

Wird unter Winterweizen oder Wintergerste mehr Nitrat ausgewaschen?

Ernst Spiess^{1*}, Clay Humphrys¹ und Volker Prasuhn¹

Zusammenfassung

In einem zweijährigen Lysimeterversuch in Zürich-Reckenholz wurde untersucht, welche Auswirkungen die frühere Pflanzenentwicklung von Wintergerste gegenüber von Winterweizen auf die Nitratauswaschung hat. Der Biomassertrag und der Stickstoffentzug fielen bei Weizen höher aus als bei Gerste. Die Getreideart hatte im Anbaujahr keinen Einfluss auf die Sickerwassermenge. Unter der nachfolgenden Zwischenfrucht wurde jedoch im Verfahren „Wintergerste“ mehr Sickerwasser gebildet. Die Nitratkonzentration und auch die ausgewaschene Stickstofffracht waren im ersten Versuchsjahr unter Weizen bedeutend höher als unter Gerste; im zweiten Jahr traten nur geringe Unterschiede auf.

Schlagwörter: Getreide, Lysimeter, Nitratauswaschung, Sickerwasser

Summary

In a two-year lysimeter experiment at Zurich-Reckenholz, the impact of the earlier plant development of winter barley than winter wheat on nitrate leaching was assessed. Wheat outyielded barley in biomass yield and nitrogen removal. Crop type had no effect on seepage volume in the cropping year. But under the succeeding cover crop, seepage volume was higher in the treatment „winter barley“ than „winter wheat“. In the first experimental year, nitrate concentration and the amount of nitrogen leached were substantially higher under wheat compared to barley; there was only little difference in the second year.

Keywords: cereals, lysimeter, nitrate leaching, seepage volume

Einleitung

Im Winterhalbjahr ist die Nitratauswaschung in der Regel viel höher als im Sommer, weil das Pflanzenwachstum und damit die Evapotranspiration gering sind und deshalb mehr Sickerwasser gebildet wird. Winterweizen und Wintergerste sind in der Schweiz neben den Klee graswiesen die wichtigsten überwinternden Ackerkulturen. Winterweizen wird meistens im Oktober gesät und geht mit einer geringen Bodenbedeckung in den Winter. Wintergerste wird häufig in der zweiten Septemberhälfte gesät und bestockt noch vor dem Winter. Durch das stärkere Wachstum nehmen die Pflanzen im Herbst etwas mehr Stickstoff (N) aus dem Boden auf. Durch den früheren Saattermin wird aber auch die Bodenbearbeitung bei höheren Temperaturen durchgeführt, so dass mehr organischer Stickstoff mineralisiert werden kann. Unter welcher Getreideart wird nun mehr Nitrat ausgewaschen? Da die Kultur bei der Abschätzung der diffusen N-Einträge in die Gewässer von Einzugsgebieten mittels Stoffflussmodellen wie MODIFFUS von großer Bedeutung ist (Prasuhn & Spiess 2003, Hürdler et al. 2015), haben wir die beiden Kulturen in einem Lysimeterversuch miteinander verglichen.

Material und Methoden

Lysimeter

Der Versuch wurde während zwei Jahren auf zwölf monolithischen Lysimetern der neuen Anlage in Zürich-Reckenholz (47°25'41"N, 8°31'05"E; 444 m ü.M.) durchgeführt (Prasuhn et al., 2009). Die Gefäße weisen eine Oberfläche

von 1 m² und eine nutzbare Tiefe von 1,35 m auf (sowie eine zusätzliche Quarzsandschicht von 0,15 m über dem Auslass, die als Sickerhilfe dient). Sie befinden sich auf dem Anlagenteil mit den nicht wägbaren Lysimetern. Die Sickerwassermenge wird mit 100 ml-Kippwaagen erfasst, wobei der exakte Zeitpunkt jeder Kippung von einem Datenlogger aufgezeichnet wird. Bei jeder Kippung fließen zudem etwa 1-2 ml Wasser in eine Probenflasche, was eine abflussproportionale Entnahme einer kleinen Probe erlaubt. Die Wasserproben werden 14-täglich entnommen und mittels segmentierter Fließinjektionsanalyse (s-FIA) kolorimetrisch auf Nitrat (NO₃) und Ammonium untersucht.

