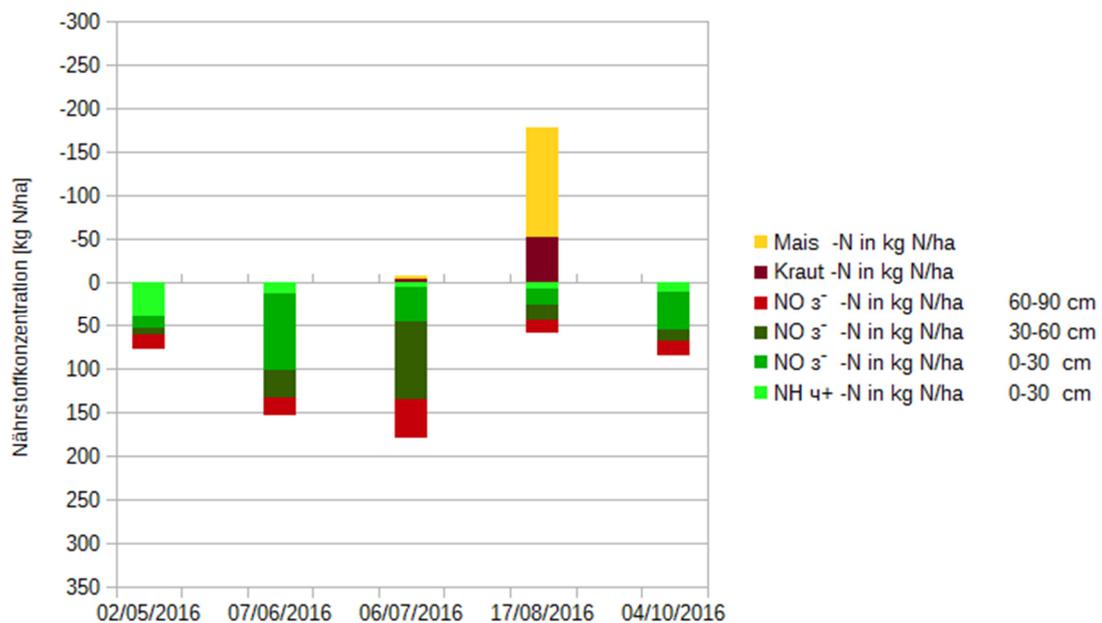


Abb. 21: NO_3 -N-Dynamik (0-90 cm) im Maisnachbau und N-Aufnahme durch den Mais im ehemaligen stallnahen Bereich von vier Mobilstallparzellen

Die ehemals stallfernen Flächen der Mobilstallvariante zeigen eine abweichende N-Dynamik (Abb. 22). Das N_{\min} -Niveau ist vergleichsweise deutlich niedriger als bei den vorangehend beschriebenen Varianten. Zu keinem Zeitpunkt wurden mehr als 80 kg N_{\min} /ha gemessen. Entsprechend reagiert auch der Pflanzenaufwuchs mit dem N-Entzug, der im August etwa zwei Drittel vom Entzug des ehemals stallnahen Bereichs des stationären Stalls ausmacht.

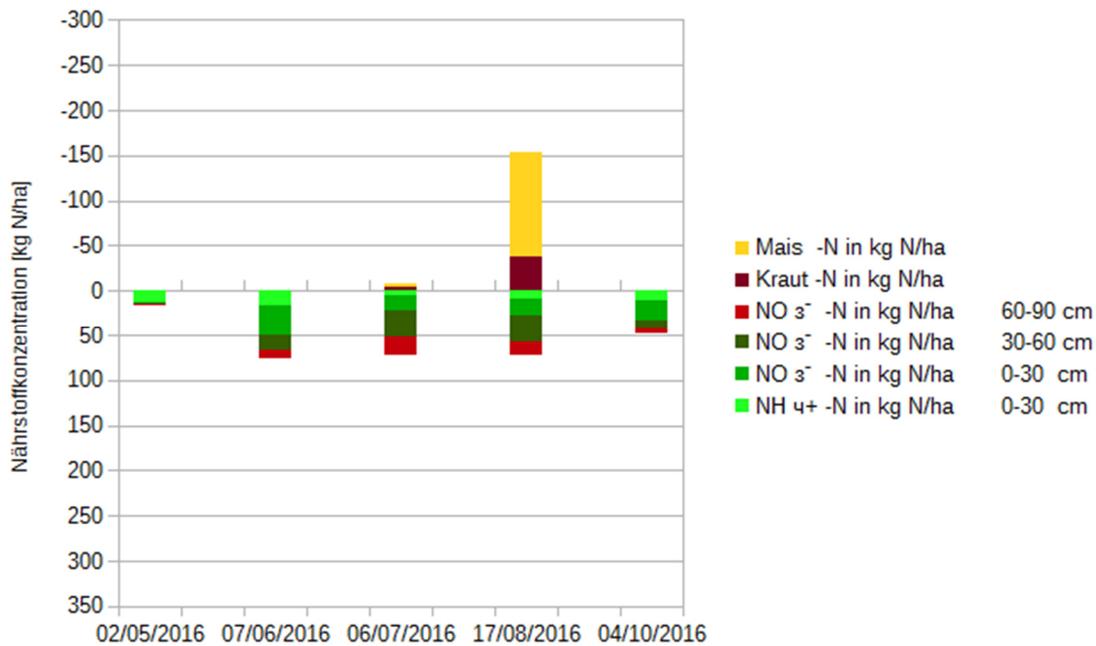


Abb. 22: NO₃-N-Dynamik (0-90 cm) im Maisnachbau und N-Aufnahme durch den Mais im ehemaligen stallfernen Bereich von vier Mobilstallparzellen über fünf Probenahmetermine

Nach der Ernte gehen diese Flächen mit einem deutlich geringeren N_{min}-Gehalt von ca. 50 kg/ha in die Sickerwasserperiode, wobei sich noch etwa die Hälfte des NO₃-N in der Krume befindet.

3.2.3 N_{min}-Dynamik unter dem intakten Klee gras (Kontrolle)

Die N-Dynamik unter dem intakten Klee gras (Abb. 23) ist ähnlich wie die der stallfernen Flächen der Mobilstallvariante.

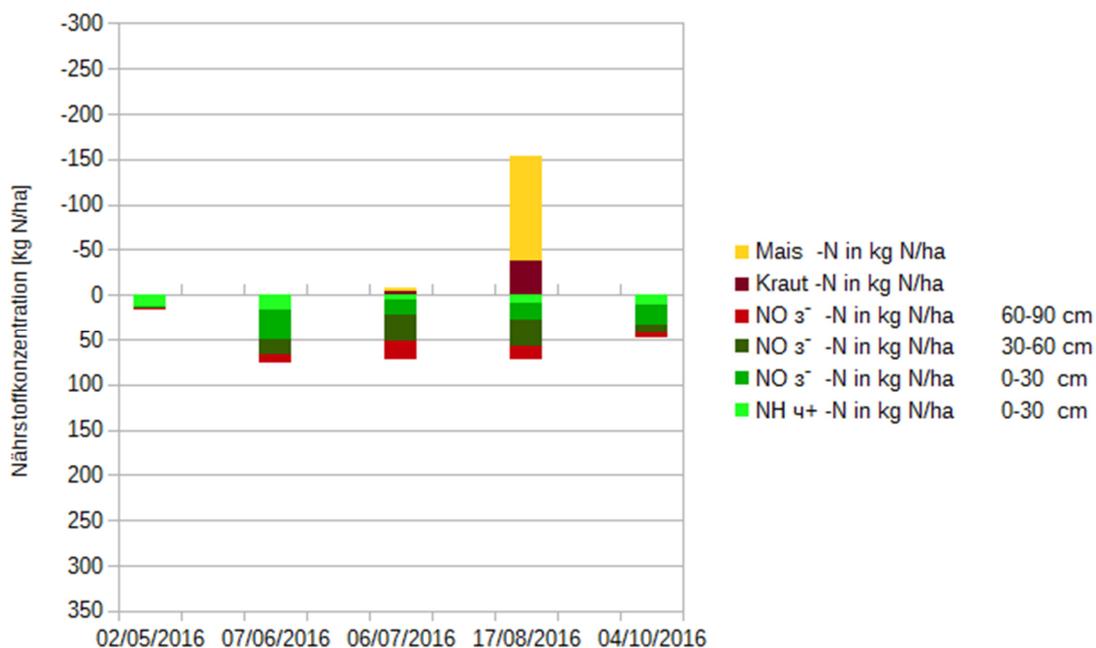


Abb. 23: NO₃-N-Dynamik (0-90 cm) im Maisnachbau und N-Aufnahme durch den Mais in der Kontrolle (intaktes Klee gras) über fünf Probenahmetermine

3.3 NO₃-Gehalte im Silomais

Die Nachwirkungen des hohen Stickstoffeintrags spiegeln sich in den Nitratgehalten im Mais wider. In Abbildung 24 sind die Nitratgehalte im Mais zum Zeitpunkt der Blüte dargestellt. Die mit Abstand höchsten Nitratgehalte in der Maispflanze sind auf den ehemals stallnahen Flächen des stationären Stalls zu beobachten; dies korrespondiert mit den errechneten Werten für den Stickstoffentzug auf dieser Fläche und den zu diesem Zeitpunkt vergleichsweise hohen Nitratstickstoffgehalten.

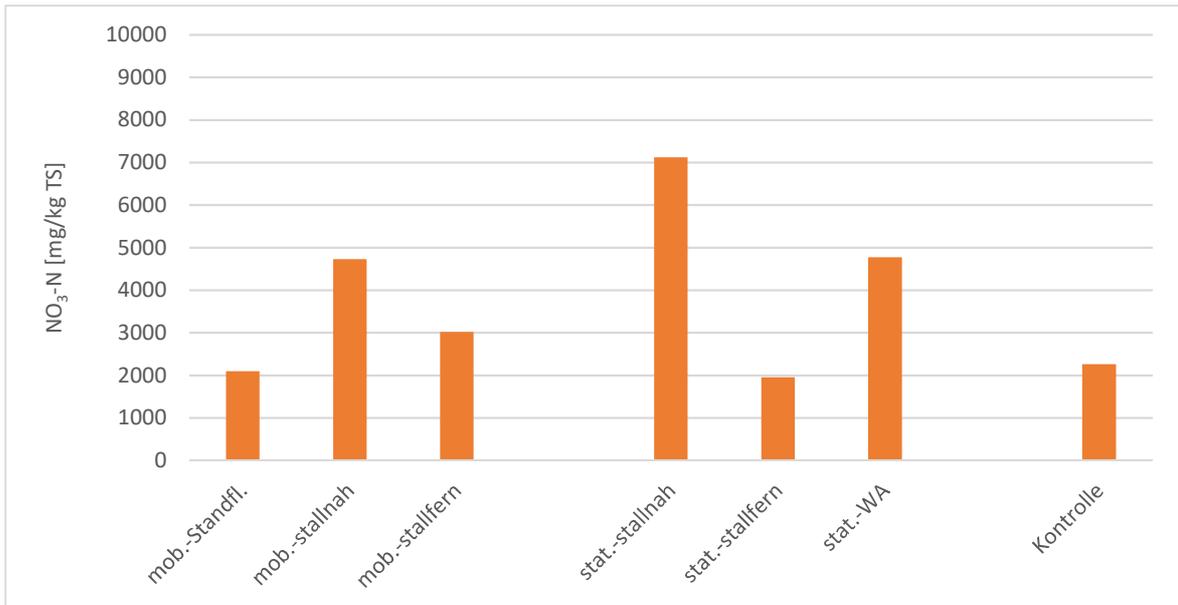


Abb. 24: NO₃-N-Gehalte im Mais am 17.08.2016 zum Zeitpunkt der Blüte (WA = Mittelwert aus Wechselauslauf 1 und 2)

Die Nitratgehalte im Mais von den Standflächen des mobilen Stalls sind vergleichbar mit dem Wert der unbeeinflussten Kontrollparzelle (intaktes Klee gras). Die Werte für die stallnahen Flächen des mobilen Stalls und der Wechselausläufe des stationären Stalls sind etwa um das Zweieinhalbfache höher als die der Kontrolle.

3.4 Diskussion

Das unterschiedliche Flächenmanagement und die unterschiedliche Nutzung der Zonen bei der Freilandhaltung der Legehennen hatte einen gravierenden Einfluss auf das N-Angebot und die N-Aufnahme des Silomais, der nach dem zweijährigen Klee gras angebaut wurde.

Die Dynamik in den stallfernen Zonen beider Auslaufsysteme zeigt sich nur geringfügig abweichend (vgl. Abb. 25) von der Kontrolle (intakter Klee grasbestand). Bis Juli 2016 steigen die N_{min}-Werte in beiden Systemen im stallnahen Bereich auf über 160 kg an und sinken zur Blüte auf 50 bzw. 60 kg N_{min} - wahrscheinlich auch in Folge des Entzuges durch den Mais - wieder ab. Danach bleiben alle Zonen auf vergleichsweise niedrigem Niveau. Lediglich im ehemals stallnahen Bereich des stationären Systems steigen die N_{min}-Werte auf über 300 kg im Oktober 2016.

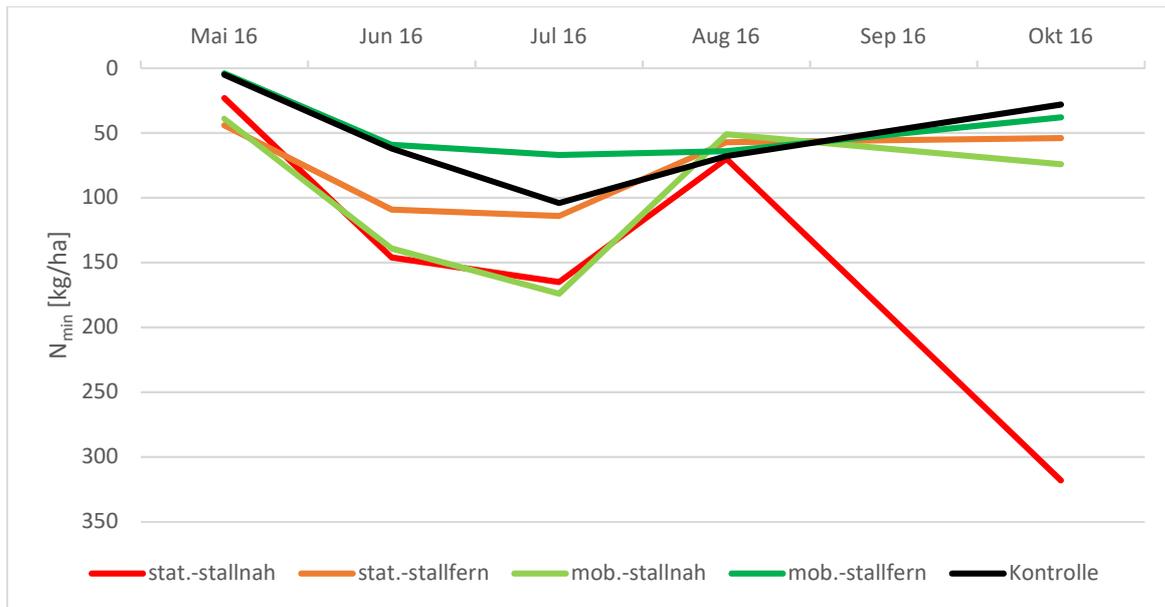


Abb. 25: N_{\min} -Dynamik (0-90 cm) von Mai bis Oktober 2016 im Zonen- und Systemvergleich

Die Wirkung der verdichteten Bereiche im Auslauf des stationären Stalls ist in der Jugendentwicklung der Pflanzen (nicht gezeigt) noch deutlich erkennbar. Es bleibt die Frage offen, ob mit der Wahl der Maissorte und des Abreifezeitpunkts noch mehr Nährstoffe hätten entzogen werden können. Der N_{\min} -Rest von über 300 kg im Oktober im ehemals stallnahen Bereich des stationären Stalls, wäre ausreichend für eine zehrende Folgefrucht, gleichwohl steht zu befürchten, dass er zu erheblichen Anteilen bei den gegebenen Standortbedingungen über die anstehende Sickerwasserperiode ausgewaschen werden würde.

In Folgeuntersuchungen wären sicherlich auch noch einmal die Nitratgehalte des Silomais` genauer zu betrachten. Nach Nussberger (2003) liegen die Nitratgehalte im Silomais von der stallnahen Fläche des stationären Stalls im obersten Toleranzbereich für die Frischverfütterung an Wiederkäuer. Für eine Milchsäurevergärung reichen die Nitratgehalte aller Teilbereiche aus (Nussberger 2003).

3.5 Zusammenfassung

Nach Abschluss des Versuchs zum Freilandmanagement wurde die Klee grasfläche umgebrochen und mit Mais eingesät. Zur Erfassung der Nachwirkungen des Freilandmanagements wurden von Mai bis Oktober 2016 ca. monatlich Bodenproben gezogen und an zwei Terminen Pflanzenproben entnommen. Folgende wesentliche Ergebnisse lassen sich festhalten:

- Die fortlaufend in der Freilandhaltung unterschiedlich gemanagten Zonen zeigen deutliche unterschiedliche Nitrat-N-Verläufe und N-Aufnahmen beim Silomaisanbau.
- Die intensiv genutzte Zone (stallnaher Bereich) des stationären Stalls sticht dabei deutlich heraus mit hohem N_{\min} -Angebot zu Beginn der Maisansaat, hohem Entzug, hohen Nitratgehalten und auch hohen Rest- N_{\min} -gehalten nach der Ernte.
- Im Vergleich dazu bleiben die Zonen des Mobilstalls ebenso wie die Kontrolle (intaktes Klee gras) auf niedrigem Niveau.

4 Best-Practice-Beispiele

Da absehbar war, dass die Untersuchung der Nährstoffdynamik im Hauptversuch kritische Ergebnisse bringen würde, sollten im Rahmen einer Kurzzeit-Studie positive Beispiele (Best-Practice) aus der Praxis dokumentiert werden. Ausgewählt wurden fünf Betriebe mit unterschiedlichem Auslaufmanagement, darunter auch zwei mobile Systeme. Aufgrund der begrenzt dafür zur Verfügung stehenden Mittel, kann die Intensität dieser Studie (ein Betriebsbesuch mit, in der Regel, einer N_{\min} -Probe) natürlich nicht auf dem Niveau liegen, wie bei der Hauptstudie in Harsewinkel.

