

Wirkung verschiedener Verfahren der Schwefeldüngung auf Ertragsleistung und Vorfruchtwert von Körnerleguminosen im Ökologischen Landbau

Effect of different strategies of sulphur fertilisation on yield of grain legumes and the grain yield of the follower crop in organic farming

FKZ: 11OE110

Projektnehmer:

Landwirtschaftskammer Niedersachsen
Fachbereich Ökologischer Landbau
Hans-Böckler-Allee 20, 30159 Hannover
Tel.: +49 511 3665-0
Fax: +49 511 3665-1507
E-Mail: info@lwk.niedersachsen.de
Internet: www.lwk-niedersachsen.de

Autoren:

Schmidtke, Knut; Lux, Guido

FKZ: 11OE111

Projektnehmer:

Hochschule für Technik und Wirtschaft
Fakultät für Landbau/Umwelt/Chemie
Pillnitzer Platz 2, 01326 Dresden
Tel.: +49 351 462-2761
Fax: +49 351 462-2167
E-Mail: pillnitz.dekanat@htw-dresden.de
Internet: www.htw-dresden.de

Gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft.

Die inhaltliche Verantwortung für den vorliegenden Abschlussbericht inkl. aller erarbeiteten Ergebnisse und der daraus abgeleiteten Schlussfolgerungen liegt beim Autor / der Autorin / dem Autorenteam. Bis zum formellen Abschluss des Projektes in der Geschäftsstelle Bundesprogramm Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft können sich noch Änderungen ergeben.

Abschlussbericht
zum Verbundvorhaben
BOELN 2811OE110 und BOELN2811OE111

Zuwendungsempfänger: Landwirtschaftskammer Niedersachsen
Fachbereich Ökologischer Landbau
Dr. Ulrich Klischat
Hans-Böckler-Allee 20
30159 Hannover

und

Hochschule für Technik und Wirtschaft
Fakultät Landbau/Umwelt/Chemie
Fachgebiet Ökologischer Landbau
Prof. Dr. agr. Knut Schmidtke
Pillnitzer Platz 2
01326 Dresden

Vorhabenbezeichnung: Wirkung verschiedener Verfahren der Schwefeldüngung auf Ertragsleistung und Vorfruchtwert von Körnerleguminosen im Ökologischen Landbau

Laufzeit: 27.03.2012 bis 31.12.2015

Berichtszeitraum: 27.03.2012 bis 31.12.2015

Autoren des Abschlussberichtes: Prof. Dr. Knut Schmidtke und Dr. Guido Lux
Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden, Fachgebiet Ökologischer Landbau,
Pillnitzer Platz 2, 01326 Dresden, E-Mail: schmidtke@htw-dresden.de;

luxg@htw-dresden.de

Kurzfassung

In einem mehrjährigen Forschungs- und Entwicklungsvorhaben wurden verschiedene, im ökologischen Landbau zugelassene Verfahren der Schwefeldüngung zu Ackerbohne, Schmalblättrige Lupine, Erbse sowie Erbse/Gerste-Gemenge auf die Ertragsbildung, die N- und S-Aufnahme der Körnerleguminosenbestände und der Folgefrucht Winterweizen geprüft. Feldversuche wurden auf mehreren, langjährig ökologisch bewirtschafteten Ackerstandorten in Deutschland in den Jahren 2012 bis 2014 durchgeführt. Neben dem Smin-Vorrat im Boden zur Saat und dem S-Gehalt in den jüngsten entfalteten Blättern der Körnerleguminosen zur Blüte wurde zusätzlich auch der Einfluss der Schwefeldüngung auf die Aminosäurezusammensetzung im Korn der Körnerleguminosen und die Nmin-Menge im Boden nach Ernte der Körnerleguminosen erfasst. Die Körnerleguminosen nahmen nur zwischen 2,5 und 19 kg S/ha im Spross auf. Ertragsleistung, die Qualität des Erntegutes und die Stickstoffakkumulation im Spross der Körnerleguminosen und des nachfolgenden Weizens wurden nur im Ausnahmefall signifikant durch die Schwefeldüngung beeinflusst. Aufgrund der geringen Wirkung einer Schwefeldüngung auf die geprüften Sommerkörnerleguminosen und den Weizen ist in den meisten Fällen derzeit in Deutschland eine S-Düngung zu Körnerleguminosen und Weizen im ökologischen Landbau nicht erforderlich. Die Ermittlung des S-Gehaltes im Blatt der Körnerleguminosen zur Blüte scheint aber geeigneter zur Diagnose eines Schwefelmangels zu sein als die Erfassung des Smin-Vorrates im Boden zur Saat. Zur kurzfristigen Steigerung der S-Versorgung der Körnerleguminosen haben sich die Düngung von Kieserit oder Gips in den Boden und Bittersalz über eine Blattapplikation als gut geeignet erwiesen, während die geprüften Verfahren der S-Düngung über elementaren Schwefel (Düngung in den Boden oder Blattapplikation) sich nicht wirksam zeigten.

Abstract

Different methods of sulfur fertilization of organically grown faba bean, narrow-leaved lupin, pea and pea/barley mixtures have been evaluated in field trials from 2012 to 2014 at different sites of Germany. Grain and straw yield, N and S uptake in grain and straw of the grain legumes and the following crop winter wheat has been determined as well as the amount of sulfate in the soil at sowing date of the legumes, the S content of the juvenile leaves at flowering, the composition of amino acids in the grains and the amount of mineralized soil nitrogen after legume harvest. The grain legumes took up only 2.5 to 19 kg S per hectare until ripeness. There wasn't found nearly any significant influence of the sulfur fertilization on the amino acids compositions in grains, dry matter yield and N yield of grain legumes and the following winter wheat or the amount of mineralized soil nitrogen after harvest of the grain legumes. As a result of the field experiments it has been concluded that at present in German organic grain legume and winter wheat production there isn't any need for sulfur fertilization in most cases. However, the S content of the juvenile leaves at flowering seems to be much better suited for evaluating S deficiency of grain legumes than the detection of the amount of sulfate in the soil at sowing date of the legumes. Kieserite and gypsum applied to the soil at sowing and leaf application of epsom salt showed in the field experiments an increase of shoot S contents of grain legumes whereas there was found nearly no effect by applying elementary sulfur to the soil or the leaf surface of the plants.

Danksagung

Das Forschungs- und Entwicklungsvorhaben zur Schwefeldüngung von Körnerleguminosen wurde von Herrn Armin Meyercordt im Jahr 2011 initiiert und bis ins Jahr 2014 auch an der Landwirtschaftskammer Niedersachsen geleitet. Für seinen Einsatz zum Zustandekommen des Vorhabens und seine Koordinationsarbeit sei ihm an dieser Stelle herzlich gedankt. Darüber hinaus haben viele engagierte Mitarbeiter der beteiligten Landwirtschaftskammern und der Bayrischen Landesanstalt für Landwirtschaft erheblich zum Gelingen des Vorhabens beigetragen, wofür an dieser Stelle ebenfalls ein besonderer Dank ausgesprochen sein soll. Mitgearbeitet haben seitens der Landwirtschaftskammer Niedersachsen Frau Dr. Kirsten Seidel, Herr Markus Mücke und Frau Renate Ketzler in fachlichen und organisatorischen Fragen sowie Herr Ulf Wamhoff und Mitarbeiter an der Versuchsstation Astrup-Bissendorf zur Durchführung der Feldversuche. An der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen wurden die Feldversuche unter der Leitung von Frau Dr. Claudia Hof-Kautz und dem Mitarbeiter Herrn Mehl durchgeführt. An der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft hat Herr Dr. Peer Urbatzka die Versuchsserie koordiniert und Herr Heiles die Feldversuche vor Ort intensiv betreut. Die Untersuchungen zur Aminosäurezusammensetzung der Körnerleguminosen wurden von Frau Dr. Karen Aulrich, Thünen-Institut für Ökologischen Landbau, Trenthorst durchgeführt. Die im Rahmen der Untersuchungen eingesetzten Schwefeldüngemittel Cera-Schwefal und die Schwefellinsen wurden seitens der Firma Intrachem und der Gips seitens der Düka-Düngekalkgesellschaft, Barbing kostenfrei für die Untersuchungen zur Verfügung gestellt, wofür an dieser Stelle ebenfalls gedankt sei. Gedankt sei auch den landwirtschaftlichen Betrieben für die Bereitstellung der Versuchsflächen und zahlreichen studentischen Hilfskräften an der HTW Dresden, die im Verlauf der dreijährigen Versuchsserie die Aufarbeitung der entnommenen Pflanzenproben durchgeführt haben. Besonderer Dank gilt auch der BLE für die Bereitstellung der Fördermittel sowie den fachlich zuständigen Mitarbeiterinnen Frau Andrea Retterath und Frau Judith Braun für die engagierte und gute Betreuung des Vorhabens seitens des Projektträgers.

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis.....	5
Abbildungsverzeichnis.....	7
1 Einführung.....	25
1.1 Gegenstand des Vorhabens.....	25
1.2 Ziele und Aufgabenstellung des Projektes.....	27
1.3 Planung und Ablauf des Projektes.....	31
2 Material und Methoden.....	35
2.1 Standorte.....	35
2.2 Geprüfte Fruchtarten und Düngemittel.....	41
2.3 Erfassung des N _{min} -Vorrates im Boden.....	44
2.4 Ertragsermittlung und Inhaltsstoffanalyse.....	45
2.5 Statistische Methoden.....	46
3 Ergebnisse.....	47
3.1 Körnerleguminosen 2012 und Winterweizen 2013.....	47
3.2 Körnerleguminosen 2013 und Winterweizen 2014.....	85
3.3 Körnerleguminosen 2014.....	117
3.4 Untersuchungen der Aminosäuremuster im Korn in 2014.....	167
3.5 N _{min} -Vorrat im Boden zur Saat und nach Ernte der Körnerleguminosen.....	179
3.6 Betriebswirtschaftliche Bewertung des Einsatzes von Schwefeldüngemitteln zu Körnerleguminosen.....	191
4 Diskussion.....	193
5 Angaben zum voraussichtlichen Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse.....	202
6 Gegenüberstellung der geplanten zu den tatsächlich erreichten Ziele.....	202
7 Literaturverzeichnis.....	204
9 Übersicht über realisierte Veröffentlichungen und Vorträge zum Projekt.....	206

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Durchzuführende Arbeiten der HTW Dresden	32
Tab. 2: Standorte des Untersuchungsvorhabens in den Jahren 2012 bis 2014	36
Tab. 3: S_{\min} - und N_{\min} -Vorrat im Boden an ausgewählten Versuchsstandorten im Frühjahr zur Saat im Jahr 2012.....	37
Tab. 4: S_{\min} - und N_{\min} -Vorrat im Boden an ausgewählten Versuchsstandorten im Frühjahr zur Saat im Jahr 2013.....	38
Tab. 5: S_{\min} - und N_{\min} -Vorrat im Boden an ausgewählten Versuchsstandorten im Frühjahr zur Saat im Jahr 2014.....	39
Tab. 6: Gehalte an Grundnährstoffen und pH-Wert im Boden an den Versuchsstandorten im Frühjahr in den Jahren 2012 bis 2014	40
Tab. 7: Arten, Sortenbezeichnung und Saatkichte der verwendeten Kulturen in den Jahren 2012 bis 2014.....	41
Tab. 8: Standorte des Untersuchungsvorhabens in den Jahren 2012 bis 2014	42
Tab. 9: Eingesetzte Düngemittel in den Jahren 2012 bis 2014.....	43
Tab. 10: Ermittelte signifikante Unterschiede aus den Mittelwertvergleichen der Aminosäuregehalte im Korn der Leguminosen im Jahr 2014 (Tukey Test, $\alpha < 0,05$).....	178
Tab. 11: N_{\min} -Mengen im Boden zur Saat (29.03.) der Leguminosen und zum ersten Beprobungstermin (26.08.) am Standort Eschdorf im Jahr 2012	180
Tab. 12: N_{\min} -Mengen im Boden zum zweiten Beprobungstermin (14.09.) am Standort Eschdorf im Jahr 2012.....	180
Tab. 13: N_{\min} -Mengen im Boden zum dritten Beprobungstermin (04.10.) am Standort Eschdorf im Jahr 2012.....	181
Tab. 14: N_{\min} -Mengen im Boden zur Saat (31.03.) der Leguminosen und zum ersten Beprobungstermin (26.08.) am Standort Taucha im Jahr 2012.....	181
Tab. 15: N_{\min} -Mengen im Boden zum zweiten Beprobungstermin (15.09.) am Standort Taucha im Jahr 2012	182
Tab. 16: N_{\min} -Mengen im Boden zum dritten Beprobungstermin (03.10.) am Standort Taucha im Jahr 2012	182
Tab. 17: N_{\min} -Mengen im Boden zur Saat (30.03.) der Leguminosen und zum ersten Beprobungstermin (26.08.) am Standort Greifenhagen im Jahr 2012	183

Tab. 18: N _{min} -Mengen im Boden zum zweiten Beprobungstermin (16.09.) am Standort Greifenhagen im Jahr 2012	183
Tab. 19: N _{min} -Mengen im Boden zum dritten Beprobungstermin (02.10.) am Standort Greifenhagen im Jahr 2012	184
Tab. 20: N _{min} -Mengen im Boden zu 3 Beprobungsterminen nach Ackerbohne am Standort Bissendorf im Jahr 2012	184
Tab. 21: N _{min} -Mengen im Boden zur Saat (19.04.2012) der Leguminosen und zum ersten Beprobungstermin (23.08.) am Standort Auweiler im Jahr 2012.....	185
Tab. 22: N _{min} -Mengen im Boden zum zweiten Beprobungstermin (06.09.) am Standort Auweiler im Jahr 2012	185
Tab. 23 N _{min} -Mengen im Boden zum dritten Beprobungstermin (25.10.) am Standort Auweiler im Jahr 2012	186
Tab. 24: N _{min} -Mengen im Boden zu 3 Beprobungsterminen nach Ackerbohne am Standort Puch im Jahr 2012.....	186
Tab. 25: N _{min} -Mengen im Boden zur Saat der Leguminosen und zum ersten Beprobungstermin (07.09.) am Standort Dürröhrsdorf im Jahr 2013	187
Tab. 26: N _{min} -Mengen im Boden zum zweiten Beprobungstermin (21.09.) am Standort Dürröhrsdorf im Jahr 2013.....	187
Tab. 27: N _{min} -Mengen im Boden zum dritten Beprobungstermin (26.10.) am Standort Dürröhrsdorf im Jahr 2013.....	188
Tab. 28: N _{min} -Mengen im Boden zur Saat der Leguminosen und zum ersten Beprobungstermin (07.09.) am Standort Taucha im Jahr 2013.....	188
Tab. 29: N _{min} -Mengen im Boden zum zweiten Beprobungstermin (22.09.) am Standort Taucha im Jahr 2013	189
Tab. 30: N _{min} -Mengen im Boden zum dritten Beprobungstermin (27.10.) am Standort Taucha im Jahr 2013	189
Tab. 31: N _{min} -Mengen im Boden zu 3 Beprobungsterminen nach Ackerbohne am Standort Puch im Jahr 2013.....	190
Tab. 1: Gesamtkosten der Schwefeldüngung der geprüften Varianten der Schwefeldüngung sowie erforderliche Mehrerträge an Kornmasse bei Ackerbohne, Schmalblättriger Lupine und Erbse zur Deckung der Düngekosten	190

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: S-Gehalt im jüngsten entfaltetem Blatt zur Blüte der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Eschdorf im Jahr 2012.....	52
Abb. 2: Kornertrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Eschdorf im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013.....	53
Abb. 3: Sprossertrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Eschdorf im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013.....	53
Abb. 4: N-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Eschdorf im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013.....	54
Abb. 5: N-Ertrag im Spross zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Eschdorf im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013.....	54
Abb. 6: S-Gehalt im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Eschdorf im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013.....	55
Abb. 7: S-Gehalt im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Eschdorf im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013.....	55
Abb. 8: N/S-Verhältnis im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Eschdorf im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013.....	56
Abb. 9: N/S-Verhältnis im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Eschdorf im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013.....	56

Abb. 10: S-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Eschdorf im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013.....	57
Abb. 11: S-Ertrag im Spross zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Eschdorf im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013.....	57
Abb. 12: S-Gehalt im jüngsten entfalteten Blatt zur Blüte der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Greifenhagen im Jahr 2012	58
Abb. 13: Kornertag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Greifenhagen im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013.....	58
Abb. 14: Sprossertrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Greifenhagen im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013.....	59
Abb. 15: N-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Greifenhagen im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013	59
Abb. 16: N-Ertrag im Spross zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Greifenhagen im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013	60
Abb. 17: S-Gehalt im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Greifenhagen im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013	60
Abb. 18: S-Gehalt im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Greifenhagen im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013	61
Abb. 19: N/S-Verhältnis im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Greifenhagen im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013	61
Abb. 20: N/S-Verhältnis im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Greifenhagen im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013	62

Abb. 21: S-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Greifenhagen im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013	62
Abb. 22: S-Ertrag im Spross zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Greifenhagen im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013	63
Abb. 23: S-Gehalt im jüngsten entfalteteten Blatt zur Blüte der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Taucha im Jahr 2012.....	63
Abb. 24: Kornertrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Taucha im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013.....	64
Abb. 25: Sprossertrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Taucha im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013.....	64
Abb. 26: N-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Taucha im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013.....	65
Abb. 27: N-Ertrag im Spross zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Taucha im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013.....	65
Abb. 28: S-Gehalt im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Taucha im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013.....	66
Abb. 29: S-Gehalt im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Taucha im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013.....	66
Abb. 30: N/S-Verhältnis im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Taucha im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013.....	67
Abb. 31: N/S-Verhältnis im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Taucha im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013.....	67

Abb. 32: S-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Taucha im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013.....	68
Abb. 33: S-Ertrag im Spross zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Taucha im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013.....	68
Abb. 34: Kornertrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Bissendorf im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013.....	69
Abb. 35: Sprossertrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Bissendorf im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013.....	69
Abb. 36: N-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Bissendorf im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013.....	70
Abb. 37: N-Ertrag im Spross zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Bissendorf im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013.....	70
Abb. 38: S-Gehalt im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Bissendorf im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013.....	71
Abb. 39: S-Gehalt im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Bissendorf im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013.....	71
Abb. 40: N/S-Verhältnis im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Bissendorf im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013.....	72
Abb. 41: N/S-Verhältnis im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Bissendorf im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013	72

Abb. 42: S-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Bissendorf im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013.....	73
Abb. 43: S-Ertrag im Spross zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Bissendorf im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013.....	73
Abb. 44: S-Gehalt im jüngsten entfalteteten Blatt zur Blüte der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Puch im Jahr 2012.....	74
Abb. 45: Kornertrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Puch im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013	74
Abb. 46: Sprossertrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Puch im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013.....	75
Abb. 47: N-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Puch im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013.....	75
Abb. 48: N-Ertrag im Spross zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Puch im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013.....	76
Abb. 49: S-Gehalt im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Puch im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013.....	76
Abb. 50: S-Gehalt im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Puch im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013.....	77
Abb. 51: N/S-Verhältnis im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Puch im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013.....	77
Abb. 52: N/S-Verhältnis im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Puch im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013.....	78

Abb. 53: S-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Puch im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013.....78

Abb. 54: S-Ertrag in Korn und Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Puch im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013.....79

Abb. 55: S-Gehalt im jüngsten entfalteteten Blatt zur Blüte der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Auweiler im Jahr 201279

Abb. 56: Kornertrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Auweiler im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013.....80

Abb. 57: Sprossertrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Auweiler im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013.....80

Abb. 58: N-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Auweiler im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013.....81

Abb. 59: N-Ertrag im Spross zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Auweiler im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013.....81

Abb. 60: S-Gehalt im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Auweiler im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013.....82

Abb. 61: S-Gehalt im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Auweiler im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013.....82

Abb. 62: N/S-Verhältnis im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Auweiler im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013.....83

Abb. 63: N/S-Verhältnis im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Auweiler im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 201383

Abb. 64: S-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Auweiler im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013.....	84
Abb. 65: S-Ertrag im Spross zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Auweiler im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013.....	84
Abb. 66: S-Gehalt im jüngsten entfalteten Blatt zur Blüte der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Dürröhrsdorf im Jahr 2013	90
Abb. 67: Kornertrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Dürröhrsdorf im Jahr 2013 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2014.....	91
Abb. 68: Sprossertrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Dürröhrsdorf im Jahr 2013 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2014.....	91
Abb. 69: N-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Dürröhrsdorf im Jahr 2013 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2014	92
Abb. 70: N-Ertrag im Spross zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Dürröhrsdorf im Jahr 2013 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2014	92
Abb. 71: S-Gehalt im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Dürröhrsdorf im Jahr 2013 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2014	93
Abb. 72: S-Gehalt im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Dürröhrsdorf im Jahr 2013 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2014	93
Abb. 73: N/S-Verhältnis im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Dürröhrsdorf im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013	94
Abb. 74: N/S-Verhältnis im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Dürröhrsdorf im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013	94

Abb. 75: S-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Dürröhrsdorf im Jahr 2013 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2014	95
Abb. 76: S-Ertrag im Spross zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Dürröhrsdorf im Jahr 2013 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2014	95
Abb. 77: S-Gehalt im jüngsten entfaltetten Blatt zur Blüte der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Taucha im Jahr 2013.....	96
Abb. 78: Kornertrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Taucha im Jahr 2013 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2014.....	96
Abb. 79: Sprossertrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Taucha im Jahr 2013 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2014.....	97
Abb. 80: N-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Taucha im Jahr 2013 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2014.....	97
Abb. 81: N-Ertrag im Spross zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Taucha im Jahr 2013 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2014.....	98
Abb. 82: S-Gehalt im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Taucha im Jahr 2013 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2014.....	98
Abb. 83: S-Gehalt im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Taucha im Jahr 2013 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2014.....	99
Abb. 84: N/S-Verhältnis im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Taucha im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013.....	99
Abb. 85: N/S-Verhältnis im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Taucha im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013	100

Abb. 86: S-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Taucha im Jahr 2013 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2014.....	100
Abb. 87: S-Ertrag im Spross zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Taucha im Jahr 2013 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2014.....	101
Abb. 88: S-Gehalt im jüngsten entfalteten Blatt zur Blüte der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Greifenhagen im Jahr 2013.....	101
Abb. 89: Kornertrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Greifenhagen im Jahr 2013.....	102
Abb. 90: Sprossertrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Greifenhagen im Jahr 2013.....	102
Abb. 91: N-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Greifenhagen im Jahr 2013	103
Abb. 92: N-Ertrag im Spross zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Greifenhagen im Jahr 2013	103
Abb. 93: S-Gehalt im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Greifenhagen im Jahr 2013	104
Abb. 94: S-Gehalt im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Greifenhagen im Jahr 2013	104
Abb. 95: N/S-Verhältnis im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Greifenhagen im Jahr 2013	105
Abb. 96: N/S-Verhältnis im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Greifenhagen im Jahr 2013.....	105
Abb. 97: S-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Greifenhagen im Jahr 2013	106
Abb. 98: S-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Greifenhagen im Jahr 2013	106
Abb. 99: Kornertrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Puch im Jahr 2013 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2014.....	107

Abb. 100: Sprossertrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Puch im Jahr 2013 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2014.....	107
Abb. 101: N-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Puch im Jahr 2013 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2014.....	108
Abb. 102: N-Ertrag im Spross zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Puch im Jahr 2013 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2014.....	108
Abb. 103: S-Gehalt im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Puch im Jahr 2013 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2014.....	109
Abb. 104: S-Gehalt im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Puch im Jahr 2013 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2014.....	109
Abb. 105: N/S-Verhältnis im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Puch im Jahr 2013 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2014.....	110
Abb. 106: N/S-Verhältnis im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Puch im Jahr 2013 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2014.....	110
Abb. 107: S-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Puch im Jahr 2013 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2014.....	111
Abb. 108: S-Ertrag im Spross zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Puch im Jahr 2013 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2014.....	111
Abb. 109: Kornertrag zur Druschreife der Ackerbohne am Standort Drensteinfurt im Jahr 2013.....	112
Abb. 110: Sprossertrag zur Druschreife der Ackerbohne am Standort Drensteinfurt im Jahr 2013	112

Abb. 111: N-Ertrag im Korn zur Druschreife der Ackerbohne am Standort Drensteinfurt im Jahr 2013	113
Abb. 112: N-Ertrag im Spross zur Druschreife der Ackerbohne am Standort Drensteinfurt im Jahr 2013	113
Abb. 113: S-Gehalt im Korn zur Druschreife der Ackerbohnen am Standort Drensteinfurt im Jahr 2013	114
Abb. 114: S-Gehalt im Stroh zur Druschreife der Ackerbohne am Standort Drensteinfurt im Jahr 2013	114
Abb. 115: N/S-Verhältnis im Korn zur Druschreife der Ackerbohne am Standort Drensteinfurt im Jahr 2013	115
Abb. 116: N/S-Verhältnis im Stroh zur Druschreife der Ackerbohne am Standort Drensteinfurt im Jahr 2013	115
Abb. 117: S-Ertrag im Korn zur Druschreife der Ackerbohne am Standort Drensteinfurt im Jahr 2013	116
Abb. 118: S-Ertrag im Spross zur Druschreife der Ackerbohne am Standort Drensteinfurt im Jahr 2013	116
Abb. 119: S-Gehalt im jüngsten entfalteteten Blatt zur Blüte der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Großzöbern im Jahr 2014.....	123
Abb. 120: Kornertrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Großzöbern im Jahr 2014	123
Abb. 121: Sprossertrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Großzöbern im Jahr 2014	124
Abb. 122: N-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Großzöbern im Jahr 2014.....	124
Abb. 123: N-Ertrag im Spross zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Großzöbern im Jahr 2014.....	125
Abb. 124: S-Gehalt im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Großzöbern im Jahr 2014.....	125
Abb. 125: S-Gehalt im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Großzöbern im Jahr 2014.....	126

Abb. 126: N/S-Verhältnis im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Großzöbern im Jahr 2014.....	126
Abb. 127: N/S-Verhältnis im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Großzöbern im Jahr 2014.....	127
Abb. 128: S-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Großzöbern im Jahr 2014.....	127
Abb. 129: S-Ertrag im Spross zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Großzöbern im Jahr 2014.....	128
Abb. 130: S-Gehalt im jüngsten entfalteteten Blatt zur Blüte der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Ogrosen im Jahr 2014.....	128
Abb. 131: Kornertrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Ogrosen im Jahr 2014.....	129
Abb. 132: Sprossertrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Ogrosen im Jahr 2014.....	129
Abb. 133: N-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Ogrosen im Jahr 2014	130
Abb. 134: N-Ertrag im Spross zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Ogrosen im Jahr 2014	130
Abb. 135: S-Gehalt im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Ogrosen im Jahr 2014	131
Abb. 136: S-Gehalt im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Ogrosen im Jahr 2014	131
Abb. 137: N/S-Verhältnis im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Ogrosen im Jahr 2014	132
Abb. 138: N/S-Verhältnis im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Ogrosen im Jahr 2014	132
Abb. 139: S-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Ogrosen im Jahr 2014	133
Abb. 140: S-Ertrag im Spross zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Ogrosen im Jahr 2014	133

Abb. 141: S-Gehalt im jüngsten entfalteten Blatt zur Blüte der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Linz im Jahr 2014	134
Abb. 142: Kornertrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Linz im Jahr 2014	134
Abb. 143: Sprossertrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Linz im Jahr 2014	135
Abb. 144: N-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Linz im Jahr 2014	135
Abb. 145: N-Ertrag im Spross zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Linz im Jahr 2014	136
Abb. 146: S-Gehalt im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Linz im Jahr 2014	136
Abb. 147: S-Gehalt im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Linz im Jahr 2014	137
Abb. 148: N/S-Verhältnis im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Linz im Jahr 2014	137
Abb. 149: N/S-Verhältnis im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Großzöbern im Jahr 2014.....	138
Abb. 150: S-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Linz im Jahr 2014	138
Abb. 151: S-Ertrag im Spross zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Linz im Jahr 2014	139
Abb. 152: S-Gehalt im jüngsten entfalteten Blatt zur Blüte der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Ochsenhausen im Jahr 2014.....	139
Abb. 153: Kornertrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Ochsenhausen im Jahr 2014	140
Abb. 154: Sprossertrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Ochsenhausen im Jahr 2014	140
Abb. 155: N-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Ochsenhausen im Jahr 2014.....	141

Abb. 156: N-Ertrag im Spross zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Ochsenhausen im Jahr 2014.....	141
Abb. 157: S-Gehalt im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Ochsenhausen im Jahr 2014.....	142
Abb. 158: S-Gehalt im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Ochsenhausen im Jahr 2014.....	142
Abb. 159: N/S-Verhältnis im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Ochsenhausen im Jahr 2014.....	143
Abb. 160: N/S-Verhältnis im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Ochsenhausen im Jahr 2014.....	144
Abb. 161: S-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Ochsenhausen im Jahr 2014.....	144
Abb. 162: S-Ertrag im Spross zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Ochsenhausen im Jahr 2014.....	145
Abb. 163: S-Gehalt im jüngsten entfalteteten Blatt zur Blüte der Ackerbohne am Standort Görlitz im Jahr 2014	145
Abb. 164: Kornertrag zur Druschreife der Ackerbohne am Standort Görlitz im Jahr 2014.....	146
Abb. 165: Sprossertrag zur Druschreife der Ackerbohne am Standort Görlitz im Jahr 2014.....	146
Abb. 166: N-Ertrag im Korn zur Druschreife der Ackerbohne am Standort Görlitz im Jahr 2014	147
Abb. 167: N-Ertrag im Spross zur Druschreife der Ackerbohne am Standort Görlitz im Jahr 2014.....	147
Abb. 168: S-Gehalt im Korn zur Druschreife der Ackerbohne am Standort Görlitz im Jahr 2014.....	148
Abb. 169: S-Gehalt im Stroh zur Druschreife der Ackerbohne am Standort Görlitz im Jahr 2014.....	148
Abb. 170: N/S-Verhältnis im Korn zur Druschreife der Ackerbohne am Standort Görlitz im Jahr 2014.....	149
Abb. 171: N/S-Verhältnis im Stroh zur Druschreife der Ackerbohne am Standort Görlitz im Jahr 2014.....	149

Abb. 172: S-Ertrag im Korn zur Druschreife der Ackerbohne am Standort Görlitz im Jahr 2014	150
Abb. 173: S-Ertrag im Spross zur Druschreife der Ackerbohne am Standort Görlitz im Jahr 2014.....	150
Abb. 174: S-Gehalt im jüngsten entfalteten Blatt zur Blüte der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Belm im Jahr 2014.....	151
Abb. 175: Kornertrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Belm im Jahr 2014	151
Abb. 176: Sprossertrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Belm im Jahr 2014	152
Abb. 177: N-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Belm im Jahr 2014.....	152
Abb. 178: N-Ertrag im Spross zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Belm im Jahr 2014.....	153
Abb. 179: S-Gehalt im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Belm im Jahr 2014.....	153
Abb. 180: S-Gehalt im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Belm im Jahr 2014.....	154
Abb. 181: N/S-Verhältnis im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Belm im Jahr 2014.....	154
Abb. 182: N/S-Verhältnis im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Belm im Jahr 2014.....	155
Abb. 183: S-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Belm im Jahr 2014.....	155
Abb. 184: S-Ertrag im Spross zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Belm im Jahr 2014.....	156
Abb. 185: S-Gehalt im jüngsten entfalteten Blatt zur Blüte der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Bollheim im Jahr 2014.....	156
Abb. 186: Kornertrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Bollheim im Jahr 2014.....	157

Abb. 187: Sprossertrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Bollheim im Jahr 2014.....	157
Abb. 188: N-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Bollheim im Jahr 2014	158
Abb. 189: N-Ertrag im Spross zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Bollheim im Jahr 2014	158
Abb. 190: S-Gehalt im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Bollheim im Jahr 2014	159
Abb. 191: S-Gehalt im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Bollheim im Jahr 2014	159
Abb. 192: N/S-Verhältnis im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Bollheim im Jahr 2014	160
Abb. 193: N/S-Verhältnis im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Bollheim im Jahr 2014	160
Abb. 194: S-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Bollheim im Jahr 2014	161
Abb. 195: S-Ertrag im Spross zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Bollheim im Jahr 2014	161
Abb. 196: S-Gehalt im jüngsten entfalteten Blatt zur Blüte der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Puch im Jahr 2014.....	162
Abb. 197: Kornertrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Puch im Jahr 2014	162
Abb. 198: Sprossertrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Puch im Jahr 2014	163
Abb. 199: N-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Puch im Jahr 2014.....	163
Abb. 200: N-Ertrag im Spross zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Puch im Jahr 2014.....	164
Abb. 201: S-Gehalt im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Puch im Jahr 2014.....	164
Abb. 202: S-Gehalt im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Puch im Jahr 2014.....	165

Abb. 203: N/S-Verhältnis im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Puch im Jahr 2014.....	165
Abb. 204: N/S-Verhältnis im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Puch im Jahr 2014.....	166
Abb. 205: S-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Puch im Jahr 2014.....	166
Abb. 206: S-Ertrag im Spross zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Puch im Jahr 2014.....	167
Abb. 207: Aminosäuregehalt im Korn von Lupine zur Druschreife am Standort Großzöbern im Jahr 2014.....	168
Abb. 208: Aminosäuregehalt im Korn von Ackerbohne zur Druschreife am Standort Görlitz im Jahr 2014	168
Abb. 209: Aminosäuregehalt im Korn von Ackerbohne zur Druschreife am Standort Bollheim im Jahr 2014.....	169
Abb. 210: Aminosäuregehalt im Korn von Ackerbohne zur Druschreife am Standort Ochsenhausen im Jahr 2014	169
Abb. 211: Aminosäuregehalt im Korn von Ackerbohne zur Druschreife am Standort Belm im Jahr 2014	170
Abb. 212: Aminosäuregehalt im Korn von Erbse in Reinsaat zur Druschreife am Standort Linz im Jahr 2014.....	172
Abb. 213: Aminosäuregehalt im Korn von Erbse im Gemenge zur Druschreife am Standort Linz im Jahr 2014.....	173
Abb. 214: Aminosäuregehalt im Korn von Erbse in Reinsaat zur Druschreife am Standort Ogrosen im Jahr 2014.....	171
Abb. 215: Aminosäuregehalt im Korn von Erbse im Gemenge zur Druschreife am Standort Ogrosen im Jahr 2014.....	172
Abb. 216: Aminosäuregehalt im Korn von Erbse in Reinsaat zur Druschreife am Standort Bollheim im Jahr 2014.....	174
Abb. 217: Aminosäuregehalt im Korn von Erbse im Gemenge zur Druschreife am Standort Bollheim im Jahr 2014.....	175
Abb. 218: Aminosäuregehalt im Korn von Erbse in Reinsaat zur Druschreife am Standort Puch im Jahr 2014	176

Abb. 219: Aminosäuregehalt im Korn von Erbse im Gemenge zur Druschreife am Standort Puch im Jahr 2014	177
Abb. 220: Aminosäuregehalt im Korn von Erbse in Reinsaat zur Druschreife am Standort Großzöbern im Jahr 2014	170
Abb. 221: Aminosäuregehalt im Korn von Erbse im Gemenge zur Druschreife am Standort Großzöbern im Jahr 2014	171
Abb. 222: Aminosäuregehalt im Korn von Erbse in Reinsaat zur Druschreife am Standort Ochsenhausen im Jahr 2014	173
Abb. 223: Aminosäuregehalt im Korn von Erbse im Gemenge zur Druschreife am Standort Ochsenhausen im Jahr 2014	174
Abb. 224: Aminosäuregehalt im Korn von Erbse in Reinsaat zur Druschreife am Standort Belm im Jahr 2014	175
Abb. 225: Aminosäuregehalt im Korn von Erbse im Gemenge zur Druschreife am Standort Belm im Jahr 2014	176

1 Einführung

1.1 Gegenstand des Vorhabens

Schwefel ist ein für das Wachstum der Pflanze essentieller Pflanzennährstoff, der insbesondere für die Proteinsynthese schwefelhaltiger Aminosäuren wie Cystein und Methionin erforderlich ist (MENGEL 1991). Dieses gilt insbesondere für Leguminosen, bei denen nicht nur der Aufbau der Spross- und Wurzelmasse der Pflanze einer hinreichenden Schwefelversorgung bedarf (ROBSON et al. 1995), sondern auch die symbiotische Stickstofffixierung essentiell an ein ausreichendes Vorhandensein von Schwefel gebunden ist. So enthält der für die symbiotische Stickstofffixierung verantwortliche Enzymkomplex der Nitrogenase Schwefel an zentraler Stelle (BOTHE et al. 1983). Deshalb sind Wachstum und symbiotische Stickstofffixierung von Leguminosen in besonders starkem Maße von der Schwefelversorgung abhängig (SCHERER & LANGE 1996). So geht bei Schwefelmangel sowohl die Anzahl Knöllchen als auch die Aktivität der Nitrogenase zurück (MUNSHI & REENA 2001). Schwefelmangel zeichnet sich an der Pflanze durch Aufhellen (Chlorosen) der jungen Blätter und dadurch insgesamt verringertes Wachstum aus (BERGMANN 1986). Der S-Gehalt im Blatt könnte deshalb einen gut geeigneten Parameter darstellen, um den Schwefelversorgungszustand einer Körnerleguminose zu charakterisieren. So erwies sich in australischen Untersuchungen mit Lupinen der S-Gehalt im jüngsten voll entwickelten Blatt - er sollte möglichst höher als 0,28 % in der TM liegen und das Verhältnis von Schwefel zu Stickstoff (möglichst enger als 1 : 22) als sehr gut geeignet, um den Schwefelversorgungszustand der Lupine zu erfassen (Robson et al. 1995).