Boden und Kulturmassnahmen

Die Monolithen wurden im Sommer 2008 auf einem Acker in Grafenried bei Bern gefräst. Der Boden ist eine Braunerde mit 16% Ton, 32% Schluff und 52% Sand sowie einem Gehalt an organischem Kohlenstoff von 1,0% und an Gesamtstickstoff von 0,11% (0-20 cm Bodentiefe). Da die Lysimeter zwischen 2009 und 2012 in verschiedenen Versuchen verwendet worden waren, wurde am 19. Oktober 2012 Winterroggen als Ausgleichskultur gesät, welcher am 22. Juli 2013 geerntet wurde. Auf sechs Lysimetern wurde am 26. September 2013 die Stoppelbrache umgebrochen und danach Wintergerste gesät. Auf den sechs anderen Lysimetern erfolgte die Bodenbearbeitung und die Saat von Winterweizen am 22. Oktober 2013. Der Boden wurde beim Umbruch jeweils 20 cm tief bearbeitet. Die Grunddüngung mit Superphosphat und Patentkali wurde direkt vor der Saat durchgeführt. Bei beiden Getreidearten erfolgte die N-Düngung mit Ammoniumnitrat im Frühjahr in drei Gaben (110

¹ Agroscope, Fachgruppe Gewässerschutz und Stoffflüsse, Reckenholzstraße 191, CH-8046 ZÜRICH

* Ansprechpartner: DI Ernst Spiess, ernst.spiess@agroscope.admin.ch



Tabelle 1: Ertrag und N-Entzug der Verfahren „Wintergerste“ und „Winterweizen“.

	Wintergerste	Winterweizen
Jahr 2014:		
Körnerertrag (dt/ha)	94	80
Strohertrag (dt/ha)	72	101
Biomasseertrag (dt TS/ha)	144	158
N-Entzug (kg N/ha)	162	189
Jahr 2015:		
Biomasseertrag der Zwischenkultur (dt TS/ha)	21	21
Körnerertrag der Sonnenblumen (dt/ha)	32	31
N-Entzug (kg N/ha)	127	119

kg N ha⁻¹ zu Gerste und 140 kg N ha⁻¹ zu Weizen). Die Gerste wurde am 23. Juni 2014 und der Weizen drei Wochen später am 15. Juli 2014 geerntet. Am 14. August 2014 wurden auf allen Lysimetern Chinakohlrübsen (*Brassica chinensis* x *Brassica rapa*), eine winterharte Kreuzung von Chinakohl und Winterrübsen, gesät. Diese Zwischenfrucht wurde nicht gedüngt und am 8. April 2015 geschnitten, wobei das Erntegut abgeführt wurde (Verwendung als Viehfutter

möglich). Nach dem Umbruch der Zwischenfrucht erfolgte am 22. April 2015 die Saat von Sonnenblumen.

Erhebungsperiode

Für den Versuch wurde die Periode von Juli 2013 bis Juni 2015 ausgewertet. Dieser Zeitabschnitt wurde gewählt, weil das Sickerwasser vorwiegend im Winterhalbjahr gebildet wird, während Mitte Jahr meistens nur wenig oder sogar kein Sickerwasser anfällt. Bei der Auswertung von gesamten Kalenderjahren wären somit Versuchsbeginn und -ende in der Mitte von Sickerwasserperioden gelegen. Bei gleich hoher gesamter Niederschlagsmenge wäre dann je nach zeitlicher Verteilung der Niederschläge im Winter mehr oder weniger Sickerwasser in der betrachteten Periode angefallen.

Klima

Die Klimadaten stammten von der 20 m entfernten Station von MeteoSchweiz. Im ersten Versuchsjahr (2013/14) lagen die Niederschläge mit 948 mm Jahr⁻¹ unter dem langjährigen Mittel (1981-2010) von 1054 mm Jahr⁻¹, im zweiten Jahr (2014/15) lagen sie mit 1131 mm Jahr⁻¹ darüber. Die Tem-

Tabelle 2: Sickerwassermenge und Nitrat Auswaschung der Verfahren „Wintergerste“ und „Winterweizen“.