Folgende Betriebstypen wurden dokumentiert:

- Mobilstall – System Weiland (Harsewinkel, mit Bodenplatte)
- stationärer Winterstall kombiniert mit Verarmungsanbau im Sommerhalbjahr
- stationärer Stall mit zwei Wechselläufen
- Mobilstall – System Würdekemper (ohne Bodenplatte)
- stationärer Stall mit Tunnelsystem

4.1 Material und Methoden

4.1.1 Auswahl der Betriebe

Neben schon vorhandenen Daten zu Betrieb 1 (Harsewinkel) wurden vier weitere Legehennenbetriebe besucht und in jeweils einem Legehennenauslauf Bodenproben gezogen. Die Betriebe 3 (stationärer Stall mit zwei Wechselläufen), 4 (Mobilstall – System Würdekemper) und 5 (stationärer Stall mit Tunnelsystem) wurden durch eine Geflügelfachberatung vorgeschlagen. Es wurden exemplarisch solche Betriebe ausgewählt, deren Betriebsleiter sich um ein umweltschonendes Auslaufmanagement bemühen und die sich in ihrer Stallform (mobil/stationär), Auslaufgestaltung (Form, Bewuchs usw.) und ihrem Auslaufmanagement (keine bis mehrere Wechselläufe, Frequenz des Auslaufwechsels) möglichst deutlich voneinander unterscheiden. Zusätzlich zu diesen Betrieben wurde Betrieb 2 ausgewählt, da hier die Legehennenherde sowohl in einem Mobilstall (im Sommer) als auch in einem stationären Stall (im Winter) gehalten wird. Bis auf die Betriebe 1 und 2 sind die Betriebe anonymisiert. Alle Betriebe sind ökologisch wirtschaftende Gemischtbetriebe.

4.1.2 Befragung der Betriebsleiter

Um genauere Informationen über die Standortbedingungen und die Legehennenhaltung auf den Betrieben zu bekommen, wurde ein Fragebogen entwickelt (siehe Anhang). Hierbei wurde, neben den Daten zum Betrieb, auch die Einschätzung des Betriebsleiters hinsichtlich der Umweltverträglichkeit des eigenen Auslaufmanagements aufgenommen. Die Beantwortung der Fragen erfolgte entweder im Gespräch mit den Betriebsleitern vor Ort, am Telefon oder schriftlich per E-Mail. Zu Betrieb 1 wurden die Betriebsleiter nicht befragt, da es sich bei dem untersuchten System, um den im Projekt angelegten Hauptversuch handelt

(vgl. Kap 2.1.1). Die Betriebsleiter von Betrieb 2 (Winterstall mit Verarmungsanbau im Sommerhalbjahr) wurden erst befragt, nachdem die ersten Ergebnisse der Stickstoffanalyse bekannt waren. Betriebe 3 (stationärer Stall mit zwei Wechselläufen), 4 (Mobilstall–System Wördekemper) und 5 (stationärer Stall mit Tunnelsystem) wurden befragt, bevor sie die Ergebnisse der Stickstoffanalyse bekommen hatten.

4.1.3 Zonierung der Ausläufe

Vor der Probenahme wurde jeder Auslauf in mehrere Zonen eingeteilt. Die vorgenommene Zonierung orientiert sich an der Nutzung des Auslaufs durch die Legehennen und ist somit betriebsspezifisch. Anhand des Zustands der Grasnarbe konnten deutliche Unterschiede in der Nutzung durch die Hennen festgemacht werden. Auf allen Betrieben wurden mindestens eine stallnahe Zone und eine stallferne Zone bestimmt. Auf den meisten Betrieben war aber noch eine weitere Unterteilung erforderlich. Die Ausläufe der stationären Ställe wurden in mindestens drei bis maximal fünf Zonen eingeteilt. Bei Betrieben mit Wechselläufen, wurde jeder der Wechselläufe beprobt, um die Auswirkungen des Auslaufsystems vollständig abbilden zu können. Bei den Mobilstall-Betrieben konnten, durch das Versetzen des Stalls, auch die Standflächen beprobt werden.

Um die verschiedenen Auslaufsysteme anschaulich und gleichzeitig anonymisiert darzustellen, ist jedes Auslaufsystem schematisch, in Form einer Zeichnung, dargestellt. Die Zeichnungen sind vereinfachte Darstellungen. Mit ihrer Hilfe soll sowohl die vorgenommene Zonierung der Ausläufe anschaulich gemacht als auch der Zustand der Grasnarbe abgebildet werden.

4.1.4 Probenahme

Probenahmeterminale

Die Betriebe wurden jeweils einmal besucht und es wurden an diesem Termin einmalig Bodenproben gezogen. Nur auf Betrieb 2 wurden an drei Terminen Proben gezogen, um die Wirkung des Verarmungsanbaues im Feststallauslauf überprüfen zu können. Die Probenahme auf Betrieb 1 (Harsewinkel) erfolgte am 07.04., auf Betrieb 2 am 12.04., 24.08. und 7.10.2016. Betriebe 3 (stationärer Stall mit zwei Wechselläufen) und 4 (Mobilstall – System Wördekemper) wurden am 03.06. und Betrieb 5 (stationärer Stall mit Tunnelsystem) am 13.06.2016 besucht.

Bodenproben

Die Probenahme erfolgte wie unter 2.1.2.1 beschrieben.

Pflanzenproben

Auf Betrieb 2 wurden zusätzlich zu den Bodenproben Pflanzenproben genommen, um die Wirkung des Verarmungsanbaues zu überprüfen. Beim zweiten Probenahmetermin am 24.08.2016 wurden jeweils an den Stellen, an denen Bodenproben gezogen wurden, zuvor

Pflanzenproben genommen. Dazu wurde von 1 m² die gesamte oberirdische Pflanzenmasse geerntet und die Frischmasse bestimmt. Nach einer groben Artenbestimmung, wurden die Proben gehäckselt und zwei Aliquote je m²-Probe genommen. Die Aliquote wurden in Aluschalen im Trockenschrank bei 80 °C bis zur Gewichtskonstanz (etwa 48 Stunden) getrocknet. Nach der Trocknung wurden die Proben erneut gewogen.

$$N \left(\frac{kg}{ha} \right) = TM_{Ernte} \left(\frac{kg}{m^2} \right) * N_{TM}(\%) * 10.000$$

Einstreuproben

Auf Betrieb 5 (stationärer Stall mit Tunnelsystem) wurden neben den Bodenproben, Proben aus der Hackschnitzeleinstreu des Tunnels entnommen. Dazu wurde an zwei Stellen im Tunnel je eine Handvoll Einstreu entnommen, die, ebenso wie die Bodenproben, bis zur Analyse tiefgekühlt wurden.

4.1.5 Stickstoffanalyse und Berechnung des NO₃-N- und NH₄-N-Gehalts

Wurden Mittelwerte aus mehreren Probenahmestellen berechnet, so handelt es sich immer um das arithmetische Mittel einzelner Zonen. Gewichtete Mittel ganzer Ausläufe wurden für die Best-Practice-Betriebe nicht berechnet.

Analytik der Bodenproben

siehe Punkt 2.1.2.1

Analytik der Pflanzenproben

Siehe Punkt. 3.1.3

Analytik der Streuproben

Die Hackschnitzelproben von Betrieb 5 wurden auf NO₃-N und NH₄-N untersucht. Es wurde das gleiche Analyseverfahren angewendet wie bei den Bodenproben.

$$N \left(\frac{mg}{100 g \text{ Streu}} \right) = TM \left(\frac{mg}{100 g \text{ Streu}} \right) * N_{Streu} (\%)$$

4.2 Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse beinhalten die Beschreibung des Standorts, des Stalls und des Auslaufmanagements, zusätzlich werden die Einschätzung des Betriebsleiters, die Zonierung der Ausläufe und die N_{min}-Gehalte dargestellt.

4.2.1 Betrieb 1: Mobilstall auf Rädern – System Weiland (mit Bodenplatte)

Betrieb 1 verfügt über mehrere Weiland-Mobilställe mit je 225 eingestellten Legehennen. Wie in Kapitel 2 beschrieben, wurde ein Mobilstall auf einer mit Klee gras eingesäten Ackerfläche über acht Parzellen in einem wöchentlichen Rhythmus versetzt.

Standort

Siehe Kapitel 2.1.1

Stall

Siehe Kapitel 2.1.1

Auslaufmanagement

Der Stall wird über acht Parzellen wöchentlich in der gleichen Reihenfolge versetzt. Die Stallstandfläche ist auf jedem Auslauf immer an der gleichen, markierten Stelle. Die Parzellen haben eine Größe von jeweils 30 mal 30 m (900 m²). Umgerechnet auf 225 Legehennen sind das 4 m² pro Henne und Auslauf und in Summe 32 m² pro Henne und Jahr.

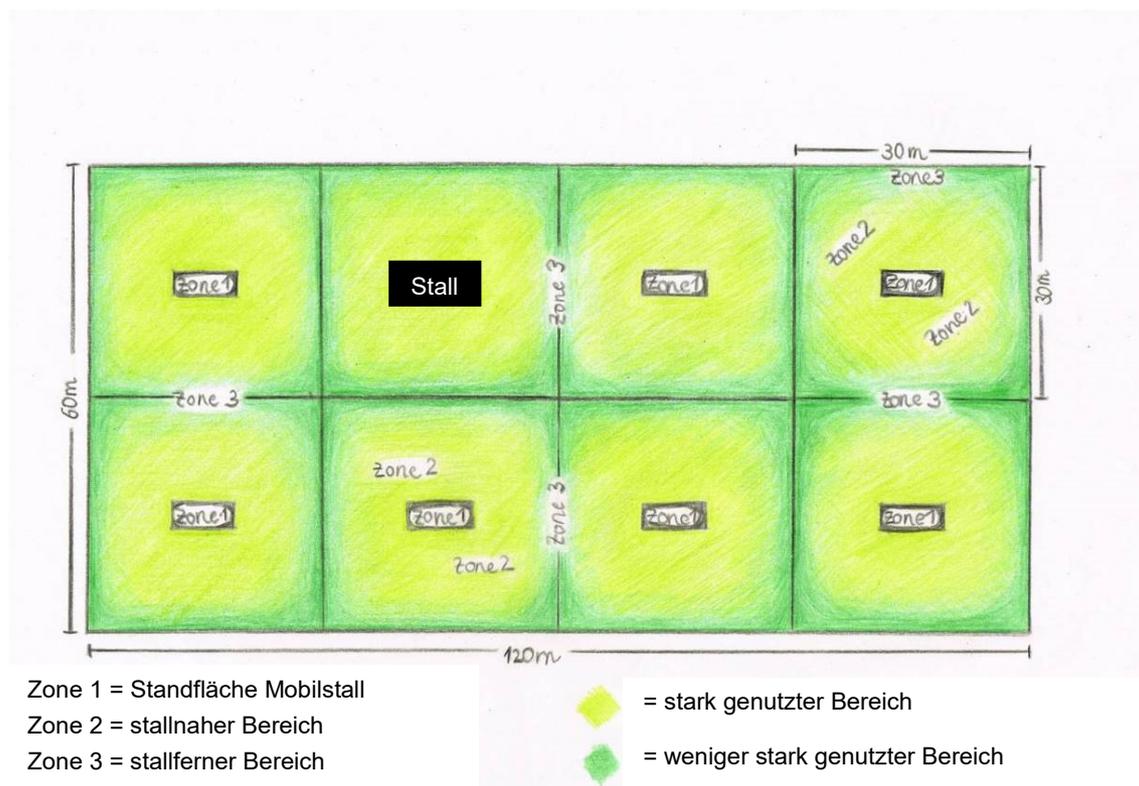


Abb. 26: Auslaufzeichnung von Betrieb 1: Mobilstall - System Weiland

Zonierung

Die Grasnarbe ist zum Zeitpunkt der Probenahme in allen Zonen in einem guten Zustand. Die Stallstandfläche weist einen leicht lückigen Bestand auf, wohingegen der stallnahe Bereich und der stallferne Bereich dicht bewachsen sind. Der Pflanzenbestand ist über die

gesamte Weide abgegrast (aber nicht zerstört). Nur am Parzellenrand stehen die Pflanzen etwas höher.

Es werden drei Zonen je Parzelle gebildet: die Stallstandfläche (Zone 1), der stallnahe Bereich (Zone 2) und der stallferne Bereich (Zone 3). Zur Beprobung der Stallstandfläche wurden mittig auf den Standflächen Proben gezogen. Der stallnahe Bereich wurde im Abstand von 1 m zum Stall beprobt. Die Beprobung des stallfernen Bereiches fand in 1 bis 2 m Entfernung vom Parzellenrand statt.

N_{min}-Gehalte

Die Sammelproben der acht Ausläufe vom 07.04.2016 werden für jede Zone zu einem gemeinsamen Mittelwert zusammengerechnet. Die N_{min}-Gehalte in der stallnahen Zone sind mit 2,89 mg/100 g Boden die höchsten und mehr als doppelt so hoch wie die N_{min}-Gehalte der Standfläche (Abb. 27). Auffällig sind die im Verhältnis hohen Ammonium-N-Gehalte im stallnahen Bereich, sie machen - genauso wie im stallfernen Bereich - mehr als 50 % des N_{min}-Gehalts aus. Die N_{min}-Gehalte der Kontrollparzelle (intaktes Klee gras) sind auf etwa dem gleichen Niveau wie der stallferne Bereich. Die Nitrat-Gehalte sind in allen Zonen und Bodenschichten relativ niedrig.

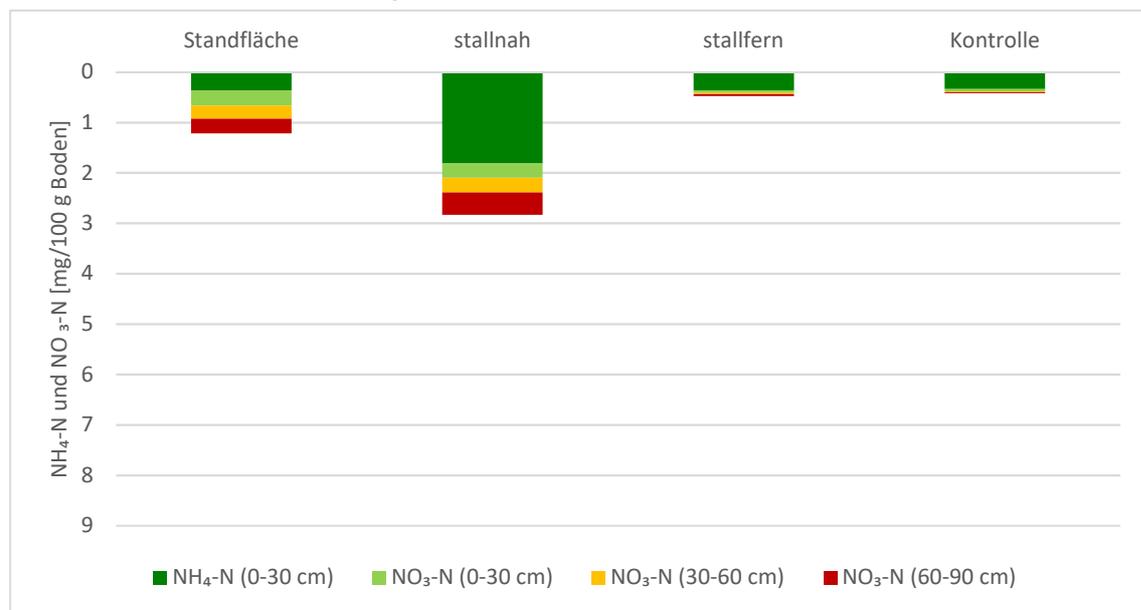


Abb. 27: N_{min}-Gehalte der drei Zonen des Mobilstalls als Mittelwert aus acht Wechselläufen am 07.04.2016 (Betrieb 1)

Betrachtet man hingegen nur die Nitrat-Gehalte im Boden, so wird der Wert von 1 mg NO₃-N/100 g Boden nicht überschritten.

Diskussion

Der maximale N_{min}-Wert liegt bei 2,89 mg/100 g Boden, wobei Nitratstickstoff daran einen Anteil von etwa 1 mg/100 g Boden hat und damit vergleichsweise niedrig ist. Selbst bei 32 m² Auslauffläche pro Henne - der hier im Betriebsvergleich höchsten Flächenbeimessung - verteilt auf acht Wechselläufe, findet in geringem Maße eine Nährstoffakkumulation

statt. Die Probenahme erfolgte hier von allen untersuchten Betrieben am frühesten. Bis zum 7. April hat nur in geringem Maße Mineralisation stattgefunden. Zu einem späteren Zeitpunkt hätten die Werte höher gelegen.

4.2.2 Betrieb 2: Stationärer Winterstall kombiniert mit Verarmungsanbau

Betrieb 2 ist die hessische Staatsdomäne Frankenhausen, sie kombiniert einen stationären Winterstall mit einem gezielten Verarmungsanbau der Auslauffläche im Sommer, wenn die Hennen sich im Sommermobilstall auf den Klee grasflächen des Betriebes befinden.

Standort

Die Bodenart ist Parabraunerde aus Löß. Der Jahresniederschlag liegt bei 650 mm und die Jahresdurchschnittstemperatur bei 8,5 °C. Die Fläche liegt 180 m über NN, ist eben und wird seit sechs Jahren als Legehennenauslauf genutzt, allerdings mit schwankender Besatzdichte.

Stall

Der stationäre Stall wird nur im Winter für die Legehennenhaltung genutzt. Im November 2015 wurden 675 Legehennen eingestallt. Im Mai 2016 wurden die Hennen in zwei Mobilställe umgestallt, wo sie bis November 2016 verblieben.

Auslauf- und Begrünungsmanagement

Der Auslauf des stationären Stalls wird nicht durch einen Zaun begrenzt, sodass die Hennen auch die angrenzende Ackerfläche nutzen können. Einzelne Tiere entfernen sich sehr weit von der eigentlichen Auslauffläche. Eine schmale Hecke von 2,5 m Breite, verläuft zwischen den Zonen 1 (stallnah) und 2 (Mitte), quer zu den Auslaufklappen (siehe Abb. 27). Von November bis Mai wird der stationäre Stall zur Legehennenhaltung genutzt. Nachdem die Hennen Anfang Mai in den Mobilstall umgezogen sind, wurde auf der Auslauffläche des Winterstalls ein Sonnenblumen-Mais-Gemenge gesät. Mit dem gezielten Verarmungsanbau soll erwirkt werden, dass der mineralisierte Stickstoff nicht ausgewaschen wird.

Die Saat ging sehr unregelmäßig auf, sodass sich viele Beikräuter (besonders Franzosenkraut (*Galinsoga parviflora*), Melde (*Atripliceae*) und Brennessel (*Urtica*)) ausbreiten konnten und die Biomasse sehr unterschiedlich hoch war. Am 14.09.2016 wurde die Fläche gemäht und die Pflanzenmasse abgefahren. Nach einer Bodenbearbeitung mit einem Grubber wurde Roggen (Ducato) mit hoher Saatstärke gesät, damit den, im November neu eingestellten, Junghennen ein begrünter Auslauf zur Verfügung steht.