Schwefelmangel tritt seit einigen Jahren in Mitteleuropa bei sehr schwefelbedürftigen Kulturen (z. B. Raps) zunehmend in Erscheinung, da die Deposition von Schwefel in Europa seit mehr als 20 Jahren deutlich rückläufig ist. Waren im Jahr 1990 in Deutschland noch Schwefeldepositionsraten von über 30 kg/ha und Jahr zu verzeichnen, so sanken die berechneten Depositionsraten ab 2004 im Mittel auf deutlich unter 10 kg/ha und Jahr ab (UBA 2011). Dabei sind nach wie vor regional sehr unterschiedliche

Schwefeldepositionsraten mit höheren Einträgen in Osteuropa und Teilen Ostdeutschlands zu verzeichnen. Diese rückläufigen Depositionsraten haben mittlerweile offenbar auch dazu geführt, dass in langjährig ökologisch bewirtschafteten Ackerflächen ein Mangel an pflanzenverfügbarem Schwefel auftritt. So konnten im Jahr 2010 FISCHINGER et al. (2011) durch eine Schwefeldüngung eine Steigerung der N-Menge im Schnittgut eines Luzerne-Kleegrases im Vergleich zur ungedüngten Kontrolle um 70 % erzielen, die vermutlich auf eine schwefelbedingte, erhöhte symbiotische N₂-Fixierleistung zurückzuführen war. Futterleguminosen wie Luzerne oder Rotklee bilden in der Regel eine deutlich höhere Wurzellängendichte im Boden aus als die Körnerleguminosen Ackerbohne und Erbse (SCHMIDTKE 2001). Deshalb ist zu vermuten, dass Körnerleguminosen aufgrund ihrer wurzelmorphologisch bedingten geringeren Aneignungsfähigkeit für Nährstoffe stärker von einem Schwefelmangel im Boden betroffen sind als Futterleguminosen. Im Gemenge mit Getreide dürfte die Körnerleguminose zudem stärker von einer Unterversorgung des Bodens betroffen sein, da das Getreide aufgrund seiner höheren Wurzellängendichte eine deutlich stärkere Fähigkeit zur Aneignung von Nährstoffen verfügt als die Körnerleguminose, wie sich auch aus Untersuchungen zur Nitrataufnahme aus dem Boden im Gemenge aus einer Körnerleguminose und einem Getreide schließen lässt (ANTHES 2005, SCHMIDTKE et al. 2004). Eine Schwefeldüngung zu Körnerleguminosen dürfte sich deshalb bei Mangelversorgung des Bodens auf Ertrag und symbiotische N₂-Fixierleistung in Reinsaat und vor allem im Gemengebau mit Getreide positiv auswirken.

Allerdings dürften die Wirkungen einer Schwefeldüngung auf einigen Standorten deutlicher hervortreten, da die räumliche Lage hinsichtlich der Schwefeldeposition (UBA 2011), pedogene Faktoren sowie die Bewirtschaftung die Schwefelverfügbarkeit im Boden stark beeinflussen. Im Boden des gemäßigten Klimas sind zwischen 0,01 bis 0,17 % Schwefel enthalten (MENGEL 1991, SCHERER 2009), der aber nur zu einem geringen Teil wasserlöslich ist, da der größte Teil des im Boden vorhandenen Schwefels in der organischen Substanz, ein kleiner Teil anorganisch in Form von z.B. Pyrit fest gebunden vorliegt. Ein geringer Teil des Schwefels im Boden liegt zudem als gelöstes, stark auswaschungsgefährdetes oder an Tonmineralen gebundenes Sulfat vor (SCHERER 2009). Die Pflanze nimmt Schwefel in Form des Schwefeldioxides (SO₂) über die Stomata der Blätter oder in Form des Sulfates (SO₄²⁻) über die Wurzel (MENGEL 1991) oder

das Blatt auf (SCHNUG 1998). Der Vorrat an Sulfat im Boden zu Vegetationsbeginn wird deshalb als Indikator der Düngebedürftigkeit herangezogen (S_{\min} -Methode), so z.B. im Rapsanbau (SCHNUG 1998). Für die insgesamt am Standort pflanzenverfügbare Menge an Schwefel kommt allerdings dem mikrobiellen Umsatz der organischen Substanz im Boden eine zentrale Bedeutung zu, da reduzierte Schwefelverbindungen im Boden durch Bodenmikroorganismen zu Sulfat oxidiert werden und diese dann der Schwefelversorgung der Pflanze dienen können. Andererseits ist Sulfat auf tonarmen und niederschlagsreichen Standorten stark auswaschungsgefährdet, so dass auf diesen Standorten, insbesondere bei geringen Gehalten an organischer Substanz im Boden, am häufigsten mit einem Schwefelmangel zu rechnen sein dürfte (MENGEL 1991, SCHERER 2009). Deshalb ist zu erwarten, dass auch im ökologischen Ackerbau die Notwendigkeit einer Schwefeldüngung sehr eng an den Standort geknüpft ist. Strategien für einen effizienten Einsatz verschiedener Schwefeldüngemittel zu Körnerleguminosen sollten deshalb im vorliegenden Vorhaben über entsprechende Düngeversuche unter sehr unterschiedlichen Standortbedingungen im Ackerbau erprobt werden.

1.2 Ziele und Aufgabenstellung des Projektes

Für die Schwefeldüngung stehen im ökologischen Landbau mehrere Strategien der Zufuhr mineralischer Schwefelverbindungen zur Auswahl. Direkt pflanzenverfügbar ist Schwefel in Form des Sulfates, welches als bereits am Markt verfügbares Handelsdüngemittel als Kaliumsulfat, Kieserit oder Bittersalz zur Düngung über den Boden eingesetzt werden kann (SCHNUG 1998). Gips hat sich ebenfalls als sehr schnell pflanzenverfügbares Schwefeldüngemittel erwiesen (WEN et al. 2003). Als vergleichsweise neue Düngestrategie kann Schwefel auch in Form von Bittersalz auf das Blatt appliziert werden, um über eine Blattdüngung eine sehr schnelle Aufnahme des Schwefels zu erzielen. Neben den schnell verfügbaren Verbindungen als Sulfat-Schwefel, kann im ökologischen Landbau auch elementarer Schwefel als langsam verfügbares Schwefeldüngemittel eingesetzt werden. Elementarer Schwefel ist nicht auswaschungsgefährdet und muss nach Ausbringung zunächst durch Bodenmikroorganismen oxidiert werden, weshalb er eine länger anhaltende Wirkung entfaltet (WEN et al. 2003). Zugleich entspricht die Verfügbarmachung des elementaren Schwefels über Bodenmikroorganismen eher dem Leitbild der Pflanzenernährung im ökologischen Landbau, so dass im vorliegenden

Vorhaben dem Einsatz elementaren Schwefels als Düngemittel besondere Aufmerksamkeit zu Teil werden sollte. Elementarer Schwefel stellt zudem eine kostengünstigste Form der Schwefelzufuhr dar. Bisher wurden die genannten Schwefeldüngemittel in Deutschland weder im ökologischen Landbau noch im konventionellen Landbau in Körnerleguminosen systematisch hinsichtlich der Wirkungen auf Ertrag, symbiotische N₂-Fixierleistung und Vorfruchtwert von Körnerleguminosenbeständen geprüft. Hier setzte das beantragte Vorhaben im Körnerleguminosenanbau erstmals umfassend an, in dem das Vorhaben Untersuchungen mit unterschiedlichen, im ökologischen Landbau zugelassenen Schwefeldüngemittel auf mehreren Standorten und in drei Jahren einschließlich einer Prüfung der Wirkung auf die Folgefrucht Winterweizen vorsah. So zeigten beispielsweise in Untersuchungen von HABTEMICHIAL et al. (2007) mit Schwefel gedüngte Ackerbohnen einen signifikant höheren Vorfruchtwert zu Weizen. Deshalb war es ein Ziel der Untersuchungen, die Wirkung einer Schwefeldüngung zur Körnerleguminose im gesamten Fruchtfolgeglied „Körnerleguminose – Winterweizen“ zu erfassen. Um eine Wirkung von Kalium bei Verwendung von Kaliumsulfat als im ökologischen Landbau zugelassenen Schwefeldüngemittel ausschließen zu können, wurden im vorliegenden Vorhaben, im Gegensatz zu Untersuchungen von Seehuber (2014), keine kaliumhaltigen Schwefeldüngemittel eingesetzt.

Übergeordnete Ziele des Vorhabens waren, die Wirkung verschiedener Verfahren der Schwefeldüngung auf die Ertragsleistung und den Vorfruchtwert der drei im ökologischen Landbau wichtigsten Körnerleguminosenarten – Ackerbohne, Erbse und Schmalblättrige Lupine – zu ermitteln. Die Verfahren der Schwefeldüngung sollten auf insgesamt sechs hinsichtlich Boden, Klima und langjähriger Bewirtschaftung (Humusvorrat) unterschiedlichen Standorten geprüft werden, auf den ein Mangel an Schwefel vermutet wurde. Es sollten hieraus standortbezogene Strategien der Schwefeldüngung abgeleitet werden, um die Wertschöpfung im Fruchtfolgeglied „Körnerleguminose – Winterweizen“ im ökologischen Landbau deutlich zu steigern. Die Effizienz der Düngewirkung verschiedener Verfahren und Schwefeldüngemittel sollte pflanzenbaulich anhand der Schwefel- und Stickstoffaufnahme, der Ertragsleistung sowie des Proteingehaltes des Erntegutes der Körnerleguminose sowie deren Nachfrucht Winterweizen ermittelt werden. Darüber hinaus sollte der standortspezifische Nutzen der

Schwefeldüngung anhand einer betriebswirtschaftlichen Bewertung über die erzielten Deckungsbeiträge im nicht gedüngten versus mit Schwefel gedüngten Fruchtfolgeglied „Körnerleguminose – Winterweizen“ quantifiziert werden. Durch die Erarbeitung standortspezifischer Erfordernisse einer Schwefeldüngung zu Körnerleguminosen sollte zudem die regionale Wertschöpfung im bundesdeutschen Körnerleguminosenanbau erhöht und ein Beitrag zur Sicherung der Versorgung mit proteinreichen Futtermitteln aus heimischem Anbau geleistet werden. Insgesamt sollten im Rahmen des Vorhabens sollten vorrangig Antworten zu neun Fragekomplexen erarbeitet werden:

1. Kann mit Hilfe der Erfassung des S_{\min} -Vorrates im Boden zu Vegetationsbeginn der Körnerleguminose die pflanzenverfügbare Schwefelmenge im ökologischen Landbau geschätzt werden, so dass eine Empfehlung an die Praxis zur Nutzung der S_{\min} -Methode ausgesprochen werden kann?
2. Kann mit Hilfe der Erfassung des Schwefelgehaltes sowie des Schwefel zu Stickstoff-Verhältnisses im jüngsten, voll entwickelten Blatt der Körnerleguminose der im Hinblick auf die Ertragsbildung erforderliche Schwefelversorgungsgrad der Pflanze identifiziert werden, so dass bereits in frühen Entwicklungsstadien der Körnerleguminosen ein standortspezifischer S-Düngebedarf abgeleitet werden kann?
3. Lässt sich der Vorfruchtwert der Körnerleguminosen durch eine Schwefeldüngung zur Körnerleguminose über ein verbessertes Wachstum und symbiotische N_2 -Fixierung der Körnerleguminose erhöhen?
4. Lässt sich durch eine Schwefeldüngung zur Körnerleguminose der Proteingehalt im Korn der Leguminose und der Nachfrucht Winterweizen signifikant erhöhen?
5. Welche der drei geprüften Körnerleguminosen - Ackerbohne, Erbse oder Schmalblättrige Lupine - reagiert auf eine Düngung mit Schwefel am stärksten und weist somit die höchste Bedürftigkeit einer Schwefeldüngung auf?
6. Ist eine ertragssteigernde Wirkung der Schwefeldüngung beim Anbau der Erbse im Gemenge mit Gerste stärker ausgeprägt als in einer Erbsenreinsaat der Erbse?
7. Spiegelt sich eine Schwefeldüngung zur Körnerleguminose, insbesondere mit elementarem Schwefel, noch in einer verbesserten Schwefelversorgung des nachfolgenden Weizens wider?

8. Mit welchem Verfahren der Schwefeldüngung kann die höchste Verwertungseffizienz des gedüngten Schwefels, die höchste Ertragssteigerung an Kornerträgen und pflanzlicher N-Aufnahme der Körnerleguminose und deren Nachfrucht Winterweizen erzielt werden?
9. Unter welchen Standortbedingungen langjährig ökologisch bewirtschafteter Acker-schläge und bei welcher Körnerleguminosenart ist eine Schwefeldüngung pflanzen-baulich und betriebswirtschaftlich sinnvoll?

1.3 Planung und Ablauf des Projektes

Entsprechend der Frage- und Aufgabenstellung in der Vorhabensbeschreibung zum Projektantrag wurden die in Tab. 1 aufgeführten Maßnahmen geplant.

Tab. 1: Durchzuführende Arbeiten der Versuchsansteller vor Ort

Maßnahme	2012	2013	2014
S _{min} -Probenahme zur Saat	x	x	x
N _{min} -Probenahme zur Saat	x	x	x
Aussaat KL/G	x	x	x
S-Düngung über Boden KL	x	x	x
Drei Termine S-Düngung über Blatt KL	x	x	x
Erfassung Feldaufgang KL/G	x	x	x
Blattprobenahme und Trocknung BBCH 35 bis 39	x	x	x
Blattprobenahme und Trocknung BBCH 67 bis 69	x	x	x
Bonitur Entwicklungsverlauf KL/G	x	x	x
Bonitur Schaderreger KL/G, falls stärker auftretend	x	x	x
Erfassung Druschertrag Korn, KL/G	x	x	x
N _{min} -Probenahme nach Ernte zu drei Terminen	x	x	
Stoppel- und Grundbodenbearbeitung	x	x	x
Aussaat WW	x	x	
Erfassung Feldaufgang WW	x	x	
Bonitur Schaderreger WW, falls stärker auftretend		x	x
Erfassung Druschertrag Korn, WW		x	x

KL = Körnerleguminose, G = Gerste, WW = Winterweizen

Diese sollten in Abstimmung mit den kooperierenden Versuchsanstellern vor Ort (Landwirte, Landwirtschaftskammern/Landesanstalten, Versuchsbetriebe, ZAFT e.V.) durch deren Mitarbeiter durchgeführt werden. Ergänzend dazu sind in Tab. 2 die Maßnahmen aufgeführt, die ausschließlich durch Projektmitarbeiter der HTW Dresden durchgeführt wurden.

Tab. 2: Durchzuführende Arbeiten der HTW Dresden

Maßnahme	2012	2013	2014	2015
Vermahlung von Blattproben Entnahme BBCH 35 bis 39 KL	x	x	x	
Vermahlung von Blattproben der Entnahme BBCH 67 bis 69 KL/G	x	x	x	
Probeneinwaage und S-/N-Analyse in Blattproben KL/G	x	x	x	
Entnahme Sprossmasse Kleinteilflächen an 6 Standorten zur physiologischen Reife der KG/G	x	x	x	
Ertragsanalyse KG/G	x	x	x	
Vermahlung Proben Korn- und Stroh zur Analyse KG/G	x	x	x	
Probeneinwaage und S-/N-Analyse in Korn und Stroh KL/G	x	x	x	
Entnahme Sprossmasse Kleinteilflächen an 6 Standorten zur physiologischen Reife des WW	x	x	x	
Ertragsanalyse WW	x	x	x	
Vermahlung Proben Korn- und Stroh zur Analyse WW	x	x	x	
Probeneinwaage und S-/N-Analyse in Korn und Stroh WW	x	x	x	
Analyse Aminosäuren KL				x
Statistische Auswertung		x	x	x
Erstellung einer Broschüre zur Schwefeldüngung von Leguminosen				x

KL = Körnerleguminose, G = Gerste, WW = Winterweizen

Geplant war die Versuchsanstellung an insgesamt 6 Standorten. Davon sollten jeweils 3 Standorte mit mittlerem bis hohem Jahresniederschlag sowie mittlerer bis hoher Boden-

güte im Westen Deutschlands mit den Fruchtarten Erbse in Reinsaat, Gerste-Erbse Gemenge und Ackerbohne vertreten sein:

- a) Bissendorf (Niedersachsen, Ackerzahl 60, sL, 769 mm Jahresniederschlag, Jahresmitteltemperatur 9,1°C).
- b) Auweiler (Nordrhein-Westfalen, Ackerzahl 65 bis 70, sL, Parabraunerde, 750 mm Niederschlag, Jahresmitteltemperatur 9,5 °C)
- c) Emmering/Puch (Bayern, Ackerzahl ca. 35, IS, 850 mm Jahresniederschlag, Jahresmitteltemperatur 8,1°C).

Zudem sollten die Untersuchungen an drei Standorten mit geringem bis mittlerem Jahresniederschlag sowie mit geringer bis mittlerer Bodengüte im Osten Deutschlands mit den Fruchtarten Erbse in Reinsaat, Gerste-Erbse-Gemenge und Schmalblättriger Lupine durchgeführt werden:

- d) Greifenhagen bei Hettstedt (Sachsen-Anhalt, Ackerzahl ca. 38, sL, Braunerde, 485 mm Jahresniederschlag, Jahresmitteltemperatur 7,4°C)
- e) Taucha bei Leipzig (Sachsen, Ackerzahl 22, S, Sand über kiesführendem Sand, Braunerde, 488 mm Niederschlag, Jahresmitteltemperatur 9,2°C)
- f) Eschdorf bei Dresden (Sachsen, Ackerzahl ca. 52, Parabraunerde aus Löss, 612 mm Jahresniederschlag, Jahresmitteltemperatur 9,6°C).

Insgesamt sollten an jedem Standort 5 Prüfglieder zu allen Fruchtarten geprüft werden:

- 1 Kontrolle (ohne Schwefeldüngung)
- 2 Kieserit (40 kg S/ha, direkt vor der Saat eingearbeitet)
- 3 Gips (40 kg S/ha, direkt vor der Saat eingearbeitet)
- 4 Granulierter, elementarer Schwefel in Form von Schwefellinsen (40 kg S/ha)
- 5 Bittersalz (Magnesiumsulfat) flüssig als Blattdüngung (insgesamt 8,4 kg S/ha mit einer 10,6%igen Lösung, 200 l/ha, appliziert in der Phase des Längenwachstums bis zum Blühbeginn der Körnerleguminosen zu drei Terminen mit je 2,8 kg S/ha je Termin).

Als Zusatzprüfglied mit einer Blattdüngung von elementarem Schwefel (insgesamt 8,4 kg S/ha aufgeteilt in drei Gaben) sollte auf allen Standorten in vierfacher Wiederholung die Wirkung auf die Erbse in Reinsaat geprüft werden, wobei die Ausbringung parallel zur Variante Bittersalz erfolgen sollte.

Im Jahr 2015 sollten die Anteile ausgewählter Aminosäuren am Rohprotein im Korn der Leguminosen in Abhängigkeit von der Schwefeldüngung ermittelt werden. Dazu sollten Kornproben von Ackerbohne, Lupine und Erbse aus dem Versuchsjahr 2014 genutzt werden (vergl. Tab. 2).

2 Material und Methoden

2.1 Standorte

Für die Untersuchungen in den Jahren 2012 bis 2014 wurden ausschließlich Flächen ausgewählt, welche bereits langjährig ökologisch bewirtschaftet wurden. In den Versuchsjahren 2012 und 2013 wurden die Feldversuche mit Körnerleguminosen an jeweils 6 Standorten in Deutschland durchgeführt (Tab. 1). Um auch hinsichtlich der Schwefelversorgung, d.h. des Vorrates an S_{min} im Boden im zeitigen Frühjahr, sehr gering versorgte Standorte in die Untersuchungen einzubeziehen, wurden im Jahr 2014 die Feldversuche an insgesamt 8 Standorten in Deutschland durchgeführt. Die Auswahl der Versuchsflächen zu Beginn der Untersuchungen im Jahr 2012 sowie die Anlage der Feldversuche erfolgte bedingt durch die relativ späte Bewilligung des Vorhabens unter großem Zeitdruck. So standen die zunächst vorgesehenen zwei Standorte in Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern für die Anlage der Versuche mit Körnererbse, Schmalblättriger Lupine und Erbse/Gerste-Gemenge zum Zeitpunkt des Erhalts des förderunschädlichen vorzeitigen Maßnahmenbeginns am 27.03.2012 nicht mehr zur Verfügung, so dass auf einen Standort bei Leipzig (Taucha) mit sandigem Boden und einen Standort in Sachsen-Anhalt (Greifenhagen) mit flachgründigem Boden im Regenschatten des Harzes kurzfristig ausgewichen werden musste (vgl. Tab. 1). Die drei Standorte mit Ackerbohne/Erbse und Erbse-Gerste-Gemenge in Bayern (Puch/Emmering), Nordrhein-Westfalen (Auweiler/Drensteinfurt/Bollheim) und Niedersachsen (Bissendorf-Astrup/Belm) konnten wie vorgesehen bereits zu Beginn des Vorhabens im Jahr 2012 genutzt werden. Entsprechend der im Abschnitt 2.2 beschriebenen Anzahl an Düngevarianten, der geprüften Fruchtarten in Reinsaat und im Gemenge und der notwendigen Wiederholungen im Feld ergab sich jeweils die in Tab. 2 angegebene Anzahl an Versuchspartellen an den einzelnen Standorten.

Die Auswahl der Flächen für die Feldversuche im Rahmen des Vorhabens sollte anhand des S_{min} -Vorrates im Boden erfolgen. Im Jahr 2012 konnten jedoch die erforderlichen Bodenproben (Bestimmung des S_{min} -Vorrates im Boden) aufgrund des beschriebenen äußerst engen Zeitfensters nicht mehr bei der Flächenauswahl berücksichtigt werden, da sie erst zur Aussaat entnommen wurden. Im Jahr 2013 wurden die Standorte für das zweite Versuchsjahr beibehalten. Die Ermittlung des S_{min} -Vorrates

im Boden erfolgte auch in diesem Jahr zum Zeitpunkt der Aussaat im Frühjahr 2013. In Abstimmung mit dem Fördermittelgeber wurde für das Versuchsjahr 2014 eine Evaluation der in Frage kommenden Versuchsstandorte hinsichtlich der im

Tab. 3: Standorte des Untersuchungsvorhabens in den Jahren 2012 bis 2014

Jahr	Versuchsstandort	Bundesland	Anzahl Düngevarianten/Parzellen
2012	Taucha	SN	6 / 68
	Greifenhagen	ST	6 / 68
	Eschdorf	SN	6 / 68
	Puch/Emmering	BY	6 / 68
	Auweiler	NW	6 / 68
	Bissendorf	NS	6 / 68
2013	Taucha	SN	6 / 72
	Greifenhagen	SA	6 / 72
	Dürröhrsdorf	SN	6 / 72
	Drensteinfurt	NRW	6 / 72 ¹⁾
	Puch	BY	6 / 72
	Bissendorf-Astrup	NS	6 / 72 ²⁾
2014	Linz	SN	6 / 72 ³⁾
	Ogrosen	BB	6 / 72 ⁴⁾
	Großzübern	SN	6 / 72
	Ochsenhausen	BW	6 / 72
	Görlitz	SN	4 / 20 (nur Ackerbohne)
	Puch	BY	6 / 48 (ohne Ackerbohne)
	Bollheim	NRW	6 / 72
	Belm	NS	6 / 72

¹⁾Ausfall der Parzellen mit Erbse und Erbse/Gerste wegen Vogelfraß

²⁾Ausfall aller Parzellen wegen zu geringem Feldaufgang

³⁾Ausfall der Parzellen mit Lupine wegen extremer Trockenheit in der Jugendentwicklung

⁴⁾Ausfall der Parzellen mit Lupine wegen Krankheitsbefalls in der Jugendentwicklung

zeitigen Frühjahr im Boden vorliegenden S_{\min} -Vorräte im Boden vorgenommen. Ziel war es, die Versuche nur auf langfristig ökologisch bewirtschafteten Ackerflächen durchzuführen, die zugleich einen vergleichsweise geringen S_{\min} -Vorrat im Boden im zeitigen Frühjahr (Februar/März 2014) aufwiesen. Hierzu wurden auch neue Standorte für Versuche im Rahmen der Evaluation geprüft. In Tab. 3 und Tab. 4 sind die S_{\min} - und N_{\min} -Vorräte zum Zeitpunkt der Aussaat der Körnerleguminosen in den Jahren 2012 und 2013 und in Tab. 5 die S_{\min} - und N_{\min} -Vorräte vor der Saat im zeitigen Frühjahr im Jahr 2014 angegeben.

Tab. 4: S_{\min} - und N_{\min} -Vorrat im Boden an ausgewählten Versuchsstandorten im Frühjahr zur Saat im Jahr 2012

Jahr	Versuchsstandort	Bodentiefe	S_{\min} -Vorrat im Boden [kg ha ⁻¹]	N_{\min} -Vorrat im Boden [kg ha ⁻¹]
2012	Taucha	0-30 cm	15,0	29,0
		30-60 cm	13,7	13,9
	Greifenhagen	0-30 cm	14,2	20,3
		30-60 cm	9,0	8,0
	Eschdorf	0-30 cm	9,5	35,2
		30-60 cm	12,0	36,3
		60-90 cm	11,6	10,5
	Puch	0-30 cm		86,4
	Bissendorf	0-30 cm	16,0	25,0
		30-60 cm	9,0	14,0
	Auweiler	0-30 cm	10,0	29,0
		30-60 cm	9,4	16,0

Tab. 5: S_{\min} - und N_{\min} -Vorrat im Boden an ausgewählten Versuchsstandorten im Frühjahr zur Saat im Jahr 2013

Jahr	Versuchsstandort	Bodentiefe	S_{\min} -Vorrat im Boden [kg ha ⁻¹]	N_{\min} -Vorrat im Boden [kg ha ⁻¹]
2013	Taucha	0-30 cm	7,0	
		30-60 cm	6,3	
	Greifenhagen	0-30 cm	11,4	
		30-60 cm	11,1	
	Dürrröhrsdorf	0-30 cm	14,1	
		30-60 cm	7,5	
	Drensteinfurt	0-30 cm	6,6	36,0
		30-60 cm	7,1	25,0
	Puch	0-30 cm		59,0
	Bissendorf	0-30 cm	8,9	60,2
		30-60 cm	6,1	26,7

Die Versuche mit Körnerleguminosen wurden im Jahr 2014 auf Grundlage der Evaluationsergebnisse an insgesamt 8 Standorten angelegt, wobei die Standorte Linz in Sachsen (anstatt Taucha), Ogrosen in Brandenburg (anstatt Greifenhagen), Großzöbern in Westsachsen (anstatt Dürrröhrsdorf) und zusätzlich der Standort Ochsenhausen in Baden-Württemberg in die Untersuchungen aufgenommen wurden (vgl. Tab. 5). An diesen Standorten lag im Frühjahr ein sehr geringer S_{\min} -Vorrat im Boden von weniger als 13,2 kg S_{\min} /ha in 0 bis 60 cm Bodentiefe vor. Der Standort Ochsenhausen wurde zusätzlich aufgenommen, da hier im Jahr 2013 auf dem Betrieb ein Schwefelmangel bei Ackerbohne beobachtet wurde. An den Standorten der Länderdienststellen der Landwirtschaft in Puch (Bayern), Zülpich-Oberelvenich bzw. Bollheim (Nordrhein-Westfalen) und Belm (Niedersachsen) wurden die Versuche ohne zuvor durchgeführte

Evaluation auf den S_{\min} -Vorrat im Boden angelegt, da es aus arbeitsorganisatorischen Gründen nicht möglich war, kurzfristig einen Standortwechsel für die Versuche vorzunehmen.

Tab. 6: S_{\min} - und N_{\min} -Vorrat im Boden an ausgewählten Versuchsstandorten im Frühjahr zur Saat im Jahr 2014

Jahr	Versuchsstandort	Bodentiefe	S_{\min} -Vorrat im Boden [kg ha ⁻¹]	N_{\min} -Vorrat im Boden [kg ha ⁻¹]
2014	Ogrosen	0-30 cm	3,3	
		30-60 cm	4,1	
	Linz	0-30 cm	3,0	
		30-60 cm	2,7	
	Großzöbern	0-30 cm	5,5	
		30-60 cm	3,1	
	Görlitz	0-30 cm		
		30-60 cm		
	Ochsenhausen	0-30 cm	5,1	
		30-60 cm	8,0	
	Puch	0-30 cm	6,2	35,0
		30-60 cm	15,1	25,0
	Bollheim	0-30 cm	10,0	
		30-60 cm	12,0	
	Belm	0-30 cm	8,2	26,7
		30-60 cm	5,0	11,2

Da es am Standort Puch zudem nicht möglich war, auch die Ackerbohne in die Versuchsanlage mit aufzunehmen (auf dem Acker sollte gleichzeitig eine Z-Saatgutvermehrung einer anderen Ackerbohnenart durchgeführt werden), wurden der Versuchsteil der Ackerbohne vom ZAFT e.V. an der HTW Dresden am Standort Görlitz

angelegt. Die Änderungen zu den Versuchsstandorten wurden mit dem Fördermittelgeber jeweils abgestimmt und konnten insofern kostenneutral durch Umwidmung realisiert werden. Neben den S_{\min} -Vorräten wurden auch der Humusgehalt (an vielen Standorten), der pH-Wert und die Gehalte an Grundnährstoffendes Bodens in einer Tiefe von 0 bis 30 cm auf allen Versuchsflächen jeweils im Frühjahr zum Zeitpunkt der Aussaat ermittelt (Tab. 6).

Tab. 7: Gehalte an Grundnährstoffen und pH-Wert im Boden an den Versuchsstandorten im Frühjahr in den Jahren 2012 bis 2014

Jahr	Versuchsstandort	Humus	pH-Wert	P	K	Mg
		%		[mg 100 g ⁻¹ Boden]		
2012	Taucha	1,9	4,5	3,8	13,8	3,6
	Greifenhagen	2,4	6,3	3,9	10,4	7,8
	Eschdorf	2,2	5,0	3,4	6,4	8,6
	Puch	-	7,4	4,5	11,6	22,1
	Auweiler		6,7	7,9	9,1	8,0
	Bissendorf	-	6,4	2,0	10,0	9,0
2013	Taucha	-	-	2,5	5,8	5,3
	Greifenhagen	-	-	3,2	8,9	8,0
	Dürrröhrsdorf	-	-	4,0	6,0	6,9
	Drensteinfurt					
	Puch					
	Bissendorf	-	5,2	3,0	6,0	3,0
2014	Ogrosen	1,6	5,3	5,3	9,2	6,8
	Linz	1,6	6,3	6,4	5,0	7,4
	Großzöbern	2,0	6,0	1,5	6,1	44,3
	Ochsenhausen	2,1	6,3	1,4	4,3	12,7
	Görlitz	1,5	5,2	2,0	10,3	10,4
	Puch	-	6,7	3,5	11,6	-
	Bollheim					
	Belm	-	5,7	4,0	6,0	4,0

pH (CaCl₂), P (CAL), K (CAL), Mg (CaCl₂)

2.2 Geprüfte Fruchtarten und Düngemittel

Zusätzlich wurden im Jahr 2013 an allen sechs Standorten, an denen im Jahr 2012 Körnerleguminosen angebaut worden waren, und im Jahr 2014 an drei Standorten, an denen im Jahr 2013 Körnerleguminosen angebaut worden waren, Winterweizen als Folgefrucht auf den Prüfparzellen gesät. Da sich im Jahr 2013 am Standort Greifenhagen die Bestände der Körnerleguminosen nur unzureichend gut entwickelt waren und nur vergleichsweise geringe Ertragsleistungen erbrachten, wurde kein Nachbau von Winterweizen für das Jahr 2014 an diesem Standort vorgenommen. Am Standort Drensteinfurt waren im Frühjahr 2013 aufgrund von Vogelfraß nahezu alle Bestände mit Erbsen so sehr geschädigt worden, so dass dieser Teil des Versuches nicht weitergeführt werden konnte, d.h. weder Ergebnisse zu den Beständen mit Erbsen gewonnen noch eine Folgefrucht Winterweizen an diesem Standort für das Jahr 2014 eingesät wurde. Die Versuche zur Düngung von Körnerleguminosen am Standort Bisendorf wurden im Frühjahr 2013 wie vorgesehen angelegt, jedoch aufgrund eines sehr schlechten Feldaufganges der Kulturen bereits in der Jungendentwicklung umgebrochen, so dass auch hier keine Daten ermittelt werden konnten. Die hierdurch freigesetzten Kapazitäten und Projektmittel wurden für die Durchführung zusätzlicher Untersuchungen mit Körnerleguminosen (Standort Ochsenhausen) im Jahr 2014 genutzt.

Tab. 8: Arten, Sortenbezeichnung und Saatkichte der verwendeten Kulturen in den Jahren 2012 bis 2014

Kulturart	Botanischer Name	Sorte	Saatkichte [kf. Samen m ⁻²]
Ackerbohne in Reinsaat	<i>Vicia faba</i> L.	Espresso	45
Lupine in Reinsaat	<i>Lupinus angustifolius</i> L.	Boregine	95
Erbse in Reinsaat	<i>Pisum sativum</i> L.	Alvesta	95
Erbse im Gemenge	<i>Pisum sativum</i> L.	Alvesta	67
Gerste im Gemenge	<i>Hordeum vulgare</i> L.	Eunova	90
Gerste in Reinsaat	<i>Hordeum vulgare</i> L.	Eunova	300
Winterweizen in Reinsaat	<i>Triticum aestivum</i> L.	Akteur	300

Tab. 9: Standorte des Untersuchungsvorhabens in den Jahren 2012 bis 2014

Jahr	Versuchsstandort	Kulturarten	Folgefrucht
2012	Taucha	KE/LU, KE-SG	WW in 2013
	Greifenhagen	KE/LU, KE-SG	WW in 2013
	Eschdorf	KE/LU, KE-SG	WW in 2013
	Puch/Emmering	KE/AB, KE-SG	WW in 2013
	Auweiler	KE/AB, KE-SG	WW in 2013
	Bissendorf	KE/AB, KE-SG	WW in 2013
2013	Taucha	KE/LU, KE-SG	WW in 2014
	Greifenhagen	KE/LU, KE-SG	-
	Dürröhrsdorf	KE/LU, KE-SG	WW in 2014
	Drensteinfurt	KE/AB, KE-SG ¹⁾	-
	Puch	KE/AB, KE-SG	WW in 2014
	Bissendorf-Astrup	KE/AB, KE-SG ²⁾	-
2014	Linz	KE/LU, KE-SG ³⁾	-
	Ogrosen	KE/LU, KE-SG ⁴⁾	-
	Großzübern	KE/LU, KE-SG	-
	Ochsenhausen	KE/AB, KE-SG	-
	Görlitz	AB	-
	Puch	KE, KE-SG	-
	Bollheim	KE/AB, KE-SG	-
	Belm	KE/AB, KE-SG	-

KE = Körnererbse, AB = Ackerbohne, LU= Schmalblättrige Lupine, SG = Sommergerste, WW = Winterweizen

¹⁾ Versuch angelegt, jedoch wegen geringen Feldaufganges Bestände mit Erbse und Erbse/Gerste vollständig aufgegeben

²⁾ Versuch angelegt, jedoch wegen geringen Feldaufganges vollständig aufgegeben

³⁾ Parzellen mit Lupine wegen anhaltender Trockenheit in der Jugendentwicklung nicht ausreichend entwickelt

⁴⁾ Parzellen mit Lupine wegen Krankheitsbefall in der Jugendentwicklung nicht ausreichend entwickelt

In Abstimmung mit dem Fördermittelgeber wurden an den Standorten Taucha, Greifenhagen, Dürrröhrsdorf und Bissendorf-Astrup zur Anlage der Körnerleguminosenversuche im Jahr 2013 eine Grunddüngung mit 50 kg P/ha (als Rohphosphat, Dolophos 26®) und Mikronährstoffen (50 kg Excello/ha) zur Saat vorgenommen, um zu vermeiden, dass möglichst keine anderen Nährstoffe als der Schwefel die Ertragsbildung der geprüften Körnerleguminosenbestände limitiert haben. Dieses wurde analog auch im Versuchsjahr 2014 auch an den Standorten Linz, Ogrosen, Großzöbern, Ochsenhausen und Görlitz so realisiert.

Tab. 10: Eingesetzte Düngemittel in den Jahren 2012 bis 2014

Prüfglied/ Düngemittel	Applizierte Menge [kg S ha ⁻¹]	Konsistenz	Fruchtart
O - Kontrolle	-	-	LU, AB, KE, KE-SG
K - Kieserit	40	granuliert	LU, AB, KE, KE-SG
G – Gips	40	pulverförmig	LU, AB, KE, KE-SG
E - Schwefellinsen	40	linsenförmig	LU, AB, KE, KE-SG
B - Bittersalz Blatt	8,4	flüssig	LU, AB, KE, KE-SG
Z - Elementarer S Cera Schwefal	8,4	flüssig	KE
oo - Kieserit	40	-	WW

KE = Körnererbse, AB = Ackerbohne, LU= Schmalblättrige Lupine, SG = Sommergerste, WW = Winterweizen

Die Schwefeldüngemittel und das ökologisch erzeugte Saatgut für die Feldversuche wurden wie geplant zentral beschafft und entsprechend dem Versuchsplan ausgebracht bzw. ausgesät. Bittersalz (Magnesiumsulfat, Präparat EPSO Top®, S-Gehalt 13 %) und elementarer Schwefel (Präparat Cera Schwefal® 700, S-Gehalt 49,7 %) – applizierte Menge insgesamt 8,4 kg S ha in einer 10,6 %igen Lösung (Applikation: 200 l/ha je Termin) wurden an allen Standorten in der Phase des Längenwachstums bis zum Blühbeginn der Körnerleguminosen zu drei Terminen (je Applikation 2,8 kg S/ha) als Blattspritzung mit Hilfe einer tragbaren Handspritze ausgebracht.

2.3 Erfassung des N_{\min} -Vorrates im Boden

Für die Erfassung der N_{\min} -Mengen im Boden wurden jeweils nach der Ernte der Leguminosen auf den Parzellen ohne Düngung und auf den Parzellen mit Düngung von Kieserit jeweils vier gestörte Bodenproben in einer Tiefe von 0 bis 60 cm mit Hilfe eines Pürckhauer Bohrstockes entnommen. Je Einschlag wurde aus dem Bohrstock Boden der Tiefenstufen 0 bis 30 cm und 30 bis 60 cm entnommen und eine Mischprobe aus den vier Einzelproben je Parzelle gebildet. Die Proben wurden sofort nach der Entnahme aus dem Boden in Kühlbehältern verwahrt und nach der Probennahme bis zur Analyse bei -18 °C in einer Gefriertruhe aufbewahrt. Für die Aufarbeitung bzw. Analyse wurde der gefrorene Boden kurzzeitig angetaut und von Hand homogenisiert. Die Ermittlung der Trockensubstanz des Bodens erfolgte gravimetrisch. Die Trocknung des Bodens erfolgte mit einer Masse von ca. 50 g feuchten Bodens je Probe bei 105 °C im Trockenschrank bis zum Erreichen der Gewichtskonstanz.

Für die Ermittlung der Mengen an Nitrat-N und Ammonium-N im Boden wurde je Probe 100 g feuchten Bodens mit 250 ml einer 0,01-molaren CaCl_2 -Lösung für einen Zeitraum von 60 Minuten in einem Überkopfschüttler durchmischt. Anschließend wurde die Lösung durch einen Faltenfilter (MN 615 $\frac{1}{4}$, 150 mm) gefiltert und die so erhaltene Messlösung in PE-Röhrchen mit einem Volumen von 10 ml bei -18 °C tiefgefroren. Die Bestimmung der Konzentration an NO_3^- bzw. NH_4^+ -Ionen in der Messlösung erfolgte mittels Continuous Flow Analyzer (CFA SAN⁺⁺, Firma Skalar). Für die Herstellung der 0,01-molaren CaCl_2 -Lösung wurden 1,47 g Calciumchlorid-Dihydrat ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $M = 147,02\text{ g mol}^{-1}$) in 1 Liter entionisiertes Wasser mit einer Leitfähigkeit $\leq 0,2\text{ }\mu\text{S}$ gegeben und gelöst. Die Menge an Ammonium-N und Nitrat-N im Boden wurde nach der Bestimmung der Ionen-Konzentration in der Messlösung für jede Tiefenstufe berechnet. Die Bestimmung der S_{\min} -Mengen im Boden erfolgte nach analoger Vorbereitung der Extrakte wie bei der N_{\min} -Bestimmung nach Methodenbuch VDLUFA Bd. 1 A 6.3.1 in Form einer Analyse mittels optischer Emissionsspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-OES).