Periode	Niederschlag (mm)	Sickerwassermenge (mm)		Nitratkonzentration (mg NO ₃ L ⁻¹)		Ausgewaschene N Menge (kg N ha ⁻¹)	
		Gerste	Weizen	Gerste	Weizen	Gerste	Weizen
2013/14	948	324	326	44	66	32	48
2014/15	1'131	521	446	18	18	21	18
Mittel	1'039	422	386	28	38	26	33

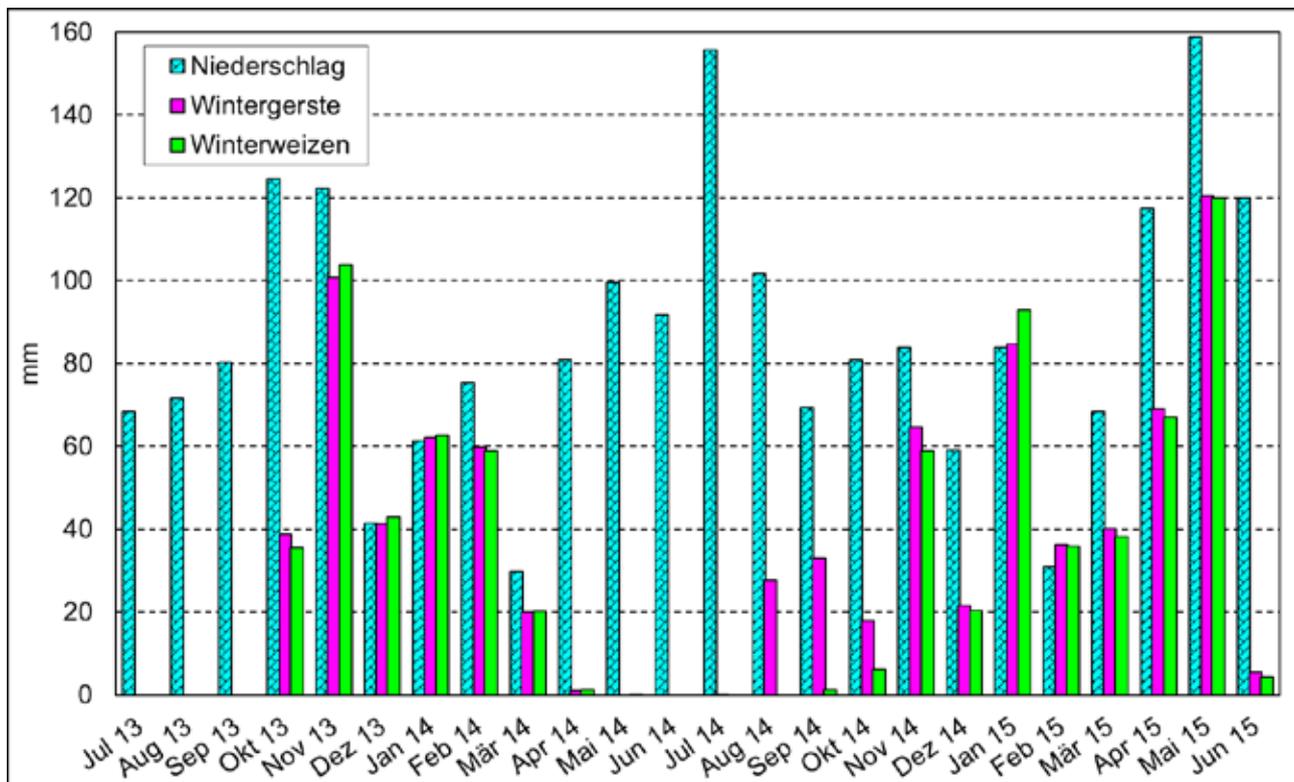


Abbildung 1: Niederschlag sowie Sickerwassermengen in den Verfahren „Wintergerste“ und „Winterweizen“ während der Versuchsperiode.



Abbildung 2: Wintergerste (links) und Winterweizen (rechts) am 18. Dezember 2013.



Abbildung 3: Wintergerste (links) und Winterweizen (rechts) am 15. April 2014.

peratur überstieg mit 10,6 bzw. 10,2°C in beiden Jahren das langjährige Mittel von 9,4°C deutlich.

Ergebnisse

Ertrag und Stickstoffentzug der Kulturen

Mit Wintergerste wurde zwar ein höherer Körnerertrag erzielt als mit Winterweizen, der Strohertrag fiel aber bedeutend geringer aus (Tabelle 1). Als Folge davon waren sowohl der Ertrag als auch der N-Entzug der oberirdischen Biomasse bei Weizen höher als bei Gerste. Bei der folgenden Zwischenkultur Chinakohlrüben und der Nachkultur Sonnenblumen traten keine Verfahrensunterschiede auf.