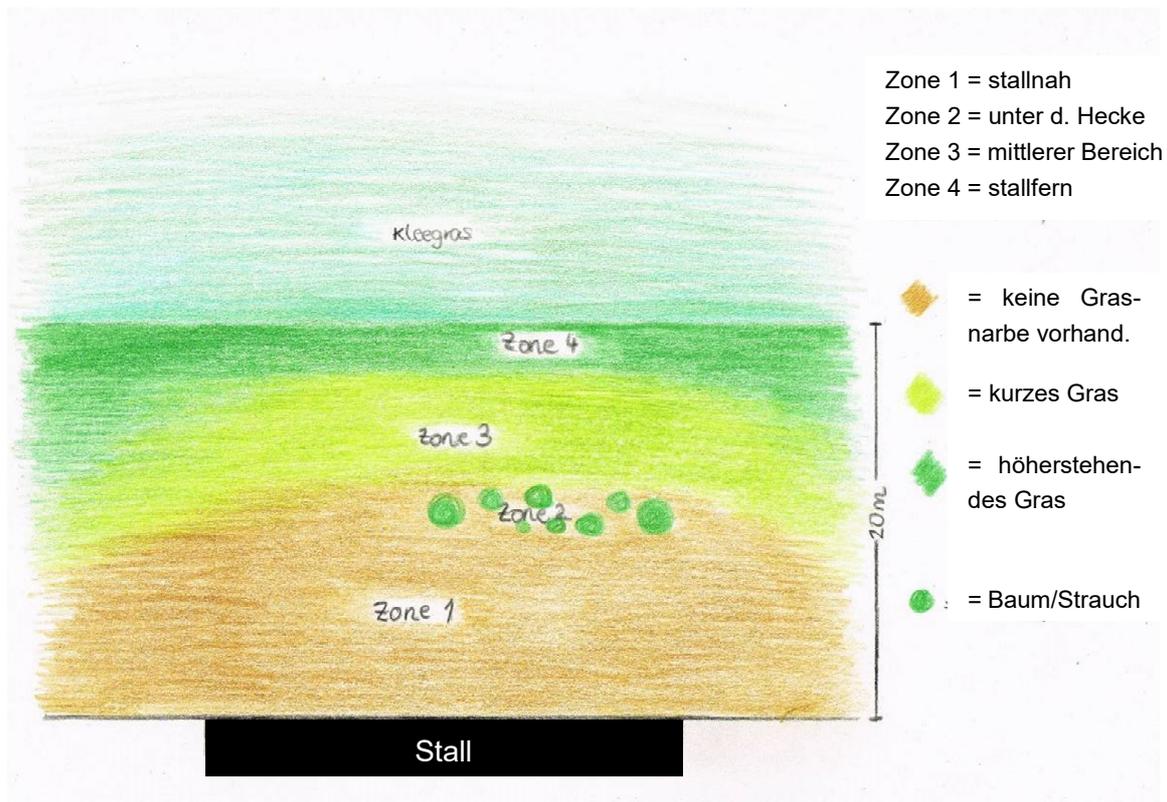


Abb. 28: Auslaufzeichnung von Betrieb 2: Stationärer Winterstall kombiniert mit Verarmungsanbau im Sommerhalbjahr

Einschätzung des Betriebsleiters

Die Betriebsleiterin ist mit der Auslaufnutzung der Hennen nicht zufrieden, da sie sich vor allem im stallnahen Bereich aufhalten. Da es sich um eine Pacht-Ackerfläche handelt, können allerdings nur wenige Maßnahmen zur Auslaufstrukturierung getroffen werden. Um den Ackerstatus zu erhalten, dürfen keine Bäume angepflanzt werden.

Die Betriebsleiterin bezeichnet das Auslaufsystem im Hinblick auf das Nährstoffmanagement als „nicht geglückt“. Bei Starkregen wird der Untergrund matschig, die Hennen gehen trotzdem in den Auslauf. Möglichkeiten zur Optimierung sieht die Betriebsleiterin in der Minimierung der Dauer der Legehennenhaltung im stationären Stall. Auch die Verkleinerung der Herde sieht die Betriebsleiterin als Möglichkeit. Ende 2016 zur Neueinstellung wurde die Herde schon um 100 Tiere verringert.

Zonierung

Obwohl die Auslauffläche nicht durch einen Zaun begrenzt ist, lassen sich zum Zeitpunkt der ersten Probenahme anhand der Grasnarbe Nutzungszonen sehr gut erkennen (siehe Abb. 28). Im stallnahen Bereich, der bis an eine quer zu den Klappen verlaufende Buschreihe reicht, ist keine Vegetation vorhanden. Dieser Bereich wird innerhalb des Belegungszeitraumes von November bis Mai, ebenso wie der Bereich unter den Büschen, von den Hennen sehr stark genutzt. Hier liegt die erste Zone (stallnah). Die angrenzende Buschreihe bildet die zweite Zone. Hinter ihr liegt die dritte Zone (Mittelbereich). Sie weist eine dichte,

aber kurz abgefressene Grasnarbe auf. Kurz vor dem Ende der eigentlichen Auslaufläche, die durch einen Wiesenweg markiert ist, steht das Gras deutlich höher als in der dritten Zone. Hier befindet sich die vierte Zone (stallfern). Zur Kontrolle wurden auf der angrenzenden Klee grasfläche Vergleichsproben gezogen.

N_{min}-Dynamik und N-Entzug

Durch die Beprobung über mehrere Monate lässt sich erkennen, dass die Stickstoffgehalte im Boden von April bis Oktober deutlich zunehmen, obwohl seit dem Ausstallen der Hennen im Mai kein Kot oder Dünger mehr auf die Fläche gekommen ist. Insbesondere der NO₃-N-Gehalte in der untersten Probertiefe (60-90 cm) hat über den Beprobungszeitraum zugenommen. Der NH₄-N-Gehalt auf der Auslaufläche ist sehr niedrig. Der höchste Wert wurde im Oktober unter der Hecke mit einer Höhe von 8,9 mg/100 g Boden gemessen und ist der mit Abstand höchste gemessene Stickstoffgehalt im gesamten Betriebsvergleich. Die beiden Probenahmen auf der Kontrollfläche zeigen, dass auch ohne Düngung der N_{min}-Gehalt von April bis Oktober etwas zunimmt (Abb. 29). Zum Zeitpunkt der Pflanzenprobenahme im August wucherten zwischen den einzelnen Büschen und einer Quitte vor allem Brennnesseln. In den anderen Zonen dominierten Franzosenkraut und Melde. Je nach Probe lag die Trockenmasse zwischen 0,8 und 1,2 kg/m² und war damit recht heterogen. Dies ist bei der Interpretation der N-Entzüge durch den Aufwuchs zu berücksichtigen. Die Pflanzen konnten bis zur August-Probenahme bis zu 175 kg N/ha entziehen.

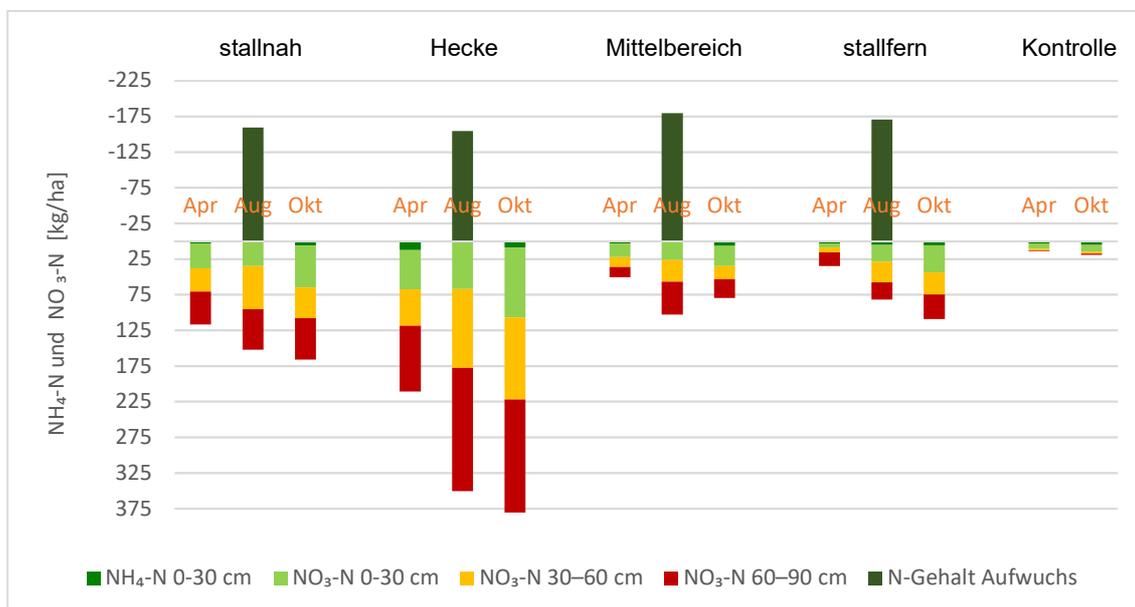


Abb. 29: N_{min}-Gehalt (Zonen-Mittelwerte) im Auslauf des stationären Winterstalls am 12.04., 24.08. und 07.10.2016 sowie N-Entzug durch den Verarmungsanbau im August 2016 (Betrieb 2)

Diskussion

Die Maximalwerte im Auslauf finden sich unter der Hecke und liegen bei 8,9 mg/100 g Boden. Das zeigt, dass die Hennen hier Unterschlupf finden und sich hier aufhalten. Durch die Hecke wird also keinesfalls automatisch eine bessere Verteilung der Tiere erreicht, sondern eine zusätzliche Zone mit hohen Einträgen geschaffen. Diese Hecke leitet die Tiere nicht in die Fläche, sie zieht sie lediglich an und wirkt eher als Barriere.

Bis zu 4 mg NO₃-N/100 g Boden befinden sich in der untersten Probenahmeschicht (60-90 cm). Es kann vermutet werden, dass hier keine Pflanzenwurzel für Entzug sorgt, der vorhandene Stickstoff somit noch tiefer verlagert und ausgewaschen wird und langfristig im Grundwasser landet.

Die Ergebnisse des versuchten Verarmungsanbaues auf Betrieb 2 zeigen, dass die Pflanzen zwar etwa 175 kg N/ha aufnehmen, sich in der Dynamik (Abb. 29) dadurch aber die Stickstoffgehalte im Boden nicht verringern. Dennoch kann durch die Abfuhr der Pflanzmasse nach der Ernte Stickstoff entzogen werden. Die Wirkung des Verarmungsanbaus reicht allerdings nicht aus, um den gesamten überschüssigen Stickstoff aufzunehmen. Da der Auslauf bereits seit sechs Jahren in Nutzung ist, zuvor aber noch nie ein Verarmungsanbau durchgeführt wurde, ist es denkbar, dass ein einmaliger Verarmungsanbau nicht ausreicht, die Akkumulation vergangener Jahre abzuschöpfen.

4.2.3 Betrieb 3: Stationärer Stall mit zwei Wechselausläufen

Auf Betrieb 3 wurde das Auslaufsystem einer Legehennenherde mit 3000 Hennen beprobt. Ihnen stehen zwei Wechselausläufe zu Verfügung. Je 100 Hennen wird zusätzlich ein Hahn gehalten.

Standort

Der Betrieb liegt 65 m über NN mit etwa 680 mm Niederschlag/Jahr. Bei der Bodenart handelt es sich, nach Aussage des Betriebsleiters, um einen Sandboden. Das Relief des Auslaufs ist flach. Der Auslauf wird seit sechzehn Jahren als Legehennenauslauf genutzt. Die langjährigen (1981-2010) Mittelwerte der Jahresdurchschnittstemperatur liegen bei 9,0 °C (DWD 2017).

Stall

Der Hühnerstall ist ein Umbau eines Altgebäudes (Schweinstall), der zu einer Volierenhaltung eingerichtet wurde. Unmittelbar angrenzend an den Warmstall befindet sich ein Wintergarten, von dem die Tiere Zugang zum Grünauslauf erhalten.

Auslaufmanagement

Die Wechselläufe werden in einem etwa achtwöchigen Rhythmus genutzt. Sie sind 200 mal 250 m bzw. 200 mal 100 m groß. Die weiteste Entfernung von den Klappen bis zum Auslaufende sind 250 bzw. 200 m (Abb. 30).

Der stallnahe Bereich vor den Klappen ist mit einer 30 cm dicken Sandschicht aufgeschüttet. Mit der Zeit scharren die Hennen den Sand immer weiter in die Auslaufmitte, sodass von Zeit zu Zeit eine neue Ladung Sand verteilt werden muss. Im Auslauf hinter dem Sandbereich werden gelegentlich Hackschnitzel verteilt. Die stallfernen Bereiche werden regelmäßig abgemulcht. Manchmal werden auch Schafe zur Beweidung auf der Fläche eingesetzt. Der jeweils nicht genutzte Wechsellauf wird – wenn nötig – mit Roggen nachgesät. Die Buschreihe, die zwischen den Wechselläufen verläuft, ist für die Hennen immer zugänglich und soll als Deckung und Leitelement dienen. Neben dieser Buschreihe sind über den ganzen Auslauf verteilt Büsche und Bäume zur Auslaufstrukturierung angepflanzt.

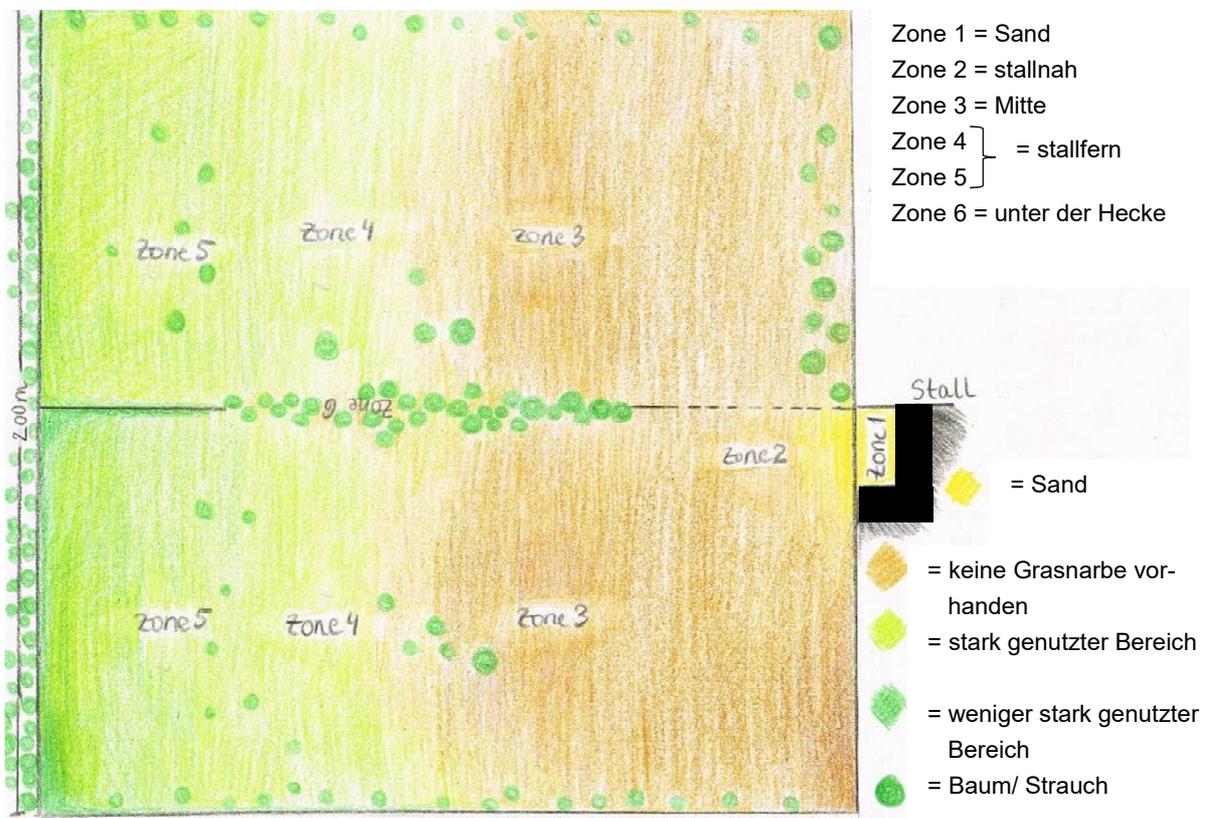


Abb. 30: Auslaufzeichnung von Betrieb 3: Stationärer Stall mit zwei Wechselläufen

Eine Legehennenherde wird 18 Monate gehalten. Bis zum neuen Einstellen bleibt der Stall zwei bis drei Wochen leer. Im Winter haben die Hennen etwa für acht Stunden Zugang zum Auslauf, im Sommer hingegen bis zu zwölf Stunden. Den Hennen stehen - je nach Auslauf - 5 bzw. 6 m² zur Verfügung.

Einschätzung des Betriebsleiters

Der Betriebsleiter ist mit der Auslaufnutzung im stallfernen Bereich zufrieden, im stallnahen Bereich weniger. Er sieht jedoch wenig Änderungsmöglichkeiten, da es sich um einen stationären Stall handelt. Der Betriebsleiter denkt, dass es nur noch wenige Verbesserungsmöglichkeiten in der Strukturierung des Auslaufs gibt. Den stallnahen Bereich schätzt er bis 50 m Entfernung von den Klappen als besonders mit Nährstoffen belastet ein. In Zukunft möchte er sein Management durch Bodenaustausch und Hackschnitzelaustausch verbessern. Bei Starkregen verschwinden entstandene Pfützen zügig aufgrund des Sandbodens. Auswaschungen sind ihm nicht bekannt. Vor zehn Jahren wurden schon einmal Stickstoffuntersuchungen durchgeführt, damals war alles „im grünen Bereich“.

Zonierung

Die beiden Wechselläufe werden in fünf Zonen unterteilt. Zonen 1 (Sand) und 2 (stallnah) liegen noch vor den beiden Wechselläufen und sind daher ständig zugänglich. Zone 1 ist der Bereich direkt hinter den Klappen. Hier wird regelmäßig neuer Sand aufgeschüttet. Mit Zone 2 beginnt die eigentliche Weide. Dieser Bereich weist, bis auf einzelne Bäume, keinen Bewuchs auf und dient den Hennen nur als Durchlaufbereich. Von hier aus sind die beiden Wechselweiden begehbar. In der mittleren Auslaufzone (Zone 3) ist auch keine Grasnarbe vorhanden. Nur die stallfernen Bereiche (Zonen 4 und 5) haben eine geschlossene Grasnarbe.

Ergebnisse der Stickstoffanalysen

Der Sandbereich direkt hinter den Klappen weist sehr hohe N_{\min} -Gehalte auf (Abb. 31). Der Stickstoffgehalt im stallnahen Bereich ist niedriger als der in der mittleren Zone. Der stallferne Bereich weist deutlich niedrigere Werte auf als die anderen Zonen. Die N_{\min} -Gehalte unter der Hecke sind verhältnismäßig niedrig. Die letzte Zone, die die größte Entfernung vom Stall hat, weist höhere Stickstoffgehalte auf als die Zone davor.

Die N_{\min} -Gehalte von Auslauf 1 und 2 haben insgesamt ein sehr ähnliches Niveau, wobei der Ammoniumgehalt in Wechsellauf 2 deutlich höher ist als im Mittelbereich. Der maximale N_{\min} -Gehalt (Mittelwert) einer Zone liegt bei etwa 6,1 mg/100 g Boden im aufgeschütteten Sand direkt hinter den Klappen.