2.4 Ertragsermittlung und Inhaltsstoffanalyse

Zur Ermittlung der oberirdischen Sprossmasse der Leguminosen und des Winterweizens in den Jahren 2012 bis 2014 wurden die Pflanzen zum Zeitpunkt der Druschreife auf einer Fläche von 1,5 m × 1,35 m je Parzelle bodennah mit einer Schere geerntet. Nach der Separierung und Erfassung der Teilkomponenten Unkraut, Strohmasse, Kornmasse (Waage: Denver Instrument, SI-6002, Genauigkeit ±0,01 g) der Gesamtprobe wurden alle Teilproben an der HTW Dresden in einem Trockenschrank (Heraeus-Kelvitron, Typ: UT 6760) bei 55 °C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet und der TS-Gehalt festgestellt. Für die Ermittlung der Restfeuchte des bei 60 °C getrockneten Pflanzenmaterials wurden Teilproben bei 105 °C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet.

Der Ermittlung der Kornmasse ging ein Drusch der von den Parzellen entnommenen Hülsen der Leguminosen bzw. der Ähren der Gerste mit einem Standdrescher (Typ Saatmeister K35) voraus. Die Stängel und die Druschreste jeder Probe wurden auf eine Häcksellänge von 30 mm zerkleinert, um eine homogene und repräsentative Teilprobe zu erhalten. Zur Feststellung der Tausendkornmasse wurden je Parzelle 4 × 100 Körner abgezählt und gewogen. Die Ermittlung der Tausendkornmasse erfolgte auf Basis der Trockenmasse der Körner bei 60 °C ohne Berücksichtigung des Restfeuchtegehaltes. Zur Ermittlung des Anteils an Blättern am Spross der Lupine und der Ackerbohne, wurden etwa 3 bis 4 Wochen vor der Druschreife Körbe (Boden mit Metallgitter) mit einer Fläche von 0,1 m² zwischen die Pflanzen am Boden abgelegt und bei der Handernte geleert. Die so erhaltene Blattmasse wurde bei 55 °C getrocknet, gewogen und für die Berechnung des Strohanteils an der Sprossmasse der Lupine und der Ackerbohne berücksichtigt. Für die Feststellung des Korn- und Strohertrages wurden die untersuchten Hauptfrüchte auf der verbliebenen Fläche der Parzellen mittels Parzellenmähdrescher geerntet, die Kornmasse durch Wiegen ermittelt und eine Teilprobe bei 105 °C getrocknet. Der in den Ergebnissen dargestellte Kornertrag der aller Fruchtarten entspricht den Werten aus dem Parzellendrusch. Der in den Ergebnissen dargestellte Strohertrag je Parzelle wurde mit Hilfe der mit der Handernte ermittelten Anteile des Strohs am Spross und den Werten des Kornertrages aus dem Parzellendrusch berechnet.

Der nach allen Leguminosen folgende Winterweizen wurde nach Abreife der Körner in Form einer Handernte auf einer Fläche von 1,5 m × 1,35 m je Parzelle direkt oberhalb der Bodenoberfläche abgeschnitten und die Ertragskomponenten (Anzahl Ähren, Kornertrag, Strohertrag und Tausendkornmasse) analog zur Vorgehensweise bei den Vorfrüchten ermittelt. Nach der Handernte erfolgte der Parzellendrusch zur Erfassung des Kornertrages mit dem Parzellenmähdrescher auf der verbliebenen Parzellenfläche. Für die Bestimmung der Gehalte an Gesamtkohlenstoff und Gesamtstickstoff und Schwefel im Pflanzenmaterial wurden die zur Ertragsermittlung entnommenen Pflanzenproben der Leguminosen (Korn, Stroh, Blatt) und des Winterweizens (Korn und Stroh) verwendet. Die Proben wurden nach der Trocknung bei 55 °C in zwei Arbeitsschritten mit einer Siebgröße von 5 mm grob (Schneidmühle SM 1, Firma Retsch) und mit einer Siebgröße von 0,2 mm fein vermahlen (Zentrifugalmühle ZM 1000, Firma Retsch). Die Bestimmung der Gehalte an Kohlenstoff, Stickstoff und Schwefel erfolgte nach der DUMAS-Verbrennungsmethode mit Hilfe eines CNS-Analysators (Euro EA-Analyser der Firma Hekatech). Die Proben wurden dabei unter Zufuhr von Sauerstoff bei Temperaturen von 900 bis 1.500 °C verbrannt und das entstehende gasförmige Stoffgemisch nach der Entfernung störender Verbrennungsprodukte mittels Infrarot-Detektor erfasst und der Anteil der einzelnen Fraktionen (Kohlenstoff, Stickstoff, Schwefel) ermittelt.

2.5 Statistische Methoden

Die statistische Auswertung der Daten wurde mit der SAS Programmversion 9.3 des SAS Institute Inc. (2013) durchgeführt. Der Test auf Normalverteilung der Daten erfolgte nach Shapiro-Wilk. Die Auswertung wurde mittels Varianzanalyse und anschließendem F-Test durchgeführt. Der anschließende multiple Vergleich der Mittelwerte erfolgte mit Hilfe des Tukey-Tests. Unbalancierte Datensätze wurden mit Hilfe des Scheffè-Tests ausgewertet. Signifikante Unterschiede zwischen den getesteten Varianten wurden, wenn nicht anders angegeben, für eine Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha < 0,05$ ermittelt und sind durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet. Alle graphischen Darstellungen wurden mit dem Programm SigmaPlot, Version 11.0 (Systat Software Inc. 2008) erstellt.

3 Ergebnisse

3.1 Körnerleguminosen 2012 und Winterweizen 2013

Feldaufgang der Körnerleguminosen und des Weizens sowie Ertragsstrukturmerkmale

Die Schwefeldüngung hatte weder im Jahr 2012 bei den Körnerleguminosen noch im Jahr 2013 beim Weizen einen signifikanten Einfluss auf den Feldaufgang noch die Ertragsstruktur der Körnerleguminosenbestände (Tab. A 7 bis A 12 sowie Tab. A 26 und Tab. A 27 im Anhang).

S-Gehalt im jüngsten entfalteten Blatt der Körnerleguminosen zur Blüte

Bei der Ackerbohne schwankten die S-Gehalte im jüngsten entfalteten Blatt zur Blüte zwischen 0,21 % (Kontrolle am Standort Puch, Abb. 44) und 0,5 % (Kieserit am Standort Auweiler, Abb. 55). Sie wurden aber in keinen Fall durch die Schwefeldüngung signifikant beeinflusst. Auch bei der Schmalblättrigen Lupine war im Versuchsjahr 2012 keine signifikante Erhöhung des S-Gehaltes im jüngsten entfalteten Blatt durch die Schwefeldüngung festzustellen, wobei die Gehalte in der Lupine zwischen den Standorten deutlich differierten mit im Mittel der Prüfglieder bei 0,18 % in der TM am Standort Eschdorf (Abb. 1) und 0,23 % in der TM am Standort Taucha betragen (Abb. 23). In den Reinsaaten der Erbse waren hingegen an drei von sechs Standorten (Eschdorf, Abb. 1, Puch, Abb. 44 und Auweiler, Abb. 55) ein signifikant gegenüber der Kontrolle erhöhter S-Gehalt im jüngsten entfalteten Blatt nach Düngung von Kieserit und Gips (Eschdorf, Auweiler) sowie gegenüber den Varianten Gips und elementarer Schwefel nach Düngung von Kieserit (Puch) zu verzeichnen, wobei die Gehalte in den Erbsenblättern zwischen 0,2 % (an den Standorten Eschdorf, Taucha und Puch) und 0,4 % in der TM (Puch nach Düngung von Kieserit) variierten. Zwischen den Erbsen aus Reinsaat und Gemenge trat an keinem der sechs Untersuchungsstandorte ein markant unterschiedlicher Gehalt an Schwefel im jüngsten entfalteten Blatt auf. Das Fahnenblatt der Gerste wies an zwei Standorten (Eschdorf, Abb. 1 und Puch, Abb. 44) einen signifikant gegenüber der Kontrolle erhöhten S-Gehalt nach Düngung von Gips auf, ein Effekt der an beiden Standorten tendenziell, jedoch nicht signifikant, auch nach der Düngung von Kieserit zu beobachten war. Die S-Gehalte im Fahnenblatt der Gerste betragen im Fahnenblatt aus der Kontrolle zwischen 0,3 und 0,4 % in der TM

und konnten durch die Düngung von Kieserit bzw. Gips auf bis zu 0,5 % in der TM erhöht werden.

Korn- und Sprossertrag sowie N-Akkumulation in Korn und Spross der Körnerleguminosen

An vier von sechs Prüfstandorten (Tauch, Bissendorf, Puch und Auweiler) waren in den Beständen mit Körnerleguminosen des Jahres 2012 weder im Hinblick auf den Korn- noch auf den Sprossertrag signifikante Effekte einer Schwefeldüngung zu verzeichnen (vgl. Abbildungen 24 und 25, 34 und 35, 45 und 46 sowie 56 und 57). Dieses traf analog auch auf die in Korn und Stroh akkumulierte N-Menge der Bestände zu (Abbildungen 26 und 27, 36 und 37, 47 und 48 sowie 58 und 59). Nur in zwei Fällen – Erbse in Reinsaat am Standort Eschdorf mit einem signifikant geringeren Kornertrag in der Variante Kieserit und Gips im Vergleich zur Variante mit einer Düngung von Elementarschwefel (Abb. 2) sowie Erbse im Gemenge mit Gerste am Standort Greifenhagen mit einem signifikant geringeren Korn- und Sprossertrag nach Düngung von Kieserit im Vergleich zur Kontrolle (Abb. 13. und Abb. 14) – waren signifikante Wirkungen auf die Ertragsbildung der Erbse zu verzeichnen, die sich aber nur in zwei Fällen auch in einer signifikant geringeren N-Akkumulation im Spross (Standort Eschdorf, Abb. 5) bzw. Korn (Standort Greifenhagen, Abb. 15) niederschlug.

S-Gehalt sowie N/S-Verhältnis in Korn und Stroh der Körnerleguminosen zur Druschreife

Die Schwefeldüngung führte nur an drei Standorten im Jahr 2012 zu einer signifikanten Erhöhung der S-Gehalte im Korn der Körnerleguminosen (Lupine an den Standorten Eschdorf und Taucha, Abb. 6 und Abb. 28, Erbse in Reinsaat am Standort Eschdorf, Abb. 6 und im Gemenge am Standort Puch, Abb. 49 sowie die Ackerbohne am Standort Puch, Abb. 49), währenddessen sich an fünf von sechs Prüfstandorten im Stroh der Körnerleguminosen infolge der Düngung erhöhte S-Gehalte im Vergleich zur Kontrolle zeigten (Lupine an den Standorten Eschdorf, Abb. 6, Greifenhagen, Abb. 18 und Taucha, Abb. 29, Ackerbohne an den Standorten Bissendorf, Abb. 39 und Puch, Abb. 50 sowie die Erbse in Rein- und Gemengesaat an den Standorten Eschdorf, Abb. 7 und Puch, Abb. 50). Wirkungen auf den S-Gehalt im Korn und Stroh zeigte in erster

Linie die Düngung von Gips und Kieserit und in geringerem, häufig nicht signifikantem Maße auch die Blattdüngung mit Bittersalz. Nur am Standort Auweiler, an dem die Bestände vergleichsweise hohe Korn- und Stroherträge im Jahr 2012 erreichten, waren weder im Korngut der Bestände noch in der Strohmasse durch die verschiedenen Schwefeldüngemittel der S-Gehalt signifikant beeinflusst worden (Abb. 61 und Abb. 62). In der Gerste aus dem Gemenge mit der Erbse war nur in einem Fall (Standort Greifenhagen im Stroh, Abb. 18) ein signifikanter Nachweis der Schwefeldüngung (hier Kieserit) auf eine Steigerung des S-Gehaltes in der Biomasse vorhanden. Die S-Gehalte in der Korn-Trockenmasse der Körnerleguminosen schwankten im Vergleich der Standorte und Düngungsvarianten nur wenig (Lupine zwischen 0,20 % und 0,25 % in der TM, Ackerbohne zwischen 0,16 und 0,20 % in der TM sowie Erbse in Rein- und Gemengesaat zwischen 0,15 % und 0,23 % in der TM). Bei der Gerste aus Gemengesaat mit der Erbse traten Schwankungen im S-Gehalt zwischen 0,10 und 0,15 % in der TM auf. Deutlich größer waren hingegen die Unterschiede zwischen den Arten, Standorten und Düngungsvarianten im S-Gehalt des Strohs: Lupine zwischen 0,24 % und 0,57 % in der TM, Ackerbohne zwischen 0,05 und 0,16 % in der TM, Erbse in Rein- und Gemengesaat zwischen 0,06 % und 0,25 % in der TM sowie die Gerste aus Gemengesaat mit Erbse zwischen 0,11 % und 0,24 % in der TM. Die Schmalblättrige Lupine zeichnete sich deshalb durch einen im Vergleich zu Erbse und Ackerbohne in der Regel deutlich höheren S-Gehalt vor allem im Stroh aus.

Das N/S-Verhältnis im Korn und Stroh der Schmalblättrigen Lupine wurde durch die Schwefeldüngung an keinem Standort im Jahr 2012 signifikant beeinflusst. Es lag im Korn der Lupine zwischen 19 (Standort Eschdorf, Abb. 8) und 25 (Standort Greifenhagen, Abb. 19) und im Stroh mit Werten zwischen 1,1 (Standort Taucha, Abb. 35) und 3,9 (Standort Greifenhagen, Abb. 20) deutlich unter den Werten des Korns. Hingegen waren bei der Erbse sowohl in Reinsaat an zwei von fünf Standorten (Greifenhagen, Puch, Abb. 19, 20, 51 und 52) als auch im Gemenge signifikant geringere N/S-Verhältnisse in der Biomasse nach einer Schwefeldüngung mit Kieserit und/oder Gips im Vergleich zur Kontrolle festzustellen, wobei die N/S-Verhältnisse zwischen 14 (Standort Taucha, Abb. 30) und 23 (Standort Greifenhagen, Abb. 19) im Korn und zwischen 2 und 16 (Standort Puch Abb. 52) im Stroh differierten. Auch bei der Erbse waren somit deutliche Änderungen im N/S-Verhältnis der pflanzlichen Biomasse nur durch die

Düngung von Kieserit oder Gips erreicht worden. Auffällig war an allen Standorten, dass im Stroh das N/S-Verhältnis deutlich enger ausfiel und stärker durch eine Schwefeldüngung beeinflusst worden war als in der Kornmasse. An allen drei Prüfstandorten der Ackerbohne führte in Korn und/oder im Stroh die Düngung mit Gips oder Kieserit zu einer signifikanten Verengung des N/S-Verhältnisses in der Biomasse, wobei im Korn Werte zwischen 18 und 29 (Standort Puch, Abb. 51) und im Stroh zwischen 7 (Standort Auweiler, Abb. 63) und 24 (Standort Puch, Abb. 52) zu verzeichnen waren. In der Gerste aus dem Gemengebau mit Erbse waren in Korn und Stroh zwischen den Standorten und Düngevarianten insgesamt nur sehr geringe Unterschiede in der Höhe und Schwankungsbreite zu verzeichnen, wobei im Korn N/S-Verhältnisse zwischen 15 und 19 (Standort Puch, Abb. 51) und im Stroh zwischen 4 (Standort Greifenhagen, Abb. 20) und 7 (Standort Bissendorf, Abb. 41) betrug. Lediglich am Standort Greifenhagen war ein signifikanter Unterschied im N/S-Verhältnis im Gerstenkorn nach Düngung von Kieserit im Vergleich Düngung von elementarem Schwefel festgestellt worden (Abb. 19).

S-Aufnahme in Korn und Stroh der Körnerleguminosen zur Druschreife

Die in Stroh und Korn der Schmalblättrigen Lupine akkumulierte S-Menge betrug zwischen 9 und 18 kg/ha (Standort Eschdorf, Abb. 11), wobei sich hiervon zwischen 5 und 6 kg/ha im Korn befanden (Abb. 10). In der absoluten Höhe der S-Akkumulation im Spross waren im Jahr 2012 bei der Lupine zwischen den Standorten nur vergleichsweise geringe Unterschiede feststellbar. Die S-Düngung führte nur in einem Fall (Standort Eschdorf, Abb. 11) zu signifikanten Unterschieden in der S-Aufnahme zwischen den Prüfgliedern mit der Düngung von elementarem Schwefel (9,5 kg S/ha) und Kieserit (17 kg S/ha) bzw. Gips (16 kg S/ha). Die Erbsen in Reinsaat nahmen nur zwischen 3 kg S/ha (Standort Taucha, Abb. 33) und 9 kg S/ha (Standort Greifenhagen, Abb. 22) im Spross auf. Die S-Aufnahme der Erbsen konnte in keinem Fall signifikant durch die S-Düngung erhöht werden. Gleichzeitig übertraf an allen Standorten die S-Aufnahme des Erbse-Gerste-Gemenges die der Erbse in Reinsaat im Mittel der Prüfglieder um bis zu 20 %, wobei auch hier keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten der S-Düngung und zur Kontrolle ohne S-Düngung verzeichnet werden konnten (Abbildungen 11, 22, 33, 43, 54 und 65). In der Sprossmasse der

Ackerbohnen befanden sich im Mittel der Prüfglieder zwischen 7 (Standort Puch, Abb. 54) und 16 kg S/ha (Standort Auweiler, Abb. 65) ohne das zwischen den Prüfgliedern weder im Korn noch in der Sprossmasse an den drei Prüfstandorten der Ackerbohne signifikante Unterschiede in der Höhe der S-Akkumulation festgestellt werden konnten (Abbildungen 42, 43, 53, 54, 64 und 65).

Folgefrucht Winterweizen im Jahr 2013

Mit Ausnahme der Erfassung des S-Gehaltes im Fahnenblatt wurden bei der Folgefrucht der Körnerleguminosenbestände, dem Winterweizen, auch alle Parameter (Korn- und Strohertrag, N- sowie S-Ertrag in Korn und Stroh, S-Gehalt sowie N/S-Verhältnis in Korn- und Stroh) erfasst, die bei den Körnerleguminosen ermittelt wurden. Hinsichtlich der zur Vorfrucht Körnerleguminose gedüngten Schwefels und der direkt zum Winterweizen applizierten S-Düngung mit Kieserit (40 kg S/ha) waren an allen sechs Prüfstandorten im Jahr 2013 nur in sehr geringem Umfang signifikante Wirkungen bei den Prüfmerkmalen zu ermitteln (vgl. Abb. 2 bis 11, Abb. 13 bis 22, Abb. 24 bis 43, Abb. 45 bis 54 sowie Abb. 56 bis 65). Signifikante Effekte waren in der Höhe des Kornertrages des Weizens an zwei Standorten verzeichnet worden: Standort Greifenhagen nach Erbse/Gerste signifikant geringerer Kornertrag nach Düngung von Kieserit zu Winterweizen im Vergleich zur Kontrolle (Abb. 13) sowie Standort Taucha mit einem signifikant geringeren Kornertrag des Weizens nach Düngung von Gips zur Vorfrucht Lupine im Vergleich zur Variante Kieserit). Der S-Gehalt im Stroh war am Standort Greifenhagen bei allen drei Vorfruchtbeständen durch die Kieseritdüngung zum Weizen deutlich erhöht (Abb. 18) und lag am Standort Puch im Stroh des Weizens aus der Kontrolle über dem S-Gehalt des Weizenstrohs aus den zur Vorfrucht mit Kieserit bzw. Gips gedüngten Beständen (Abb. 50). Dieses spiegelte sich analog auch im N/S-Verhältnis des Weizenstrohs wieder (Abb. 20 und Abb. 52). Die Kornerträge des Weizens differierten im Mittel der Prüfglieder eines Standortes zwischen 3,5 dt TM/ha (Standort Taucha, Abb. 24) und 39 dt TM/ha (Standort Auweiler, Abb. 56). Die S-Gehalte im Korn des Weizens schwankten zwischen den Standorten nur sehr gering, so dass an fünf Standorten (Eschdorf, Greifenhagen, Taucha, Bissendorf und Puch) der S-Gehalt im Korn des Weizens stets im Mittel der Prüfglieder zwischen 0,15 und 0,17 in der TM (Abbildungen 6, 17, 28, 42 und 49) lag und nur am Standort Au-

weiler einen geringeren Wert von 0,13 % in der TM (Abb. 60) einnahm. Das N/S-Verhältnis im Korn des Winterweizens fiel mit Werten im Mittel der Prüfglieder zwischen 12 (Standort Puch, Abb. 51) und 17 (Standort Auweiler (Abb. 62) wie bei den Körnerleguminosen deutlich weiter aus als im Stroh mit Werten zwischen 3 (Standort Greifenhagen, Abb. 20) und 7 (Standort Eschdorf, Abb. 9). Im Spross nahm der Winterweizen insgesamt zwischen 3 kg S/ha (Standort Taucha bei geringen Kornerträgen des Weizens, Abb. 33) und 9 kg S/ha (Standort Greifenhagen, Abb. 22) auf.

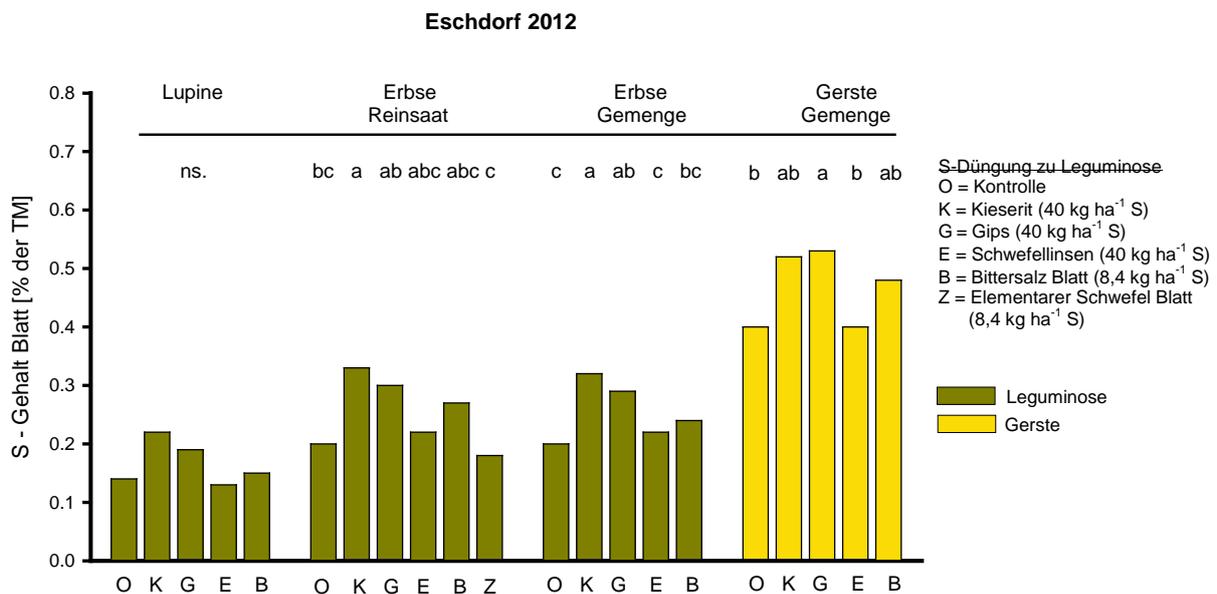


Abb. 1: S-Gehalt im jüngsten entfalteteten Blatt zur Blüte der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Eschdorf im Jahr 2012

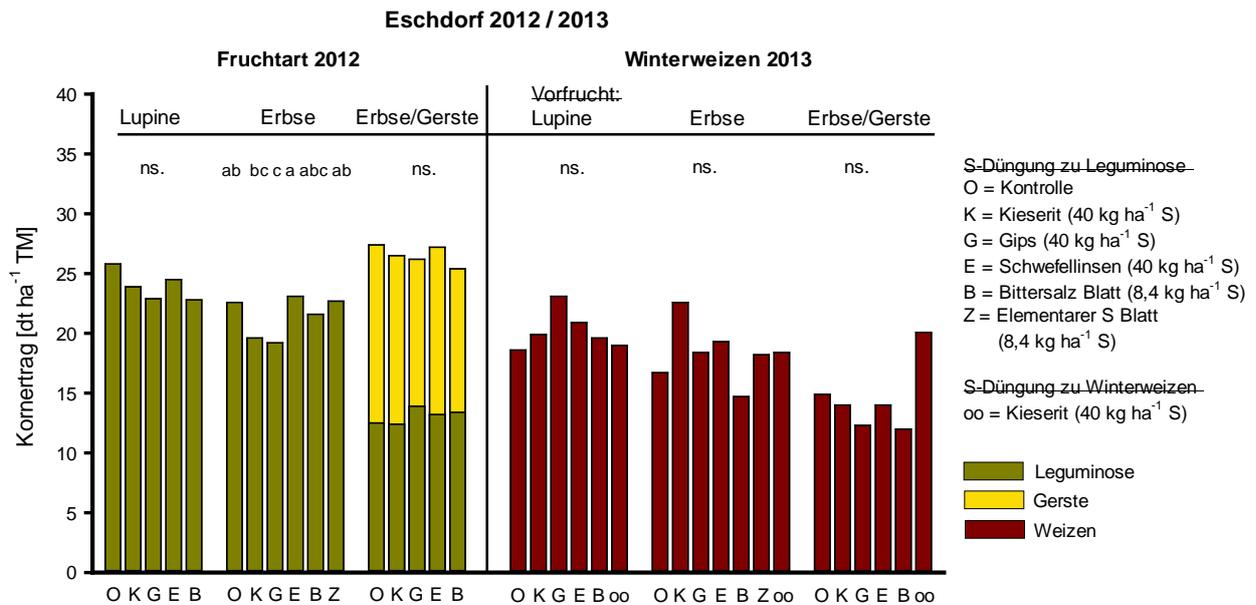


Abb. 2: Kornertrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Eschdorf im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013

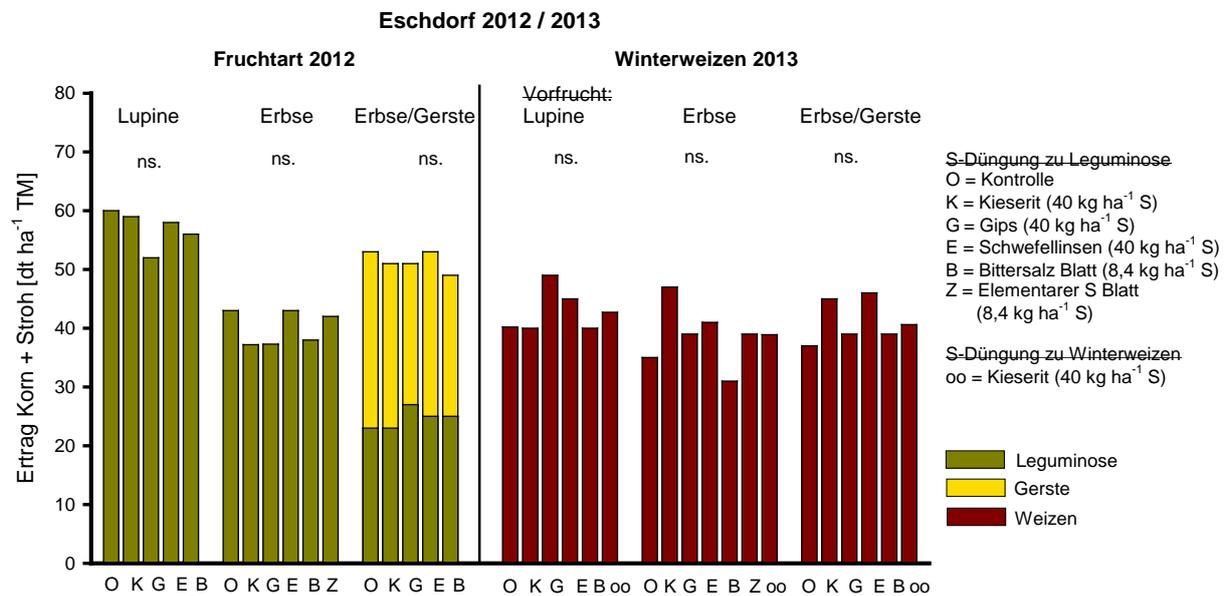


Abb. 3: Sprossertrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Eschdorf im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013

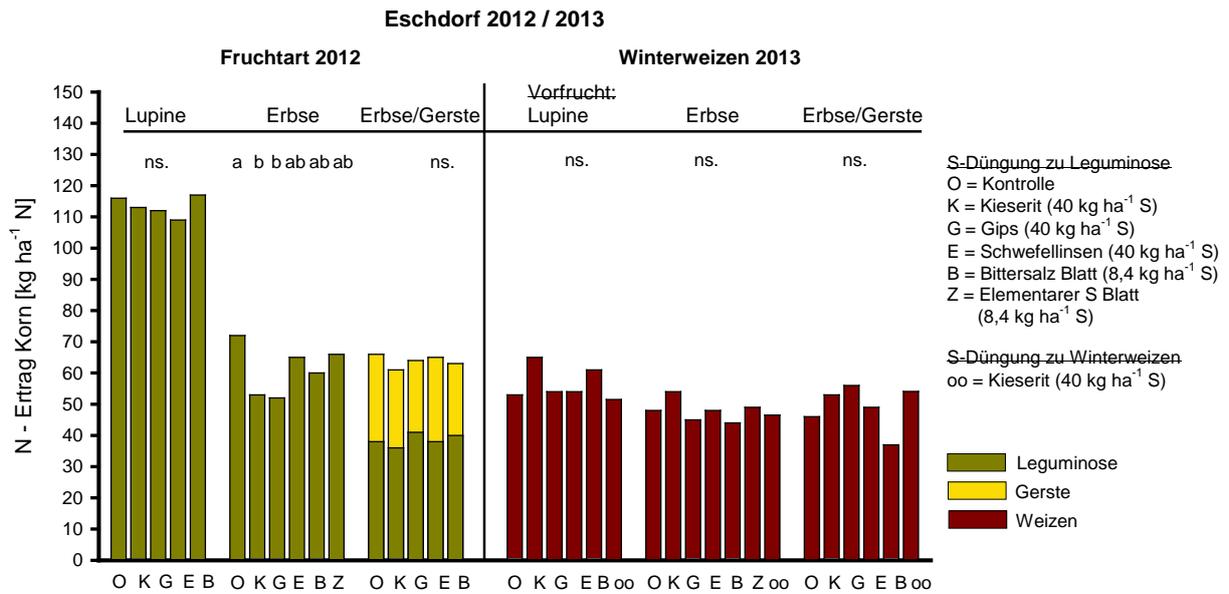


Abb. 4: N-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Eschdorf im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013

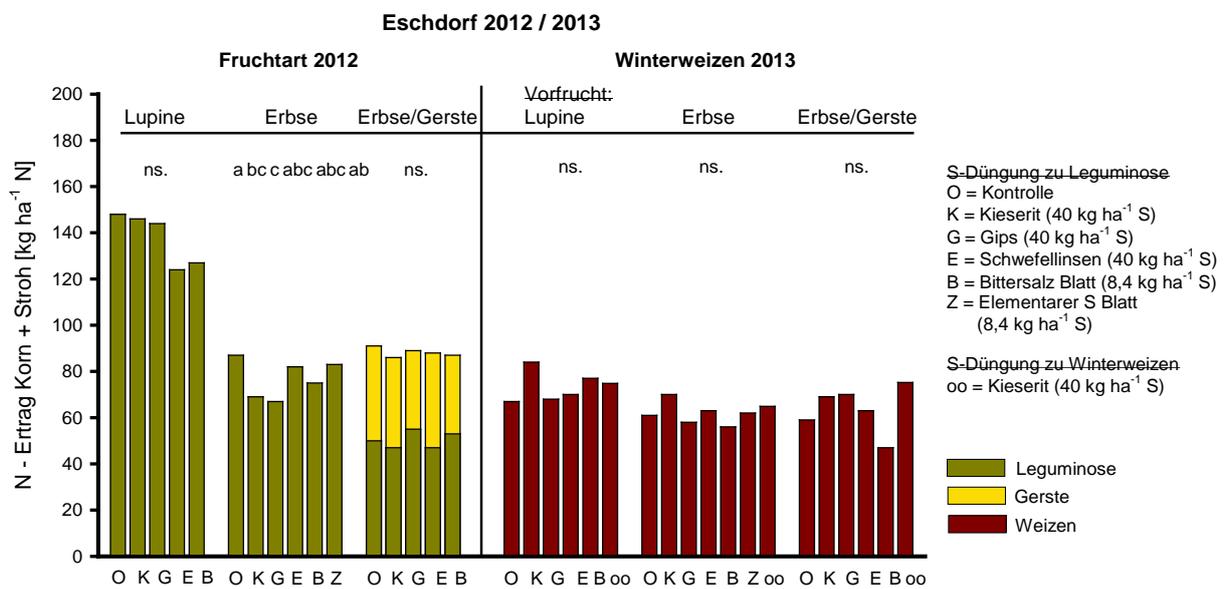


Abb. 5: N-Ertrag im Spross zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Eschdorf im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013

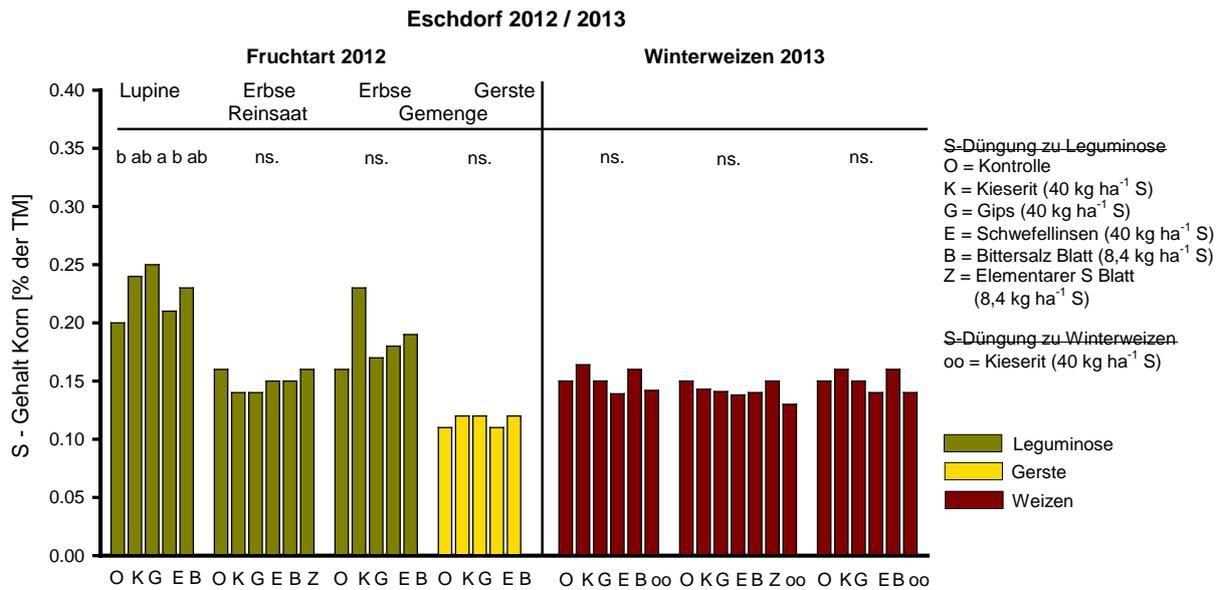


Abb. 6: S-Gehalt im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Eschdorf im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013

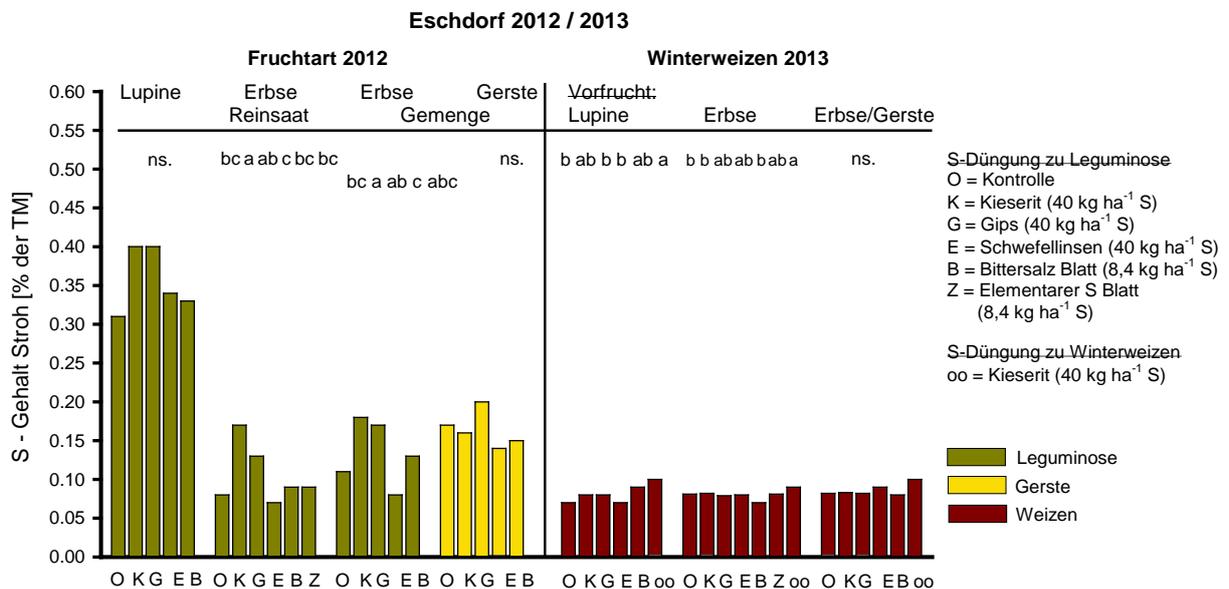


Abb. 7: S-Gehalt im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Eschdorf im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013