Sickerwassermenge

Während der zweijährigen Versuchsperiode betrug die Sickerwassermenge im Durchschnitt rund 400 mm Jahr⁻¹, was fast 40% der Niederschlagsmenge ausmacht (Tabelle 2). In der Periode 2013/14 waren die Sickerwassermengen in beiden Verfahren gleich hoch (Abbildung 1), obwohl Winterweizen vier Wochen später als Wintergerste gesät worden war. Über den Winter bedeckte die Gerste zwar den Boden besser als der Weizen (Abbildung 2), dies wirkte sich aber nicht in größerem Masse auf die Evapotranspiration aus. In einzelnen Wintermo-

naten fiel gleich viel Sickerwasser wie Niederschlag an, weil der Boden dauernd wassergesättigt war. In den Sommermonaten hingegen wurde infolge der hohen Evapotranspiration kein oder nur wenig Sickerwasser gebildet.

In der Periode 2014/15 war die Sickerwassermenge im Verfahren „Wintergerste“ 75 mm höher als im Verfahren „Winterweizen“, was ausschliesslich auf Unterschiede zwischen August und Mitte November 2014 zurückgeführt werden kann (Abbildung 1). Winterweizen machte gegenüber Wintergerste eine spätere Entwicklung durch (Abbildung 3) und wurde erst drei Wochen später geerntet. Zudem bildete Weizen mehr Biomasse als Gerste (Tabelle 1). Beide Aspekte waren mit einer höheren und länger dauernden Wasseraufnahme aus dem Boden verbunden. Obwohl die nachfolgende Zwischenfrucht Chinakohlrüben in beiden Verfahren gleichzeitig gesät worden war, wurde nach Gerste schon anfangs August wieder Sickerwasser gebildet, während dies nach Weizen erst Mitte Oktober der Fall war.

Nitratkonzentration des Sickerwassers

Nachdem die Nitratkonzentrationen anfangs Sickerwasserperiode 2013/14 in beiden Verfahren in der gleichen Grössenordnung lagen, wurden zwischen Mitte November 2013 und Mitte Oktober 2014 unter Winterweizen teilweise bedeutend höhere Werte gemessen als unter Wintergerste