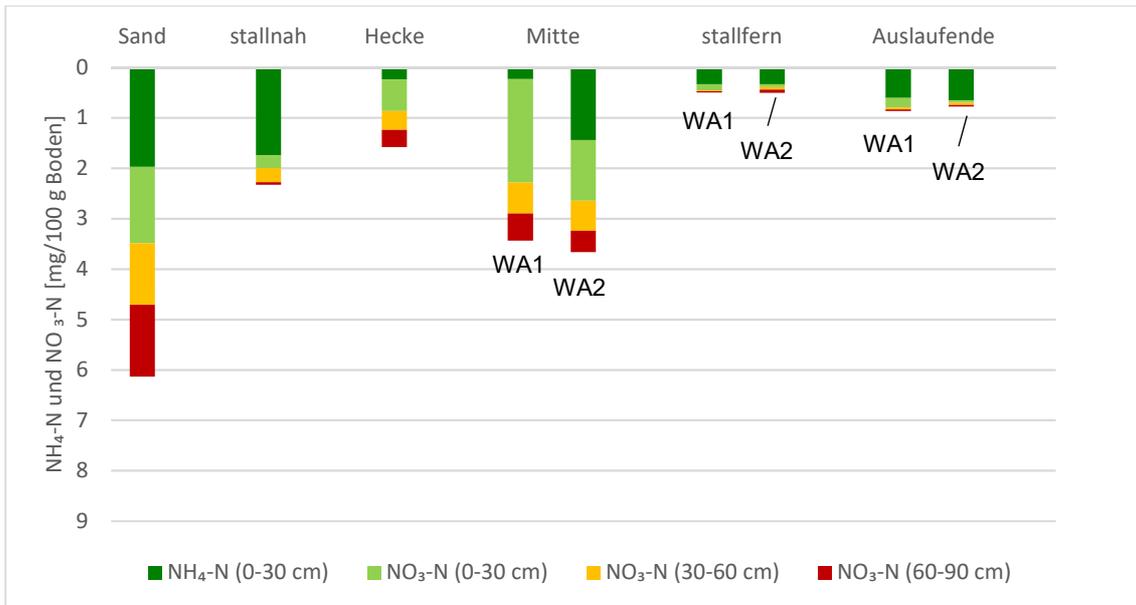


Abb. 31: N_{min}-Gehalte beim stationären Stall mit zwei Wechselläufen (WA) am 03.06.2016 in Abhängigkeit von den Zonen (Betrieb 3)

Diskussion

Durch die gute Auslaufstrukturierung schafft der Betrieb eine hohe Auslaufakzeptanz und eine gute Verteilung der Hennen im Auslauf. Der höchste N_{min}-Gehalt einer Zone von 6,1 mg/100 g Boden findet sich im Sandbereich direkt hinter den Klappen, wovon über 4 mg/100 g Boden Nitrat-N sind (Abb. 36) und zeigt, dass hier ein hohes Gefährdungspotenzial gegeben ist

Der Bereich in der Auslaufmitte wird aufgrund der guten Schutzmöglichkeiten stark genutzt. Die starke Beanspruchung des Bodens durch Kotanfall und das Scharren und Picken der Hennen führt dazu, dass keine bodenbedeckende Vegetation zu finden ist. Somit ist davon auszugehen, dass der hier eingetragene Stickstoff langfristig ausgewaschen wird und ggf. auch ausgast. In der Mitte von Auslauf 2 rühren die anteilig höheren Ammoniumgehalte möglicherweise aus der Bodenbearbeitung für die Nachsaat. Überraschend ist, dass selbst im stallfernen Bereich höhere Ammoniumgehalte gemessen werden, obwohl hier weder frischer Kot aufgetragen wurde noch durch Bodenbearbeitung die Mineralisation angeregt worden ist. Vermutlich passieren die Hennen diesen Bereich nur und halten sich vor allem in der mittleren Zone auf, da sie mehr Deckung durch Büsche und Bäume bietet. Der stallnahe und der mittlere Bereich werden anscheinend so stark genutzt, dass sich eine Grasnarbe dort nicht halten kann. Auffällig ist zudem, dass sich im länger nicht genutzten Auslauf keine N_{min} bzw. Nitrat-Reduktion im Vergleich zum aktuell genutzten Auslauf, findet.

4.2.4 Betrieb 4: Mobilstall auf Kufen – System Wördekemper (ohne Bodenplatte)

Auf Betrieb 4 werden mehrere Legehennenherden gehalten, sowohl im stationären Stall als auch in Kufenställen ohne Bodenplatte. Beprobte wurde eine Gruppe von 1000 Legehennen im Kufenstall. Auf der Fläche werden neben den Legehennen zusätzlich sechs Schafe gehalten, die die Hennen in die Fläche locken und Greifvögel abhalten sollen. Die Hennen bleiben achtzehn Monate im Stall. Sie wurden im Januar 2015 eingestallt.

Standort

Im Jahr der Probenahme liegen nach Aussagen des Betriebsleiters die Niederschläge deutlich über dem bisherigen Durchschnitt von 600 bis 700 mm/m² und Jahr. Der Betrieb liegt 55 m über NN. Das langjährige Mittel der Lufttemperatur (1981-2010) liegt bei 9,6 °C (DWD 2017). Die Bodenart der beprobten Fläche ist lehmiger Sand. Die Fläche ist mit 38 Bodenpunkten eine der besten Flächen des Betriebes und eben. Der Standort ist eher flachgründig mit einer dicken Lehmschicht in der Tiefe, durch die eine Drainage führt. Auf der Fläche werden seit fünf Jahren Legehennen gehalten.

Stall

Der Kufenstall hat keine eigene Bodenplatte und ist 25 m lang und 8 m breit. Bevor der Stall umgesetzt wird, wird die neue Standfläche mit Stroh eingestreut.

Auslauf- und Düngermanagement

Die Gesamtfläche besteht aus zwei etwa gleich großen Teilflächen (Abb. 32). Die eine Hälfte ist betriebseigenes Grünland, die andere Hälfte ist gepachtetes Ackerland, welches zur Erhaltung des Ackerstatus in jedem fünften Jahr umgepflügt werden muss. Im Jahr der Probenahme wird dort Mais angebaut. Auch während der Mais auf der Fläche steht, wird diese als Hühnerauslauf genutzt. Bis der Mais eine gewisse Größe erreicht hat, steht den Hennen allerdings nur die Grünlandseite zur Verfügung.

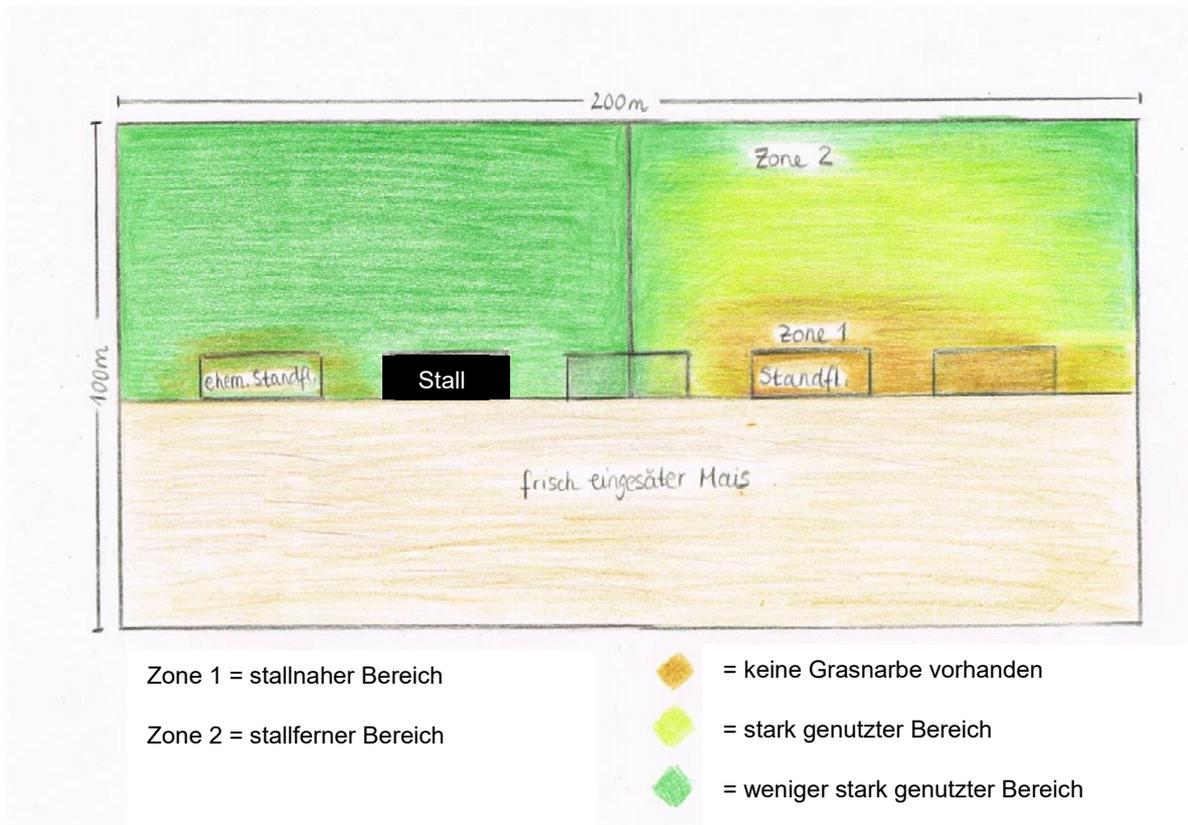


Abb. 32: Auslaufzeichnung von Betrieb 4: Mobilstall – System Würdekemper (ohne Bodenplatte)

Der Stall wird im Sommerhalbjahr monatlich versetzt, im Winter, abhängig von den Bodenverhältnissen, eher alle zwei Monate, wobei alle zwei bis drei Wochen zwischen den Weiden auf beiden Längsseiten des Stalls gewechselt wird. Entscheidend für den Rhythmus sind der Zustand der Grasnarbe und die Witterung. Wenn nötig wird der „alte“ Auslauf direkt nach dem Weidewechsel nachgesät. Zur Nachsaat wird häufig Roggen eingesetzt, da er schnell wächst, allerdings ist er nicht sehr beständig. Er bildet keine geschlossene Narbe und wird von den Hennen schnell abgefressen. Laut Aussage des Betriebsleiters eignet sich eine Grasmischung für Legehennenausläufe besser, da sie robuster ist und einen hohen Anteil an Weidelgras aufweist.

Im Sommer ist der Auslauf ab 8 Uhr bis zur Dämmerung offen, im Winter werden die Klappen je nach Sonnenaufgang zwischen 9 und 10 Uhr geöffnet. Von insgesamt zwei Hektar Auslauffläche, steht den Hennen immer ein Viertel zur Verfügung. Auf der Grünlandfläche sollen zukünftig Bäume und Büsche angepflanzt werden, um die Hennen weiter in die Fläche zu locken. Auf der Ackerfläche sollen Weiden angepflanzt werden, wobei der Betriebsleiter noch klären muss, ob sich das mit dem Ackerstatus vereinbaren lässt. Zur Distelbekämpfung wird regelmäßig nachgemäht. Der stallnahe Bereich wird nicht befestigt und ist meist trocken. Nur nach starken Regenfällen und im Winter bilden sich Pfützen, die auch mal länger (bis zu vier Wochen) stehen bleiben. Zwischen dem Stall und dem Ende des Auslaufs liegen maximal 60 m.

Nach dem Versetzen des Stalls wird der Hühnermist mit einem Traktor abgefahren und auf den Ackerflächen des Betriebs verteilt, wobei der Betriebsleiter darauf achtet, dass lieber etwas Boden mit abgetragen wird, als dass noch Mist auf der Fläche bleibt. Die entstehende Kuhle wird mit einer Anhängerladung Erde aufgefüllt und glattgezogen.

Einschätzung des Betriebsleiters

Insgesamt ist der Betriebsleiter mit der Auslaufnutzung zufrieden. Vormittags und nachmittags sind, bei passender Witterung, nahezu alle Hennen im Auslauf. Nur an sehr heißen Tagen bleiben die Hennen lieber im Stall. Für den Betriebsleiter ist das Tierwohl ein wesentliches Anliegen. Laut eigenen Angaben hat er sich aus arbeitswirtschaftlichen und hygienischen Gründen für das Kufenstallsystem entschieden.

An der unterschiedlich starken Abnutzung des Bewuchses kann der Betriebsleiter Nutzungszonen erkennen. Der stallnahe Bereich ist besonders beansprucht. Sein Nährstoffmanagement schätzt der Betriebsleiter als relativ gut ein. Nach eigener Einschätzung ist das Kufenstall-System aus Sicht des Umweltschutzes deutlich besser als ein stationärer Stall. Im Bereich direkt vor den Klappen und im Scharrbereich im Stall sieht er die Zonen mit dem höchsten Nährstoffeintrag. Unter der Standfläche vermutet er keine erhöhten Stickstoffgehalte. Der Betriebsleiter möchte die Situation gerne noch verbessern, weiß aber nicht was er tun kann. Von einer Auswaschung ist seinem Ermessen nach aufgrund der dicken Lehmschicht nicht auszugehen; der Grundwasserspiegel liegt etwa 30 m tief.

Zonierung

Die Fläche wurde in vier Zonen eingeteilt: Die Standfläche des Stalls, die ehemalige Standfläche des Stalls, die stallnahe und die stallferne Zone. Der Stall wurde von der beprobten Standfläche des Stalls fünf Tage zuvor auf eine neue Fläche versetzt. Die ehemalige Standfläche ist die Fläche, auf der der Stall bis zwei Monate vor der Beprobung gestanden hat. (siehe Abb. 32) Bei einer Fläche von 100 mal 200 m, stehen den 1.000 Tieren 2 ha zu Verfügung. Das entspricht 20 m² je Henne. Aufgrund der Bodenbearbeitung durch das Abtragen des Mistes kann der Zustand der Grasnarbe vor dem Versetzen nur schlecht eingeschätzt werden. Dort wo der Boden nicht bearbeitet wird, ist der Grasbestand lückig und abgefressen. Mit zunehmender Standplatzentfernung wird die Grasnarbe dichter. In direkter Zaunnähe steht das Gras höher.

N_{min}-Gehalte

Im stallfernen Bereich sind die N_{min}-Gehalte relativ hoch, wobei in der tiefsten Probenschicht die NO₃-N-Gehalte gering sind (Abb. 33). Vergleicht man die einzelnen Zonen so wurden auf der Stallstandfläche die höchsten N_{min}-Gehalte gemessen. Im Mittelwert aus den beiden Sammelproben ergibt sich ein N_{min}-Gehalt von 6,8 mg/100 g Boden. Aber auch der anteilige Ammoniumgehalt ist mit ca. 2,9 mg/100 g Boden ungewöhnlich hoch. Die ehemalige Stallstandfläche hat einen vergleichsweise sehr niedrigen N_{min}-Gehalt mit etwa 0,9 mg/100 g Boden.

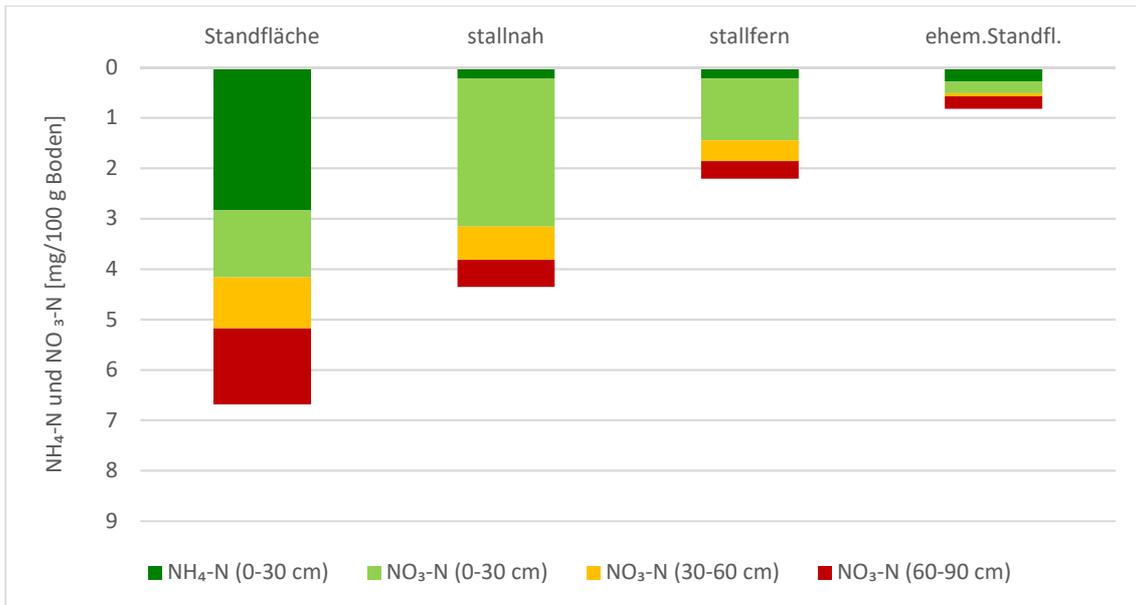


Abb. 33: Zonen-Mittelwerte von einem Wechselauslauf des Mobilstalls (Wördekemper) und von der ehemaligen Stallstandfläche am 03.06.2016 (Betrieb 4)

Diskussion

Durch das Versetzen des Kufenstalls an fünf verschiedene Plätze, kann Betrieb 4 für eine gewisse Entlastung des stallnahen Bereichs sorgen. Die fehlende Bodenplatte unter dem Stall führt trotz des konsequenten Abschiebens des Mists zu einer hohen Stickstoffakkumulation von bis zu 6,8 mg N_{min}/100 g Boden, davon sind knapp 4 mg NO₃-N/100 g Boden. Mangels Pflanzenbewuchs wird der Stickstoff mit dem nächsten Regen in tiefere Bodenschichten ausgewaschen. Auf der schon seit etwa zwei Monaten nicht mehr genutzten ehemaligen Stallstandfläche sind die Stickstoffgehalte niedrig. Wodurch die Stickstoffgehalte so schnell reduziert werden, bleibt offen. Der spärliche Bewuchs kann eine derartige Reduktion nicht erwirkt haben.

4.2.5 Betrieb 5: Stationärer Stall mit Tunnel

Betrieb 5 hat mehrere Legehennenherden, sowohl im stationären Stall als auch im Weiland-Mobilstall. In der Legehennenherde gibt es keine Hähne. Beprobte wurde eine Herde mit 3.000 Hennen in einem stationären Stall. Eine Herde bleibt bis zum Ausstallen 350 Tage auf dem Betrieb. Zwischen zwei Durchgängen liegen etwa 14 Tage. Der übliche Termin zur Aus- und Neueinstellung liegt im August.

Standort

Die Niederschläge betragen etwa 750 mm. Der Betrieb liegt 450 m über NN. Das Relief ist relativ flach, die Wechselweide, die zum Probenahmetermin nicht als Auslauf genutzt wurde, fällt in Richtung der genutzten Wechselweide leicht ab. Der Boden ist schwer. Das langjährige Mittel der Lufttemperatur (1981-2010) liegt bei 8,5 °C (DWD 2017). Die Fläche wird schon etwa 20 Jahre als Hühnerauslauf genutzt.

Stall

Die Hühner werden über einen überdachten Zugang in Form eines Tunnels vom stationären Stall in vier abwechselnd zugängliche Nahbereiche geführt, die jeweils für etwa eine Woche genutzt werden.