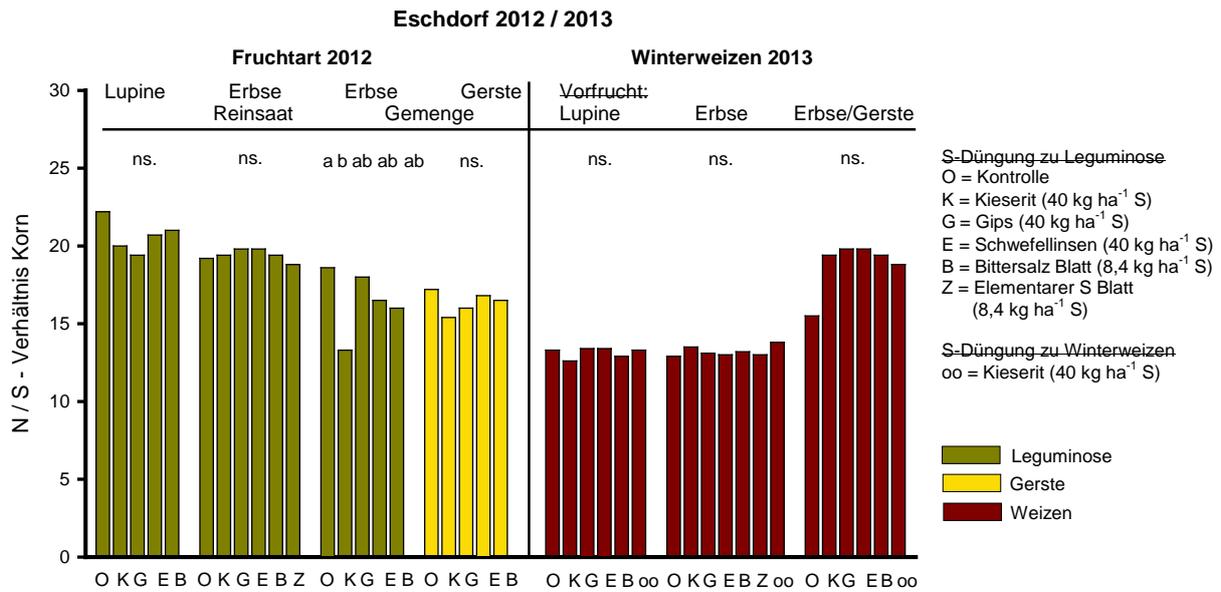


Abb. 8: N/S-Verhältnis im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Eschdorf im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013

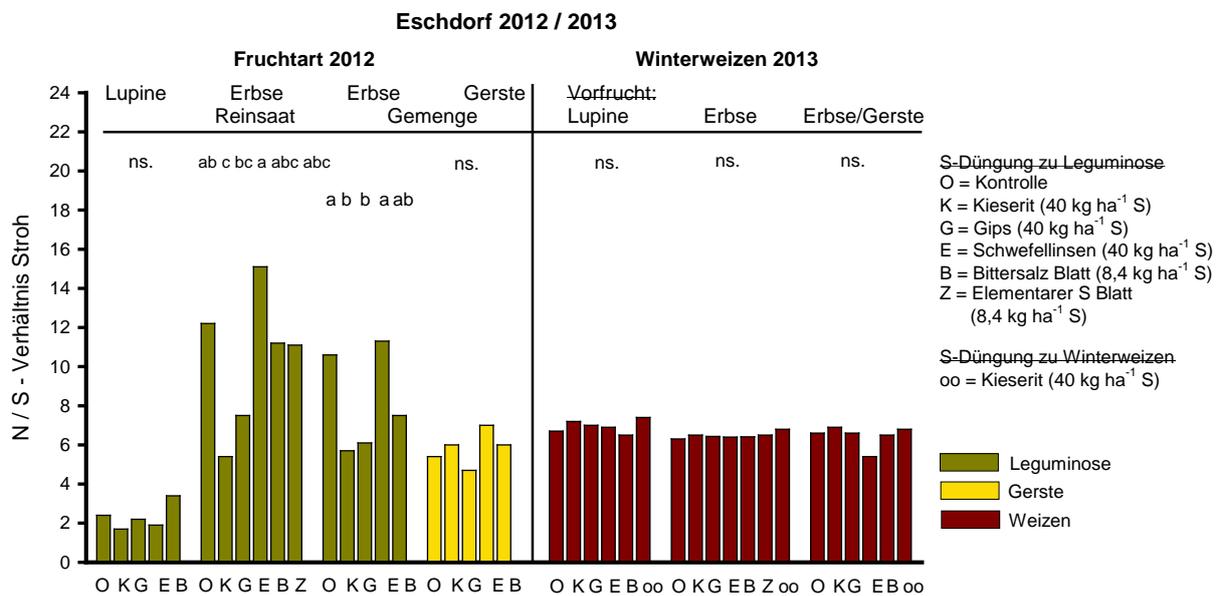


Abb. 9: N/S-Verhältnis im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Eschdorf im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013

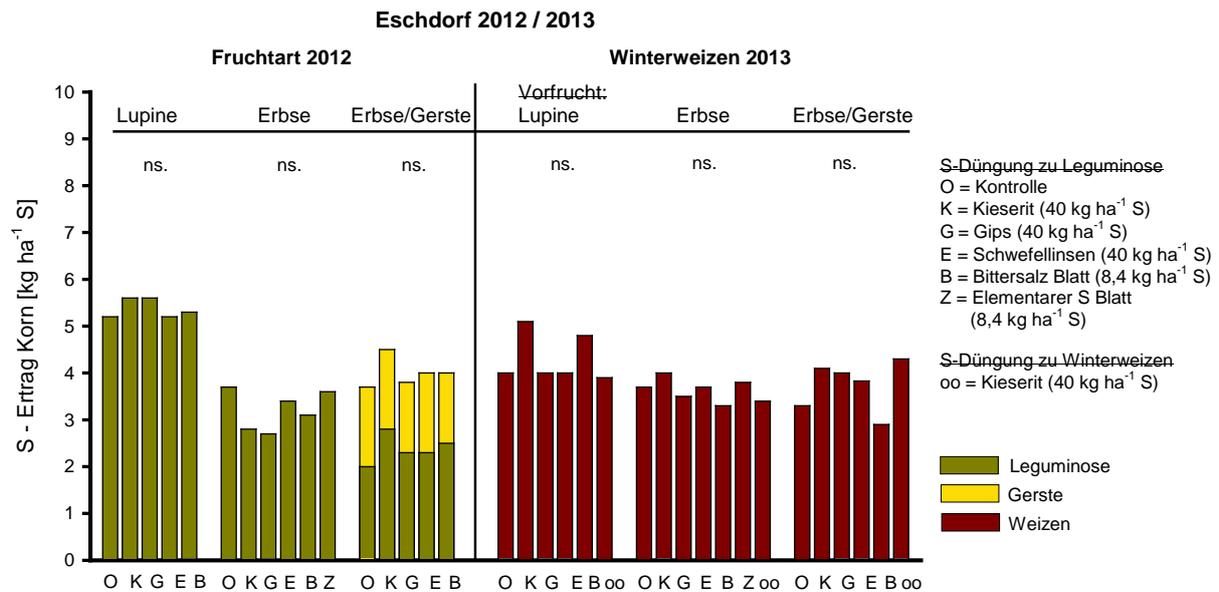


Abb. 10: S-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Eschdorf im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013

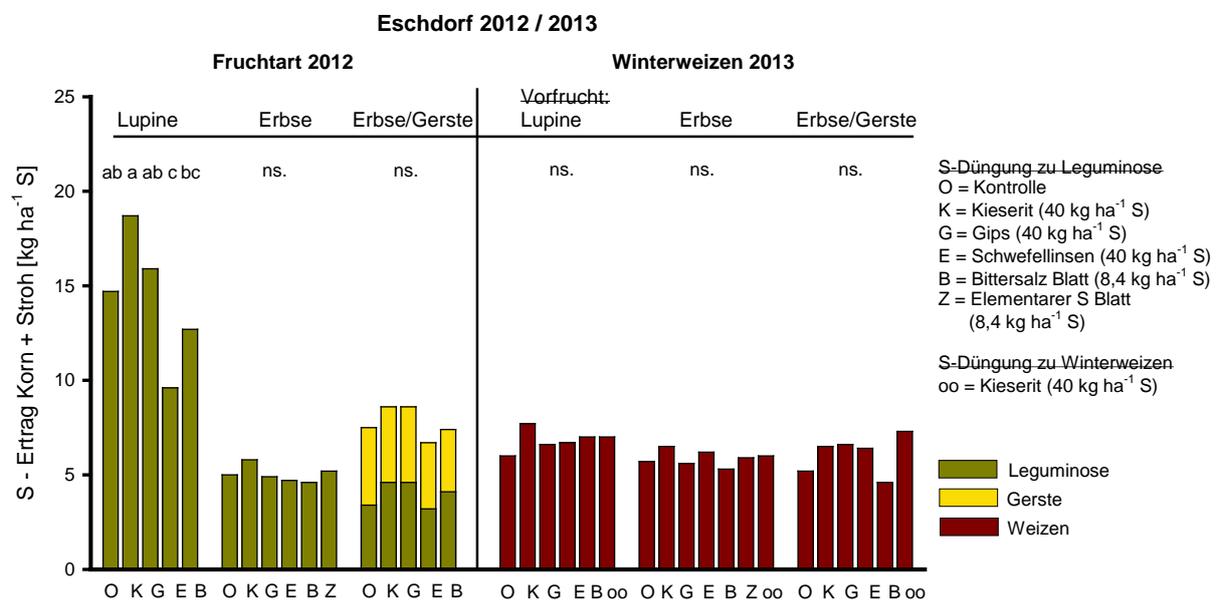


Abb. 11: S-Ertrag im Spross zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Eschdorf im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013

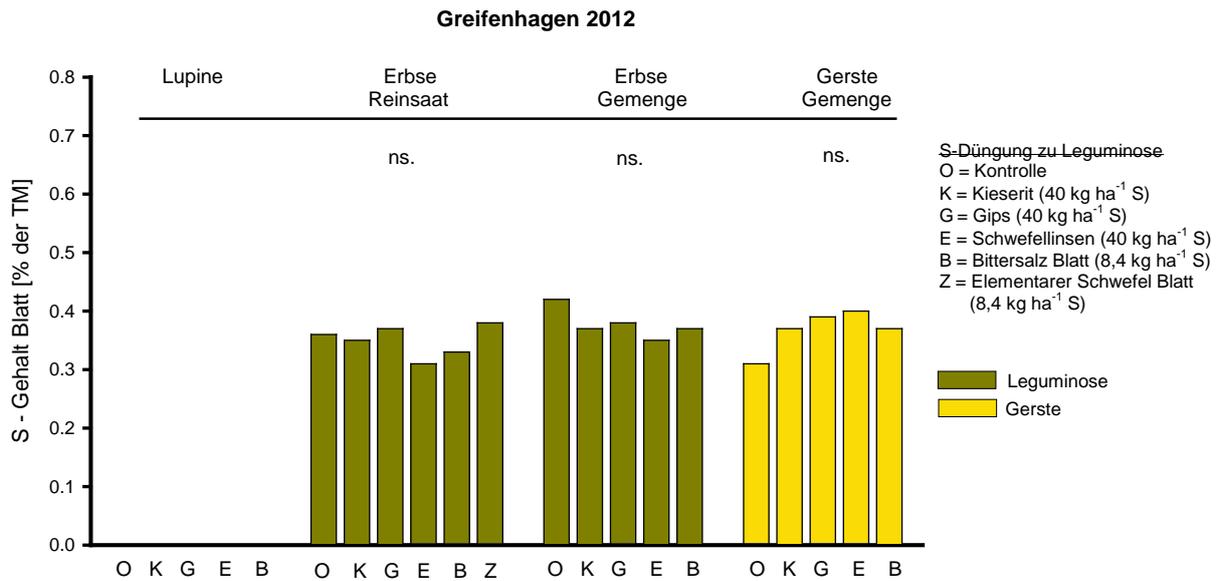


Abb. 12: S-Gehalt im jüngsten entfaltetem Blatt zur Blüte der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Greifenhagen im Jahr 2012

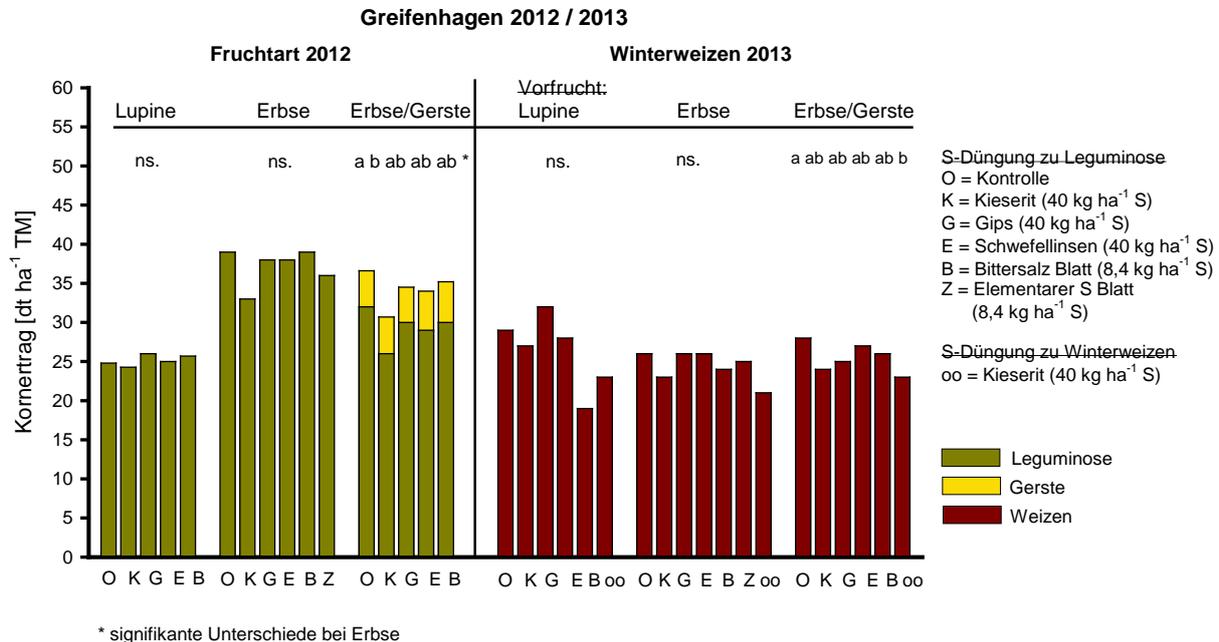


Abb. 13: Korntrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Greifenhagen im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013

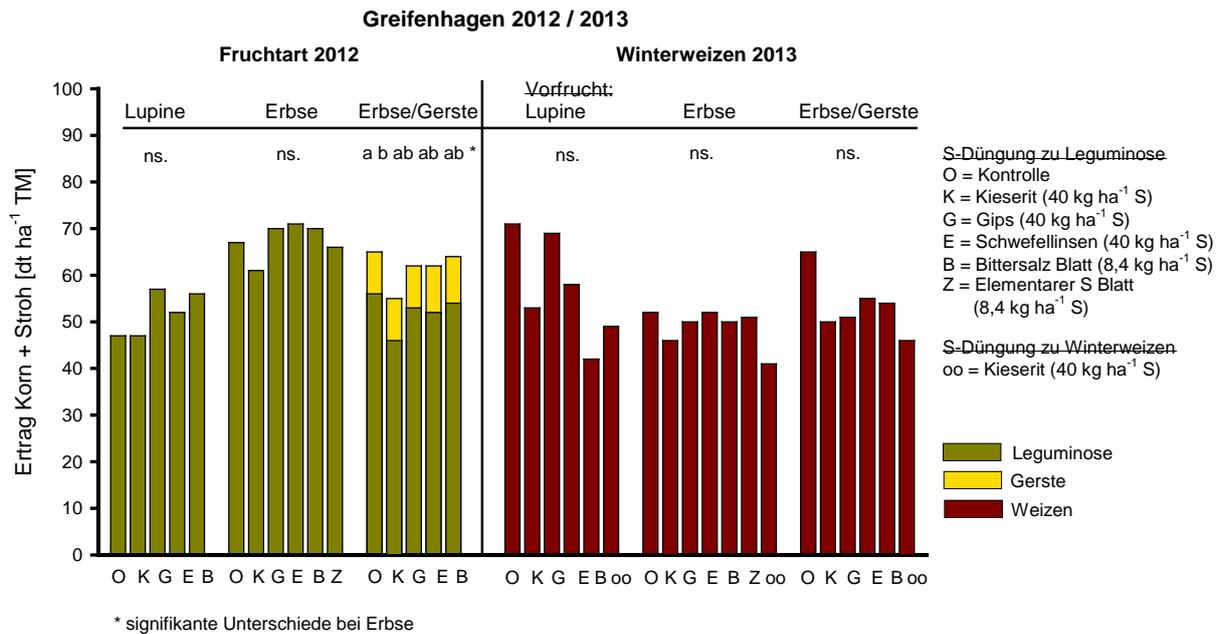


Abb.14: Sprossertrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Greifenhagen im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013

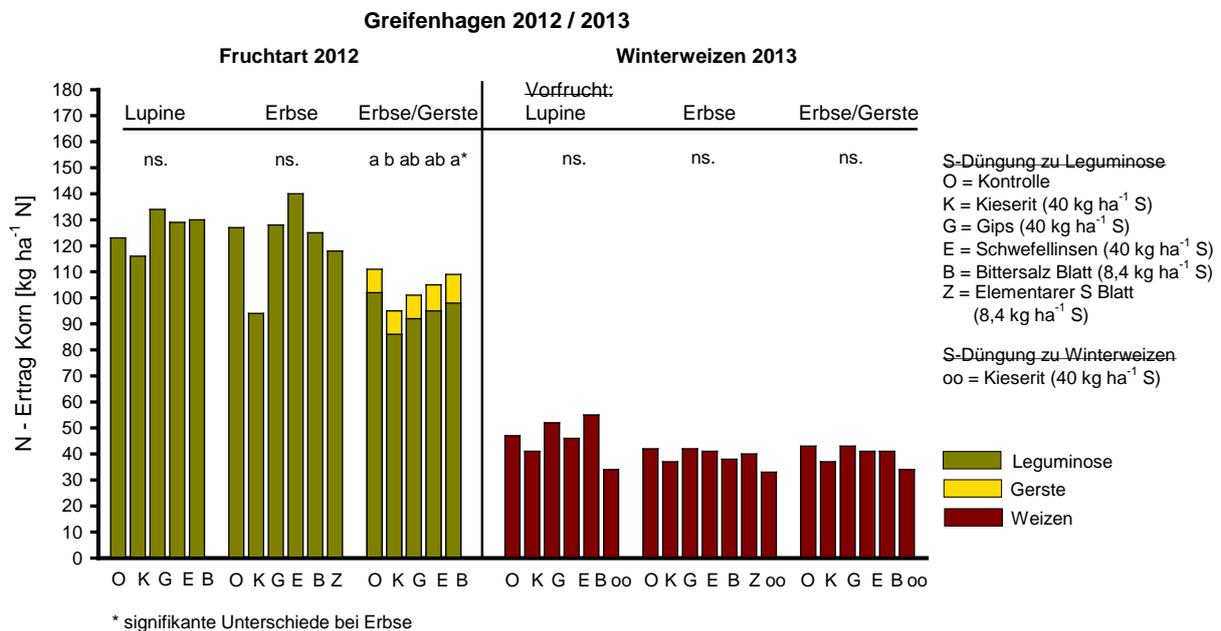


Abb. 15: N-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Greifenhagen im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013

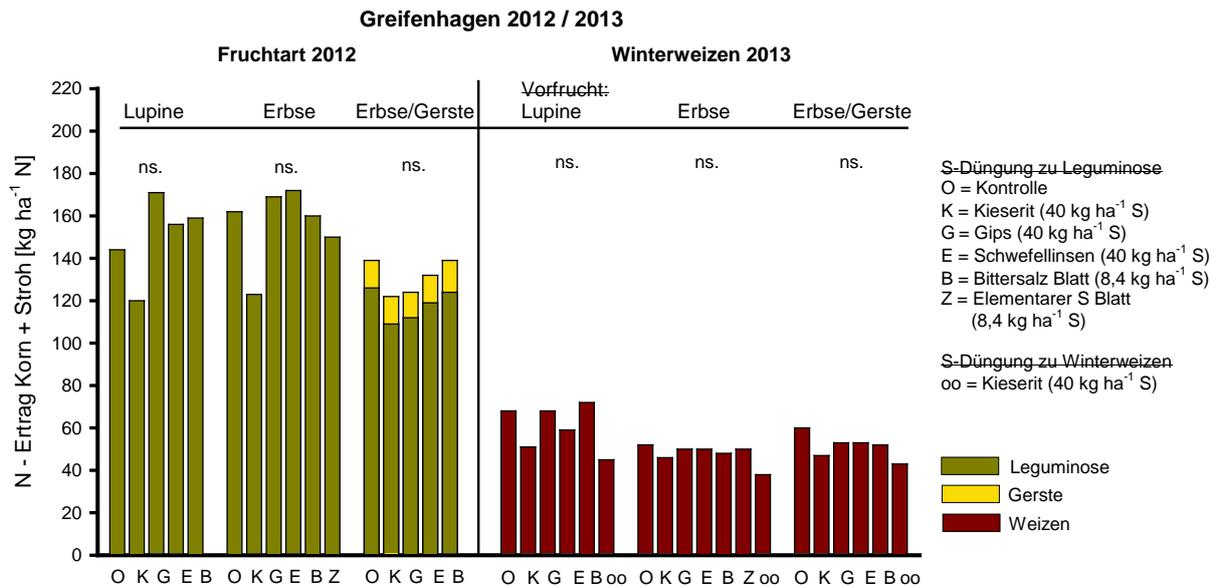


Abb. 16: N-Ertrag im Spross zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Greifenhagen im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013

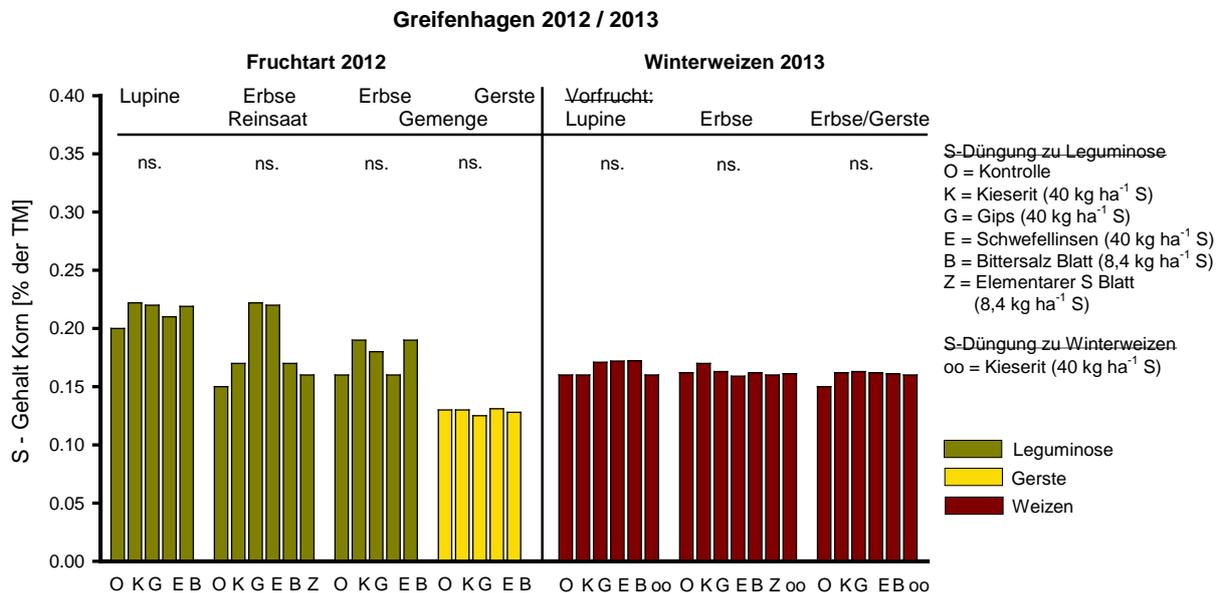


Abb. 17: S-Gehalt im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Greifenhagen im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013

Greifenhagen 2012 / 2013

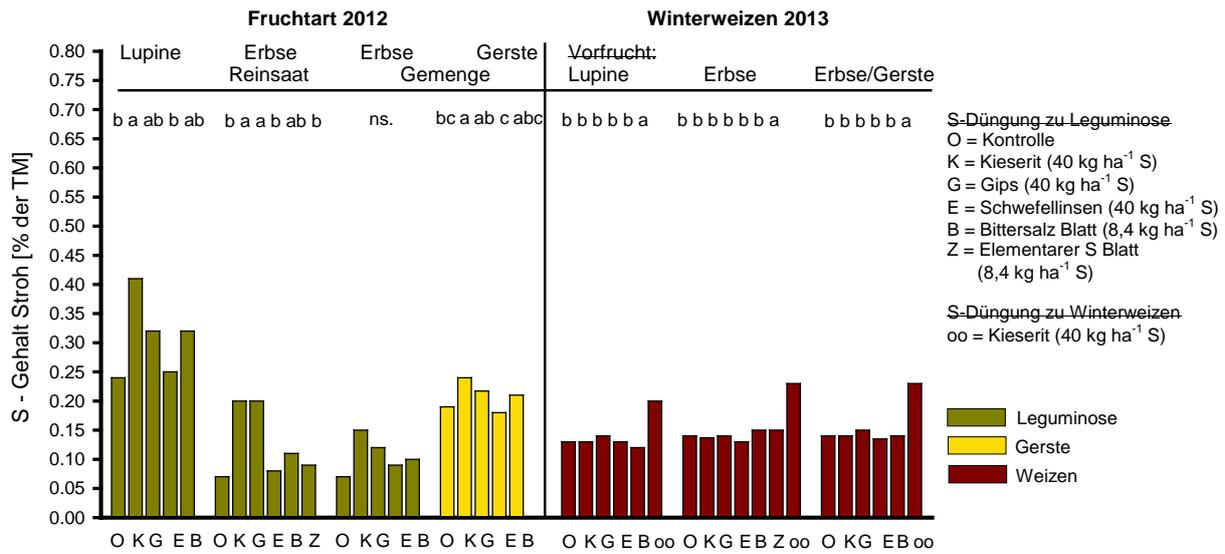


Abb. 18: S-Gehalt im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Greifenhagen im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013

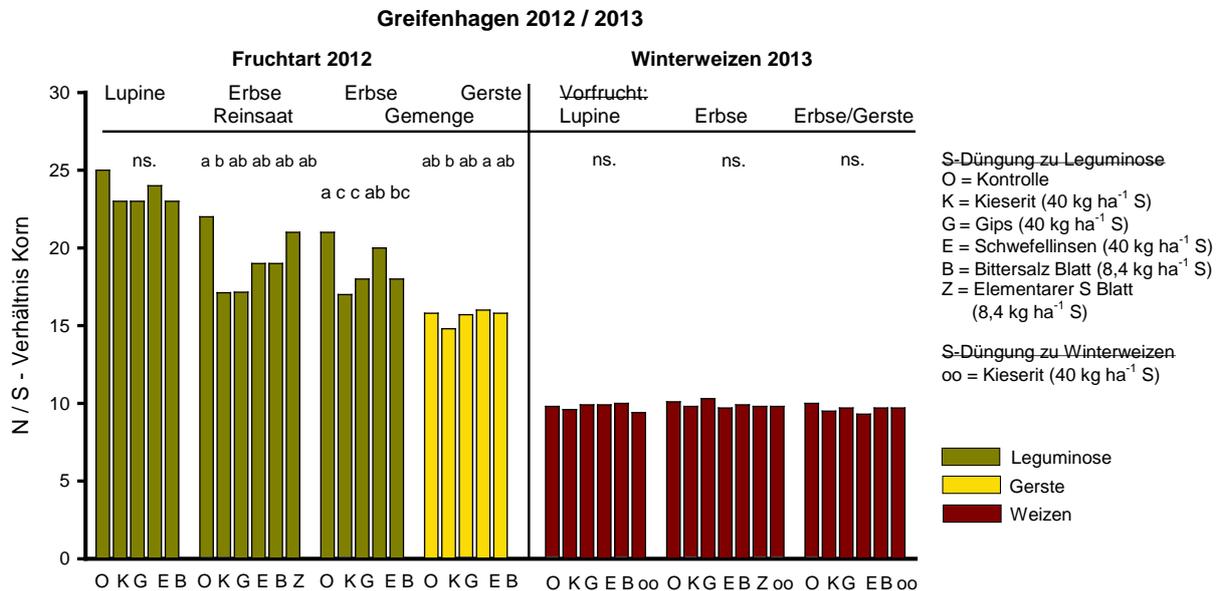


Abb. 19: N/S-Verhältnis im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Greifenhagen im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013

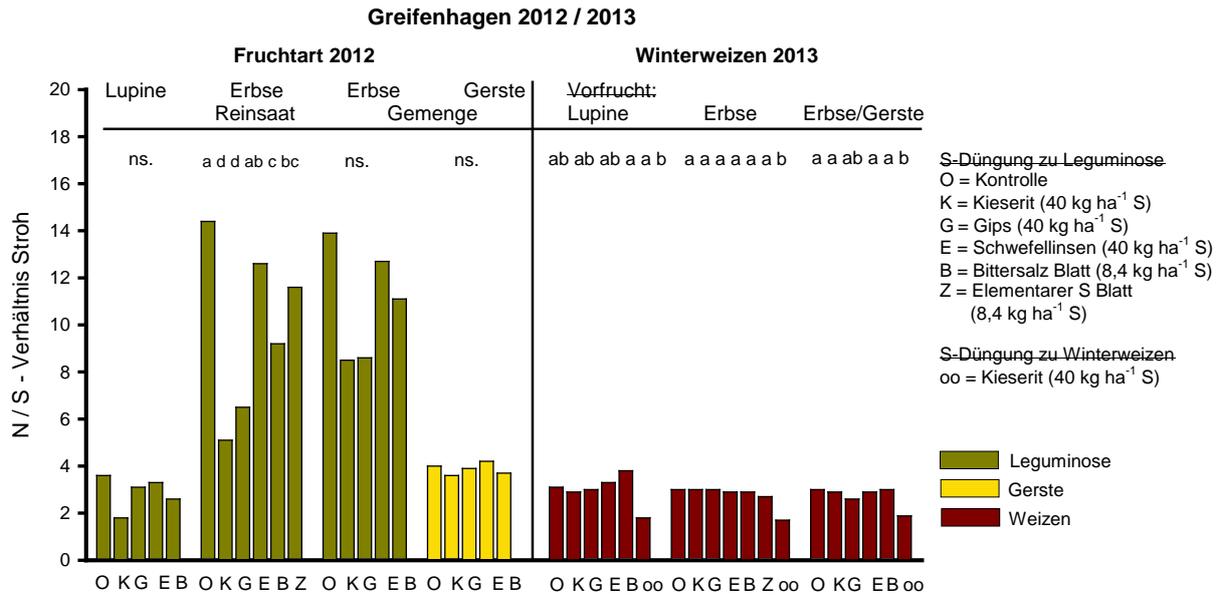


Abb. 20: N/S-Verhältnis im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Greifenhagen im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013

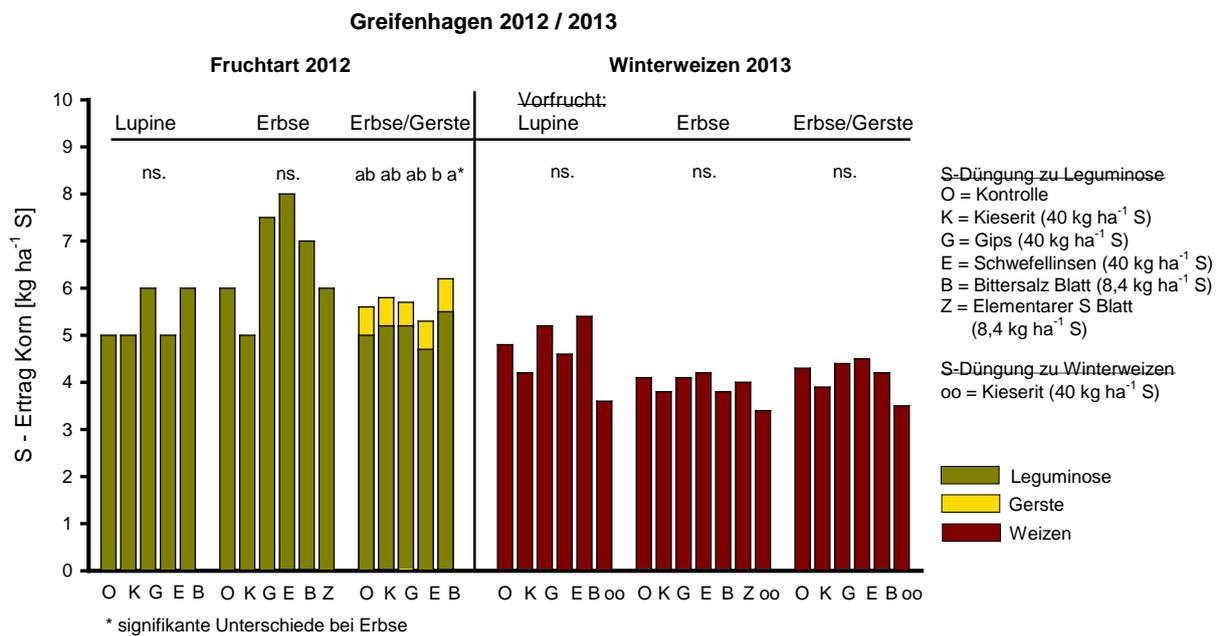


Abb. 21: S-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Greifenhagen im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013

Greifenhagen 2012 / 2013

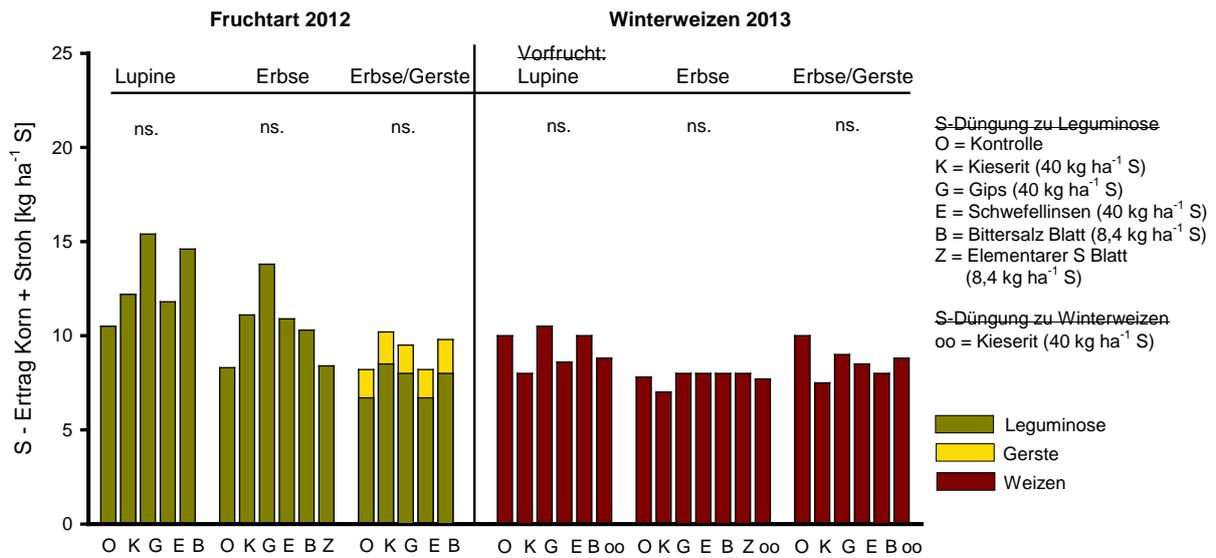


Abb. 22: S-Ertrag im Spross zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Greifenhagen im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013

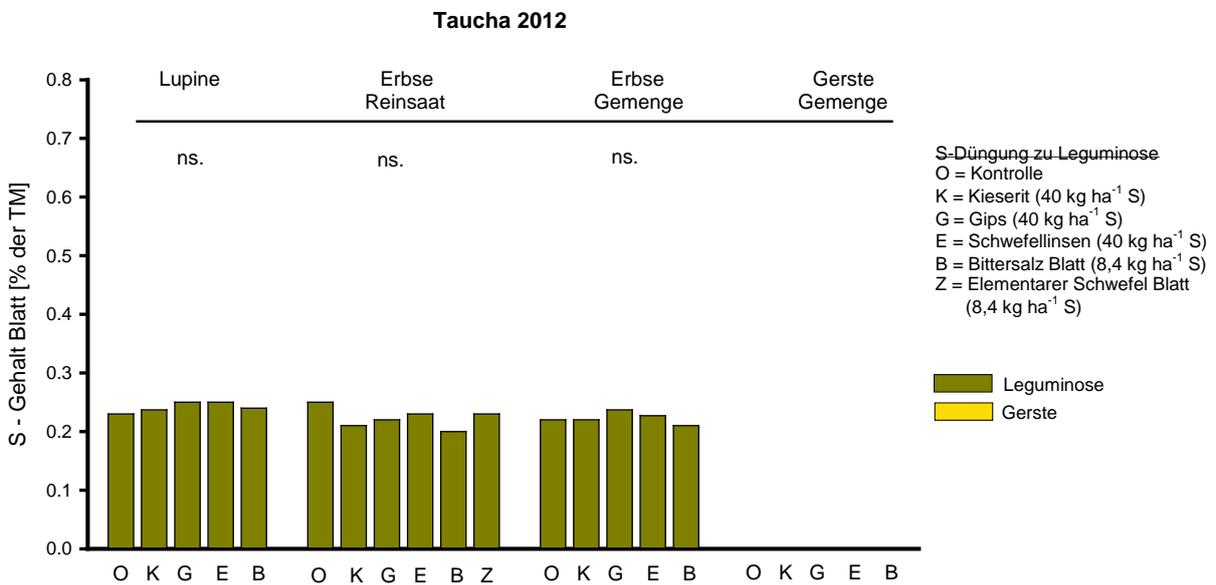


Abb. 23: S-Gehalt im jüngsten entfalteteten Blatt zur Blüte der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Taucha im Jahr 2012