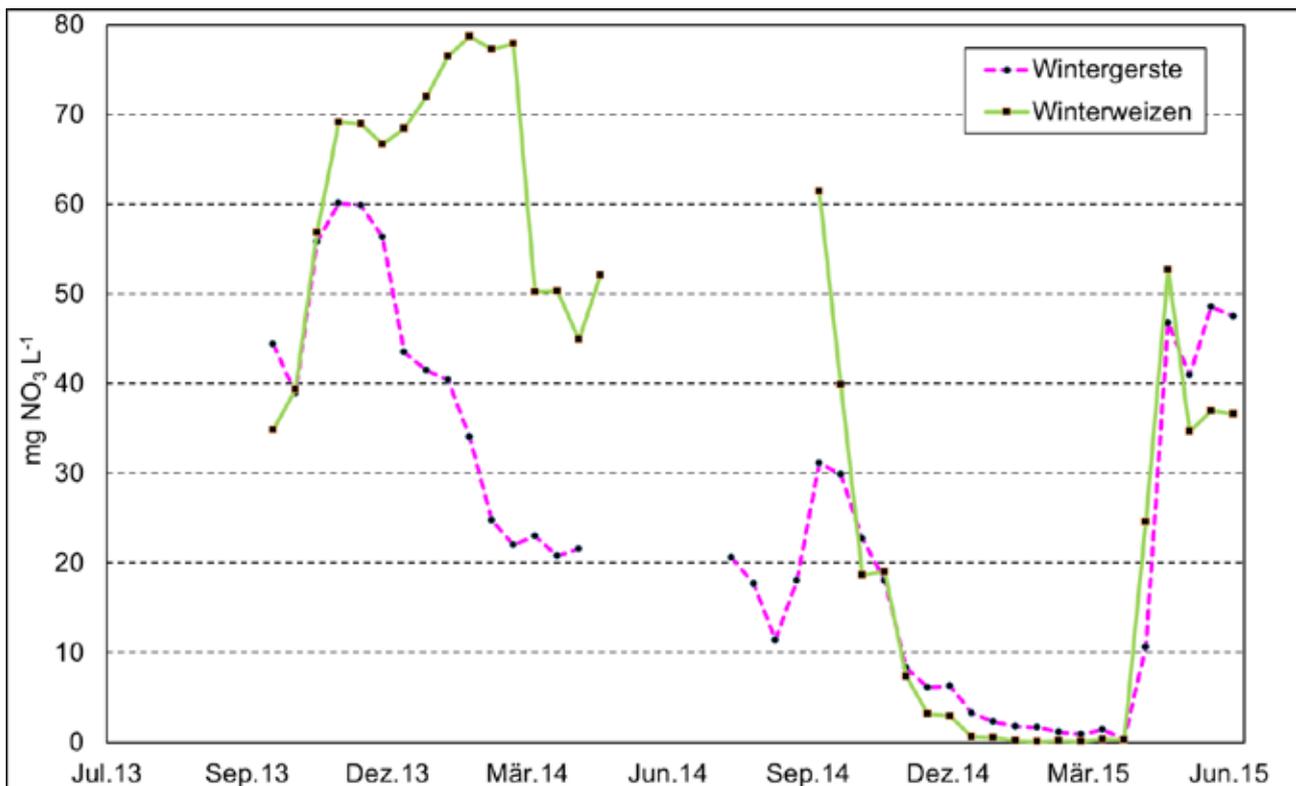


Abbildung 4: Verlauf der Nitratkonzentration des Sickerwassers in den Verfahren „Wintergerste“ und „Winterweizen“ während der Versuchsperiode.

(Abbildung 4). Diese Entwicklung könnte eine Folge der späteren Saat, der schlechteren Bodenbedeckung und der damit verbundenen geringeren N-Aufnahme von Weizen sein. In einigen Wintermonaten überstiegen die Werte unter Weizen und anfangs auch unter Gerste den schweizerischen Anforderungswert an Trinkwasser von $40 \text{ mg NO}_3 \text{ L}^{-1}$ sowie den Grenzwert der EU von $50 \text{ mg NO}_3 \text{ L}^{-1}$ deutlich. Anfangs Sickerwasserperiode 2014/15 wurde zwar mehr Sickerwasser im Verfahren „Wintergerste“ gemessen, die Nitratkonzentration war aber im Verfahren „Winterweizen“ höher. In den folgenden Monaten wurden wiederum keine Unterschiede zwischen den Verfahren beobachtet. Die Nitratkonzentrationen waren in den Wintermonaten unter Chinakohlrüben sehr niedrig, was auf eine gute Wirkung der Zwischenfrucht hindeutet. Nach deren Umbruch im April 2015 stiegen die Nitratwerte steil an. Die abflussgewichtete Nitratkonzentration war im zweiten Versuchsjahr in beiden Verfahren identisch (Tabelle 2).

Ausgewaschene N-Menge

Die erhöhten Nitratkonzentrationen im Winter 2013/14 führten dazu, dass bei durchschnittlichen Sickerwassermengen grössere N-Mengen ausgewaschen wurden, wobei die Verluste unter Winterweizen höher waren als unter Wintergerste (Tabelle 2). Die aufsummierten Auswaschungsverluste nahmen zwischen November und anfangs März linear zu (Abbildung 5). In der Periode 2014/15 wurde weniger Nitrat ausgewaschen als in der Vorperiode. Die frühere und stärkere Sickerwasserbildung nach der Ernte von Wintergerste führte nur zu leicht höheren N-Verlusten als unter Winterweizen. Zwischen Dezember 2014 und Mitte April 2015 war die Nitrat Auswaschung infolge der tiefen Nitrat-

konzentrationen sehr niedrig. Ende April und anfangs Mai wurden hohe N-Verluste gemessen, die ihre Ursache in den weit überdurchschnittlichen Niederschlägen von 160 mm innerhalb von zehn Tagen hatten.

Schlussfolgerungen

Die spätere Entwicklung von Winterweizen gegenüber Wintergerste hatte im Winter nach der Saat keine Auswirkungen auf die Sickerwassermenge. Hingegen waren die Nitratkonzentrationen unter Weizen bedeutend höher als unter Gerste. Bei gleich hohen Sickerwassermengen führte dies zu höheren N-Verlusten unter Weizen. Der frühere Erntetermin von Gerste führte dazu, dass die Sickerwasserbildung schon früh einsetzte. Eine kurze Dauer bis zur Ansaat der folgenden Kultur kann mithelfen, die Sickerwassermenge und damit die Nitrat Auswaschung zu reduzieren.