Auslauf- und Düngermanagement

Für die 3.000 Legehennen steht eine 160 m x 160 m (25.600 m²) große Fläche zur Verfügung, wobei je eine Hälfte für drei Jahre ackerbaulich genutzt wird (Abb. 34). Nimmt man die Hälfte der Gesamtfläche als Berechnungsgrundlage, so stehen der Legehennenherde 4,3 m² pro Tier zur Verfügung. Bezieht man den alle drei Jahre ablaufenden Flächenwechsel mit ein, sind es 8,6 m² pro Henne. Der Auslauf ist immer ab 10 Uhr für die Hennen zugänglich. Bei sehr hohen Temperaturen wird der Auslauf schon um 7 Uhr geöffnet. Die Auslaufläche ist mit etwa zwanzig Hochstamm-Birnbäumen bepflanzt.

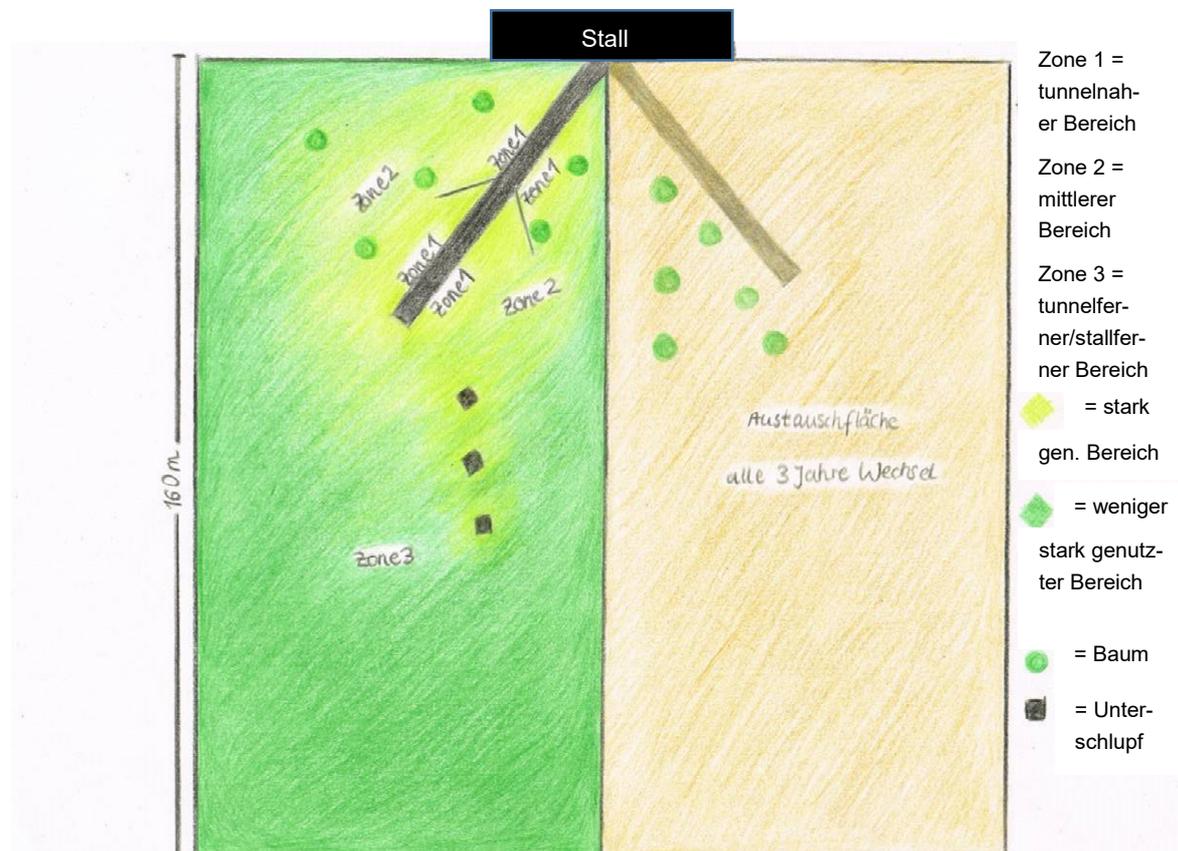


Abb. 34: Auslaufzeichnung von Betrieb 5: Stationärer Stall mit Tunnelsystem

Der stallnahe Bereich wird teilweise mit Rasenschutzgittern abgedeckt, um die Grasnarbe zu schützen. Um den Auslauf zu strukturieren und die Hennen in die Fläche zu locken wurden einige Bäume und Büsche angepflanzt und selbstgebaute Unterschlupfe auf der ganzen Fläche verteilt. Die Unterschlupfe sind flach und haben eine Fläche von 2,5 m x 5 m. Der Tunnel, dessen durchlässiger Draht-Boden mit Hackschnitzeln bedeckt ist, wird alle drei Jahre auf die andere Weide versetzt. Zur Pflege des stallfernen Bereichs wird regel-

mäßig gemulcht. Nach einem Starkregenereignis werden im tunnelnahen Bereich Rasenschutzgitter verlegt und den Hennen wird ein neuer Auslauf zugeteilt. Der Stallmist wird auf den Ackerflächen zur Düngung verwendet.

Einschätzung des Betriebsleiters

Der Betriebsleiter hat sich bewusst für das System mit dem Tunnel entschieden, um den Krankheitsdruck und den Nährstoffeintrag in den Boden möglichst gering zu halten. Laut Aussage des Betriebsleiters werden die ersten 20 m um den Tunnel am intensivsten genutzt. Die Nährstoffeinträge seien hier besonders hoch. Sein Auslaufmanagement, in Bezug auf die Nährstoffe, erachtet er dennoch als gut. In Zukunft möchte der Betriebsleiter noch weitere Unterschlupfe bauen und über die gesamte Auslaufläche verteilen. Auswaschungen gibt es aufgrund des schweren Bodens und der dichten Grasnarbe keine, vermutet der Betriebsleiter. Weiteren Verbesserungsbedarf sieht der Betriebsleiter in einer großzügigeren Verteilung von Rasenschutzgittern. Der Betriebsleiter ist mit der Auslaufnutzung seiner Hennen nur mäßig zufrieden. Probleme bereiten unter anderem Sportflugzeuge und Habichte, sodass sich die Hennen oft nicht nach draußen trauen.

Zonierung

Der Tunnelnahbereich bis etwa 3 m Tunnelentfernung entspricht der ersten Zone. Die zweite Zone umfasst den Bereich, der jeweils von zwei Nahbereichen genutzt wird. Zone 3 ist der tunnelferne Bereich, der bei Weidenutzung immer zur Verfügung steht (Abb. 34). In der stall- bzw. tunnelnahen Zone ist die Grasnarbe bis auf kleine Lücken geschlossen und der Bewuchs sehr kurz. In der zweiten Zone ist die Grasnarbe geschlossen und der Bewuchs zwischen 10 und 20 cm hoch. Im stallfernen Bereich steht das Gras hoch. Zum Zeitpunkt der Probenahme halten sich hier nur einzelne Hennen auf.

Ergebnisse der Stickstoffanalysen

Die N_{\min} -Gehalte liegen durchgängig auf einem vergleichsweise niedrigen Niveau (Abb. 35). Der höchste N_{\min} -Gehalt befindet sich in der tunnelnahen Zone und liegt bei 1,1 mg/100 g Boden. Mit zunehmender Entfernung vom Tunnel sinken die N_{\min} -Gehalte ab.

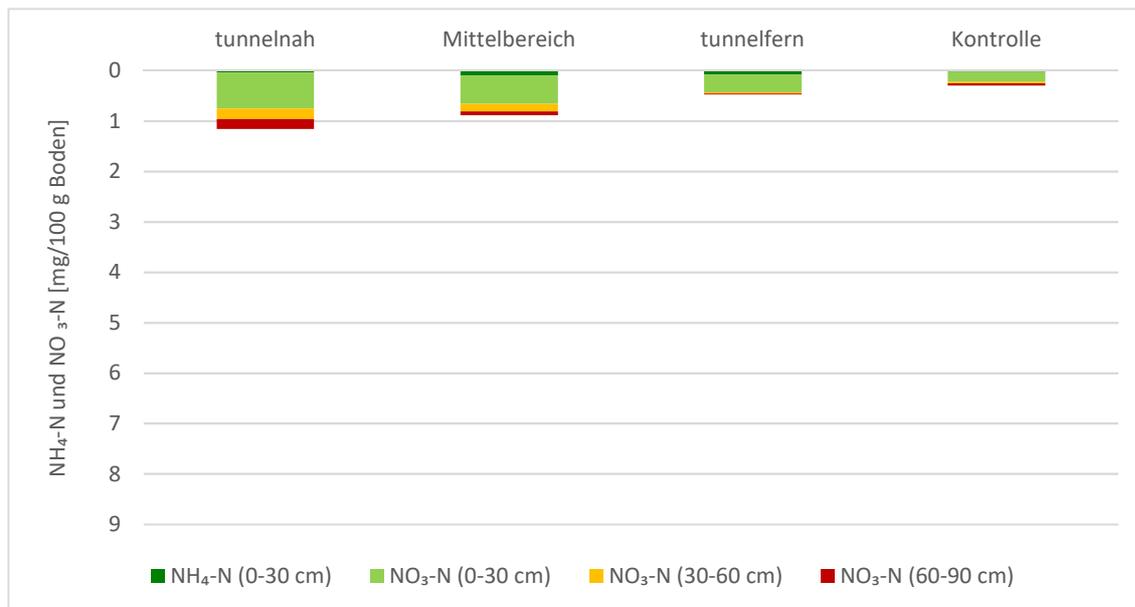


Abb. 35: Mittelwerte der Stickstoffgehalte aus zwei Probenahmen aller Wechselläufe des stationären Stalls mit Tunnelsystem (13.06.2016) (Betrieb 5)

Zusätzlich zu den Bodenproben wurde auch die Hackschnitzel-Einstreu im Tunnel beprobt. Die Mittelwerte aus zwei Sammelproben liegen bei einem NH₄-N-Gehalt von 122 mg/100g Hackschnitzeleinstreu und einem NO₃-N-Gehalt von 35 mg/100 g Streu.

Diskussion

Betrieb 5 schafft durch das Tunnelsystem und die vier Wechselläufe eine Entlastung des sonst meist übernutzten stallnahen Bereichs. Fraglich bleibt aber, ob die niedrigen Stickstoffwerte auch durch eine geringere Nutzung durch die Hennen verursacht werden. Da die Hennen teilweise einen weiten Weg bis zur Weide zurücklegen und dabei den schmalen Tunnel passieren müssen, bleiben möglicherweise viele Tiere im Stall. Zudem scheinen die Hennen auch durch den Flug von Sportflugzeugen den Auslauf weniger zu nutzen. Leider konnten unter dem Tunnel keine Bodenproben gezogen werden. Die Information darüber, ob und in welcher Höhe Stickstoff aus der stark verkoteten Einstreu im Tunnel in die darunterliegenden Bodenschichten gelangt, sind wichtig, um die tatsächliche Umweltverträglichkeit des Auslaufsystems einschätzen zu können.

Das insgesamt sehr niedrige Niveau der Stickstoffgehalte könnte auch von der geringeren Nutzung des Auslaufs beeinflusst worden sein. Leider war es im Zuge der Betriebsbesuche nicht möglich, den Anteil der Legehennen im Auslauf zu bestimmen. Der tunnelferne Bereich wird, vermutlich durch die schlechte Auslaufstrukturierung und die weite Entfernung vom Tunnel, nur von einzelnen Tieren genutzt. Daher überrascht es nicht, dass die Stickstoffgehalte hier denen der Kontrollprobe gleichen. Die durchwegs niedrigen Stickstoffgehalte – besonders bei Bodentiefen jenseits von 30 cm – lassen darauf schließen, dass so gut wie kein Stickstoff ausgewaschen wird. Zudem sorgt die relativ geschlossene Grasnarbe dafür, dass der mineralisierte Stickstoff von den Pflanzen aufgenommen wird.

4.2.6 Zusammenfassender Vergleich der Betriebe

Im Folgenden werden die fünf vermuteten Best-Practice-Beispiele anhand von Merkmalen des Auslaufmanagements gegenübergestellt.

Tab. 11: Vergleich einiger Merkmale der fünf Best-Practice-Betriebe

Be-trieb	System	Anzahl Legehen-nen	Bodenart	Rhythmus Weide-Wechsel	Dauer Flä- chennutzung als Auslauf	Zustand der Grasnarbe	m ² /Huhn	Maximale N _{min} -Gehalte aus je zwei Sammelproben einer Zone
1	Vollmobilstall, acht Wechselweiden	225	Sand	wöchentlich	1 Jahre	gut	32	2,9 mg N/100 g Boden (stallnah, 07.04.April 2016)
2	Winterfeststall/Sommermobilstall	675	Löß	durchgehende Nutzung über Winter	6 Jahre	stallnah fehlend, stallfern gut	8,9	8,9 mg N/100 g Boden (Hecke, 07.10.2016)
3	Feststall, zwei Wechselweiden	3000	Sand	alle 2 Monate	16 Jahre	50 % ohne Grasnarbe (stallnah + Mittelbereich), 50 % gut (stallfern)	11	6,1 mg/100 g Boden (Sandbereich hinter den Klappen, 03.06.2016)
4	Kufenstall	1000	Lehmiger Sand	monatlich	5 Jahre	lückig, teilweise durch Abtrag nicht vorhanden	20	6,8 mg N/100 g Boden (Standfläche, 03.03.2016)
5	Feststall mit Tunnel, vier Wechselweiden	3000	Schwerer Boden	wöchentlich + alle 3 Jahre Flä- chenwechsel	20 Jahre	gut	4,3	1,1 mg N/100 g Boden (tunnelnah, 13. 06.2016)

4.3 Allgemeine Diskussion & Fazit

Bei den Ergebnissen der Stickstoffanalyse handelt es sich jeweils um Momentaufnahmen eines bestimmten Auslaufmanagementsystems. Die Ergebnisse in Kapitel 2 zeigen sehr eindrucksvoll, dass einmalige Momentaufnahmen auch nur eingeschränkt aussagefähig sind. Hinzu kommt, dass der Einfluss einiger weiterer Faktoren wie etwa der Saisonalität oder des Klimas nicht gemessen werden konnten und bei der Diskussion der Ergebnisse bedacht werden müssen. Zudem handelt es sich bei den beprobten Betrieben jeweils um Fallbeispiele. Der direkte Vergleich der Ergebnisse ist somit schwierig, da die Bedingungen auf den untersuchten Betrieben völlig unterschiedlich sind und die Probenahmen auch nicht zum gleichen Zeitpunkt erfolgten. Dennoch kann für jeden Betrieb eine Einschätzung getroffen werden.

Im stallnahen Bereich haben alle stationären Ställe eine Problemzone, die dringend einer Lösung bedarf. Sofern keine Aufteilung des stallnahen Bereichs in mehrere Wechselflächen möglich ist, könnte durch eine regelmäßige Reinigung, Abhilfe geschaffen werden. Welcher Bodenbelag hierfür geeignet ist, muss in weiterführenden Untersuchungen noch geklärt werden. Das regelmäßige Aufschütten von Sand vor den Auslaufklappen führt offensichtlich nicht zu einem verminderten Nährstoffeintrag in den Boden (siehe Betrieb 3).

Neben dem Auslaufmanagement hat sicherlich auch die Auslaufakzeptanz einen großen Einfluss auf die Höhe des N_{\min} -Gehalts im Boden. Wie viel Prozent der Hennen auf einem Betrieb den Auslauf nutzen, konnte im Zuge der Betriebsbesuche nicht erfasst werden. Wie Elbe (2006) festgestellt hat, wird die Stickstoffmenge im Legehennenauslauf wesentlich durch die prozentuale Auslaufnutzung der Hennen mitbestimmt. Je nach Herdengröße variiert die Auslaufnutzung zwischen 10 und 40 %. Bei dem Mobilstall am Standort Harsewinkel, gemessen am Kotanfall, ein Drittel (siehe Kap. 2). Auf Betrieb 5, auf dem die niedrigsten N_{\min} -Gehalte gemessen wurden, erwähnte der Betriebsleiter, dass aufgrund vieler Sportflugzeuge die Auslaufakzeptanz nicht so gut sei.

Neben der durch Ammonifikation und Nitrifikation erfolgten Umwandlung des Kotstickstoffs in Nitrat, gibt es auch noch weitere Umwandlungsprozesse wie z.B. in Lachgas (N_2O), das sehr klimaschädlich ist (Scheffer & Schachtschabel 2010, 405). Außerdem sollte bedacht werden, dass es neben Stickstoff noch weitere Stoffe im Hühnerkot gibt, die die Umwelt belasten könnten. Dazu gehören Phosphor, aber auch Antiparasitika und Antibiotika. Diese Stoffe wurden im Kapitel Best-Practice nicht berücksichtigt.

Es ist bekannt, dass im Laufe der Nutzungsdauer einer Herde teilweise erhebliche Tierverluste etwa durch Greifvögel möglich sind. Wie viele Hennen tatsächlich zum Zeitpunkt der Probenahme eingestallt waren, konnte nicht überprüft werden.

Des Weiteren ist zu bedenken, dass mit Ausnahme der Betriebe 3 und 4, die Ausläufe auf einer mit Klee gras eingesäten Ackerfläche angelegt sind. Der Einfluss der verschiedenen Nutzungsarten ist nicht untersucht worden. Zur Einschätzung des Auslaufmanagements wurden die einzelnen Ausläufe in verschiedene Zonen eingeteilt. Am genauesten wäre die Erfassung eines Nährstoffgradienten. Der Aufwand einer solchen Untersuchung wäre allerdings enorm und konnte daher nicht durchgeführt werden.

Auch Standortfaktoren - wie Bodenart, Jahresdurchschnittstemperatur und Niederschlagsmenge - spielen eine große Rolle, wurden aber nicht berücksichtigt. Sinnvoll wäre sicherlich ein Vergleich der verschiedenen Auslaufsysteme unter *ceteris paribus*-Bedingungen. Insbesondere auf den Betrieben 3 (stationärer Stall mit zwei Wechselläufen), 4 (Mobilstall – System Wördekemper) und 5 (stationärer Stall mit Tunnelsystem) hat es vor der Probenahme viel geregnet und die Temperaturen waren hoch. Da die Stickstoffmineralisation mit wechselnder Bodenfeuchte und zunehmender Temperatur zunimmt (Scheffer & Schachtschabel 2010, 405), könnte es gut sein, dass die Mineralisation zum Zeitpunkt der Bodenprobenahme auf allen Betrieben relativ groß war.

In der Best-Practice-Studie wurden Betriebe miteinander verglichen, die sich um ein besonders gutes Auslaufmanagement bemühen. Es ist zu vermuten, dass ein Großteil der deutschen Legehennenhaltungen mit Auslauf deutlich höhere Stickstoffgehalte in den typischen Problemzonen wie dem stallnahen Bereich aufweisen. Nur Betrieb 1 (Harsewinkel) kann durch die hohe Flächenbeimessung und die wöchentlichen Standortwechsel mit niedrigen Nitratgehalten aufwarten. Entgegen unserer Erwartungen konnten keine Betriebe gefunden werden, die ähnlich niedrige Stickstoffgehalte bei gleich hoher Auslaufakzeptanz aufweisen. Alle anderen Best-Practice-Betriebe zeigen zwar gute Ansätze, dennoch finden sich auf allen Betrieben Problemzonen mit deutlich erhöhten N_{\min} - bzw. NO_3 -gehalten.