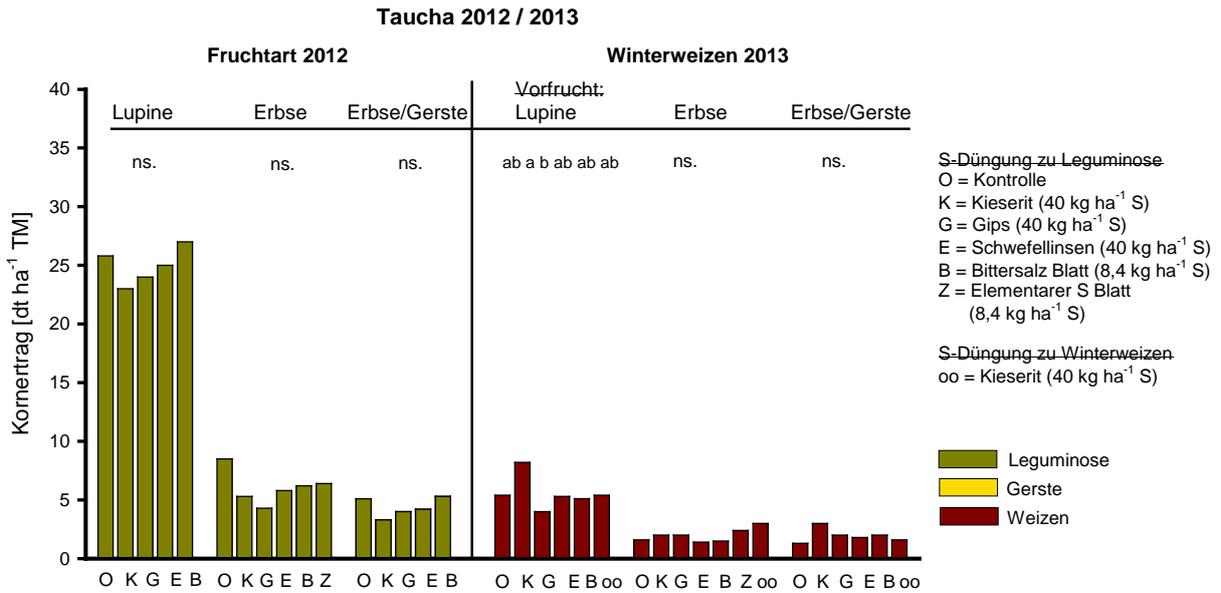


Abb. 24: Korntrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Taucha im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013

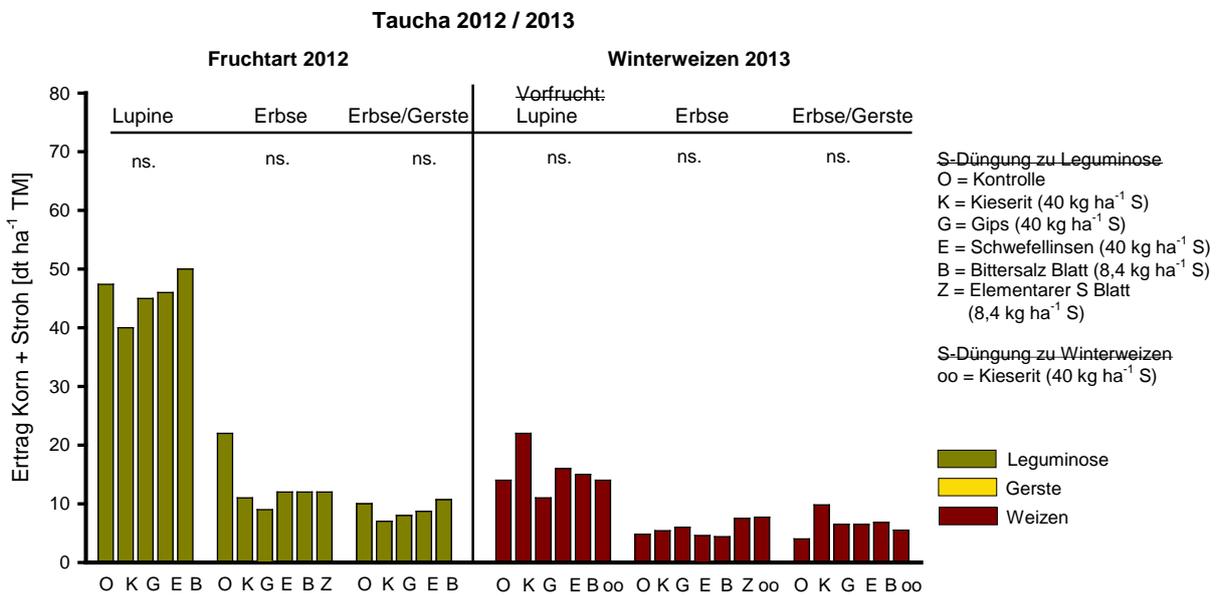


Abb. 25: Sprossertrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Taucha im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013

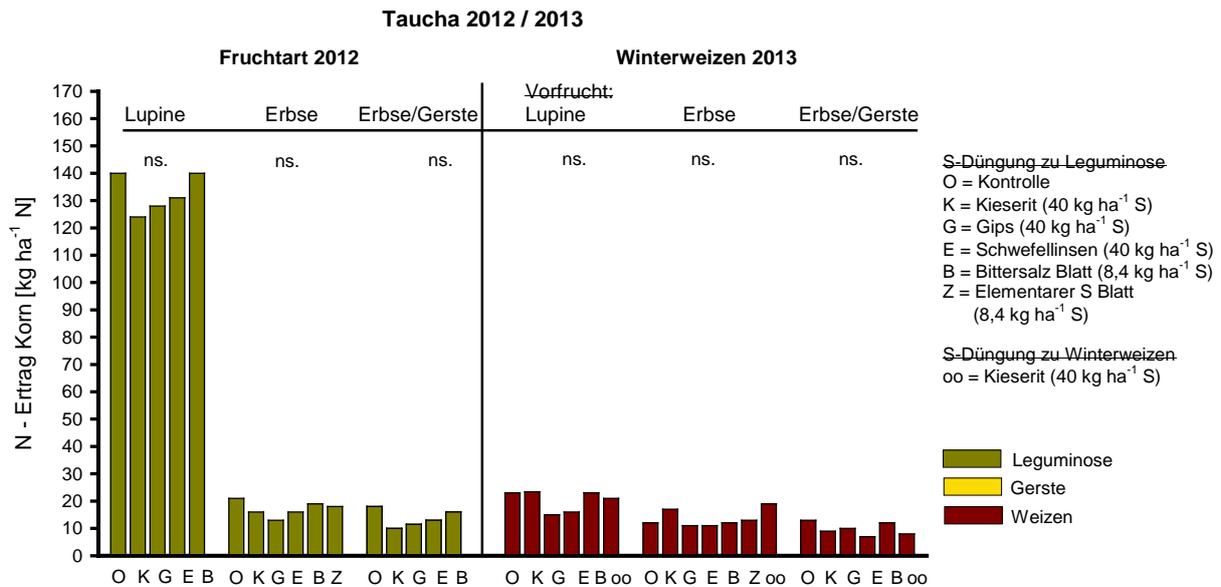


Abb. 26: N-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Taucha im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013

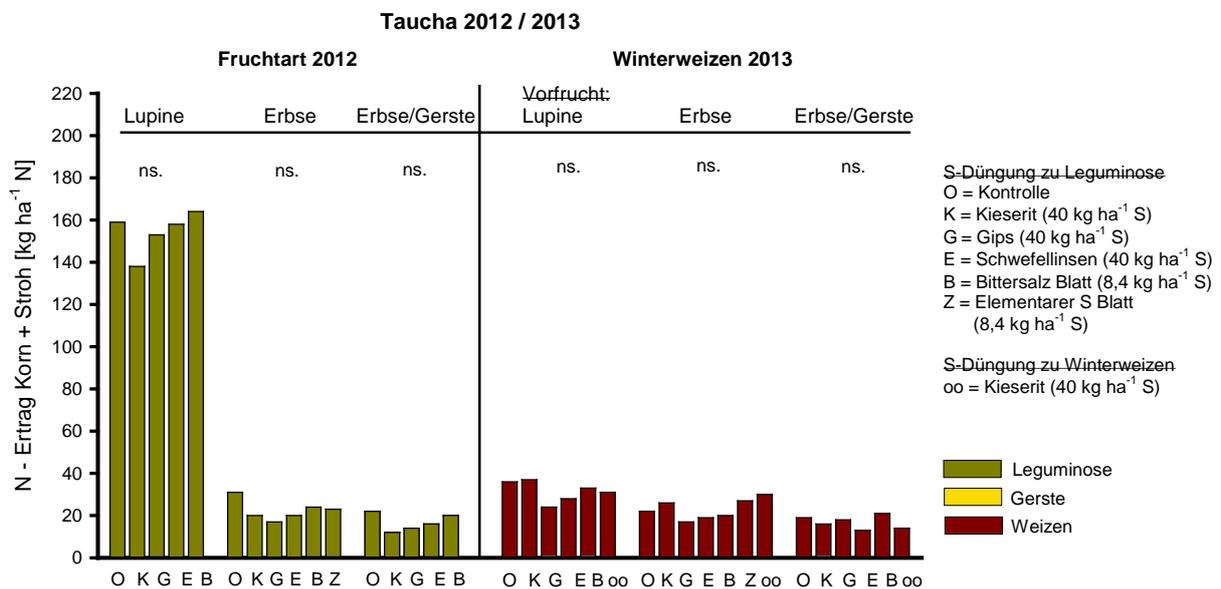


Abb. 27: N-Ertrag im Spross zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Taucha im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013

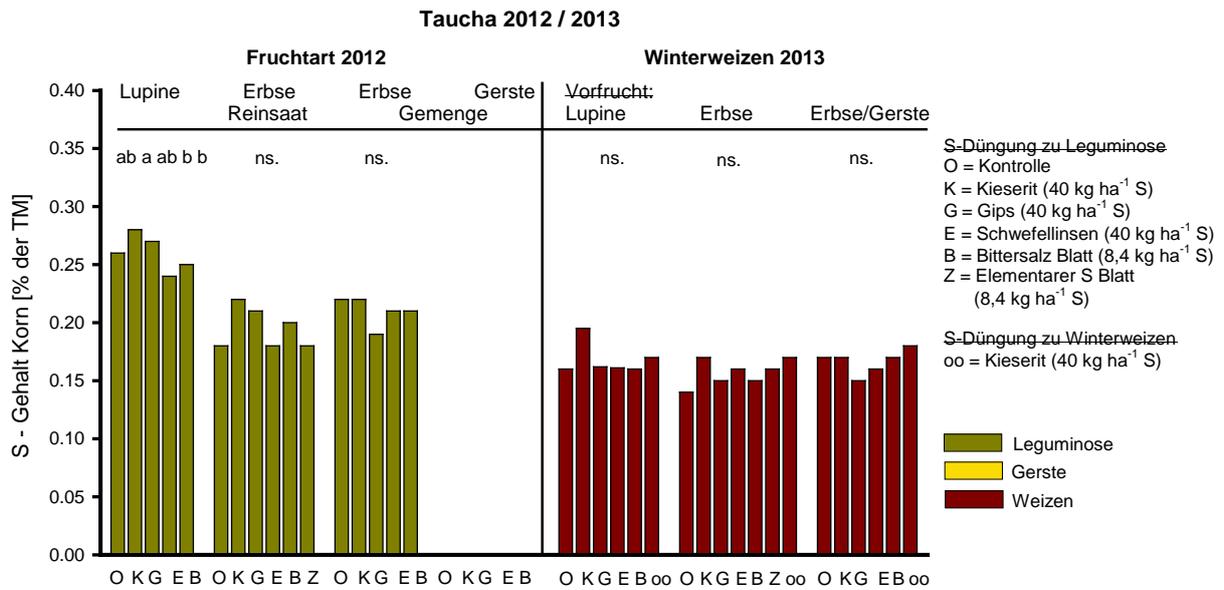


Abb. 28: S-Gehalt im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Taucha im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013

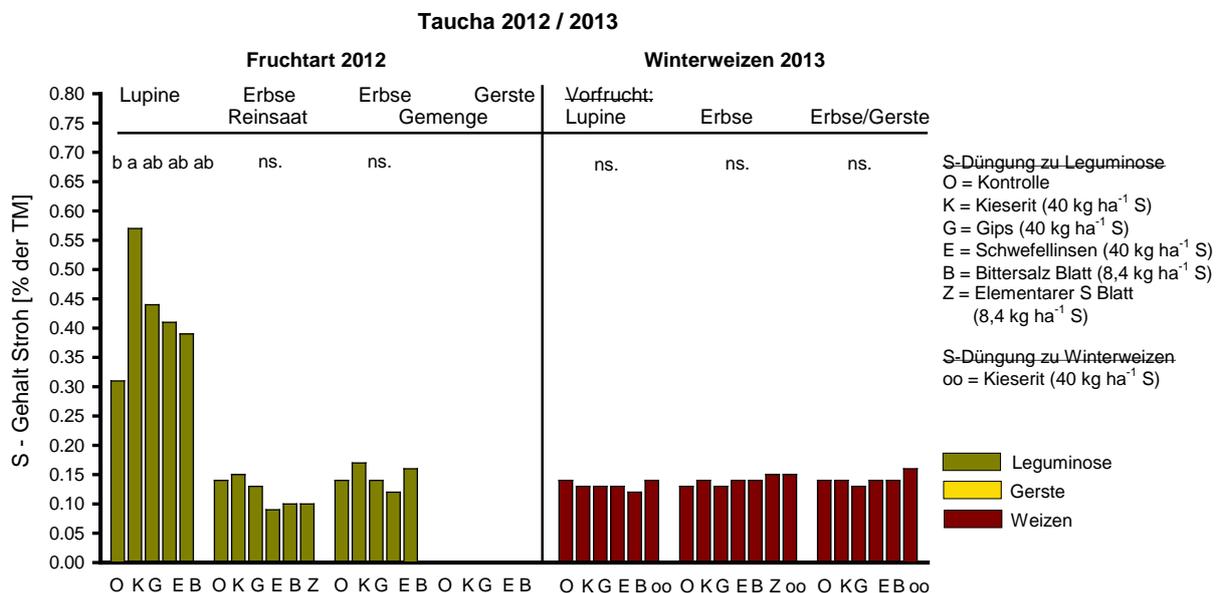


Abb. 29: S-Gehalt im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Taucha im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013

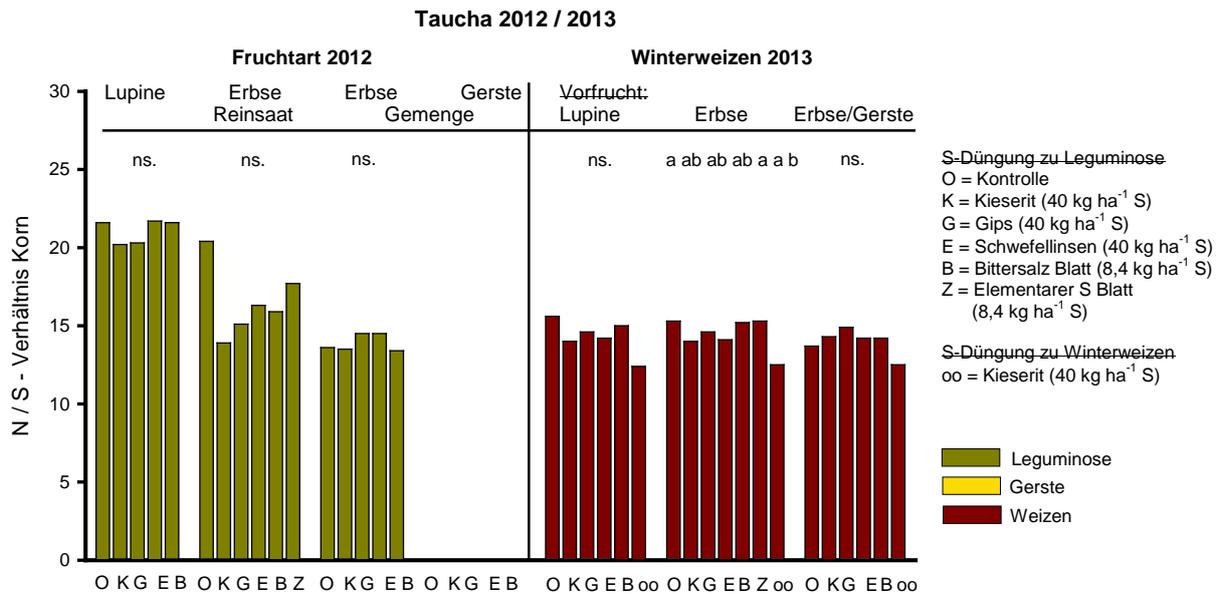


Abb. 30: N/S-Verhältnis im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Taucha im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013

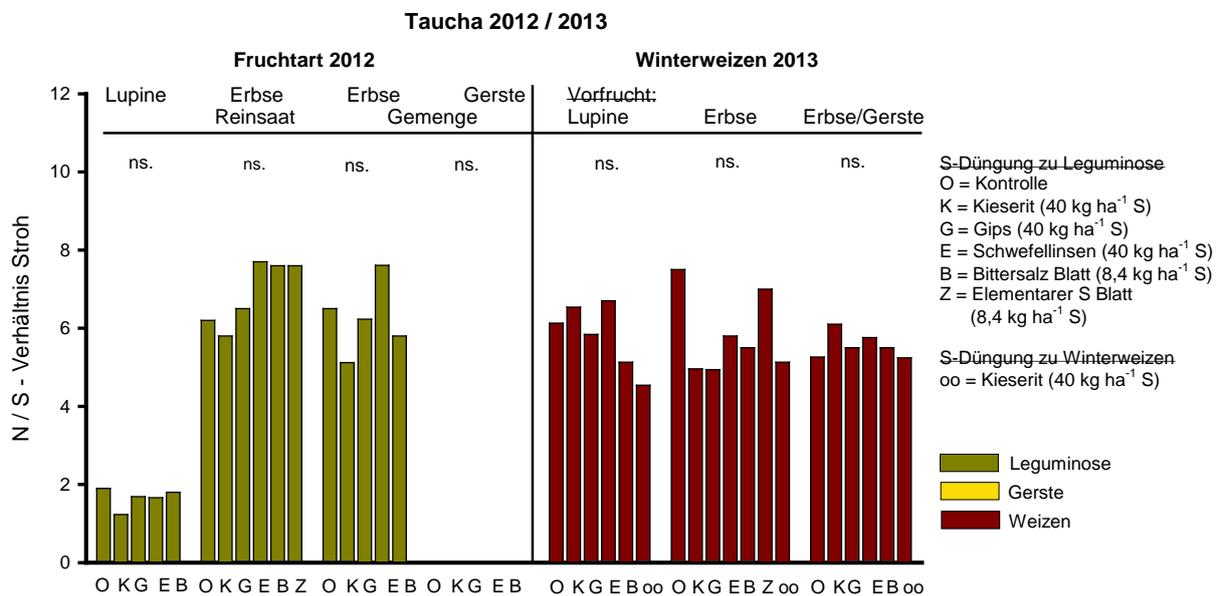


Abb. 31: N/S-Verhältnis im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Taucha im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013

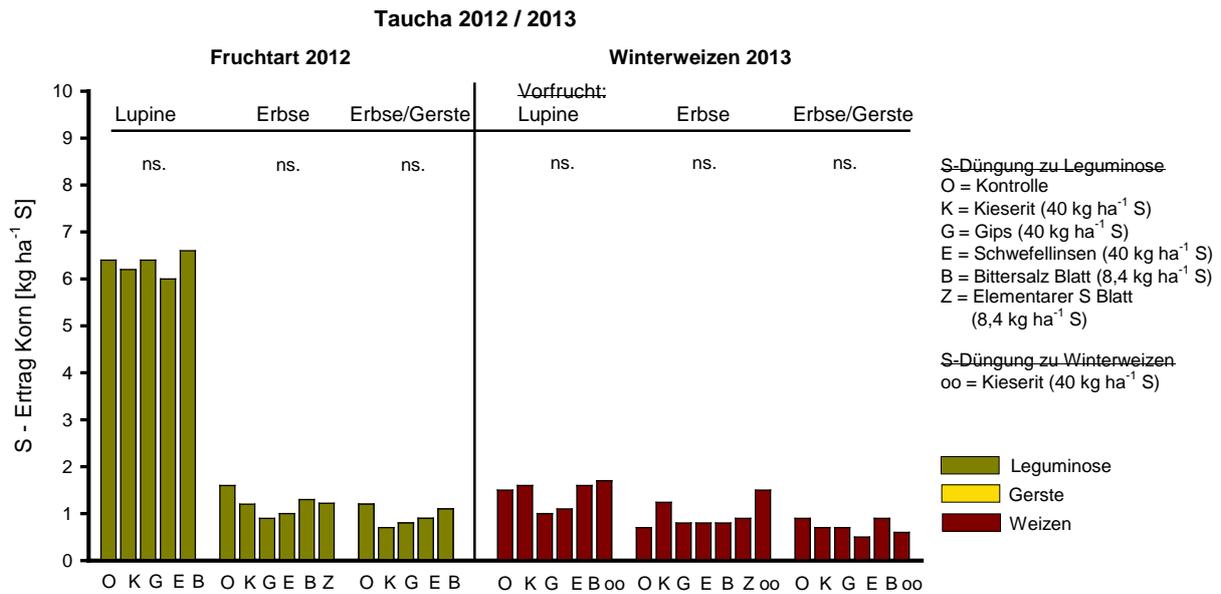


Abb. 32: S-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Taucha im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013

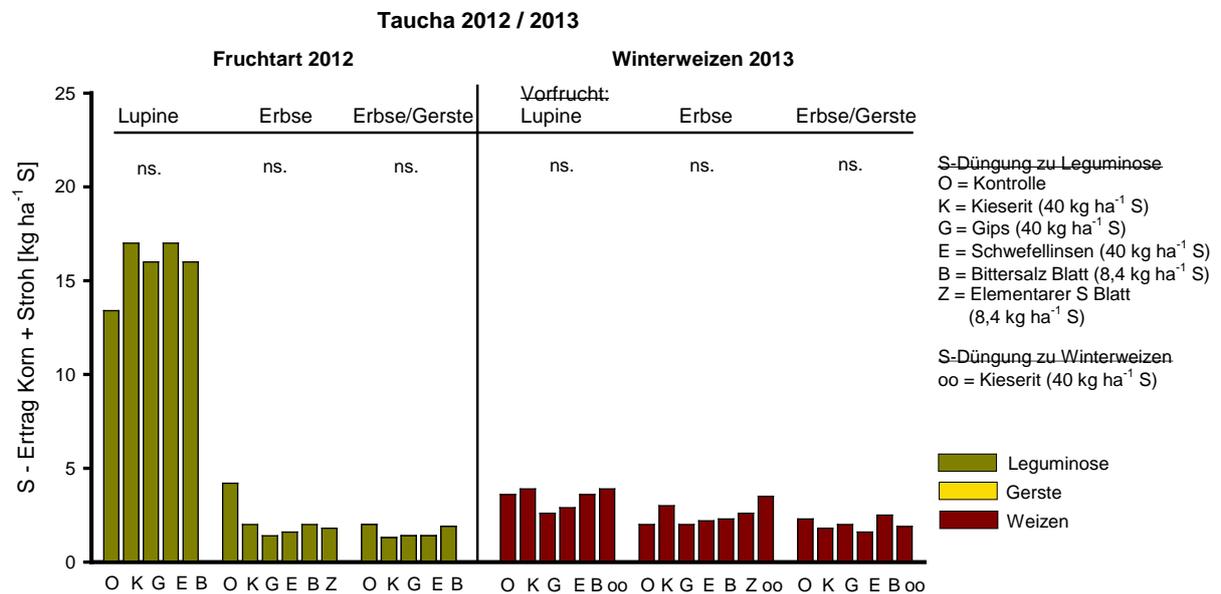


Abb. 33: S-Ertrag im Spross zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Taucha im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013

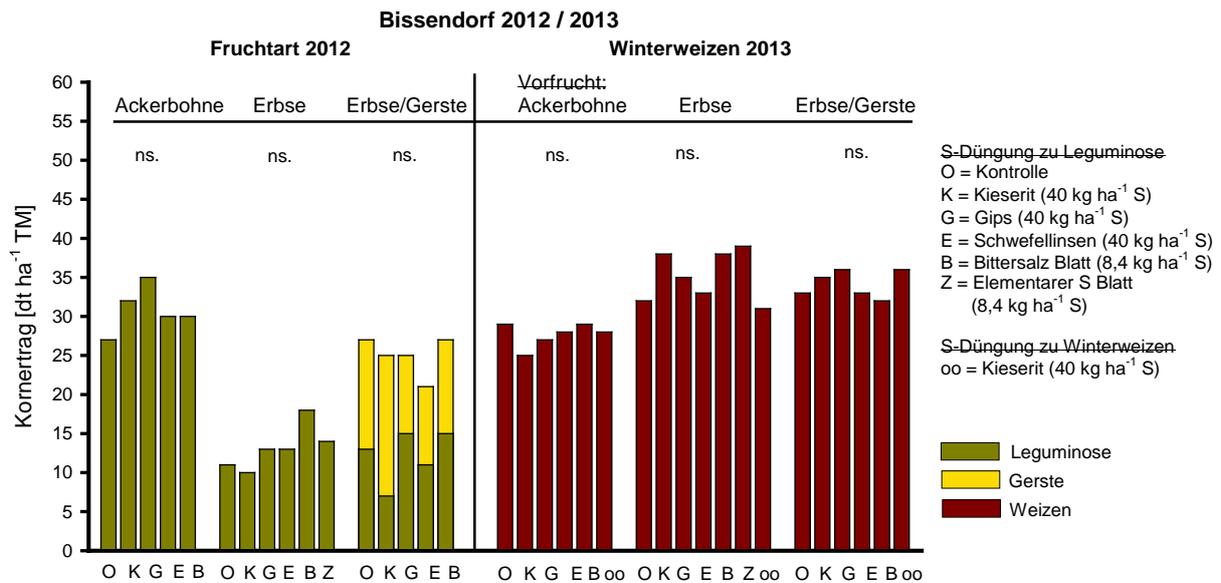


Abb. 34: Kornertrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Bissendorf im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013

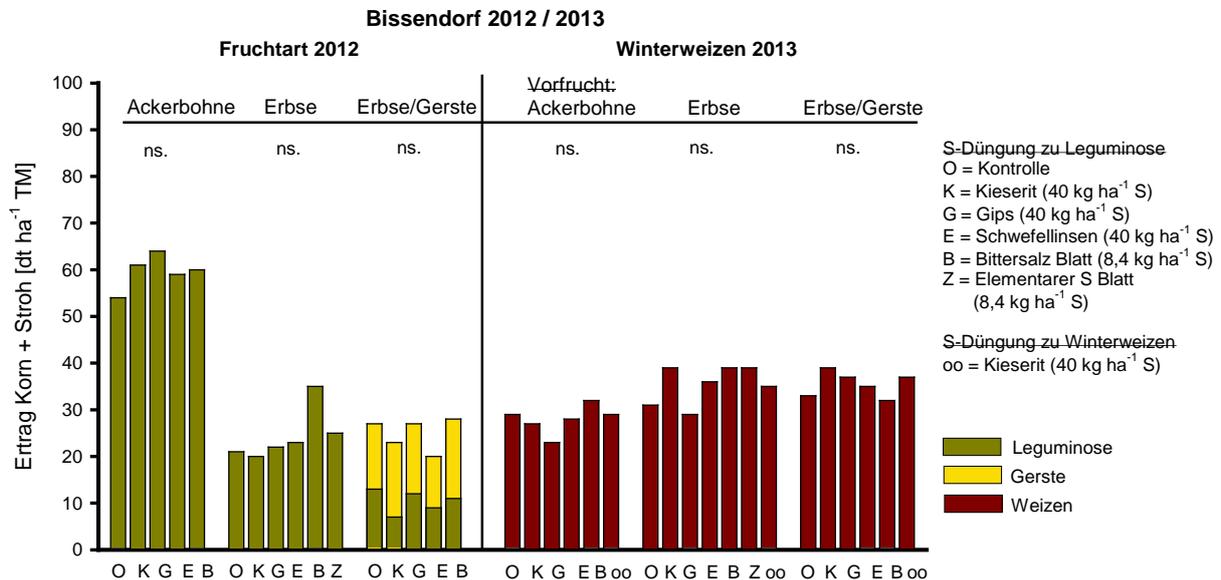


Abb. 35: Sprossertrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Bissendorf im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013

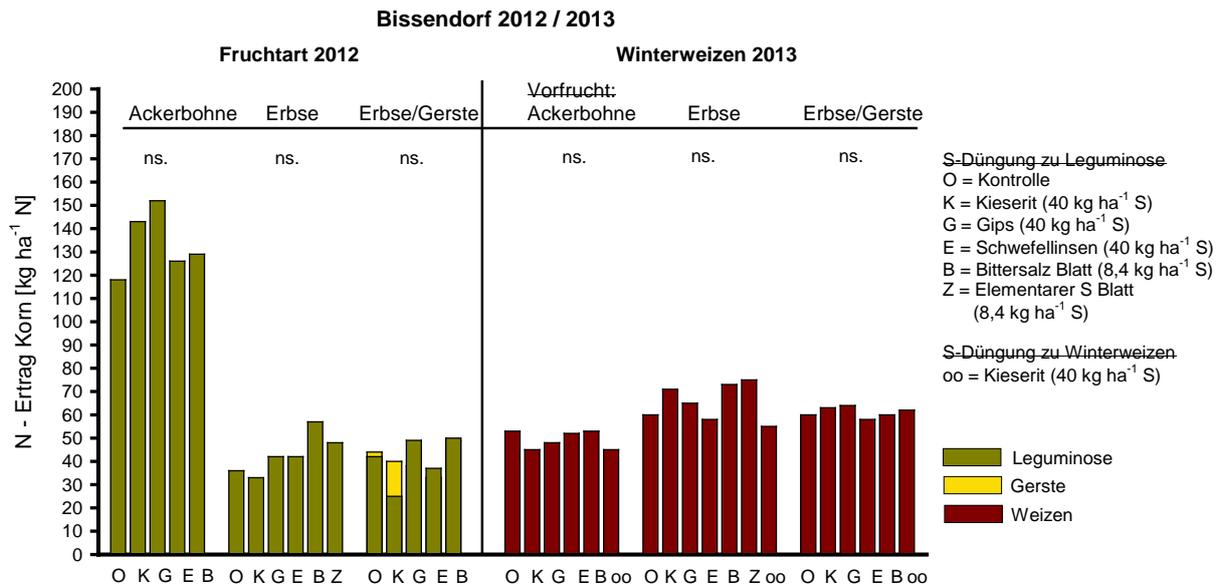


Abb. 36: N-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Bissendorf im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013

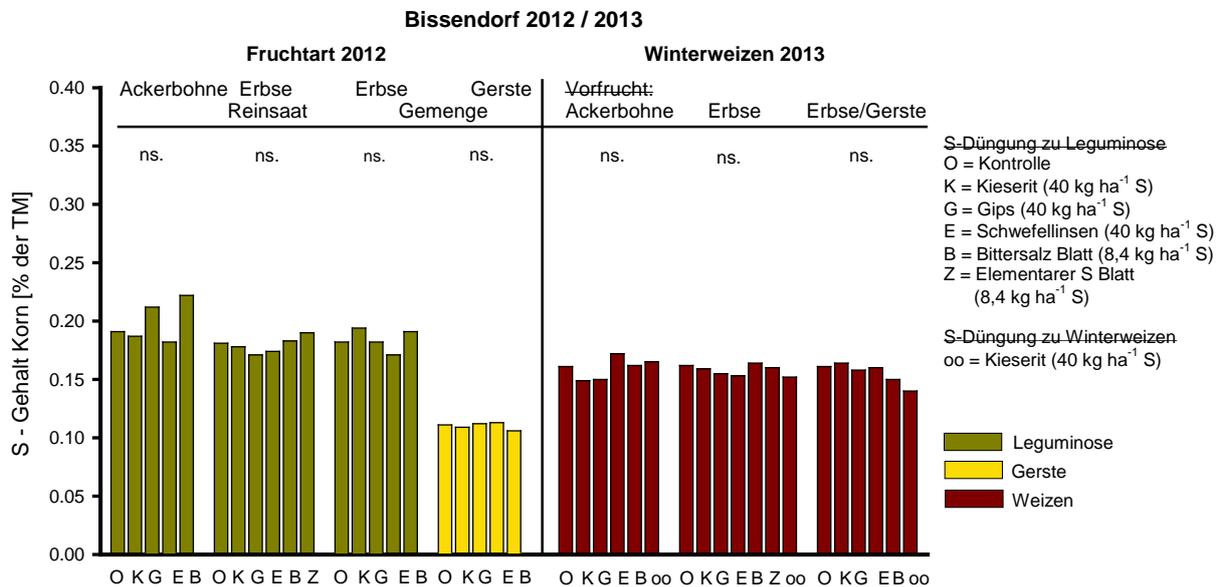


Abb. 37: N-Ertrag im Spross zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Bissendorf im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013

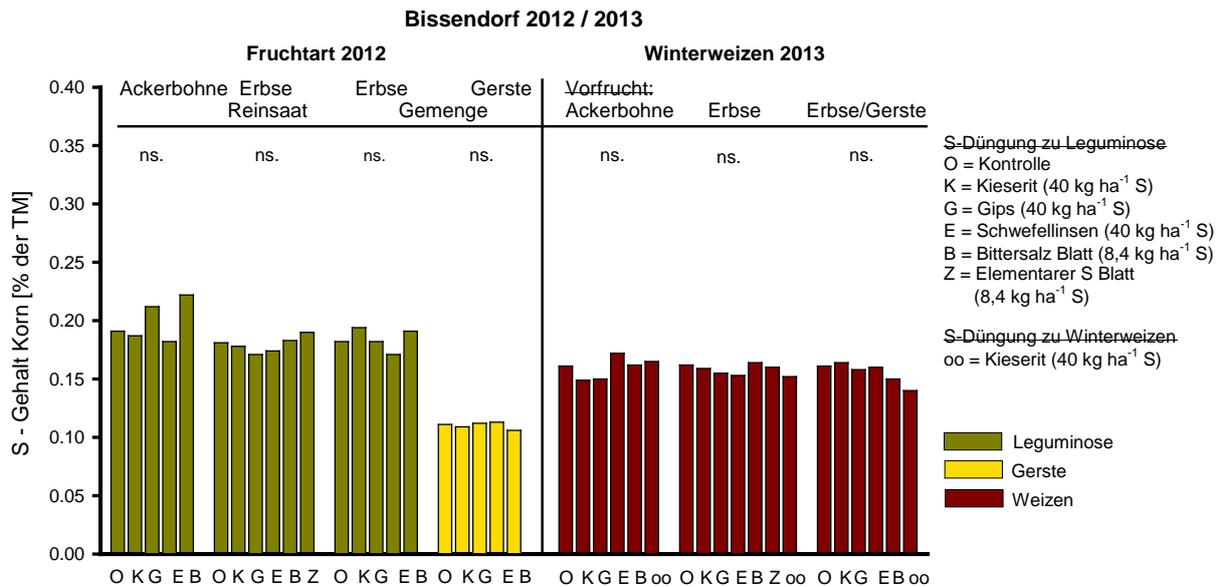


Abb. 38: S-Gehalt im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Bissendorf im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013

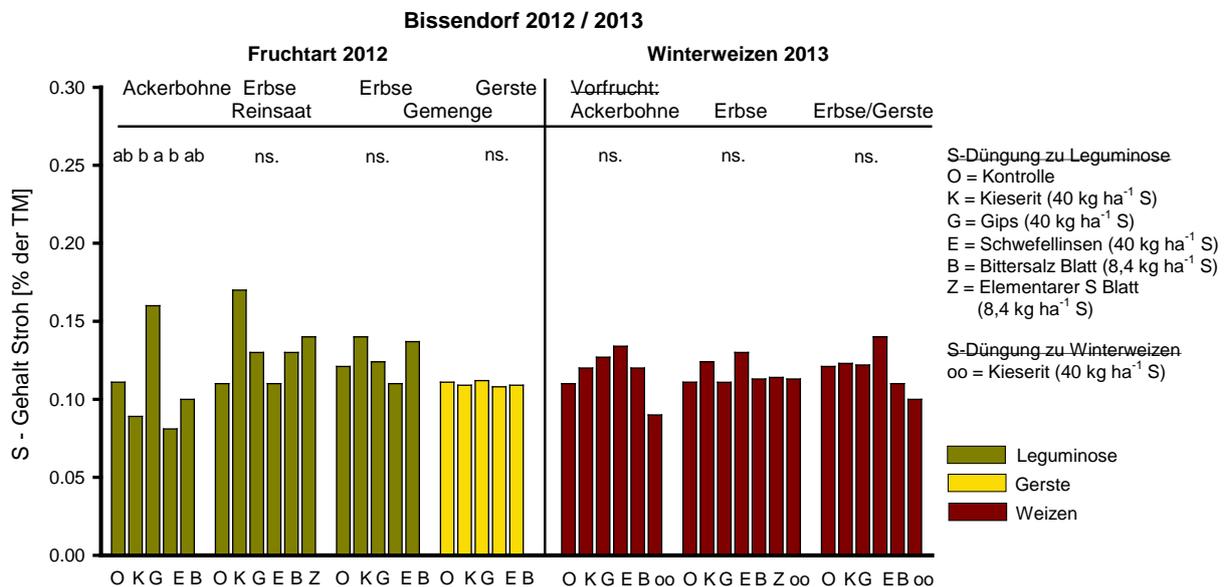


Abb. 39: S-Gehalt im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Bissendorf im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013

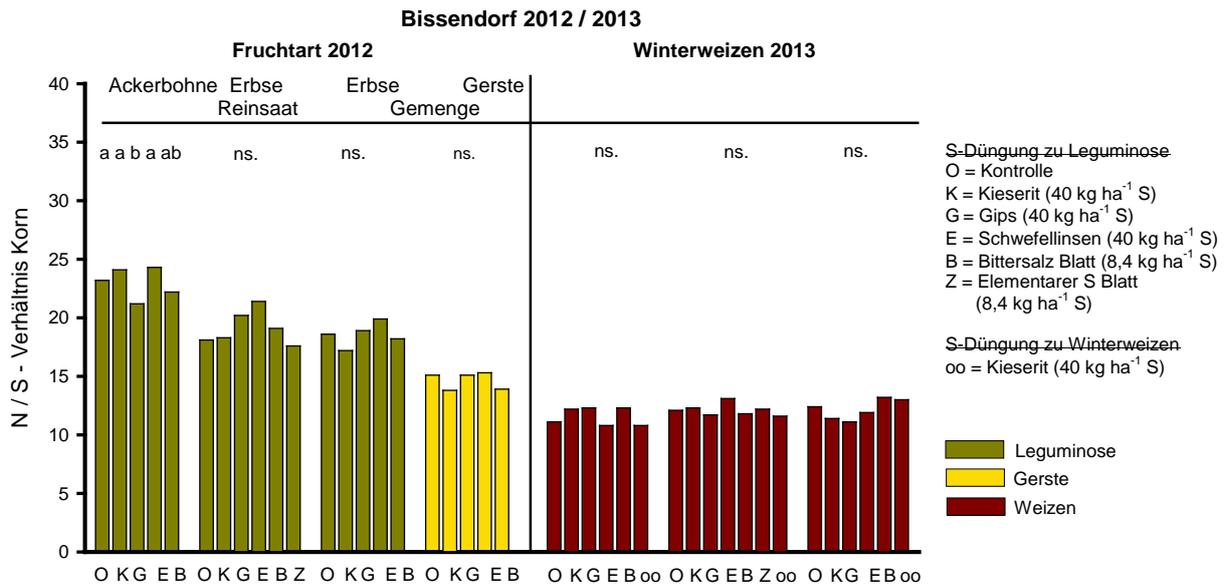


Abb. 40: N/S-Verhältnis im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Bissendorf im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013