Literatur

- Hürdler J., Prasuhn V., Spiess E. (2015) Abschätzung diffuser Stickstoff- und Phosphoreinträge in die Gewässer der Schweiz MODIFFUS 3.0. Bericht im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU). Agroscope, Zürich, 117 pp. www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/themen/umwelt-ressourcen/boden-gewaesser-naehrstoffe/landwirtschaftlicher-gewaesserschutz/modiffus.html (letzter Zugriff: 21.01.2019).
- Prasuhn V., Spiess E. (2003) Regional differenzierte Abschätzung der Nitrat Auswaschung über Betriebszählungsdaten. Bericht über die 10. Lysimeter tagung. Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, Irnding, 55-57.
- Prasuhn V., Spiess E., Seyfarth M. (2009) Die neue Lysimeteranlage Zürich-Reckenholz. Bericht über die 13. Gumpensteiner Lysimeter tagung. Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein, Irnding, 11-16.

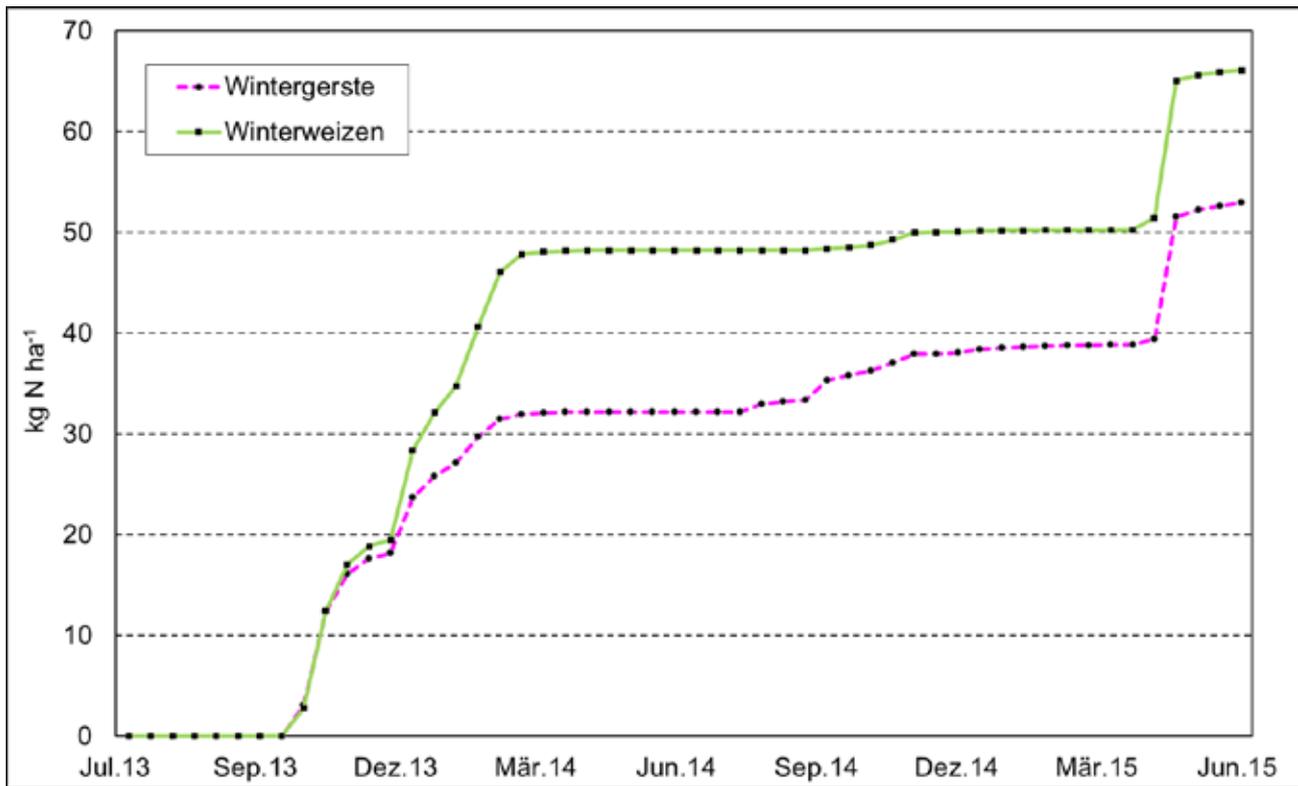


Abbildung 5: Während der Versuchsperiode aufsummierte Nitrat auswaschung in den Verfahren „Wintergerste“ und „Winterweizen“.