Das einzige Bundesland, das einen Nitrat-Richtwert für den Boden angibt, ist Baden-Württemberg. Die Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung (SchALVO) gibt für Nitratproblem- und Nitratsanierungsgebiete als Überwachungswert einen Gehalt von 45 kg NO_3 -N in 0-90 cm Bodentiefe im Bodenkontrollzeitraum von 15. Oktober bis 15. November an (Juris GmbH 2001). Eine Überschreitung dieses Gehaltes im genannten Zeitraum könnte zu einer Gefährdung des Grundwassers führen. Da nicht innerhalb dieses Zeitraums die Proben gezogen wurden, lassen sich nur Vermutungen anstellen. Möglicherweise gefährden einige der untersuchten Betriebe durch eine erhöhte Stickstoffbelastung langfristig die Grundwasserqualität an ihrem Standort. Dabei sind sich die Betriebsleiter nicht immer des Problems bewusst. Wie groß dieses Potential tatsächlich ist, lässt sich anhand der einmaligen Probenahme noch nicht exakt genug bestimmen. Es bedarf einer Sensibilisierung der Legehennenhalter und praktikabler Lösungsvorschläge, die betriebsindividuell umzusetzen und regelmäßig auf ihre Verbesserungswirkung hin zu überprüfen sind.

4.4 Zusammenfassung

Fünf Legehennenbetriebe wurden ausgewählt, um als Best-Practice-Beispiele für umwelt-schonende Legehennenhaltung überprüft zu werden. Im Zuge der Kurzstudie wurden die jeweiligen Standortbedingungen erfasst, die Auslaufsysteme beschrieben, die Ausläufe in mehrere Zonen unterteilt und Bodenproben gezogen. Die Bodenproben wurden auf ihren mineralisierten Stickstoffgehalt (Ammonium-Stickstoff und NO₃-Stickstoff) untersucht. Dazu wurden die Betriebe einmal beprobt, mit Ausnahme eines Betriebes, der dreimal beprobt wurde, weil hier zusätzlich zu den Bodenproben Pflanzenproben genommen und diese auf ihren Gesamtstickstoffgehalt hin untersucht wurden. Mobilstallsysteme konnten zusätzlich unter der Stallstandfläche beprobt werden. Die Pflanzenproben dienten dazu den Stickstoffentzug zu messen. Bei den Betriebsbesuchen wurde anhand eines Fragebogens neben den Betriebsdaten und der Beschreibung des Auslaufsystems auch die persönliche Einschätzung der Betriebsleiter zur Umweltverträglichkeit ihres Auslaufsystems abgefragt.

Die Ergebnisse zeigen, dass betriebsindividuelle Maximalgehalte an mineralisiertem Stickstoff 1,1 (Betrieb 1 – Mobilstall – System Weiland) bis 8,9 mg/100 g Boden (Betrieb 2 – stationärer Winterstall mit Verarmungsanbau im Sommerhalbjahr) erreicht werden. Der stallnahe Bereich ist sowohl bei stationären als auch bei mobilen Ställen besonders belastet, wobei sich das Niveau stark unterscheidet. Zusätzlich dazu scheint der organisch gebundene Stickstoff unter dem Standplatz bzw. den Standplätzen eines Mobilstalls rasch zu mineralisieren, sodass hier beträchtliche Stickstoffgehalte von bis zu 6,8 mg/100 g Boden (Betrieb 4 – Mobilstall – System Würdekemper) gemessen wurden.

Um punktuell hohe Stickstoffgehalte zu verhindern, ist eine gute Auslaufstrukturierung unerlässlich, damit sich die Hennen möglichst gleichmäßig über die Fläche verteilen. Allerdings kann eine unüberlegte Auslaufstrukturierung den gegenteiligen Effekt hervorrufen, wenn etwa die Strukturierung die Hennen nicht in die Fläche leitet, sondern nur als zusätzlicher Unterschlupf dient und damit zu einer weiteren Zone mit überhöhten Stickstoffeinträgen führt. Insgesamt ist ein Vergleich der fünf Betriebe schwierig, da aufgrund der einmaligen Probenahme jeweils nur eine Momentaufnahme des jeweiligen Auslaufsystems möglich war. Neben dem Auslaufsystem gibt es viele weitere Einflussgrößen auf den Stickstoffgehalt im Boden. Diese sind:

- Auslaufakzeptanz durch die Hennen
- Saisonalität
- Standortfaktoren (Temperatur, Niederschlag, Bodenart)
- Nutzungsart des Bodens (Klee gras oder Dauergrünland)
- Nährstoffakkumulation seit Beginn der Nutzungsdauer
- Auslauform/maximale Distanz
- Beginn der täglichen Auslaufnutzung

Ein Teil dieser Faktoren konnte zwar erfasst werden, allerdings kann das Maß ihres Einflusses nicht eingeschätzt werden. Hierfür wären länger angelegte Versuche unter *ceteris paribus*-Bedingungen notwendig.

Eine gleichmäßige Verteilung der Hennen auf der Auslauffläche sollte oberste Priorität haben. Mobile Stallsysteme können durch das regelmäßige Versetzen die Hennen gut auf einer Fläche verteilen und haben dadurch Vorteile. Dies gilt aber nur bei ausreichend großer Gesamtfläche und bei häufiger Wechselfrequenz. Auf jedem der fünf Betriebe gibt es ein Verbesserungspotenzial. Die Optimierung mobiler Stallsysteme liegt möglicherweise in dem Versetzen auf verschiedene Standplätze, sodass sich im Laufe eines Jahres möglichst wenige Nährstoffe punktuell akkumulieren. Die Optimierung von stationären Ställen liegt in Schutzmaßnahmen des stallnahen Bereichs. Der hier anfallende Hühnerkot sollte regelmäßig abgefahren werden. Zudem ist eine sehr gute Auslaufstrukturierung und die Einrichtung von Wechselläufen – zumindest für den stallnahen Bereich – nötig, um eine Gefährdung des Grundwassers zu vermeiden.

Die Frage „Gibt es Best-Practice-Betriebe?“ kann mit den Fallbeispielen dieser Untersuchung nicht abschließend beantwortet werden. Ansätze für eine „Better-Practice“ sind in der Praxis anscheinend vorhanden; diese gilt es zu optimieren. Längerfristig angelegte Untersuchungen, die die Einflussfaktoren berücksichtigen, werden weiteren Aufschluss über die Beurteilung der Umweltverträglichkeit der verschiedenen Auslaufsysteme geben.

5 Sondererhebungen

In diesem Kapitel wird über Sondererhebungen in den Themenbereichen „Simulation eines Starkregenereignisses“, „Schotter- und Kieselstreifen“, „Bodenprobenahmen/Ausreißertest“ sowie „Standfläche“ berichtet. Angaben zu Material und Methoden sind jeweils im Text integriert.

5.1 Simulation eines Starkregenereignisses

In den vergangenen Jahren wird zunehmend von Starkregenereignissen berichtet, die je nach Jahreszeit Erosionsschäden zur Folge haben können. Eine Zunahme dieser Ereignisse wird von Wetterdiensten und Versicherungsbranche für die Zukunft vorhergesagt. Mit dem vorliegenden Orientierungsversuch sollte überprüft werden, inwiefern neben der bekannten lateralen Abschwemmung von Nährstoffen, auch eine beschleunigte vertikale Verlagerung im Sommer bzw. Frühjahr die Umwelt beeinflusst, wenn aufgrund der dann vorherrschenden negativen Wasserbilanz, die Wasserbewegung im Boden eher aufwärtsgerichtet ist.

5.1.1 Material und Methoden

Material

Standort

Der Versuch wurde am Standort Harsewinkel durchgeführt, die Standortbeschreibung befindet sich unter Punkt 2.1.1.1

Verwendete Materialien

Zur Simulation von N-Eintrag durch unterschiedliche Nutzungsintensität oder bei variiertem Tierbesatz wurden unterschiedliche Mengen an Hühnerkot auf Parzellen von jeweils 1 m² ausgebracht. Der Hühnerkot stammte aus den betriebseigenen Mobilställen für Legehennen. Grundlage für die Kotmengenberechnungen waren Daten aus Stein-Bachinger et al. (2004). Für Legehennen wird hier eine Kotalausscheidung von 172 – 211 g/Tier und Tag angegeben bei einem TM-Gehalt von 25 % und einem N-Gehalt der TM von 5,16 %.

Um eine exakte Ausbringung von Kot und Bewässerung zu ermöglichen, wurden 12 Eisenrahmen mit einer Grundfläche von jeweils 1 m² angefertigt.

Versuchsanlage

Die Versuchsanlage erfolgte in randomisiertem Blockdesign in dreifacher Wiederholung. Gestaffelte Kotmengenstufen wurden auf den Boden, innerhalb der Eisenrahmen gleichmäßig aufgebracht. Anschließend erfolgte eine Bewässerung der Fläche mit 45 mm/m² innerhalb einer Stunde, um ein Starkregenereignis zu simulieren. Parallel wurden Kontrollparzellen angelegt, die keine Bewässerung erfuhren. Abbildung 36 zeigt die Versuchsanlage, Tabelle 12 den schematischen Aufbau.



Abb. 36: Versuchsanlage der Starkregensimulation (März 2016)

Als Grundlage für die Berechnung der Kotmengen wurden unterschiedliche Ausscheidungsmengen im Auslauf angenommen. Schätzungen hierzu liegen bei 15-25 % (vgl. Meierhans et al. 1996), Stein-Bachinger et al. (2004) machen jedoch darauf aufmerksam, dass diese Zahlen stark variieren können und schwer abzuschätzen sind. Eine Kotmengenquantifizierung im Hauptversuch, in den der vorliegende Versuch eingebettet war, zeigt dass die im Außenbereich anfallende Kotmenge ein Drittel der gesamten täglichen Kotausscheidungen betragen kann. Außerdem zu berücksichtigen ist die unregelmäßige Verteilung im Auslauf, da in der stallnahen Zone deutlich mehr abgesetzt wird (Elbe 2006). Um dieser entsprechend ungewissen Schwankungsbreite Rechnung zu tragen, wurden drei Kotmengenstufen gewählt. Hierbei wurde Variante D2 aus Zahlen abgeleitet, die in der Literatur zur Verfügung stehen:

Kotausscheidung pro Tier und Tag: 200 g entspricht ca. 2,5 g N/Tag

Davon 30 % im Auslauf: 60 g Frischkot

Bei 4 m² Auslaufläche entfallen auf 1 m²: 15 g Frischkot

Kotanfall in 200 Tagen Auslauf: 3.000 g = 3 kg bzw. 37,5 g N/m²

Um die Variabilität dieser Annahme abzubilden, wurde in den Varianten D1 und D3 die so berechnete Menge halbiert bzw. verdoppelt.

Tab. 12: Übersicht der Versuchsvarianten (D = Düngung und W = Bewässerung)

Variante	Düngung (kg Hühnerkot/m ²)	Bewässerung (mm)	Stickstoffeintrag (g N/m ²)
D0W1	0	45	0
D1W1	1,5	45	18,75
D2W1	3,0	45	37,50
D3W1	6,0	45	75,00
D0W0 (K)	0	0	0
D2W0	3,0	0	37,50

Methoden

Bodenprobenahme und -analyse

Die Installation der Stahlrahmen, das Aufbringen der entsprechenden Kotmengen sowie die Bewässerung erfolgten am 17.03.2016. Außerdem wurden an diesem Tag erste Bodenproben in unmittelbarer Nähe zur Versuchsanlage gezogen, um die N-Ausgangswerte festzustellen. In jeweils einwöchigem Abstand erfolgten anschließend drei weitere Probenahmen. Die Probenahme für den Boden erfolgte wie unter 2.1.2.1 beschrieben. Die Daten der Stickstoffanalyse werden im Ergebnisteil als gemessene Konzentration angegeben (mg N_{min}/100 g Boden).

Bewässerung und Witterungsverlauf

Nach oberflächlicher Verteilung der jeweiligen Kotmengen erfolgte eine Bewässerung der Parzellen mit jeweils 45 mm Leitungswasser. Die Gabe wurde über den Zeitraum einer Stunde verteilt, um ein Starkregenereignis zu simulieren. Laut der Unwetterzentrale Österreich (2017) wird eine Regenmenge ab 17 mm/h als Starkregen eingeordnet. In den folgenden drei Wochen kam 33 mm/m² natürlicher Niederschlag hinzu.

Auswertung und Statistik

Der gemessene Gehalt an mineralischem Stickstoff der verschiedenen Varianten zu den drei Probenterminen wurde mit einer einfaktoriellen Varianzanalyse verglichen. Als Faktor diente hierbei das jeweilige System (Düngung + Bewässerung). Bei signifikant verschiedenen Ergebnissen wurde anschließend ein TukeyHSD-Test zum paarweisen Vergleich durchgeführt, um homogene Untergruppen – d.h. sich nicht signifikant unterscheidende Varianten – abbilden zu können. Die statistische Auswertung erfolgte mit der Software R, Version 3.2.5.

Da sich der Gehalt an NO₃-N im Versuchszeitraum kaum veränderte und somit kein Einfluss zu erwarten ist, wurde auf eine statistische Auswertung des NO₃-Gehalte verzichtet. Auch die erwartete NO₃-Verlagerung fand folgerichtig im untersuchten Zeitraum kaum statt, sodass auch in Bezug auf verschiedene Bodentiefen keine weitere statistische Analyse erfolgte.

5.1.2 Ergebnisse

Entwicklung N_{\min} und $NO_3\text{-N}$

Abbildung 37 zeigt die Entwicklung des gesamten mineralischen Stickstoffs ($NO_3\text{-N}$ und $NH_4\text{-N}$) im Versuchsverlauf.

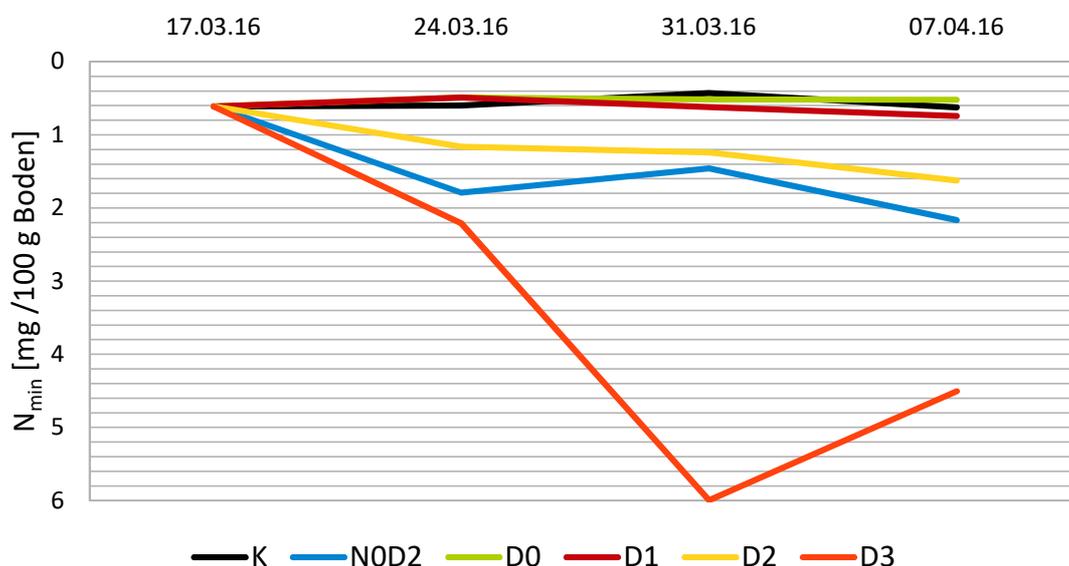


Abb. 37: N_{\min} -Dynamik (0-90 cm) in Abhängigkeit von den verschiedenen Varianten (Düngung und Bewässerung) vom 17.03. bis 07.04.2016

Die Vorab-Beprobung am 17.03.16 ergab einen Ausgangswert von 0,61 mg N_{\min} /100 g Boden (entsprechend rund 27,5 kg N/ha). Erwartungsgemäß steigt der N_{\min} -Gehalt in der höchsten Düngungsstufe (D3) am stärksten an. Zwei Wochen nach Beginn des Versuchs werden 6 mg N_{\min} /100 g Boden gemessen. Die beiden D2-Düngungsstufen stiegen nur moderat an. Alle Varianten unterscheiden sich signifikant ab dem zweiten Termin von der D3, aber nicht untereinander (vgl. Tab. 13).

Tab. 13: Ergebnisse der Varianzanalyse für den N_{\min} -Gehalt der Varianten (0-90 cm) zu den drei Probenahmeterminen*

	24.03.2016 (T1)	31.03.2016 (T2)	07.04.2016 (T1)
signifikanter Unterschied im N_{\min} -N-Gehalt (***) = $p < 0,05$)	-	***	***
Variante:	homogene Untergruppen bei Signifikanz:		
D3		a	a
K, N0D2, D0, D1, D2		b	b

*unterschiedliche Kleinbuchstaben der Untergruppen zeigen sign. Unterschiede der Varianten

In Abbildung 38 sind beispielhaft die N_{\min} -Werte für die Variante D3 differenziert nach Bodentiefe und Bindungsform dargestellt. Es wird deutlich, dass die in der Abbildung 37 dokumentierte N_{\min} -Dynamik nahezu ausschließlich von den Ammoniumwerten verursacht wird.

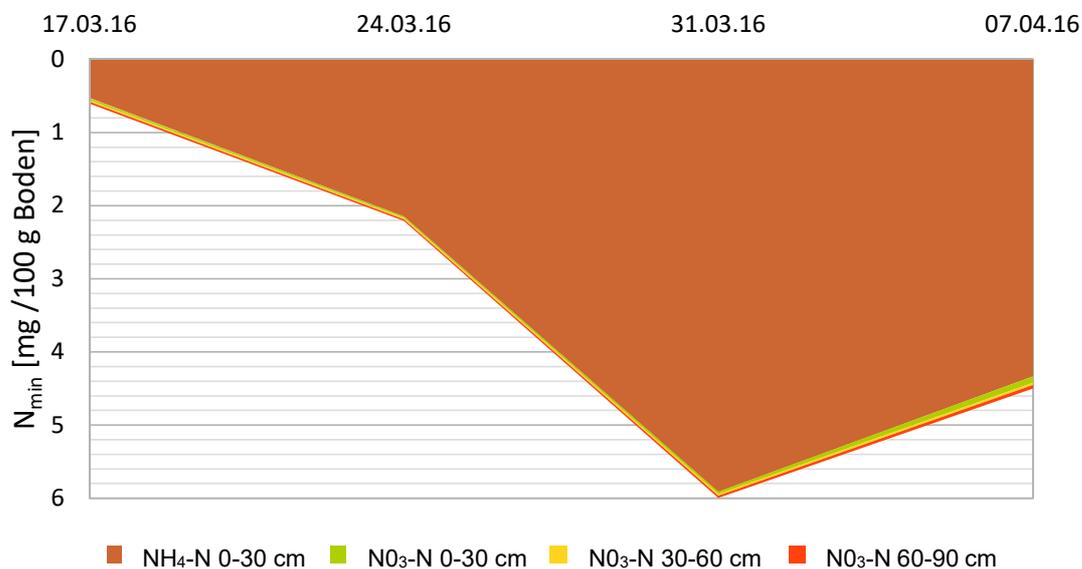


Abb. 38: N_{\min} -Dynamik nach Bodentiefe vom 17.03. bis 07.04.2016 (Variante D3)

Bei den anderen Varianten (nicht gezeigt) verhält es sich genauso. Die N_{\min} -Anstiege sind nahezu ausschließlich auf Ammonium zurückzuführen. Die Änderungen im NO_3 -Gehalt, verglichen mit den Entwicklungen des gesamten N_{\min} -Gehalts, sind minimal (nicht gezeigt). Aus diesem Grund wird im Weiteren auf eine detaillierte Analyse der NO_3 -Gehalte verzichtet.