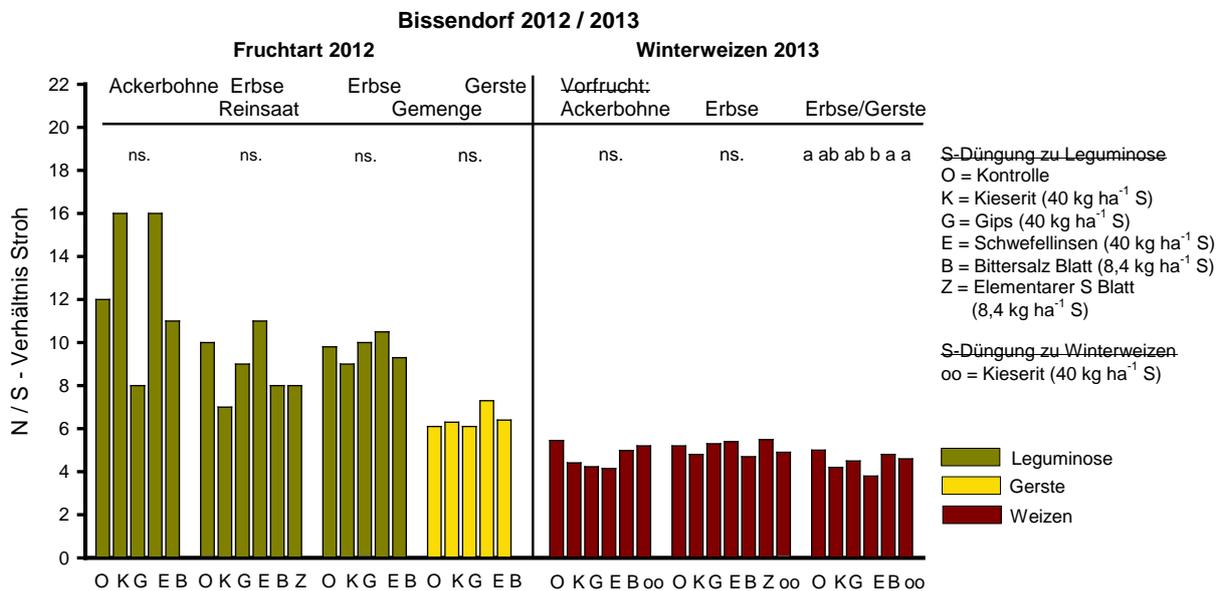


Abb. 41: N/S-Verhältnis im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Bissendorf im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013

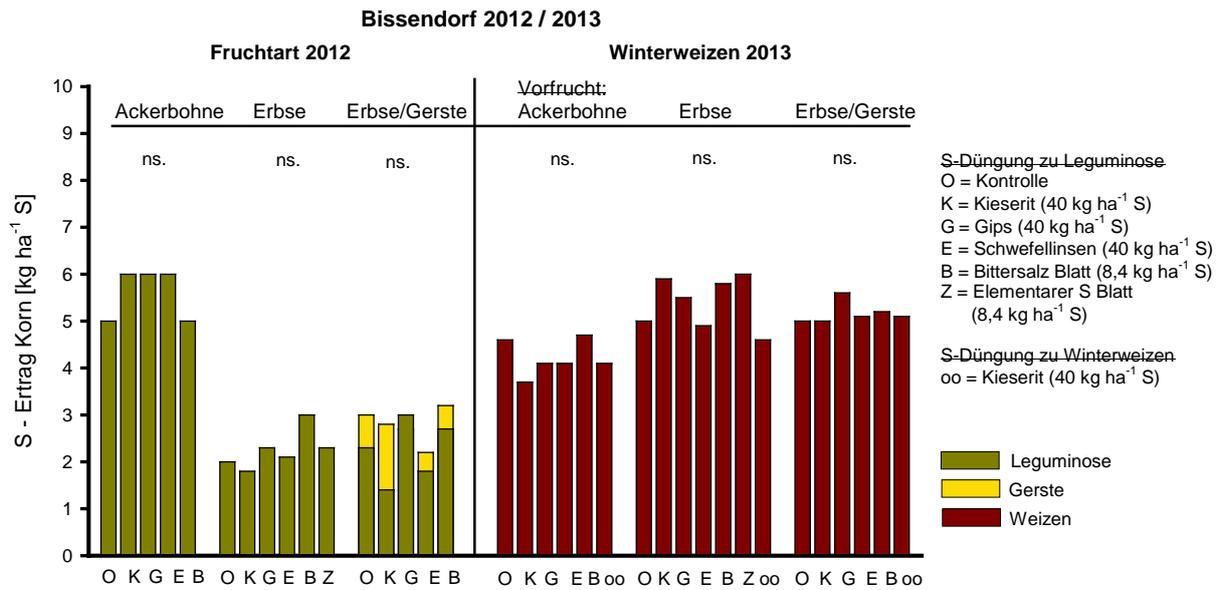


Abb. 42: S-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Stayyndort Bissendorf im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013

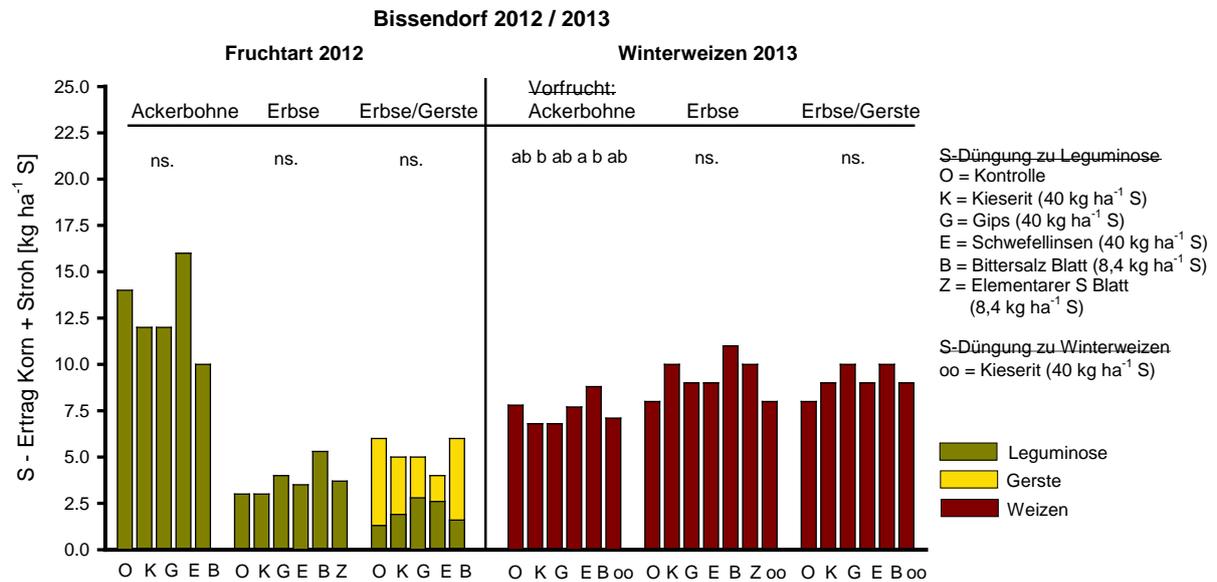


Abb. 43: S-Ertrag im Spross zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Bissendorf im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013

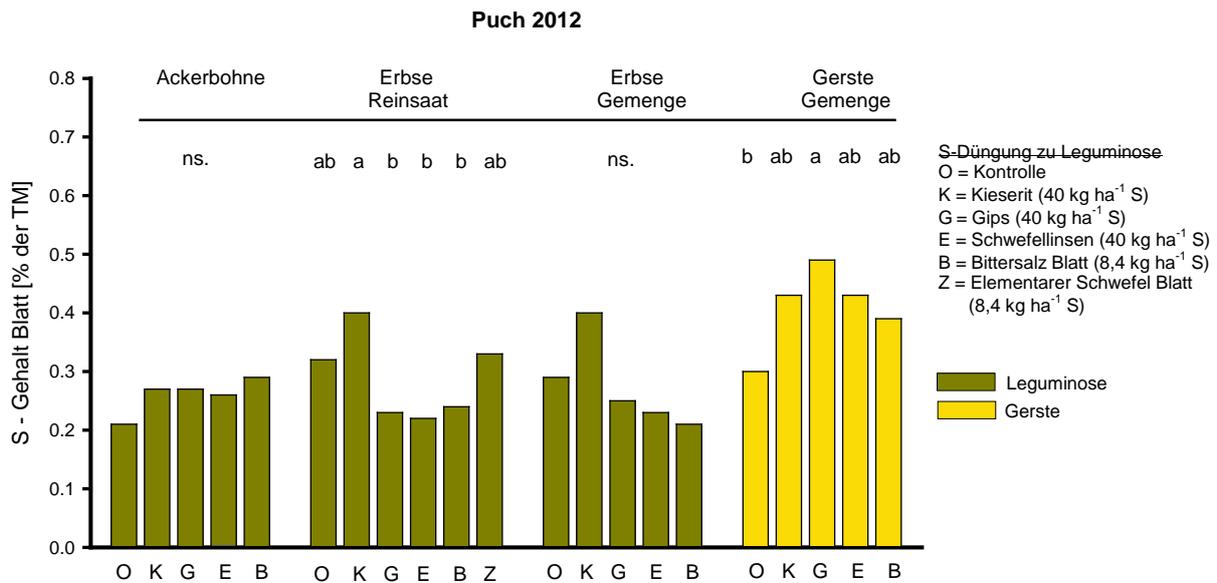


Abb. 44: S-Gehalt im jüngsten entfalteten Blatt zur Blüte der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Puch im Jahr 2012

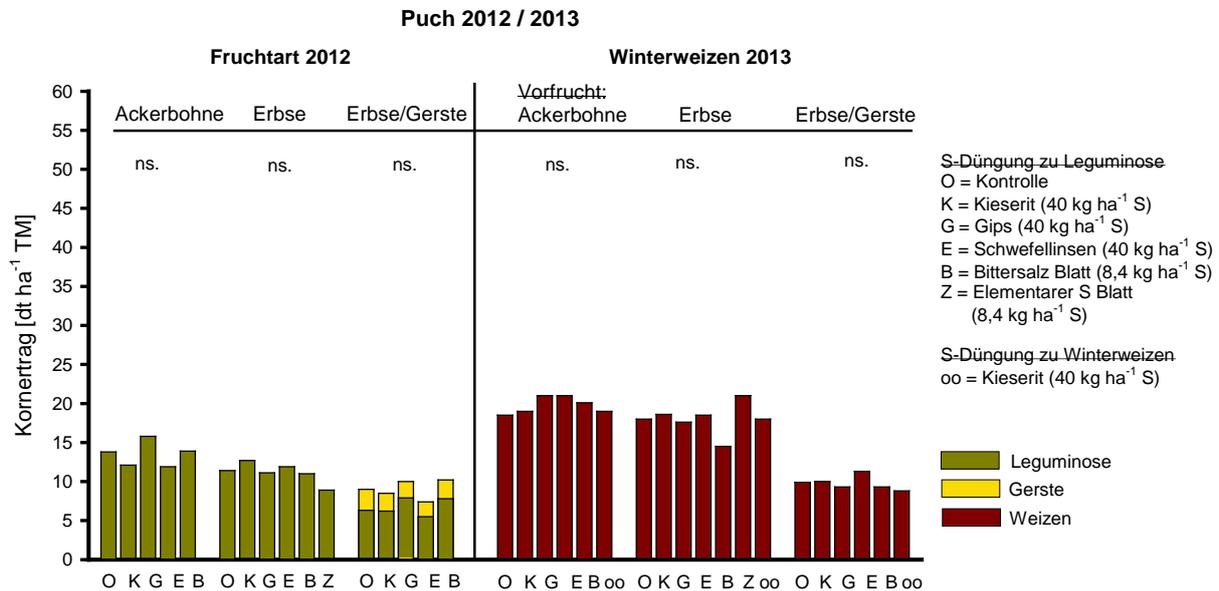


Abb. 45: Korntrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Puch im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013

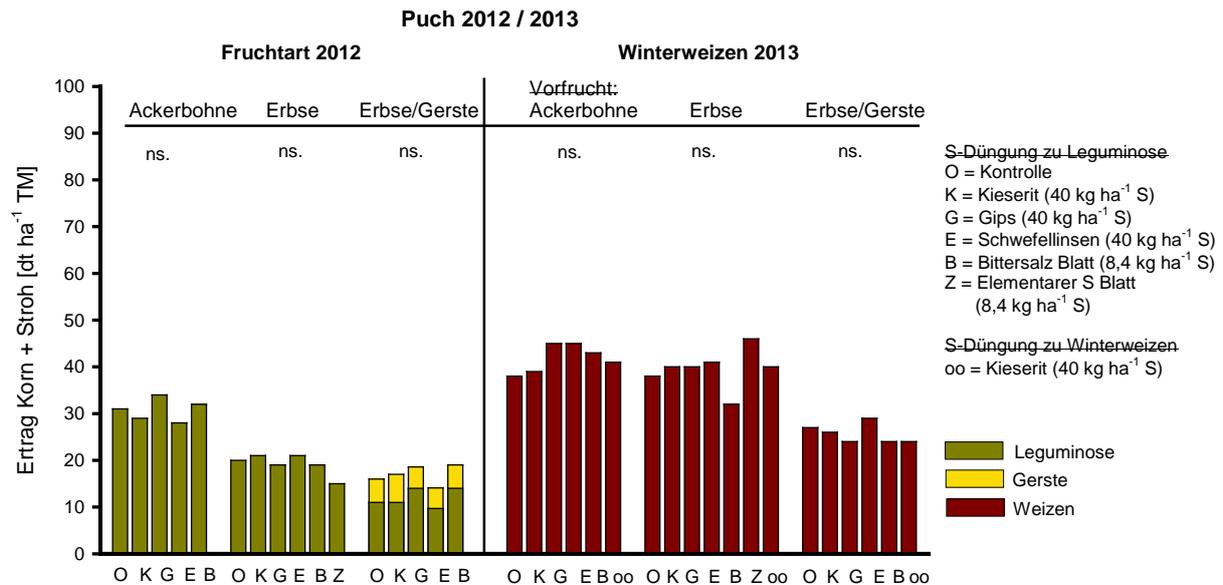


Abb. 46: Sprossertrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Puch im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013

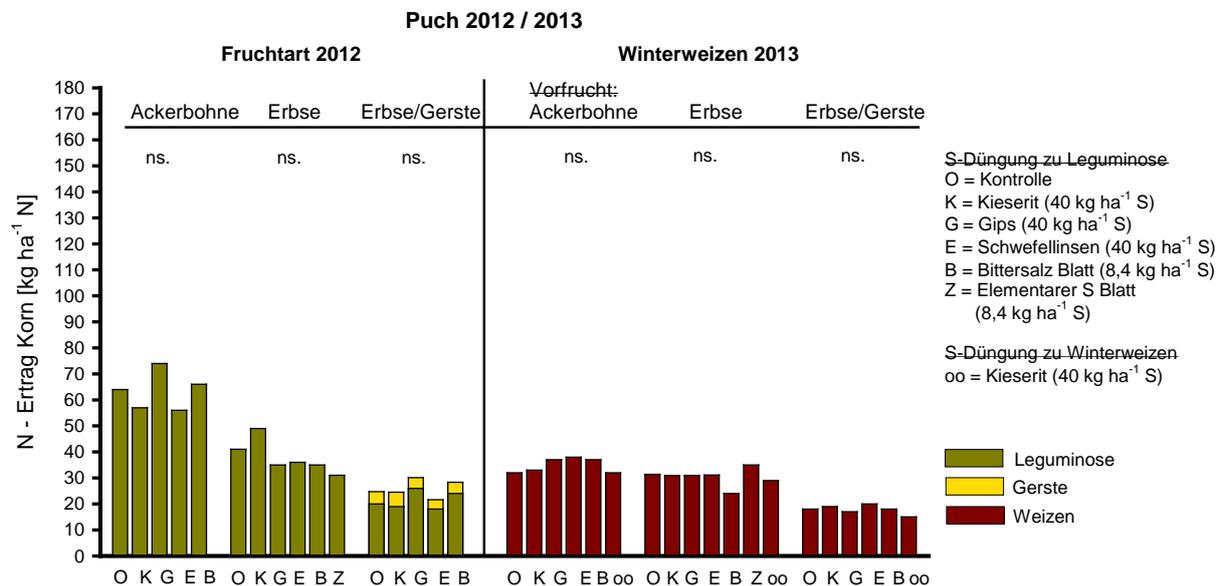


Abb. 47: N-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Puch im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013

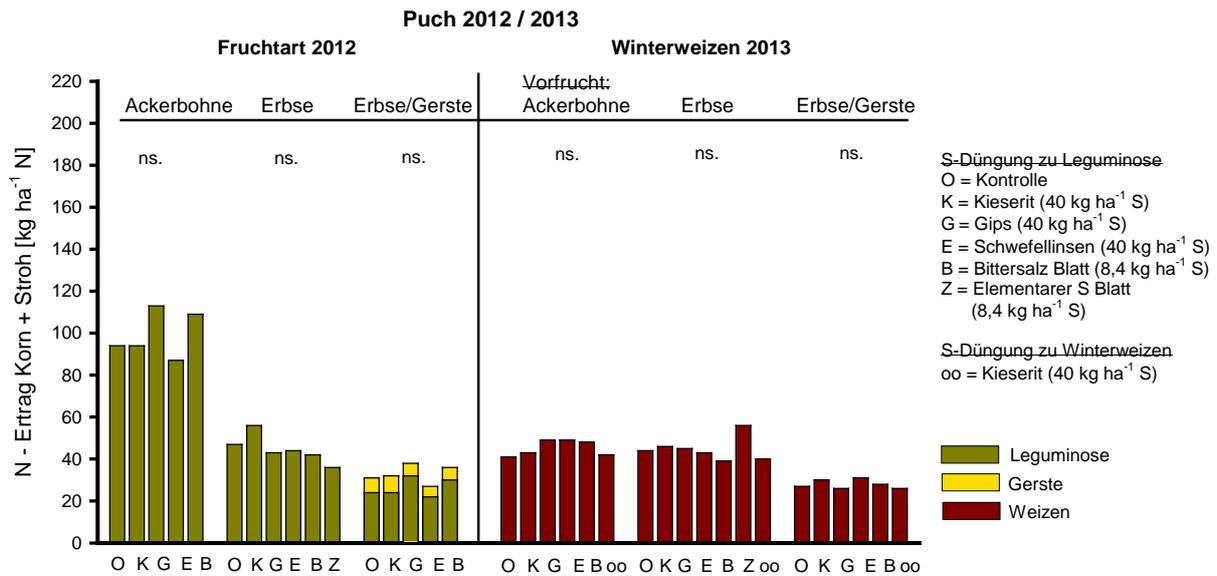


Abb. 48: N-Ertrag im Spross zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Puch im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013

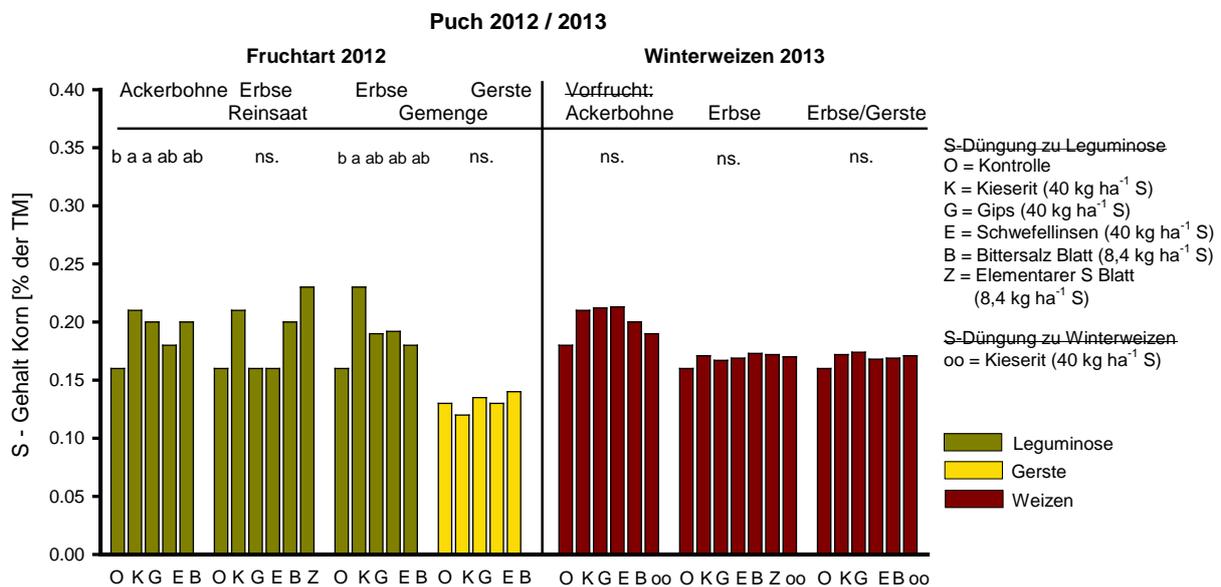


Abb. 49: S-Gehalt im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Puch im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013

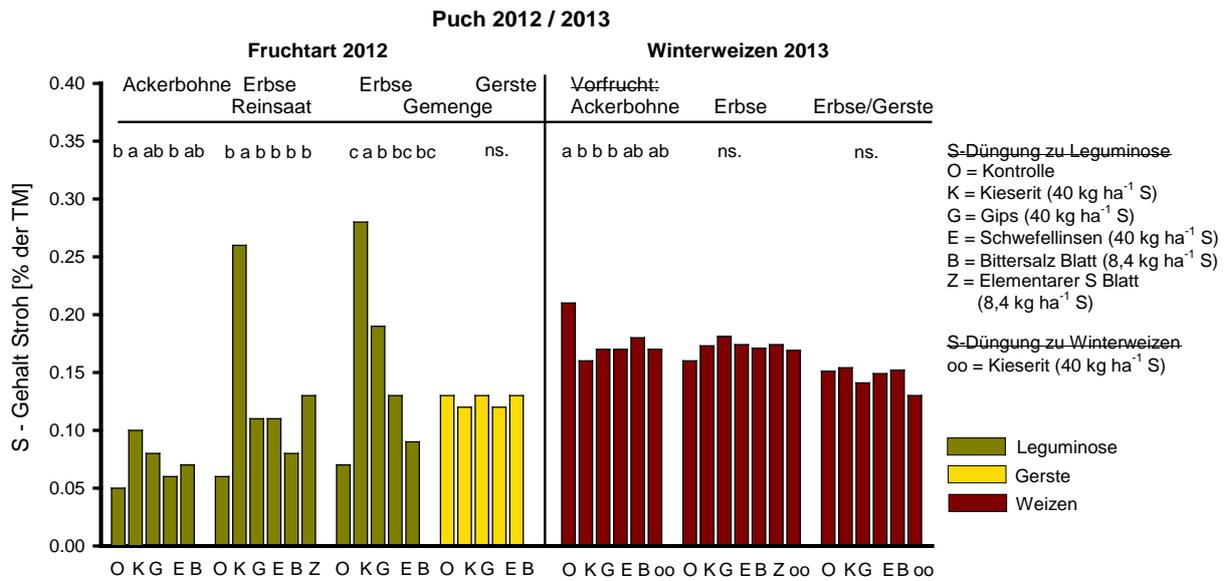


Abb. 50: S-Gehalt im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Puch im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013

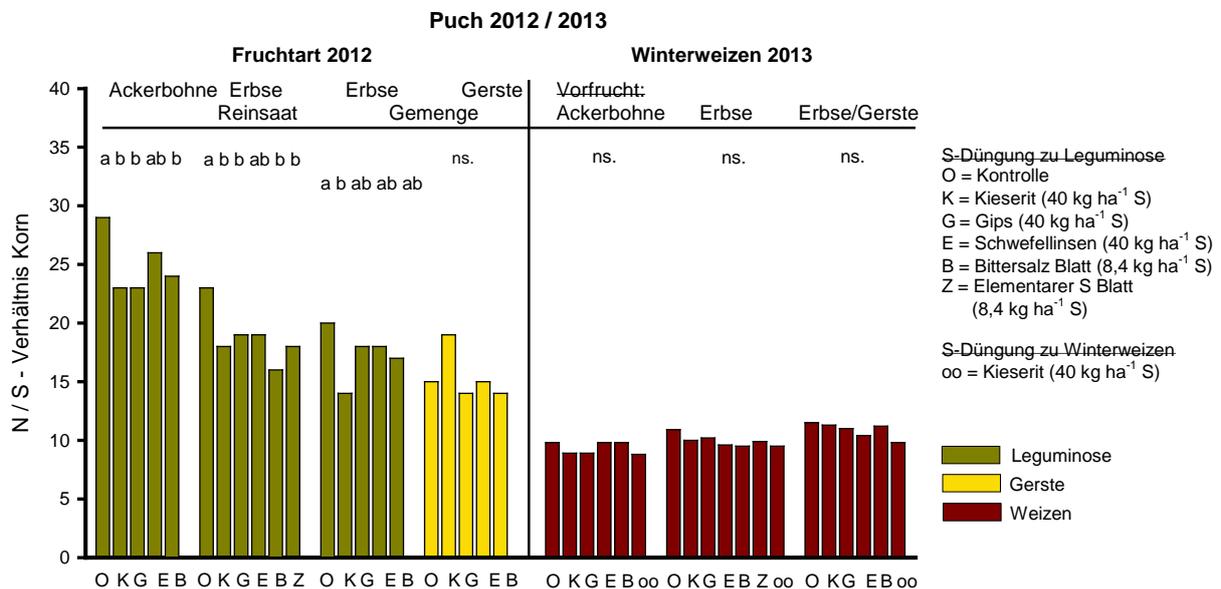


Abb. 51: N/S-Verhältnis im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Puch im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013

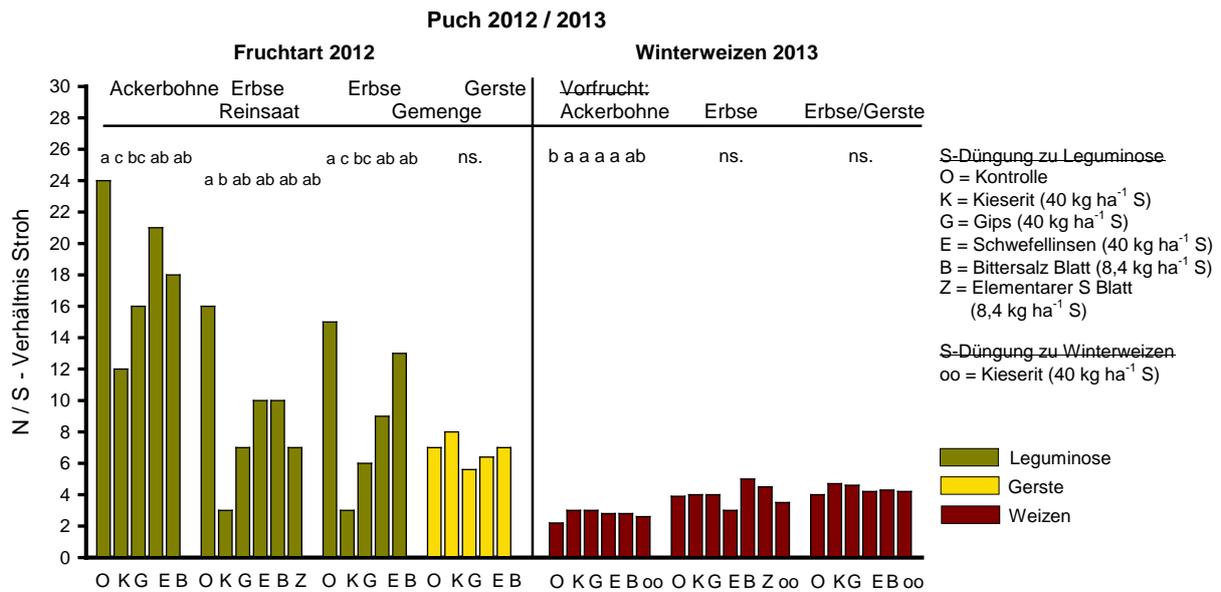


Abb. 52: N/S-Verhältnis im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Puch im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013

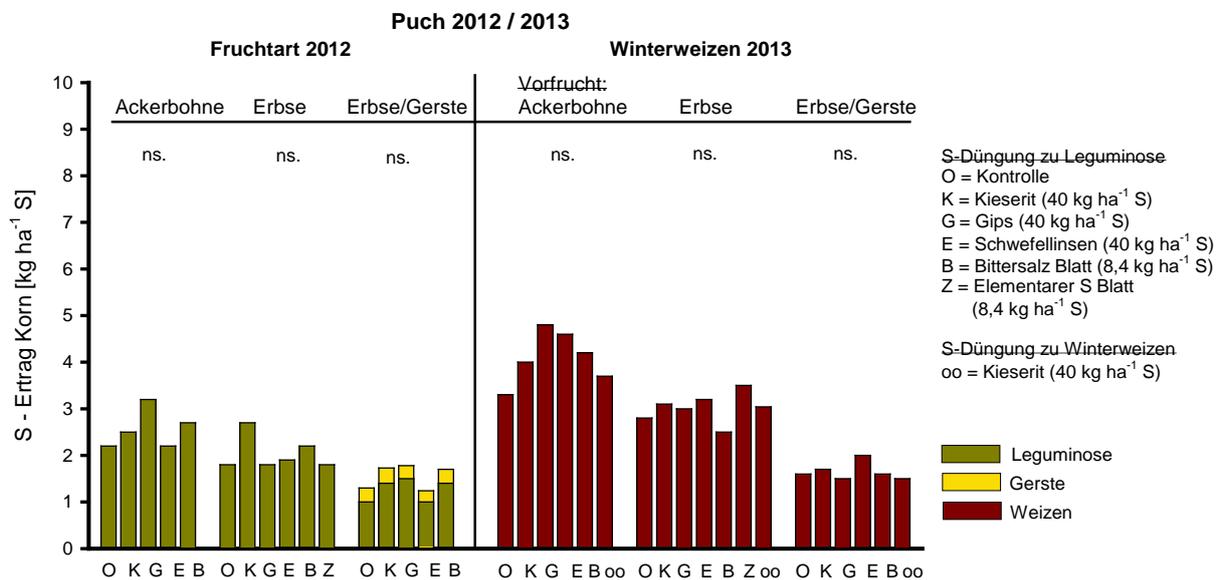


Abb. 53: S-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Puch im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013

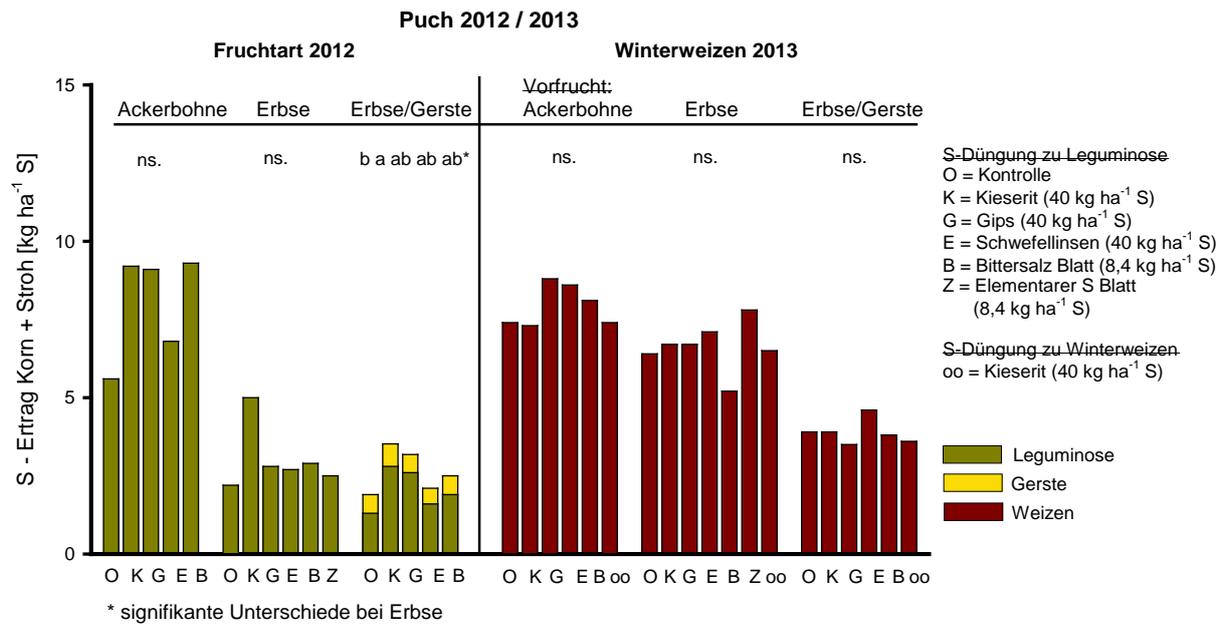


Abb. 54: S-Ertrag in Korn und Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Puch im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013

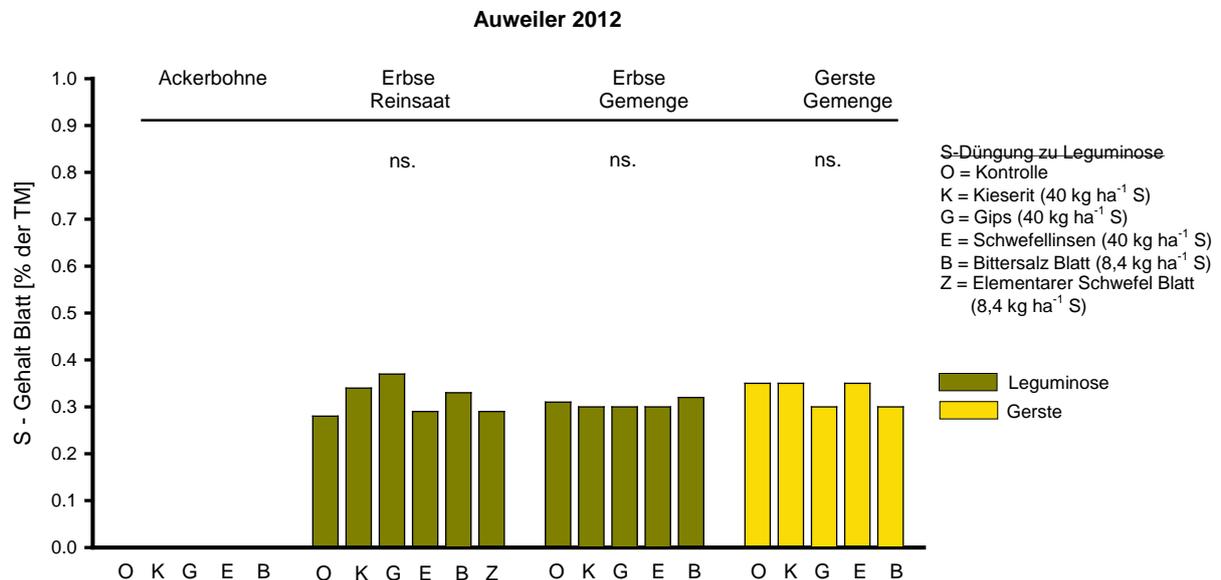


Abb. 55: S-Gehalt im jüngsten entfaltenen Blatt zur Blüte der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Auweiler im Jahr 2012

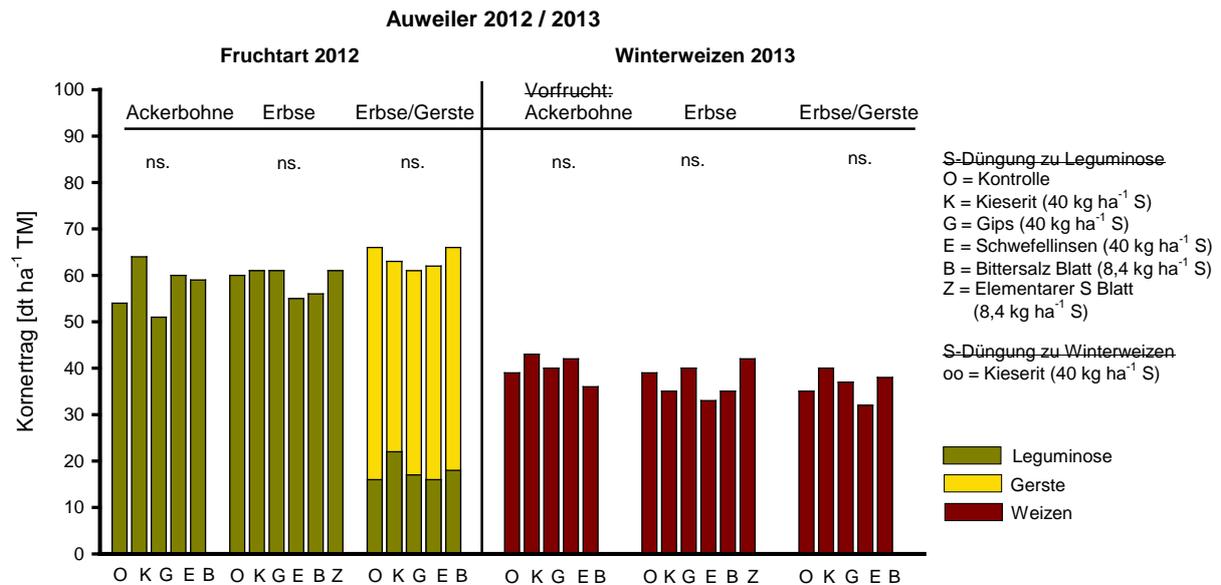


Abb. 56: Korntrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Auweiler im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013