Entwicklung der N_{\min} -Werte nach Bodentiefe

Um der Frage nach Stickstoff-Verlagerung in tiefere Bodenbereiche nachgehen zu können, wurden die Bodenproben für drei Tiefen separat gezogen. Entsprechend dem geringen gemessenen Gehalt an NO_3 über den gesamten Versuchszeitraum zeigen die Analyseergebnisse keine nennenswerte Verlagerung. Auf eine detaillierte Darstellung der Ergebnisse nach Bodentiefen wird daher an dieser Stelle verzichtet.

5.1.3 Diskussion

Die Ausgangsfragen der Arbeit nach Eintrag, Umwandlung und Verlagerung von Stickstoff bei definierter Düngermenge lassen sich aus den vorliegenden Ergebnissen nur unzureichend beantworten. Statistisch absicherbare Ergebnisse des Versuchs sind ein erhöhter N_{\min} -Gehalt in Variante D3 gegenüber allen anderen Varianten zu den Probenahmen zwei bzw. drei Wochen nach Düngergabe. Jedoch lässt sich weder eine signifikante Differenzierung innerhalb der anderen Düngungsvarianten nachweisen, noch ein Unterschied zwischen bewässerten und nicht bewässerten Varianten. Den Forschungsfragen nach Umbau

von N-Verbindungen sowie einer NO_3 -Verlagerung in tiefere Bodenschichten lag die Annahme zugrunde, dass unter den gegebenen Bedingungen – stickstoffreicher Dünger, Frühjahrstemperaturen, Wasserverfügbarkeit – rasche Nitrifikationsprozesse stattfinden, die im gewählten Zeitraum von drei Wochen bereits sichtbar werden. Offenbar sind hierfür bei gegebenen Standortbedingung längere Zeiträume erforderlich bzw. eine leichte Einarbeitung, wie es z.B. durch das Scharren und Kratzen der Hühner verursacht werden kann.

5.1.4 Zusammenfassung

Im vorliegenden Versuch sollte der Frage nachgegangen werden, wie sich unterschiedliche Mengen an Kot auf intakter Grasnarbe bei Simulation eines Starkregenereignisses auf Nährstoffeintrag und -verlagerung auswirken. Hierzu wurden definierte Kot- und Wassergaben auf Klee gras-Parzellen appliziert und anschließend in einwöchigem Turnus über insgesamt drei Wochen Bodenproben in drei verschiedenen Bodentiefen entnommen. Analysen von NH_4 und NO_3 schlossen sich an.

Die Ergebnisse zeigen, dass im untersuchten Zeitraum eine hohe Düngergabe zunächst zu erhöhtem Ammoniumgehalt in der Krume führte. Die gemessenen NO_3 -Werte dagegen änderten sich im gleichen Zeitraum nicht signifikant, wahrscheinlich in Folge der zu niedrigen Bodentemperatur. Sie blieben auf niedrigem Niveau. Folgerichtig waren keine Verlagerungsprozesse nachzuweisen. Ein unmittelbarer Einfluss eines Starkregenereignisses bei einem geringen NO_3 -N-Ausgangsniveau unter intakter Grasnarbe ist nicht zu erwarten. Wäre der Versuch zu einem späteren Zeitpunkt durchgeführt worden, z.B. im Mai oder Juni, wäre mit einem anderen Ergebnis zu rechnen gewesen, weil dann die Bodentemperatur die Nitrifikation nicht mehr gehemmt hätte.

5.2 Kies- und Schotterstreifen im stallnahen Bereich

Wie einleitend bereits erwähnt, ist der stallnahe Auslaufbereich in der Freilandhaltung, die durch die Hennen am stärksten beanspruchte Zone. Eine sehr propagierte und auf den Betrieben häufig anzutreffende Praxis-Variante für diesen Bereich ist eine Aufschüttung mit Flusskies oder grobem Schotter im unüberdachten Bereich (siehe Abb. 39 und 40).



Abb. 39: stallnaher Bereich eines stationären Stalls mit an den Außenklimabereich angrenzenden Schotterstreifen (Foto: Frauke Deerberg)

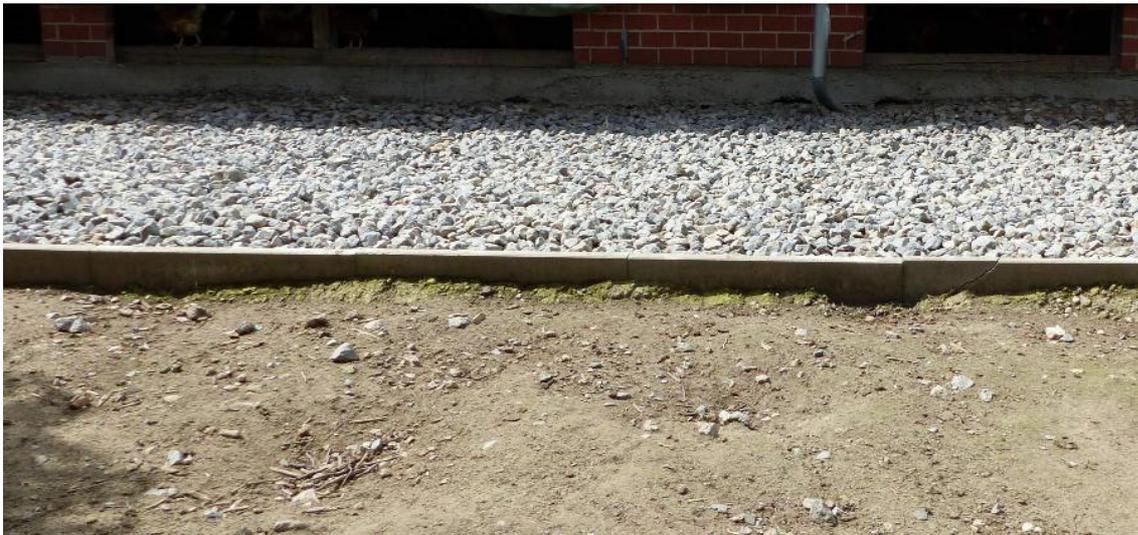


Abb. 40: stallnaher Bereich eines stationären Stalls mit Flusskies (Foto: Frauke Deerberg)

Diese Aufschüttungen sind im Falle von grobem Schotter unattraktiv für die Hennen, da die großen Steine beim Scharren und Staubbaden kaum beweglich sind und in mehreren Schichten übereinanderliegen. Die ansonsten typische Kuhlen- bzw. Pfützenbildung nach Niederschlägen wird in diesem Bereich unterdrückt; sie beginnt i.d.R. dann erst hinter dem Schotterstreifen. Nicht zu vermeiden ist hingegen, dass die Hennen beim Queren des Streifens hier auch Frischkot absetzen. Dieser trocknet und fällt auseinander bzw. wird durch Niederschläge eingewaschen. Da der Schotter unter den Bedingungen nahezu unvergänglich ist, wird er nur selten bewegt und weggeräumt.

Auf zwei Praxis-Betrieben, die etwa seit 20 Jahren Legehennenhaltung betreiben und einen Schotter- bzw. Kiesstreifen im stallnahen Bereich ihrer stationären Ställe installiert haben,

wurden in dem unter dem Schotter liegenden 0-30 cm Horizont, Bodenproben entlang der Stalllängsseite genommen und auf N_{\min} untersucht. An beiden Standorten liegt als Bodenart sandiger Lehm vor. Die langjährige durchschnittliche Niederschlagsmenge liegt bei etwa 650 bis 700 mm pro Jahr. In Abbildung 41 sind die Ergebnisse der Bodenuntersuchung der beiden Betriebe zusammengestellt.

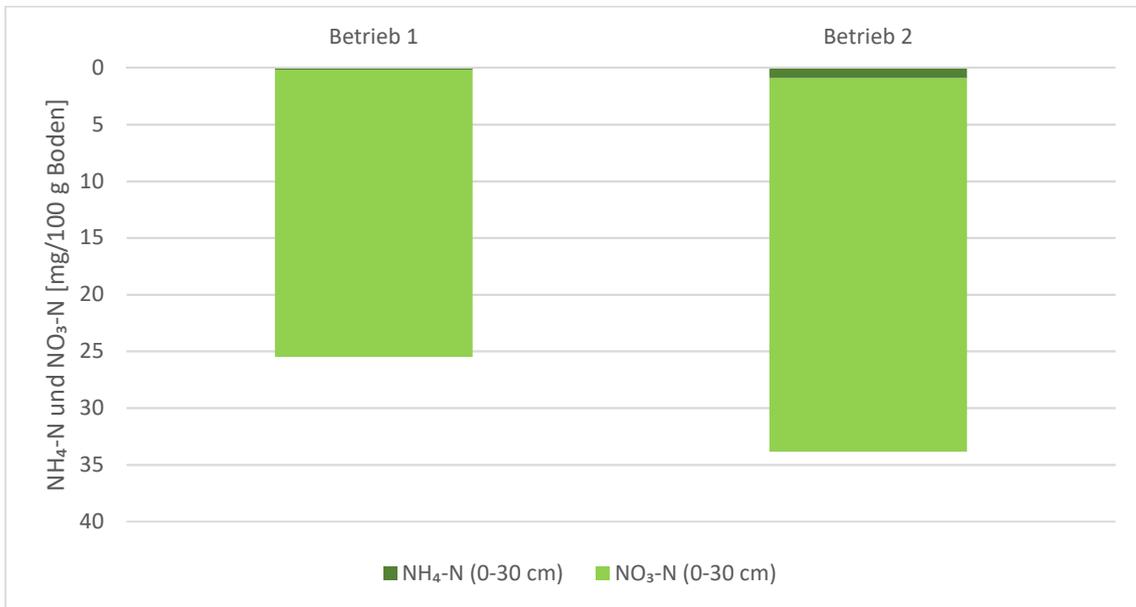


Abb. 41: N_{\min} -Werte (0-30 cm) unter Flussskies bzw. Schotter auf zwei Betrieben mit stationären Ställen (Juli 2016)

Die Ergebnisse zeigen, dass der mineralische Stickstoff in diesem Bereich nahezu vollständig als NO_3 vorliegt. Die NO_3 -Gehalte unter dem Schotterstreifen sind im 0-30 cm Horizont mit 25 mg-N $NO_3/100$ g Boden bzw. 33 g NO_3 -N/100 g Boden extrem hoch. Umgerechnet auf die agronomischen Konzentrationsangaben entspräche das bei Betrieb 1 etwa 1.000 kg NO_3 -N/ha und bei Betrieb 2 etwa 1.300 kg NO_3 -N/ha. Damit ist ein Stickstoffniveau in der oberen Bodenschicht ohne Pflanzenbewuchs erreicht bzw. gar weit überschritten, das vom Sorptionskomplex nicht mehr gebunden werden kann und somit einer Verlagerung in tiefere Bodenschichten unterliegen wird. Wie tief der Verlagerungsprozess schon erfolgt ist, wäre durch weitere Untersuchung zu prüfen.

5.3 Ausreißertest (N_{\min} -Untersuchung zur Probenahmemethodik) auf der Fläche des Hauptversuchs

Bei einer Probenahme von Boden in der Auslauffläche - vor allem mit dichtem Bewuchs - kann es relativ schnell passieren, dass der Bohrstock beim Ansetzen genau auf einen Kothaufen trifft. Dies würde die Untersuchungsergebnisse für den 0-30 cm-Bereich erheblich beeinflussen. Um solche möglichen Ausreißer identifizieren zu können, wurden Bodenproben ohne und mit Kothaufen beim Einstich gezogen und den standardmäßigen Analyse-

verfahren unterzogen. Dabei wurde je eine Sammelprobe in der stallnahen und der stallfernen Zone des stationären Stalls gezogen. Bei jeder Einzelprobe wurde gezielt dort eine Probe gezogen, wo ein Kothaufen sichtbar war. In Abbildung 42 werden die Ausreißerproben mit den Sammelproben der standardmäßigen Bodenproben verglichen.

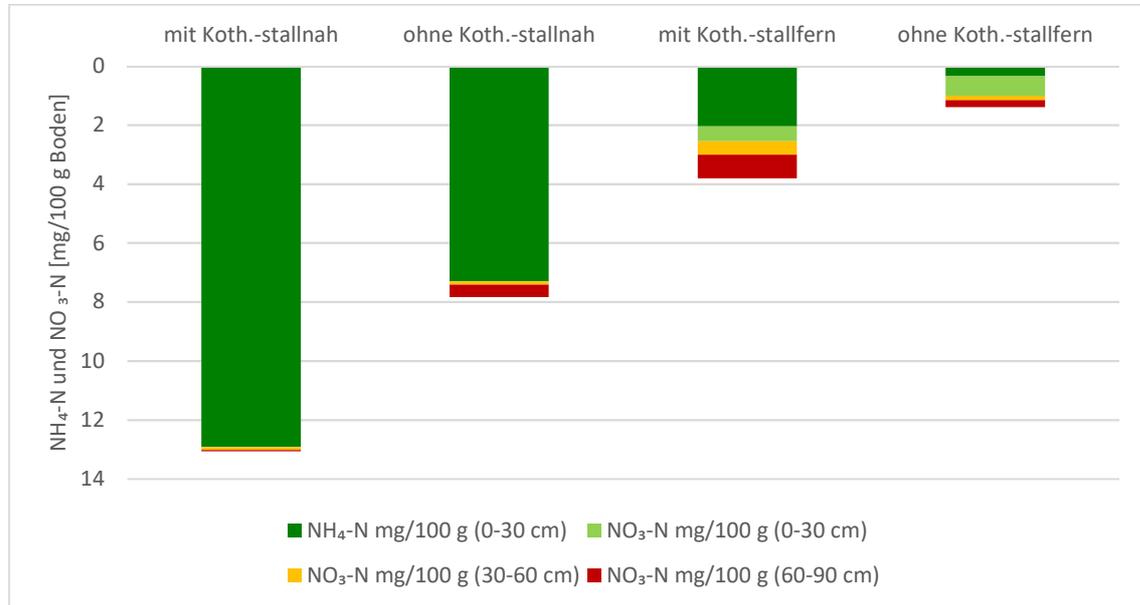


Abb. 42: N_{min}-Gehalte von Bodenproben mit und ohne Kothaufen im stallnahen und stallfernen Bereich im Mai 2016

Aus Abbildung 42 ist deutlich zu erkennen, dass ein Kothaufen den N_{min}-Gehalt einer Bodenprobe stark beeinflussen kann. Dabei zeigt sich die stärkste Wirkung beim Ammoniumgehalt im 0-30 cm-Horizont. Die Ammoniumwerte können das 1,5- bis 4-fache des Wertes ohne Verunreinigung durch zusätzliche Kothaufen annehmen.

5.4 N_{min}-Gehalte auf der Standfläche des stationären Stalls nach einem Jahr Standzeit

Im Dezember 2015 wurde der stationäre Stall für einen Zeitraum von 33 Tagen von der Fläche genommen, um die gesamte Versuchsparzelle für die Neuansaat bereit zu stellen. Nach dem Versetzen des Stalls wurden auf der Standfläche Bodenproben in 0-60 cm Bodentiefe gezogen. Zu dem Zeitpunkt hatte der Stall seit etwa 350 Tagen auf dem fixierten Standplatz gestanden.

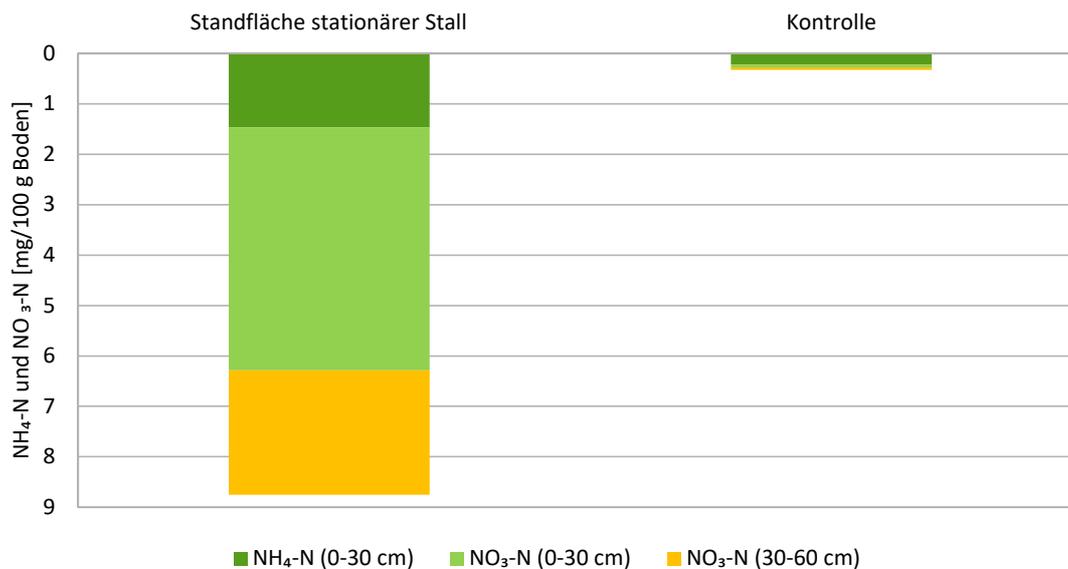


Abb. 43: N_{min}-Gehalte (0-60 cm) nach zwölfmonatiger Standzeit auf der Standfläche eines Mobilstalls mit Bodenplatte am 15.12.2015 im Vergleich zu einem intakten Klee grasbestand (Kontrolle, Beprobung am 22.12.2015)

Es zeigt sich, dass nach einem Jahr Standzeit auch unter dem Standplatz Umsetzungsprozesse stattfinden und dabei knapp 9 mg N_{min}/100 g Boden, davon etwa 1,5 mg als Ammonium-N und knapp 7 mg NO₃-N in einer Tiefe von 0 bis 60 cm freigesetzt werden (Abb. 43). Da der Stall nicht weg bewegt wurde und die Hennen nicht unter den Stall konnten, ist der Nährstoffeintrag unter der Standfläche des mobilen Stalls nicht durch Koteintrag erklärbar. Erklärbar wäre die Situation, dass aufgrund der Niederschläge die Nährstoffe im stallnahen Bereich nicht nur vertikal, sondern auch lateral im wassergesättigten Bodenkörper verteilt wurden. Der Nachweis hierfür wäre durch eine entsprechende Versuchsanstellung zu überprüfen. Wahrscheinlich ist ein großer Teil des Anstieges aber auch auf die Mineralisation des abgestorbenen Klee grasses (ober- und unterirdisch) und aus der organischen Substanz des Bodens zurückzuführen.