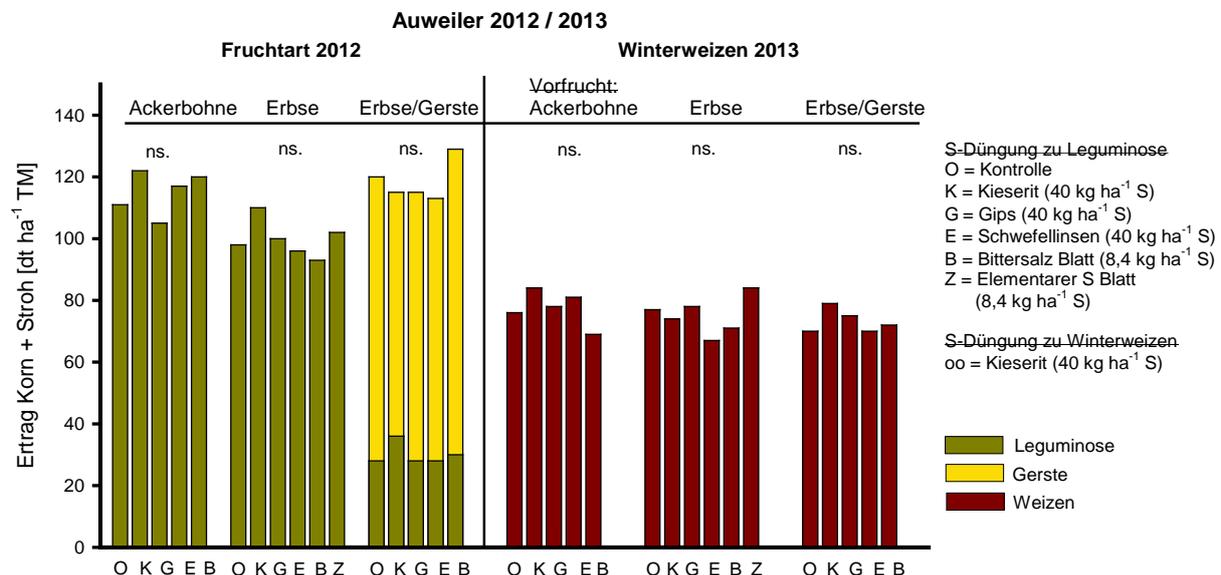


Abb. 57: Sprossertrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Auweiler im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013

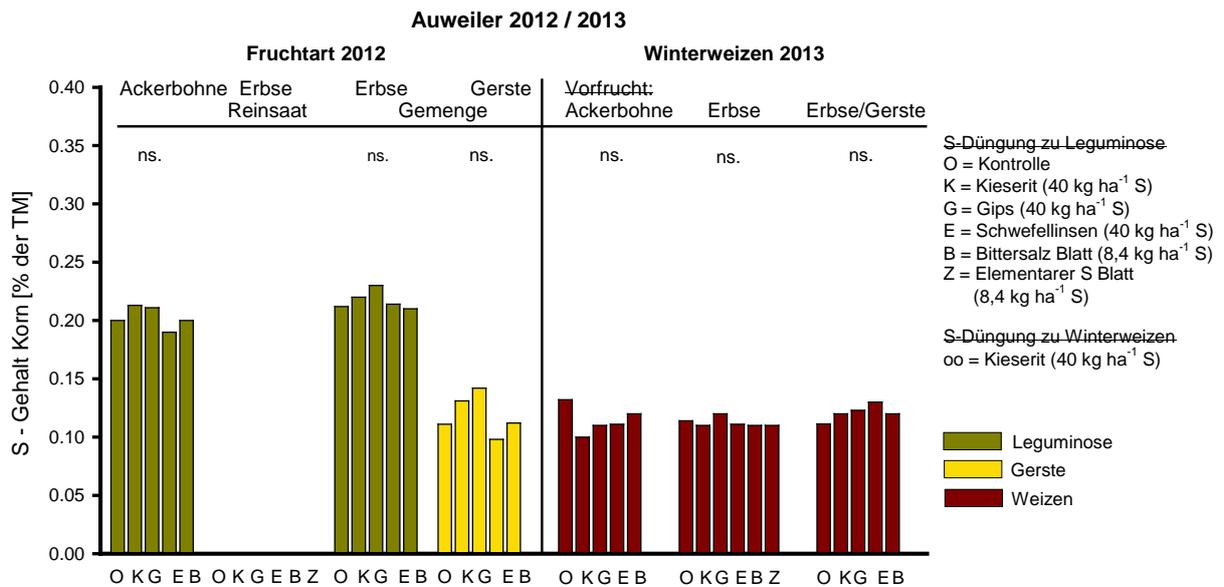


Abb. 60: S-Gehalt im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Auweiler im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013

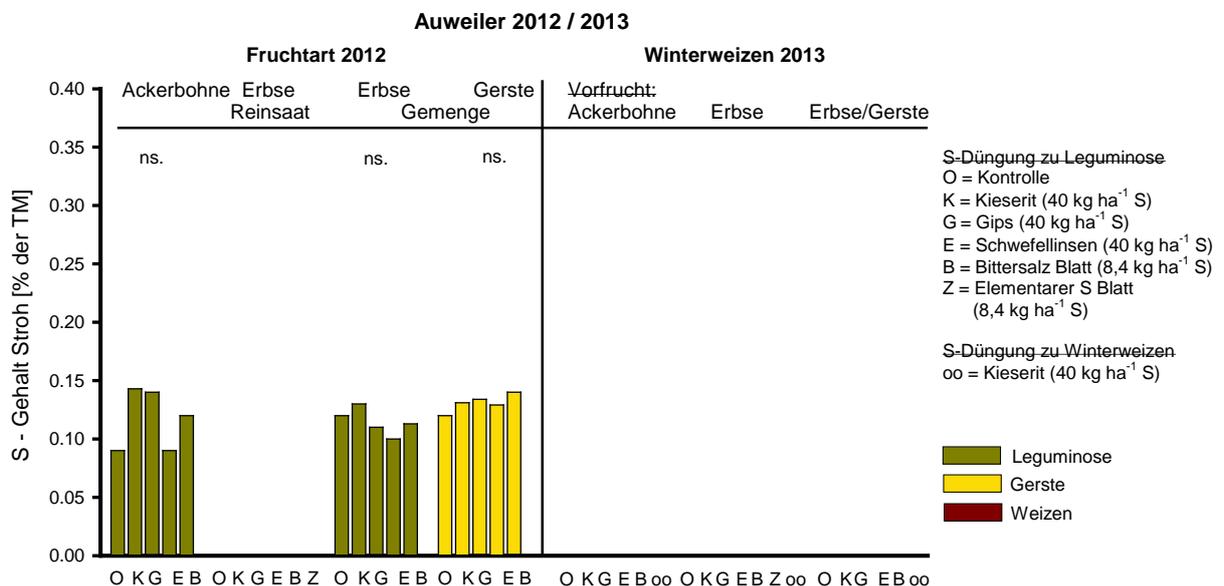


Abb. 61: S-Gehalt im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Auweiler im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013

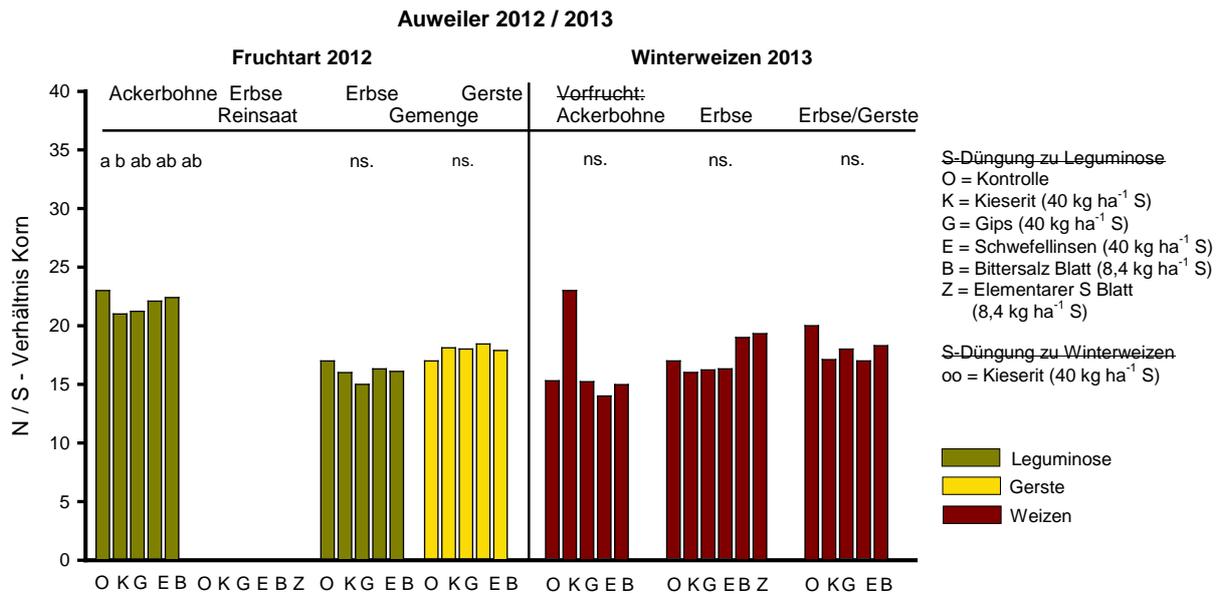


Abb. 62: N/S-Verhältnis im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Auweiler im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013

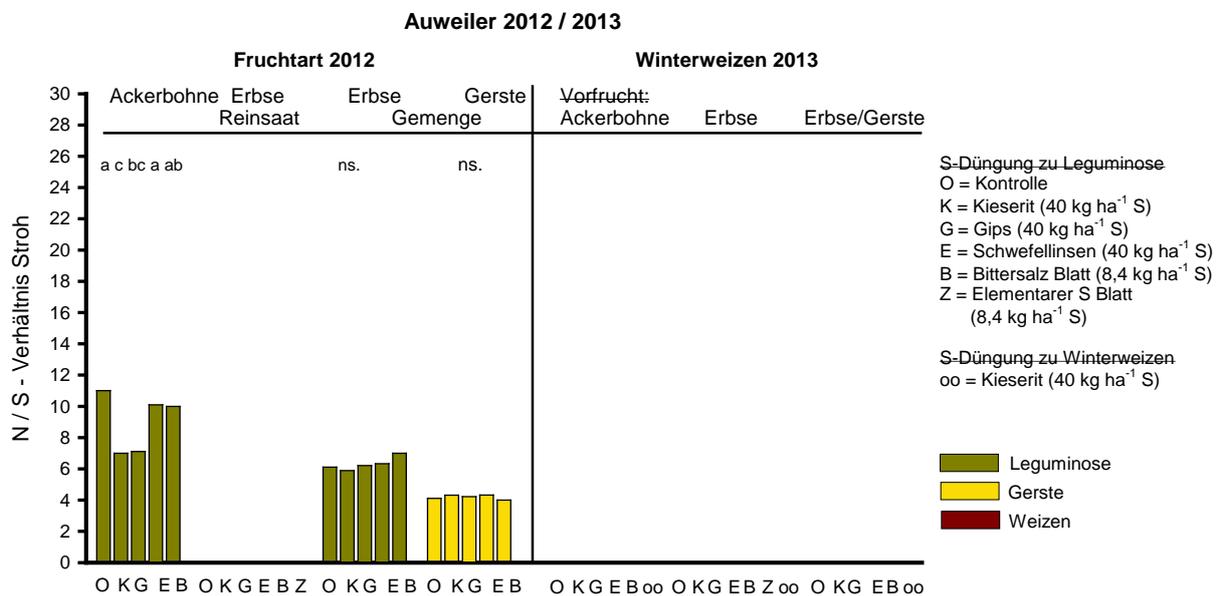


Abb. 63: N/S-Verhältnis im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Auweiler im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013

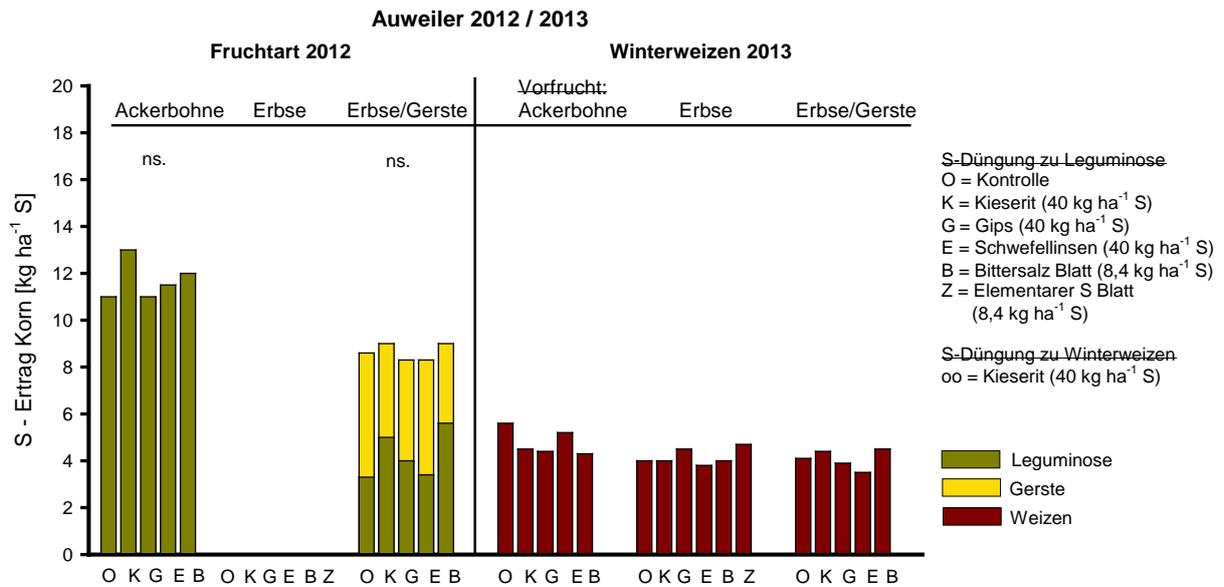


Abb. 64: S-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Auweiler im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013

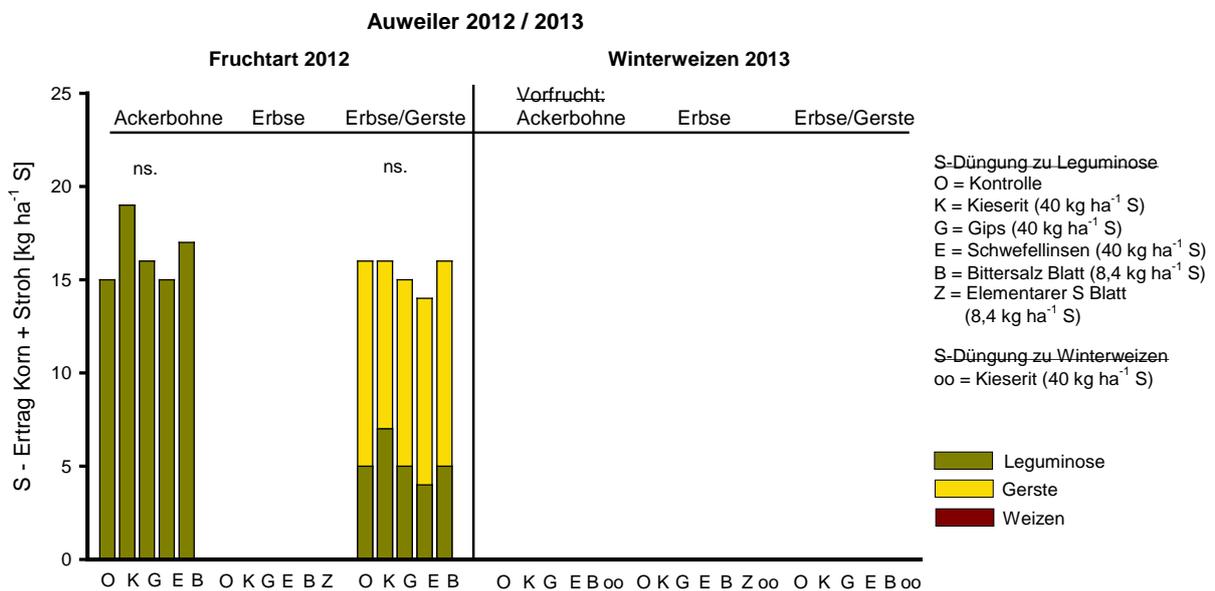


Abb. 65: S-Ertrag im Spross zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Auweiler im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013

3.2 Körnerleguminosen 2013 und Winterweizen 2014

Feldaufgang der Körnerleguminosen und des Weizens sowie Ertragsstrukturmerkmale
Die Schwefeldüngung hatte im Jahr 2013 bei den Körnerleguminosen in der Regel keine Auswirkungen auf den Feldaufgang (Tab. A 28). Lediglich am Standort Dürrröhrsdorf führte die Düngung mit Gips zur Saat zu einer signifikant höheren Pflanzendichte (Tab. A 28). Der Feldaufgang des im Jahr 2013 gesäten Weizens wurde ebenfalls nichtbeeinflusst (Tab. A29). Während an den Standorten Taucha, Drensteinfurt und Puch (Tab. A 14, Tab. A 16 und Tab. A 17) sich hinsichtlich der Ertragsstrukturmerkmale keine signifikanten Effekte einer Schwefeldüngung in den Körnerleguminosenbeständen zeigten, stieg bei der Schmalblättrige Lupine und Erbse in Reinsaat am Standort Dürrröhrsdorf infolge der Applikation von Bittersalz über das Blatt die Anzahl Hülsen je m² an (Tab. A 13) und sank die Tausendkornmasse der Erbse in Reinsaat nach einer Düngung mit Gips am Standort Greifenhagen signifikant ab (Tab. A 15). Beim im Jahr 2013 gesäten Weizen waren keine entsprechende Wirkungen zu verzeichnen (Tab. A 32 im Anhang).

S-Gehalt im jüngsten entfalteten Blatt der Körnerleguminosen zur Blüte

Wie im ersten Versuchsjahr (2012) war auch im Jahr 2013 bei der Schmalblättrigen Lupine keine signifikante Erhöhung des S-Gehaltes im jüngsten entfalteten Blatt durch die Schwefeldüngung festzustellen. Am Standort Taucha war bei der Schmalblättrigen Lupine im Mittel der Prüfglieder ein höherer Gehalt (0,19 % S in der TM, Abb. 77) an Schwefel im jüngsten entfalteten Blatt als an den Standorten Dürrröhrsdorf und Greifenhagen mit im Mittel 0,23 % S in der TM festzustellen (Abb. 66 und Abb. 88). In den Reinsaaten der Erbse waren hingegen nur am Standort Greifenhagen ein nach Düngung von Gips erhöhter S-Gehalt im jüngsten entfalteten Blatt zur Blüte im Vergleich zur Kontrolle und Blattdüngung von Bittersalz als signifikant auszuweisen (Abb. 88), währenddessen an allen anderen Prüfstandorten keine signifikanten Wirkungen festgestellt werden konnten. Zugleich waren die S-Gehalte in den Blättern der Erbse aus Gemengesaat nur geringfügig niedriger als in der Erbse aus Reinsaat, jedoch führte die Düngung von Kieserit (Standort Greifenhagen, Abb. 88) und Gips (Standort Dürrröhrsdorf, Abb. 66) zu einem signifikant erhöhten S-Gehalt in den Blättern. Die S-Gehalte im Fahnenblatt der Gerste lagen an allen Standorten über denen der Erbse

oder Lupine (Abb. 66, 77 und Abb. 88) und wurden an den Standorten Greifenhagen und Taucha durch die Düngung von Kieserit und Gips signifikant gegenüber der Kontrolle erhöht. Wie im Jahr 2012 betrug die S-Gehalte im Fahnenblatt der Gerste aus der Kontrolle zwischen 0,3 und 0,4 % in der TM und konnten durch die Düngung von Kieserit bzw. Gips auf bis zu 0,55 % in der TM erhöht werden.

Korn- und Sprossertrag sowie N-Akkumulation in Korn und Spross der Körnerleguminosen

Der Kornertrag der Schmalblättrigen Lupine lag im Jahr 2013 zwischen im Mittel der Prüfglieder 12 dt TM/ha (Standort Greifenhagen, Abb. 89) und 45 dt TM/ha (Standort Taucha, Abb. 78), wurde aber in keinem Fall durch die S-Düngung signifikant beeinflusst. Die Ackerbohne in Reinsaat erreichte im Jahr 2013 im Mittel der Prüfglieder an den Prüfstandorten einen Kornertrag zwischen 20 dt TM/ha (Standort Puch, Abb. 99) und 36 dt TM/ha (Standort Drensteinfurt, Abb. 109); er wurde aber in keinem Fall signifikant durch die S-Düngung beeinflusst. Jeweils nur in einem Fall (Erbse in Reinsaat am Standort Dürrröhrsdorf, Abb. 67, Variante Kieserit gegenüber elementarer Schwefel) und die Gerste aus Gemengesaat mit Erbse am Standort Greifenhagen (Abb. 89, Variante Gips gegenüber der Kontrolle) waren leicht, aber signifikant höhere Kornerträge durch die Zufuhr von Schwefel in den Beständen mit Erbsen feststellbar, wobei die Kornertragsleistung bei den Erbsen zwischen 18 dt TM/ha (Standort Greifenhagen, Abb. 89) und 25 dt TM/ha (Standort Taucha, Abb. 78) im Mittel der Prüfglieder variierte. Der Sprossertrag der Körnerleguminosenbestände wurde analog zu den Ergebnissen des Kornertrages nahezu nicht, sondern nur in einem Fall der Ertrag der Gerste im Gemenge mit Erbse am Standort Greifenhagen (Abb. 90) durch die Schwefeldüngung signifikant modifiziert (Abb. 64, 79, 90, 100 und Abb. 110).

Die Schwefeldüngung schlug sich im Jahr 2013 in keinem der geprüften Leguminosenbestände an den Standorten in einer Steigerung der in der Korn- (Abbildungen 69, 80, 91, 101 und 111) noch in der gesamten Sprossmasse Abbildungen 70, 81, 92, 102 und 112) akkumulierten N-Menge nieder. Hierbei hatten die Bestände der Schmalblättrigen Lupine im Mittel der Prüfglieder zwischen 66 kg N/ha (Standort Greifenhagen, Abb. 92) und 138 kg N/ha (Standort Taucha, Abb. 81), die Erbse in Reinsaat zwi-

schen 68 kg N/ha (Standort Greifenhagen, Abb. 92) und 125 kg N/ha Standort Dürrröhrsdorf, Abb. 70), die Ackerbohne in Reinsaat zwischen 140 kg N/ha (Standort Puch, Abb. 102) und 225 kg N/ha (Standort Drensteinfurt, Abb. 112) sowie die Erbse/Gerste-Gemenge zwischen 60 kg N/ha (Standort Greifenhagen, Abb. 92) und 160 kg N/ha (Standort Dürrröhrsdorf) in Stroh und Korn akkumuliert. Aus diesen Angaben lässt sich auch schließen, dass auch die symbiotische N₂-Fixierung der Bestände nicht durch die Schwefeldüngung beeinflusst wurde.

S-Gehalt sowie N/S-Verhältnis in Korn und Stroh der Körnerleguminosen zur Druschreife

Zur Druschreife der Bestände in 2013 spiegelte sich in den Reinsaaten der Leguminosen die Schwefeldüngung nur in einem Fall (Erbse am Standort Puch, Abb. 103) in einer gegenüber der Kontrolle höheren S-Gehalt nach Düngung von Kieserit und Gips sowie Blattdüngung von elementarem Schwefel wieder. Die S-Gehalte in der Korntrockenmasse lagen in den Reinsaaten bei der Lupine bei im Mittel der Prüfglieder 0,3 % in der TM (Abb. 71, 82, und 93), bei der Erbse zwischen 0,18 % in der TM (Standort Puch, Abb. 103) und 0,23 in der TM (Standort Taucha, Abb. 82) und bei der Ackerbohne zwischen 0,14 % in der TM (Standort Puch, Abb. 103) und 0,2 % in der TM (Standort Drensteinfurt, Abb. 112). Die Erbse aus Gemengebau mit Gerste wies an drei (Taucha, Greifenhagen und Puch, Abb. 82, 93 und Abb. 103) von vier Standorten im Korn nach Düngung Kieserit oder Gips einen signifikant erhöhten S-Gehalt in TM auf, wobei die mittleren Gehalte zwischen 0,18 % in der TM (Standort Puch, Abb. 103) und 0,24 % in der TM (Standort Taucha, Abb. 82) lagen. An Standorten Dürrröhrsdorf (Abb. 71) und Puch (Abb. 103) wurde auch bei der Gerste aus Gemengebau der S-Gehalt im Korn durch die S-Düngung erhöht.

Über alle Prüfstandorte nahezu einheitlich spiegelte sich im Jahr 2013 vor allem die S-Düngung über Kieserit und Gips in einem gegenüber der Kontrolle erhöhten S-Gehalt in der Strohtrockenmasse wider (Abbildungen 72, 83, 94, 104 und 113). Eine Ausnahme bildete hier nur die Schmalblättrige Lupine am Standort Dürrröhrsdorf, in der das Stroh durch die entsprechende Düngung einen signifikant geringeren S-Gehalt aufwies (Abb. 72). Insgesamt waren am Standort Puch sowohl im Korn als auch im

Stroh im Vergleich zu allen anderen Prüfstandorten des Jahres 2013 die geringsten S-Gehalte in der Trockenmasse der Körnerleguminosen und der Gerste ermittelt worden.

Das N/S-Verhältnis im Korn der geprüften Körnerleguminosen und der Gerste aus Gemengebau mit der Erbse lag mit Ausnahme der Ackerbohne am Standort Puch (Abb. 105) zwischen 12 und 21 (Abbildungen 73, 84, 95, 105 und 115). In insgesamt sieben von 14 Fällen waren auch signifikante Unterschiede im N/S-Verhältnis in der Kornmasse der Bestände zu verzeichnen, die sich vor allem auf die Düngung von Kieserit und/oder Gips zurückführen ließen und sich in einem engeren Verhältnis im Vergleich zur Kontrolle zeigten. Mit Ausnahme der Erbse aus Reinsaat am Standort Puch (Abb. 106, N/S-Verhältnis zwischen 20 und 48) lagen im Stroh mit N/S-Verhältnissen zwischen 2 (Lupine am Standort Greifenhagen, Abb. 96) und 18 (Erbse aus Gemengesaat am Standort Dürrröhrsdorf, Abb. 74) im Stroh engere N/S-Verhältnisse vor als in der Kornmasse der Bestände. Ausgeprägter als in der Kornmasse waren in 11 von 17 untersuchten Fällen eine signifikante Verengung des N/S-Verhältnisses in Stroh im Vergleich zur Kontrolle festzustellen (Abbildungen 74, 85, 96, 106 und 116). Wie im Jahr 2012 wies das Stroh der Schmalblättrigen Lupine mit Werten zwischen 2 und 6 im Vergleich zu den anderen geprüften Körnerleguminosen das geringste N/S-Verhältnis auf.

S-Aufnahme in Korn und Stroh der Körnerleguminosen zur Druschreife

Im Jahr 2013 akkumulierten die Körnerleguminosenbestände nur zwischen 2,5 (Standort Puch, Erbse/Gerste Gemenge, Abb. 107) und 8 kg S/ha in der Kornmasse (Standort Dressteinfurt, Ackerbohne, Abb. 117). Nur im Gemenge Erbse/Gerste waren hierbei signifikante höhere S-Mengen im Korn nach der Düngung von Gips im Vergleich zur Kontrolle ohne S-Düngung an den Standorten Greifenhagen (Abb. 97) und Puch (Abb. 107) in der Erbse zu verzeichnen, d.h. in zwei von 17 untersuchten Fällen. Die insgesamt in Stroh und Korn von den Beständen akkumulierten S-Mengen variierten in 2013 zwischen 3,5 kg/ha (Standort Puch, Ackerbohne, Abb. 108) und 15kg/ha (Standort Dürrröhrsdorf, Gemenge aus Erbse und Gerste, Abb. 76). In nur 4 von insgesamt 17 Fällen wurde durch die S-Düngung mit Gips oder Kieserit, in einem Fall

auch durch eine Blattapplikation mit elementarem Schwefel die S-Aufnahme der Erbse in Reinsaat und Gemenge an den Standorten Puch und Greifenhagen signifikant erhöht (Abb. 98 und 108), wobei die Aufnahmeeffizienz des gedüngten Schwefels gering ausfiel. Auffällig war, dass in allen geprüften Beständen der Schmalblättrigen Lupine in der Strohmasse relativ hohe Mengen an Schwefel akkumuliert wurden (Abb. 76, 87 und Abb. 98).

Folgefrucht Winterweizen im Jahr 2014

Aufgrund des Totalausfalls der Körnerleguminosenbestände am Standort Bissendorf, des Ausfalls der Bestände mit Erbsen am Standort Drensteinfurt und der schlechten Entwicklung der Bestände am Standort Greifenhagen, wurde an diesen drei Standorten im Herbst 2013 keine Folgefrucht Winterweizen ausgesät, so dass im Jahr 2014 nur an drei Standorten Winterweizen geprüft wurde (Dürröhrsdorf, Taucha und Puch). Hinsichtlich des zur Vorfrucht Körnerleguminose gedüngten Schwefels und der direkt zum Winterweizen applizierten S-Düngung mit Kieserit (40 kg S/ha) waren an allen drei verbliebenen Prüfstandorten im Jahr 2014 hinsichtlich des Korn- und Sprossertrages sowie der N-Akkumulation in Korn und Spross in keinem Fall signifikante Wirkungen zu verzeichnen (Abbildungen 67 bis 70, 78 bis 81 und 99 bis 102). Die Kornerträge des Weizens lagen im Mittel der Prüfglieder an den Standorten zwischen etwa 35 dt TM/ha am Standort Dürröhrsdorf (Abb. 67), 15 dt TM/ha am Standort Taucha (Abb. 78) und 20 dt TM/ha am Standort Puch (Abb. 99). Trotz einer S-Düngung zum Winterweizen in Höhe von 40 kg/ha über Kieserit waren nur am Standort Taucha (Abb. 82) nach Erbse/Gerste durch die Düngung von elementarem Schwefel zur Vorfrucht ein gegenüber der Variante der S-Düngung mit Kieserit signifikant erhöhter S-Gehalt im Korngut des Weizens aufgetreten. Im Weizenstroh spiegelte sich die nach Vorfrucht Lupine am Standort Dürröhrsdorf und nach Erbse in Reinsaat am Standort Puch die Düngung von Kieserit zum Weizen in einem signifikant erhöhten S-Gehalt wider (Abb. 72 und Abb. 104), so dass die S-Aufnahme des Weizens am Standort Dürröhrsdorf signifikant gegenüber der Kontrolle um 4 kg S/ha gesteigert werden konnte (Abb. 76).

Die S-Gehalte im Korn und Stroh des Weizens schwankten zwischen den Standorten und Varianten der S-Düngung teilweise erheblich, zwischen 0,07 % S in der TM (Standort Puch, Abb. 103) und 0,15 % S in der TM des Kornes (Standort Dürrröhrsdorf, Abb. 71) sowie 0,06 % S in der TM (Standort Taucha, Abb. 83) und 0,10 % S in der TM des Strohs (Standort Puch, Abb. 104). Das N/S-Verhältnis im Korn des Winterweizens fiel mit Werten im Mittel der Prüfglieder zwischen 12 (Standort Dürrröhrsdorf, Abb. 73) und 13 (Standort Taucha (Abb. 62) und 15 bis 45 am Standort Puch (Abb. 105) deutlich weiter aus als im Stroh mit Werten zwischen 4 (Standort Puch, Abb. 106) und 8 (Standort Taucha, Abb. 85). In Korn und Stroh des Winterweizens waren insgesamt zwischen 2 und 4 kg S/ha (Standort Puch, Abb. 108), 2 und 8 kg S/ha (Standort Taucha, Abb. 27) und 10 kg und 15 kg S/ha (Standort Puch, Abb. 108) enthalten.

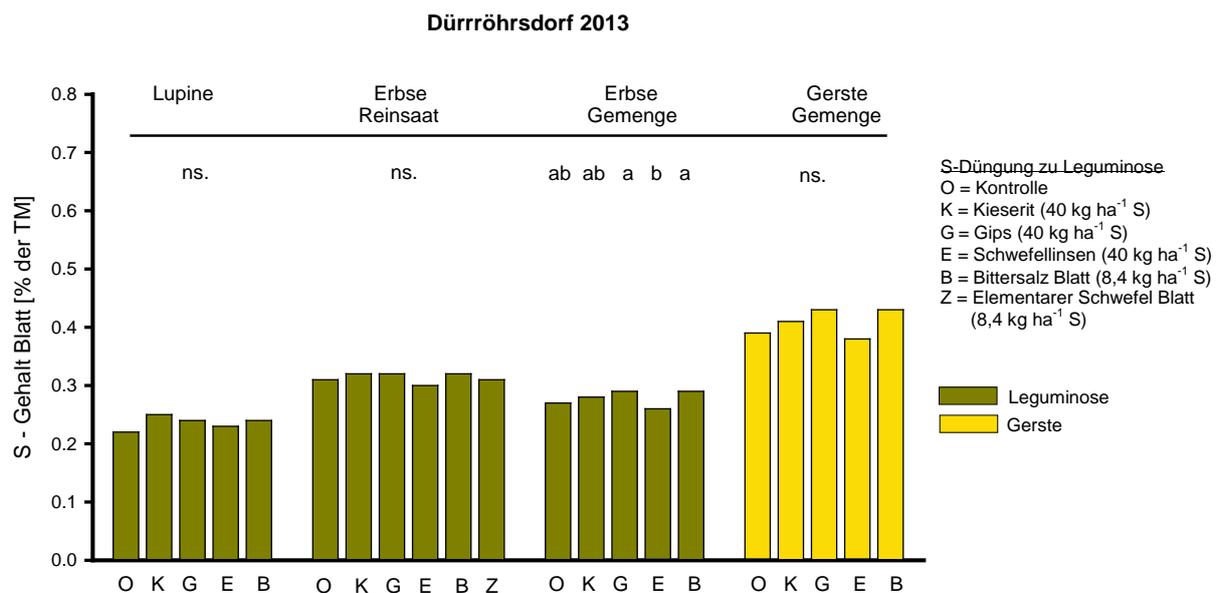


Abb. 66: S-Gehalt im jüngsten entfalteten Blatt zur Blüte der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Dürrröhrsdorf im Jahr 2013

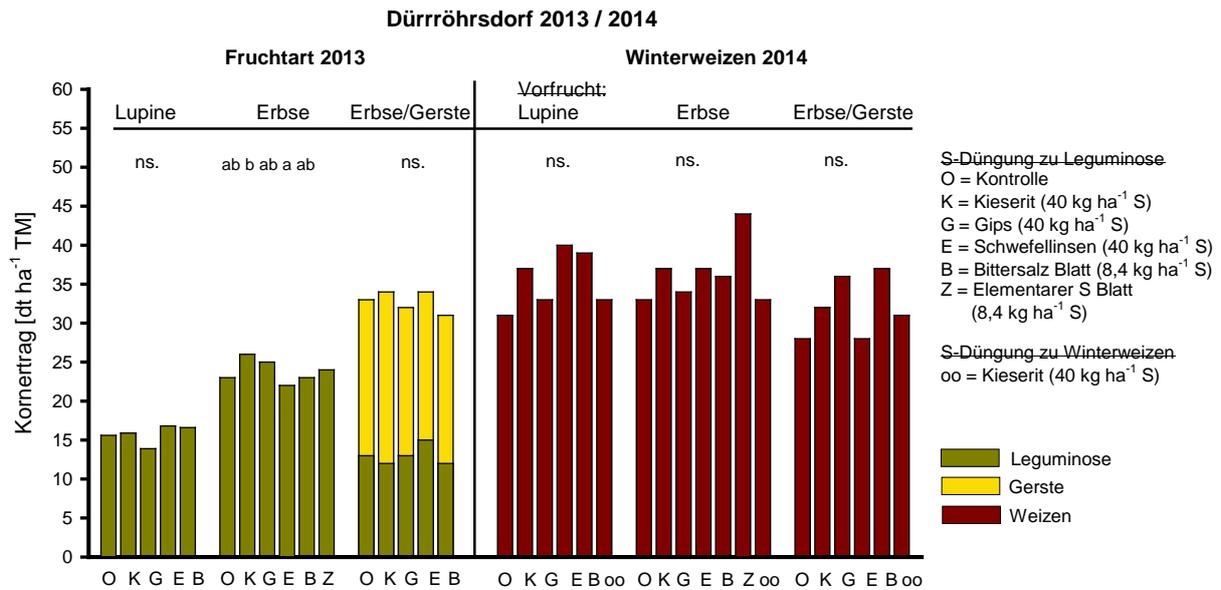


Abb. 67: Kornertrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Dürröhrsdorf im Jahr 2013 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2014

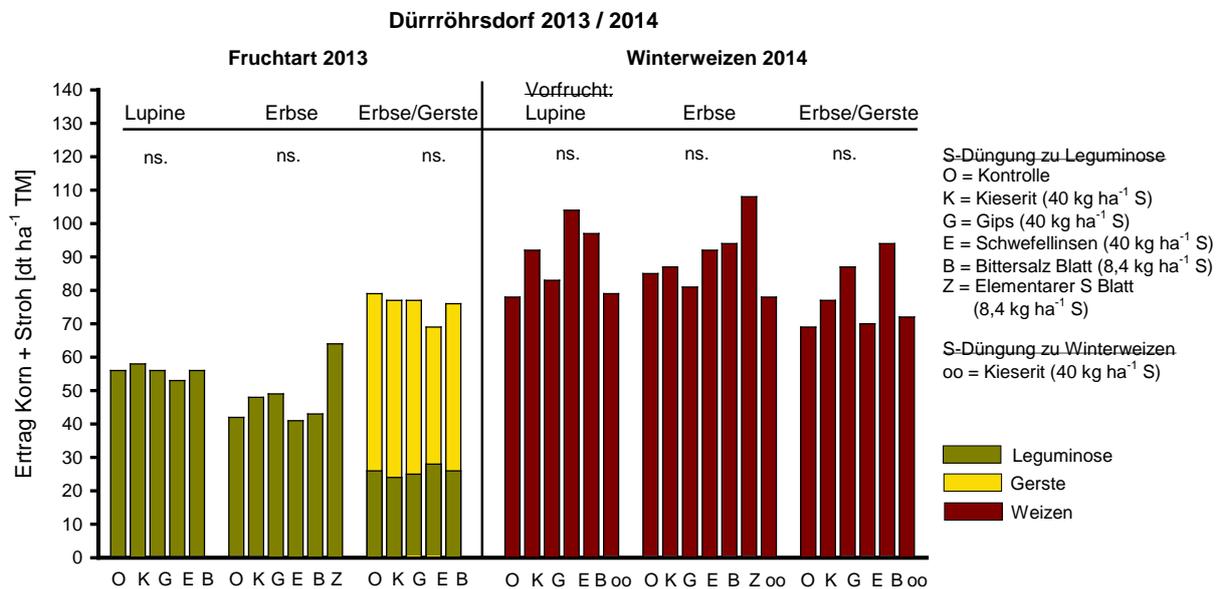


Abb. 68: Sprossertrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Dürröhrsdorf im Jahr 2013 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2014