6 Abschließende Diskussion

Die ökologische Legehennenhaltung ist zurzeit mit ca. vier Millionen Tierplätzen ein bedeutender wirtschaftlicher Faktor in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung. Ein wesentlicher Faktor für artgerechte Unterbringung und Tierwohl ist dabei der Grünauslauf, der auch gleichzeitig als Sympathie- und Vertrauensträger für Werbezwecke eingesetzt wird. Dass dafür das Öffnen von Klappen allein nicht ausreichend, sondern auch ein entsprechendes Auslaufmanagement erforderlich ist, ist seit Beginn des Jahrhunderts immer deutlicher geworden. Mit der vorliegenden Untersuchung sollte der Einfluss der Legehennenhaltung auf die Auslaufläche bei stationärem und mobilem Stall vergleichend beobachtet werden.

Für die Erfassung der Stickstoffdynamik im Boden wurden in diesem Versuch erstmalig im monatlichen Abstand Proben in drei unterschiedlichen Bodentiefen gezogen. Die hohe Auslaufakzeptanz der Hennen führte zu einer intensiven Nutzung des Grasaufwuchses. Im Fall des stationären Stalls war die gesamte Auslaufläche bereits nach ca. 120 Weidetagen (gegen Ende April) komplett ohne Bewuchs. Diese Entwicklung korrespondierte sowohl mit dem Ansteigen der N_{\min} -Gehalte im Boden generell, als auch mit Zunahme von NO_3 -N in den unteren Bodenschichten. Eine anschließende Regenerationszeit mit Neuansaat führte zunächst zu einer spürbaren Entlastung der N_{\min} -Gehalte im Boden. (Da es in der Praxis durchaus vorkommt, dass mobile Legehennenställe bis zu drei oder vier Monate auf demselben Standplatz verbleiben, können auf diesen Betrieben bei vergleichbaren Standort- und Rahmenbedingungen ähnliche Entwicklungen bei der Stickstoffdynamik auftreten.) Nach der Regenerationsphase und weiteren 120 Tagen Zugang zu der Auslaufläche, ist der Stickstoffgehalt im Boden auf dem Niveau vom April und nach weiteren 40 Tagen etwa um das 2,5-fache des Ausgangswertes angestiegen. Die N_{\min} -Gehalte zwischen den Zonen gleichen sich zunehmend an und bis zu Beginn des Winters wird die entferntere Zone 3 stärker genutzt als der stallnahe Bereich (Zone 2). Mit der sich daran anschließenden zweiten Regenerationsphase gehen die N_{\min} -Gehalte wieder zurück. Dabei zeigt sich eine vertikale Verlagerung von NO_3 in tiefere Bodenschichten, sodass diese Nährstoffmengen durch den Aufwuchs nicht entzogen werden können und der Auswaschung unterliegen. In diesem Kontext ist ebenfalls festzustellen, dass eine Entfernung von 15 m vom Stall bei großen Stalleinheiten mit max. Auslaufentfernungen von bis zu 350 m dieser Flächenbereich noch dem stallnahen Bereich zuzurechnen wäre und hier durchaus vergleichbare N_{\min} -Werte anzutreffen sind.

Die N_{\min} -Gehalte im Boden der Auslauflächen der mobilen Stallvariante zeigen in Summe des Untersuchungszeitraumes eine N-Dynamik, die nicht oder nur unwesentlich von der Kontrollvariante abweicht. Es können auch hier Peaks in den unterschiedlichen Zonen und Zeitpunkten auftreten. Diese sind aber aufgrund des einwöchigen Versetzungsturnus und des erhaltenen Pflanzenbewuchses unbedenklich bzw. nicht durch Verlagerung und ggf. Auswaschung gefährdet. Ein Blick aus der Vogelperspektive lässt aber auch die Tendenz erkennen, dass eine wiederkehrende Platzierung des Stalls auf einen fixen Standort, wie es hier versuchsbedingt durchgeführt wurde, den Pflanzenbewuchs im stallnahen Bereich

auf Dauer doch stärker beansprucht als bei flächendeckender Standortauswahl. Mobile Stallvarianten, die für Service oder Stalleinrichtung fixe Versorgungspunkte benötigen, brauchen für den stallnahen Bereich ein angepasstes Management, um Anreicherungs- und Verlagerungstendenzen von Pflanzennährstoffen entgegenzuwirken.

Die Untersuchung zur **Nachwirkung der Auslaufnutzung mit Klee gras auf die Folgefrucht** zeigt, dass der Silomais einen erheblichen Anteil des N_{\min} im Boden für den Massenaufwuchs entzieht. Im Falle der mobilen Stallvariante sind die Unterschiede zwischen stallnahe und stallferne Bereich nicht sehr ausgeprägt. Die nach Abreifeprozess im Boden verbleibenden N_{\min} -Gehalte bleiben auf einem moderaten Niveau. Ähnlich verhält es sich auch beim stallfernen Bereich der stationären Stallvariante. Beim stallnahen Bereich hingegen stellt sich die Situation anders dar. Die durch den Kot eingetragenen Nährstoffe sorgen zunächst für maximale Stickstoffversorgung des Silomaises; nach dem Abreifeprozess werden aber noch weiterhin so große Mengen an Stickstoff mineralisiert, dass sie von der Folgefrucht nicht mehr genutzt werden können und einem Verlagerungsprozess unterliegen.

Die **Fallstudien zur Best-Practice** zeigen einerseits Ansätze zur Verbesserung der Situation vor allem im stallnahen Bereich auf und andererseits, dass weiterer Entwicklungsbedarf besteht. Die größten Herausforderungen dabei liegen darin, dass bei bestehenden **stationären** Ställen der stallnahe Bereich unter der Maßgabe, dass die Hennen mit der Vorgabe "wann immer möglich Zugang zum Auslauf" haben, der stallnahe Bereich mit schwankendem Flächenanteil mit Nährstoffen überfrachtet ist. Hier sind betriebs- oder gar stallspezifische Lösungsansätze erforderlich. Werden hier spezielle Areale eingerichtet, so muss die Gefahr der Nährstoffverlagerung sowohl vertikal als auch möglicherweise horizontal unterbunden werden. Auf Standorten mit hohen Jahresniederschlagsmengen wird eine Teilüberdachung dieser Areale erforderlich sein, um eine sinnvolle Verwendung des anfallenden Sickerwassers zu gewährleisten. Die daran anschließenden Übergangszonen sind zumindest zeitweise von der Nutzung durch die Hennen zu schonen, um eine rechtzeitige Regeneration zu ermöglichen. Für eine möglichst effektive Verteilung der Kotnährstoffe auf der verbleibenden Restfläche, muss diese auch tatsächlich gleichmäßig durch die Hennen genutzt werden. Künstliche und natürliche Schutzstrukturen unterstützen die gleichmäßige Nutzung der Auslaufläche, können jedoch selbst aufgrund der hohen Akzeptanz zu einem Bereich werden, in dem sich Nährstoffe in so hohem Maße ansammeln, dass sie von Auswaschung gefährdet sind. Das trifft auch auf natürliche Strukturen zu, die zwar in der Lage sind, Pflanzennährstoffe aus dem Koteintrag aufzunehmen, jedoch stehen u.U. Nährstoffeintrag und Entzug nicht im Gleichgewicht. Künstliche Strukturelemente für den Auslauf müssten leicht und regelmäßig versetzbar genutzt werden oder bei längeren Standzeiten einen Boden haben, der eine Nährstoffverlagerung verhindern kann.

7 Erkenntnisse aus der Studie und Schlussfolgerungen

Die vorliegende Studie wurde im Wesentlichen auf einem Standort über zwei Jahre erarbeitet. Sie wird ergänzt durch Einzelerhebungen auf Praxisbetrieben. Auch wenn viele Fragen offenbleiben müssen und man an vielen Stellen auch noch in die Tiefe gehen könnte, so lassen sich trotzdem einige Erkenntnisse und Schlussfolgerungen ableiten. Sie werden im Folgenden angeführt.

- Die Erfassung der tatsächlichen Eintragsgefährdung von Pflanzennährstoffen auf die Auslauffläche im Jahresverlauf ist nicht mit einmaliger Untersuchung zu gewährleisten. Um ein aussagefähiges Ergebnis zu erlangen bedarf es der Erfassung der Dynamik.
- Mit zunehmender Verweilzeit am Standort verstetigt sich eine ungleichmäßige Nutzung (Zonenbildung) durch die Hennen; die Ausbreitung der Zonen variiert mit der Auslaufakzeptanz und dem Zuschnitt der Fläche.
- Bereits nach vier Wochen ausgiebiger Nutzung sind im stallnahen Bereich neben der völligen Zerstörung der Grasnarbe auch schon so viele Nährstoffe eingetragen, dass eine lange Ruhepause und eine Neuansaat erforderlich werden.
- Entsprechend der Standzeit sind ähnliche Verhältnisse oder gar noch extremere bei Ställen ohne eigene Bodenplatte (Fußboden) oder bei mobilen Stallvarianten, bei denen die Tiere sich unter den angehobenen Stallboden aufhalten können zu erwarten.
- Bei regelmäßigem Umsetzen von Mobilställen im ein- bis zweiwöchigen Rhythmus und großzügiger Flächenbeimessung (hier 32 m²) sind keine relevanten Nährstoffbelastungen auf Dauergrünland und Feldfutter, ungeachtet der Bodenart, zu erwarten. (Inwiefern eine Flächenbeimessung reduziert werden kann, wäre anhand einer Modellsimulation bestimmbar.)
- Mobile Ställe, die im Rahmen der Fruchtfolge auf Feldfutterflächen wandern, haben mehr Handlungsspielraum hinsichtlich der Versetzungszeiträume, weil künftig eine ackerbauliche Nutzung mit sicherem N-Entzug durch Kulturpflanzen erfolgt und sich außerdem keine Grasnarbe regenerieren muss.
- Sandige Standorte trocknen nach Niederschlägen schneller wieder ab und sind damit rascher wieder befahrbar, haben dafür aber aufgrund ihrer geringen Feldkapazität auch ein erhöhtes Risiko der Nährstoffverlagerung.
- Überweidung bei hohen Niederschlagsmengen beeinträchtigt die Bodenstruktur nachhaltig negativ. Dieser Effekt ist selbst nach Bodenbearbeitung in der Folgefrucht noch zu beobachten.
- Bei stationärer Haltung und guter Annahme des Auslaufes (hier 4 m² + 1 m² Wechsellauslauf) leidet die Grasnarbe stark, sodass sie nach wenigen Wochen nachhaltig geschädigt ist, d.h. nicht mehr aus sich selbst heraus mit Ausnahme von unzureichender und ungewollter "Spontanbegrünung" regenerierbar ist.

- Das Aussperren von Flächen durch einen Reserve-Wechslauslauf von 1 m² reicht nicht aus, die Schädigung zu mindern oder gar eine Neuansaat erfolgreich zu etablieren. Insbesondere im Winterhalbjahr reichen 6-8 Wochen dann nicht mehr aus den Aufwuchs bzw. dem Nährstoffentzug sicherzustellen.
- Die Stickstoffakkumulationen im Auslauf derartiger stationärer Systeme sind im stallnahen Bereich so hoch, dass die Nährstoffe weder ausreichend entzogen noch am Sorptionskomplex im Boden gebunden werden können. Somit kann von diesen Flächen eine Gefährdung des Grundwassers nicht ausgeschlossen werden kann.
- Auf vier zusätzlich untersuchten Best-Practice-Betrieben zeigten sich Ansätze zur Verbesserung, die aber alle auch noch nicht das gewünschte bzw. erforderliche Resultat liefern und somit weiterentwicklungswürdig sind.
- Im Falle zwingender Anbindung von Mobilställen an eine Infrastruktur besteht die große Gefahr für einen Nährstoffanreicherungsprozess im stallnahen Bereich, wenn die Ställe mehrere Monate an einem Standplatz verweilen. Bei mobilen Ställen ohne Boden oder auf erhöhten Fahrgestellen (Trailern) trifft dies auch für den Standplatz zu.

8 Literaturverzeichnis

- Amberger A (1996): Pflanzenernährung. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart
<http://www.landesrecht-bw.de/jportal/?quelle=jlink&query=WasSchAusglV+BW&psml=bsbawueprod.psml&max=true>
- Anonym (2017): Was versteht man unter Starkregen?. abgerufen am 10.01.2017
<http://www.uwz.at/at/de/unwetterarten/starkregen>
- Bioland/Hrsg. (2014): Richtlinien, Stand 25.11.2014. Bioland e.V., Mainz
- Breitschuh G, Hochberg H & W Zorn (2004): Nährstoffbilanzen unter Nachhaltigkeitsaspekten, Tagungsband, 41-55
- Climate Data (2015): Climate Data Center., abgerufen am 30.11.2015
<http://de.climate-data.org/location/21467/>
- Deerberg F (2006): Das Freilandmanagement bei alternativen Legehennenhaltungen (in stationären Ställen. In: Alternative Legehennenhaltung in der Praxis: Erfahrungen, Probleme, Lösungsansätze. Hrsg.: Knierim U, Schrader L & A Steiger, Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 302, 55-62
- Deerberg F, Maurer V & E Zeltner (2010): Freilandhaltung von Legehennen, so wird sie artgerecht und nachhaltig. Hrsg.: FiBL, Bioland, Bio Ernte Austria 2010, 2. Auflage Merkblatt, Bioland e.V., Mainz
- Deerberg F & J Heß (2017): Öko-Legehennen - Ressourcenmanagement und Umweltschutz versus Auslaufmanagement und Flächenbeimessungen. In: Ökologischen Landbau weiterdenken: Verantwortung übernehmen, Vertrauen stärken. Hrsg.: Wolfrum S, Heuwinkel H, Reents H J, Wiesinger K & K-J Hülsbergen (2017) Beiträge zur 14. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Freising-Weihenstephan, 7. bis 10. März 2017, Verlag Dr. Köster, Berlin. 424-425
- DWD (2016): Weste XL, Messstation Harsewinkel und Bielefeld-Deppendorf, abgerufen am 20.01.2017
https://kunden.dwd.de/weste/xl_1.jsp
- DWD (2017): langjährige Mittelwerte., abgerufen am 15.01.2017
http://www.dwd.de/DE/leistungen/klimadatendeutschland/mittelwerte/temp_8110_fest_html.html?view=nasPublication&nn=16102, zuletzt abgerufen am 08.01.2017
- Elbe U (2006): Freilandhaltung von Legehennen unter besonderer Berücksichtigung der Auslaufnutzung, des Stickstoff- und Phosphoreintrags in den Boden und des Nitratreintrags in das Grundwasser. Sierke Verlag, Göttingen
- EU/Hrsg. (2008): VERORDNUNG (EG) NR. 589/2008 der Kommission vom 23. Juni 2008 mit Durchführungsbestimmungen zur Verordnung (EG) Nr. 1234/2007 des Rates hinsichtlich der Vermarktungsnormen für Eier
- EU/Hrsg. (2007): VERORDNUNG (EG) NR. 834/2007 DES RATES vom 28. Juni 2007 über die ökologische/biologische Produktion und die Kennzeichnung von ökologischen/biologischen Erzeugnissen und zur Aufhebung der Verordnung (EWG) Nr. 2092/91, ABI. Nr. L 189, zuletzt geändert am 18.10.2014 (EG-ÖKOBASISVERORDNUNG)

- EU/Hrsg. (2008): VERORDNUNG (EG) Nr. 889/2008 DER KOMMISSION vom 5. September 2008 mit Durchführungsvorschriften zur Verordnung (EG) Nr. 834/2007 des Rates über die ökologische/biologische Produktion und die Kennzeichnung von ökologischen/biologischen Erzeugnissen hinsichtlich der ökologischen/biologischen Produktion, Kennzeichnung und Kontrolle, ABl. Nr. L 250, zuletzt geändert am 19.12.2014
- Finck M, Grimm S & M Mokry (2013): Ist Mais gleich Mais? Gewässerschonender Maisanbau in Baden-Württemberg. abgerufen am 20.01.2017
https://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0ahU-KEwiZn9vu0p7SAhXEuRQKHfgZBkMQFgggMAE&url=http%3A%2F%2Fdownload.maisfakten.de%2Fmais_03_2013_Finck_Gewaesserschonender_Maisanbau_1.pdf&usq=AFQjCNGvasvcwpZKtNAaD1GGAcA4Fn8hQA&cad=rja
- Fürmetz A (2003): Untersuchungen zur Nährstoffbelastung von Legehennenausläufen auf vier landwirtschaftlichen Betrieben unter Berücksichtigung unterschiedlich mobiler Stallsysteme. Diplomarbeit am Fachgebiet Ökologischer Land- und Pflanzenbau, Universität Kassel – Witzenhausen
- Fürmetz A, Keppler C, Knierim U, Deerberg F & J Heß (2005): Legehennen in einem mobilen Stallsystem – Flächenmanagement und resultierende N-Gehalte im Auslauf. In: Ende der Nische, (Hrsg.) Heß J & G Rahman, Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung Ökologische Landbau, Kassel, 1-4.03.2005, Kassel university press, Kassel, 299-302
- Google (2017): Geo-Basis-DE/BKG, 2016
- Hörning B, Trei G, Höfner M & D W Fölsch (2002): Auslaufhaltung von Legehennen. KTBL-Arbeitspapier Nr. 279, KTBL, Darmstadt
- Juris GmbH (2001): Verordnung des Umweltministeriums über Schutzbestimmungen und die Gewährung von Ausgleichsleistungen in Wasser- und Quellenschutzgebieten (Schutzgebiets- und Ausgleichs-Verordnung - SchALVO)
- Maurer V (2011): Wie kann man Verwurmung eindämmen? Schweizerische Geflügelzeitung 2/11, 2011, 14-16
- Meierhans D & H Menzi (1995): Freilandhaltung von Legehennen: Bedenklich aus ökologischer Sicht? DGS-Magazin 9/95, 12–17
- Menke D & A Paffrath (1996): Freilandhaltung von Legehennen – artgerechte Tierhaltung ökologisch bedenklich? In: DGS-Magazin 22/96, 11-16
- Nussbaum, H. (2003): Gute Grassilage braucht Nitrat zur Gärung., abgerufen am 20.12.2016
http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.deservletPBshow1174371_11Nitrat_Silage.pdf
- Scheffer F & P Schachtschabel (2010): Lehrbuch der Bodenkunde. Hrsg.: Blume H P, Brümmer G, Schwertmann U, Horn R, Kögel, Knabner I, Stahr K, Auerswald, K, Beyer L, Hartmann A, Litz N, Scheinost A, Stanjek H & G Welp. 15. Auflage. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg

- Schubert S (2006): Pflanzenernährung. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart
- Stein-Bachinger K, Bachinger J & L Schmitt (Hrsg.) (2004): Nährstoffmanagement im ökologischen Landbau. KTBL-Schrift 423, KTBL, Darmstadt
- Weiland I (2010): schematischer Querschnitt des Hühnermobils 225, abgerufen am 15.01.2017
<http://www.huehnermobil.de/1/our-stables/mobile-hen-house-225/>
- Zorn W, Lippmann J, Gayer P, Schröter H & W Reichardt (2004): Nährstoffeintrag in den Boden. In: Alternative Legehennenhaltung, Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Heft 8 - 9. Jahrgang 2004, 139-151