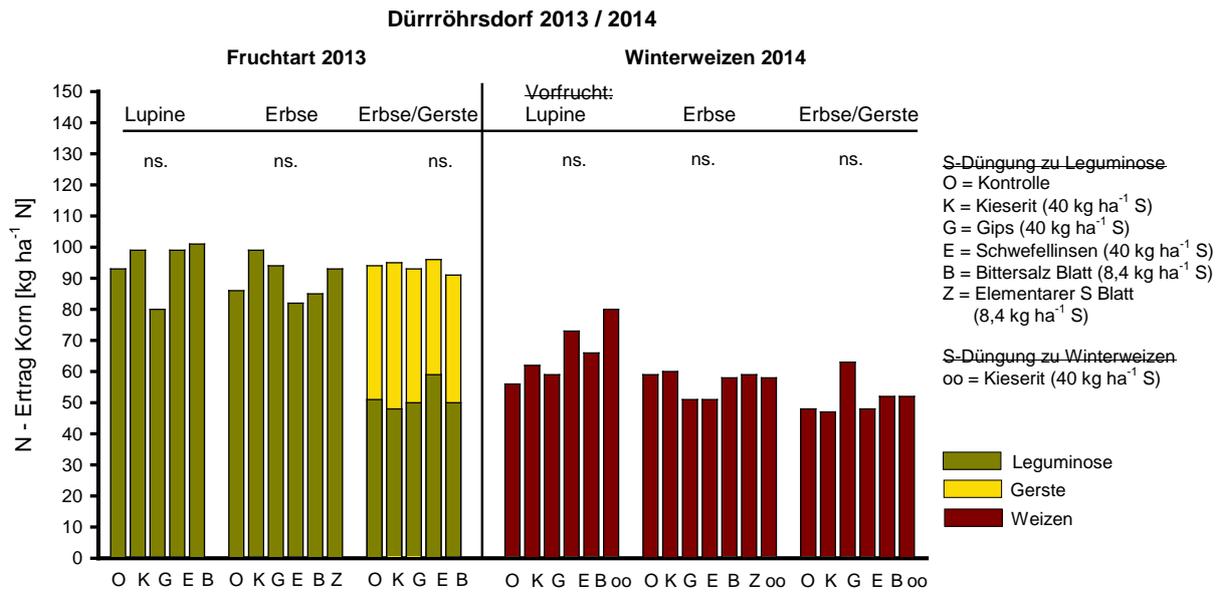


Abb. 69: N-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Dürröhrsdorf im Jahr 2013 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2014

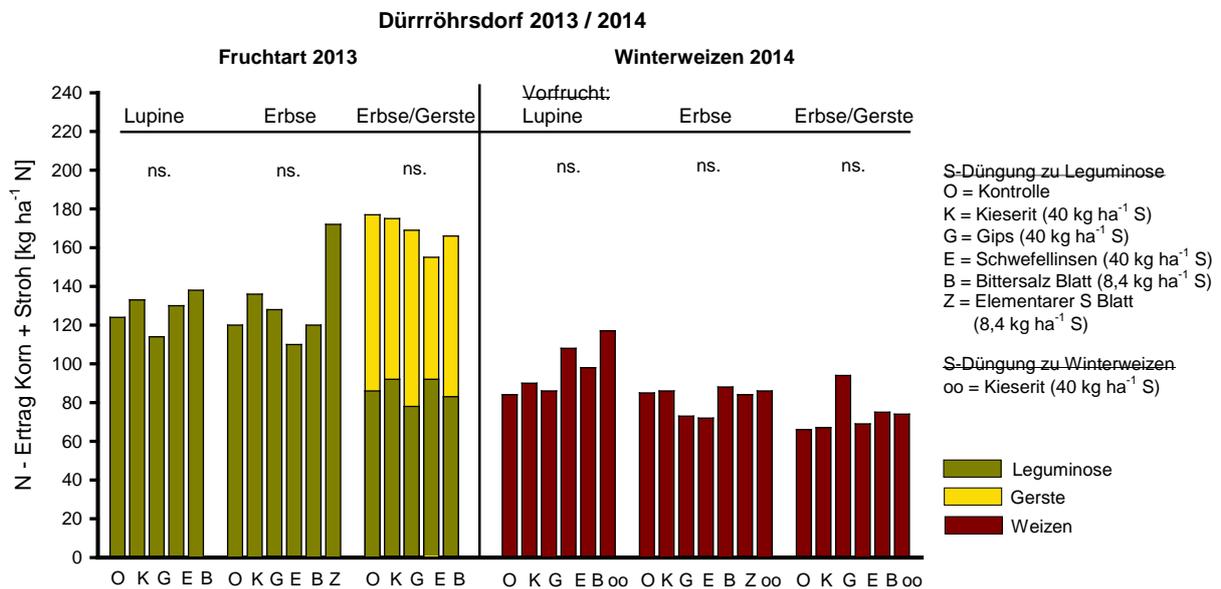


Abb. 70: N-Ertrag im Spross zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Dürröhrsdorf im Jahr 2013 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2014

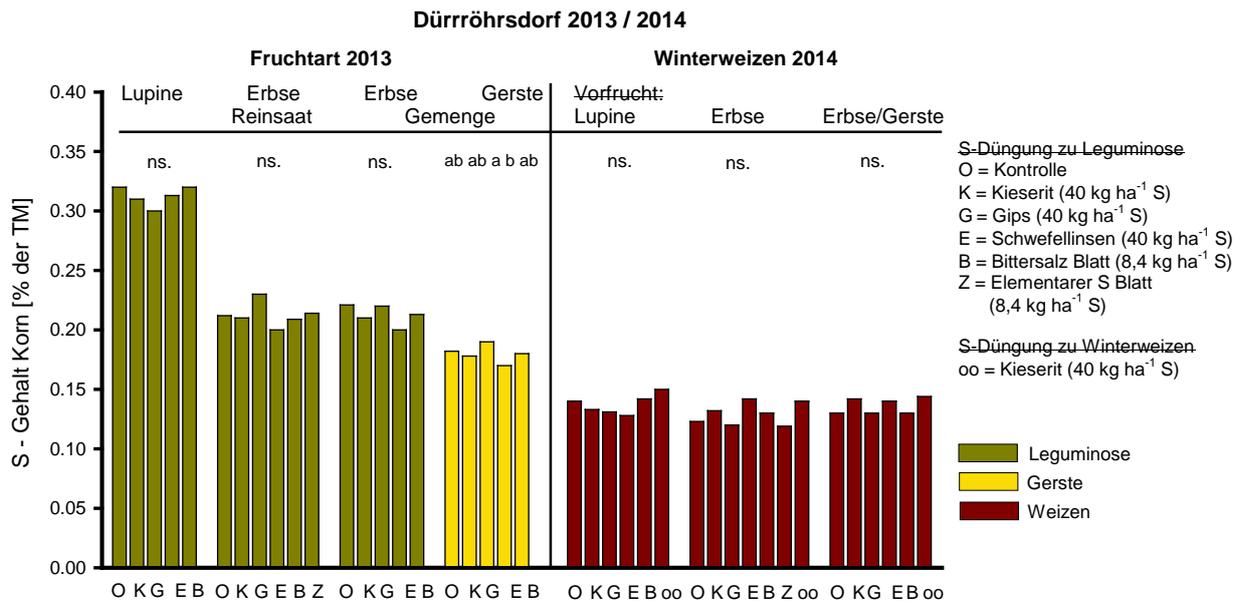


Abb. 71: S-Gehalt im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Dürrröhrsdorf im Jahr 2013 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2014

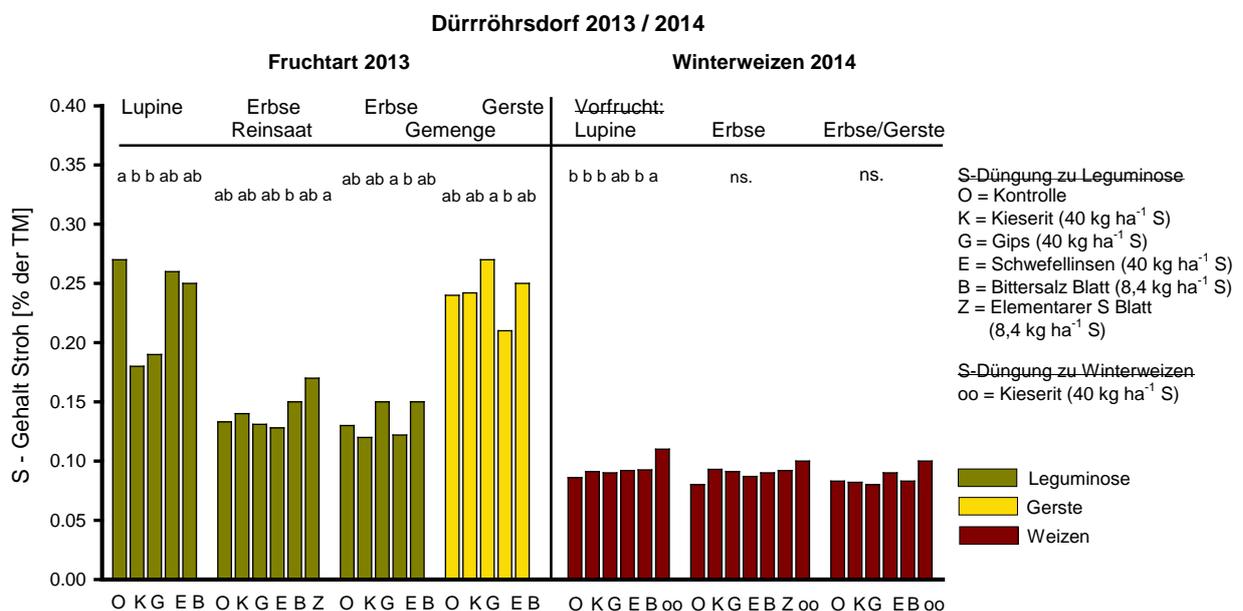


Abb. 72: S-Gehalt im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Dürrröhrsdorf im Jahr 2013 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2014

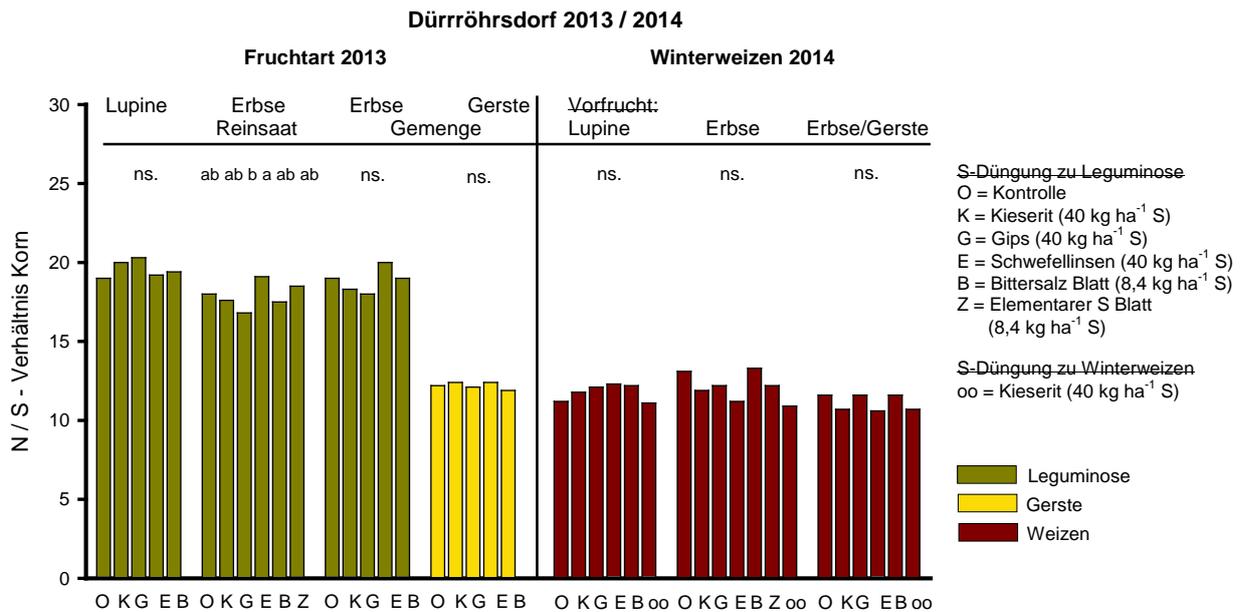


Abb. 73: N/S-Verhältnis im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Dürröhrsdorf im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013

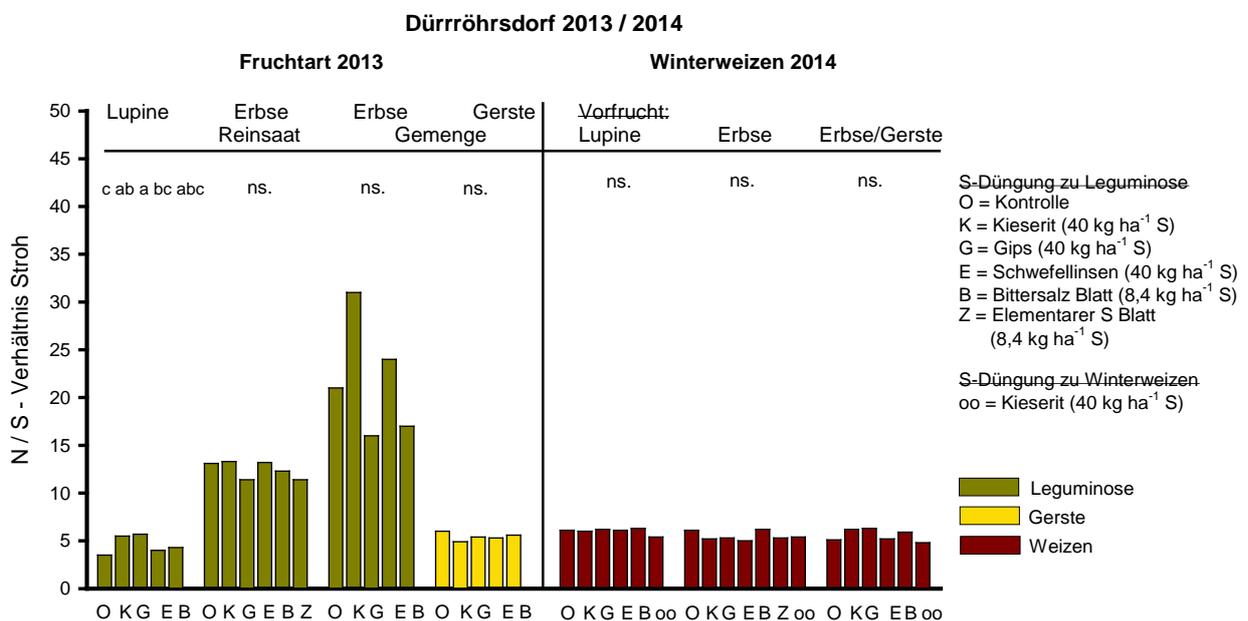


Abb. 74: N/S-Verhältnis im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Dürröhrsdorf im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013

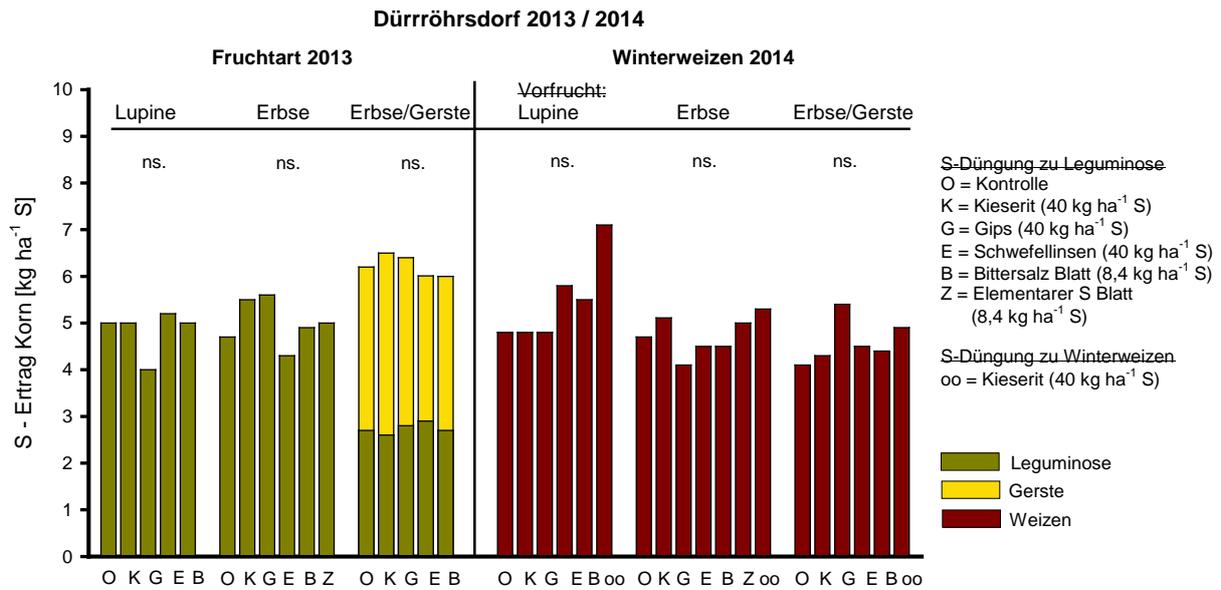


Abb. 75: S-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Dürrröhrsdorf im Jahr 2013 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2014

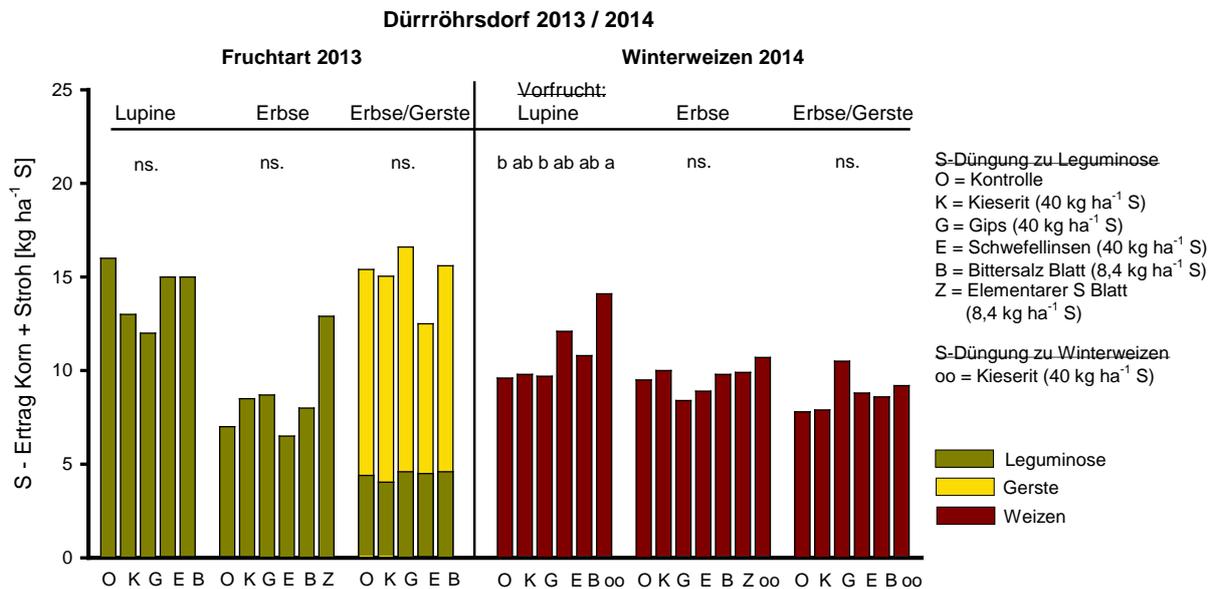


Abb. 76: S-Ertrag im Spross zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Dürrröhrsdorf im Jahr 2013 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2014

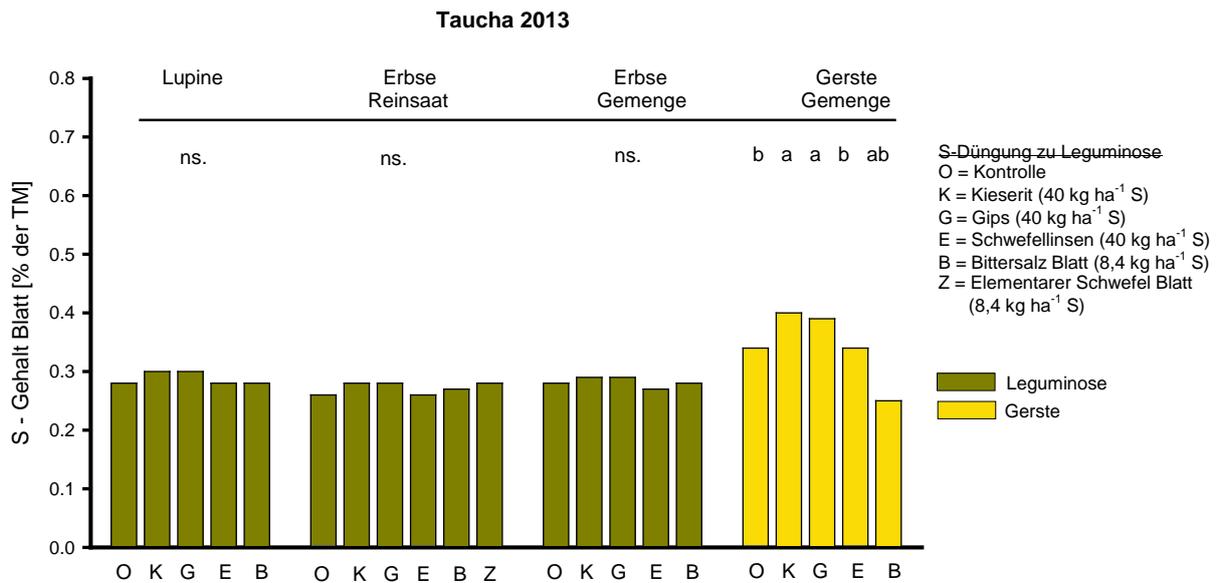


Abb. 77: S-Gehalt im jüngsten entfaltenen Blatt zur Blüte der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Taucha im Jahr 2013

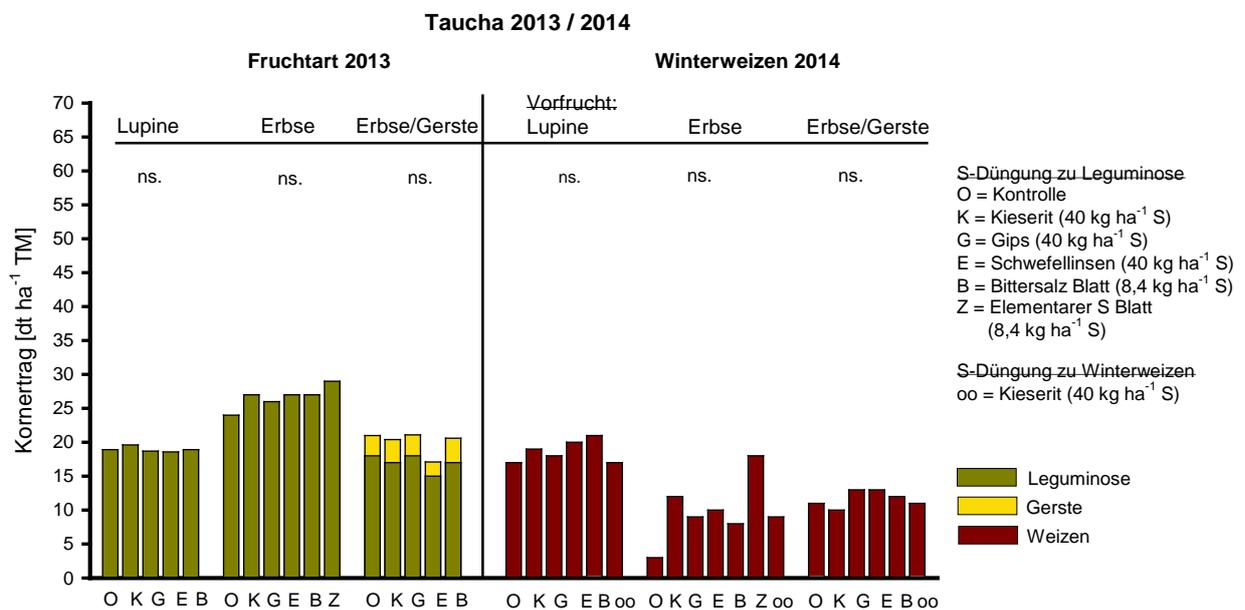


Abb. 78: Kornertrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Taucha im Jahr 2013 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2014

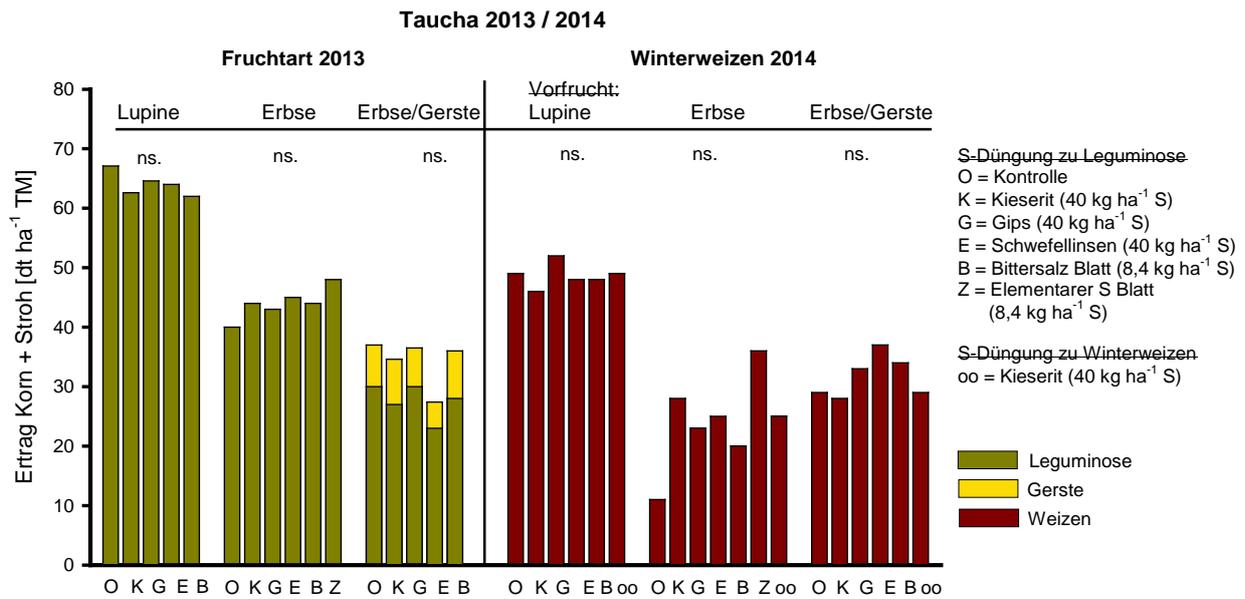


Abb. 79: Sprossertrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Taucha im Jahr 2013 sowie des nachgebaute Winterweizens im Jahr 2014

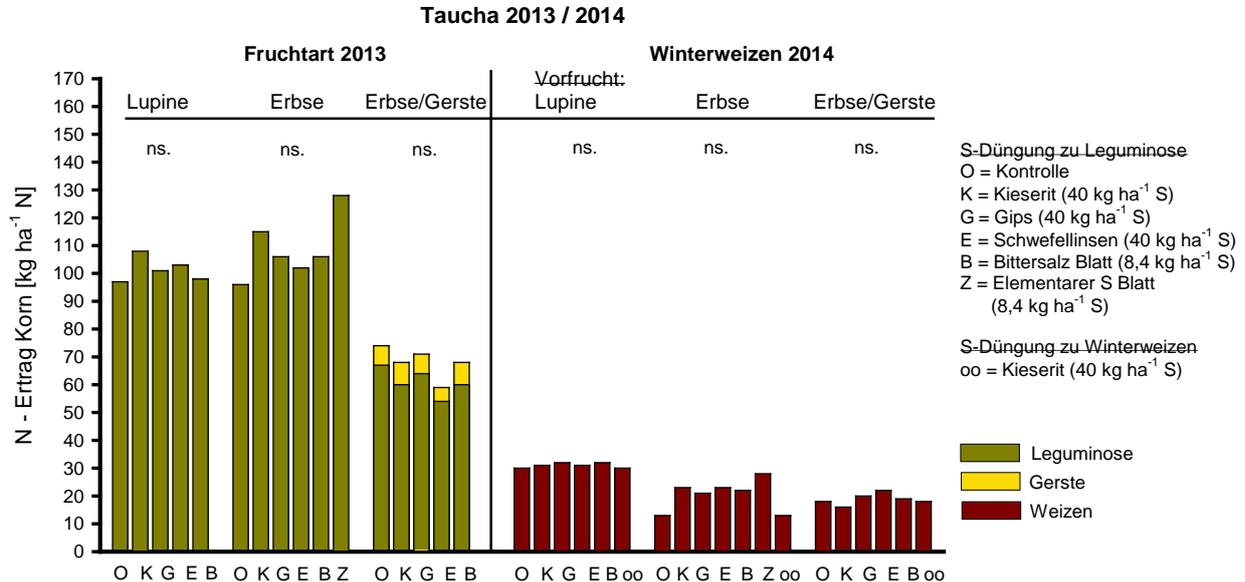


Abb. 80: N-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Taucha im Jahr 2013 sowie des nachgebaute Winterweizens im Jahr 2014

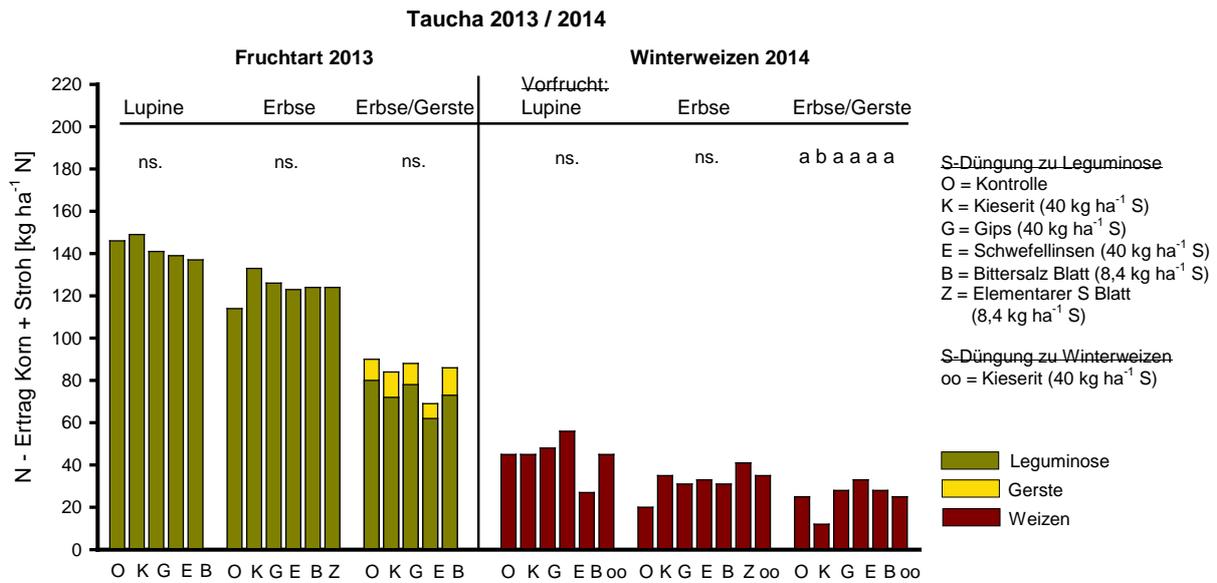


Abb. 81: N-Ertrag im Spross zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Taucha im Jahr 2013 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2014

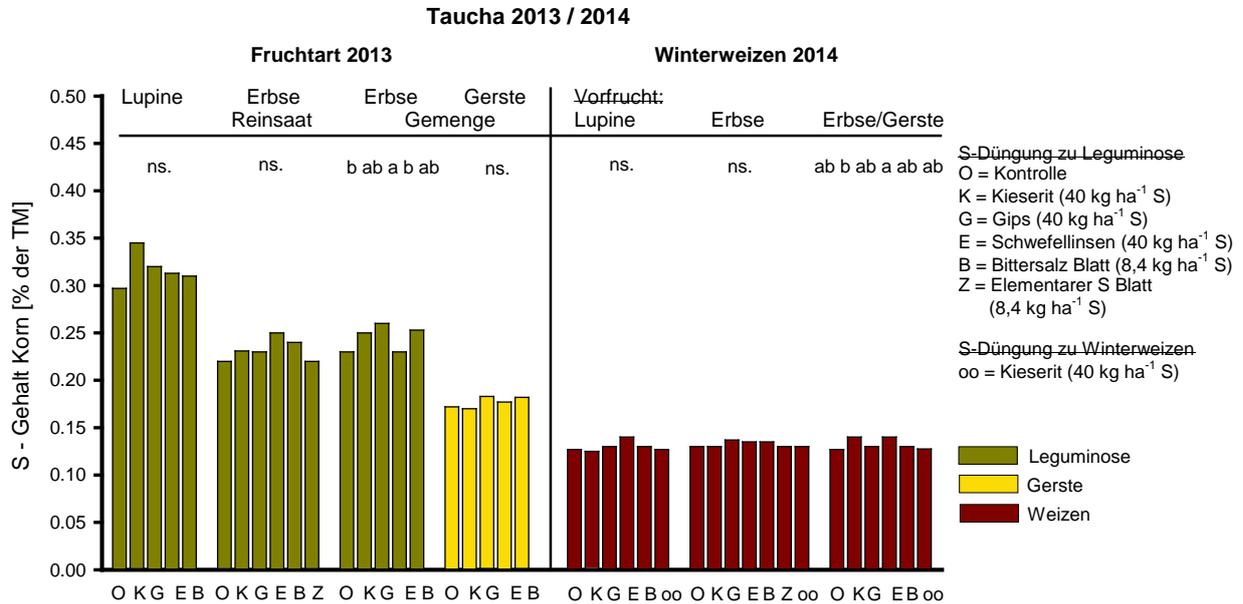


Abb. 82: S-Gehalt im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Taucha im Jahr 2013 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2014

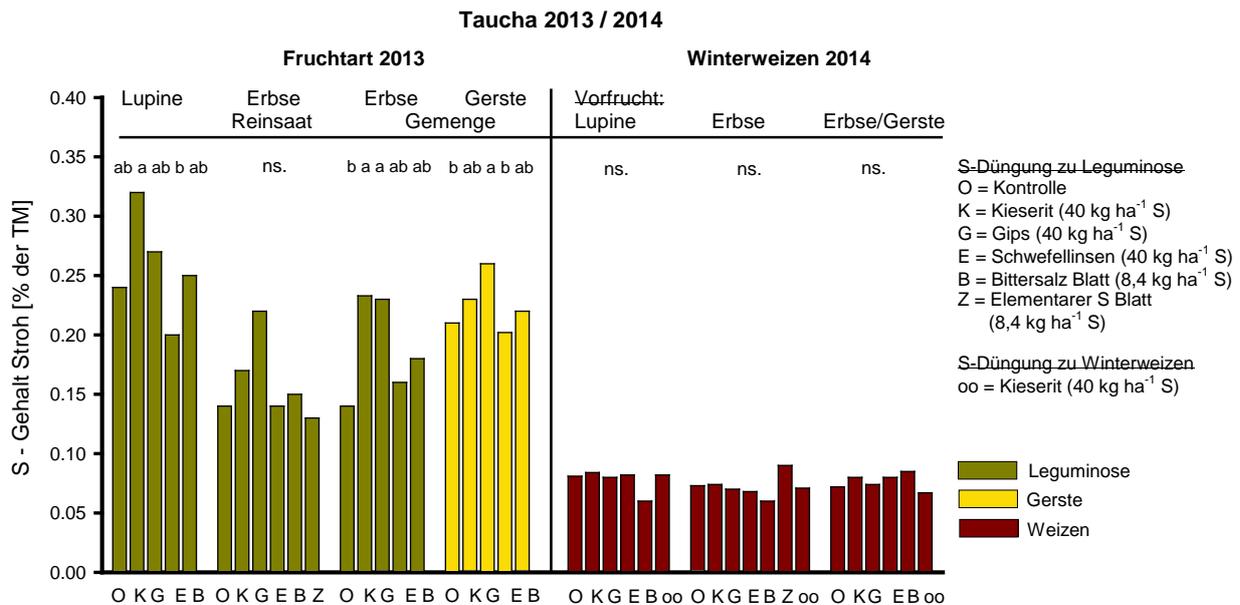


Abb. 83: S-Gehalt im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Taucha im Jahr 2013 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2014

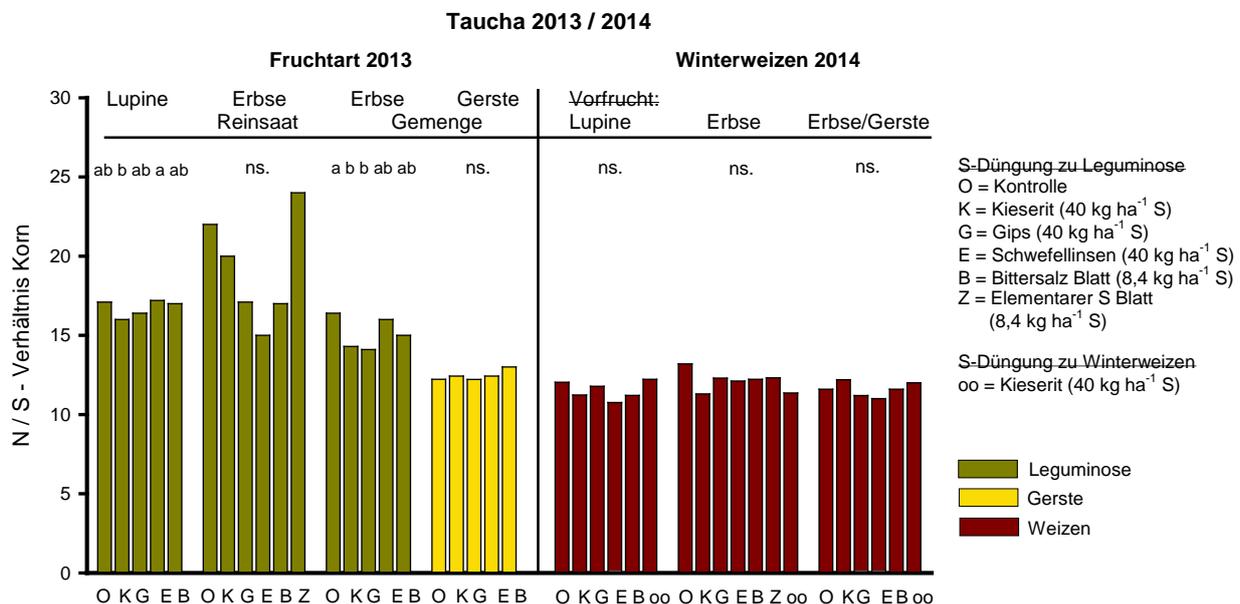


Abb. 84: N/S-Verhältnis im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Taucha im Jahr 2012 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2013

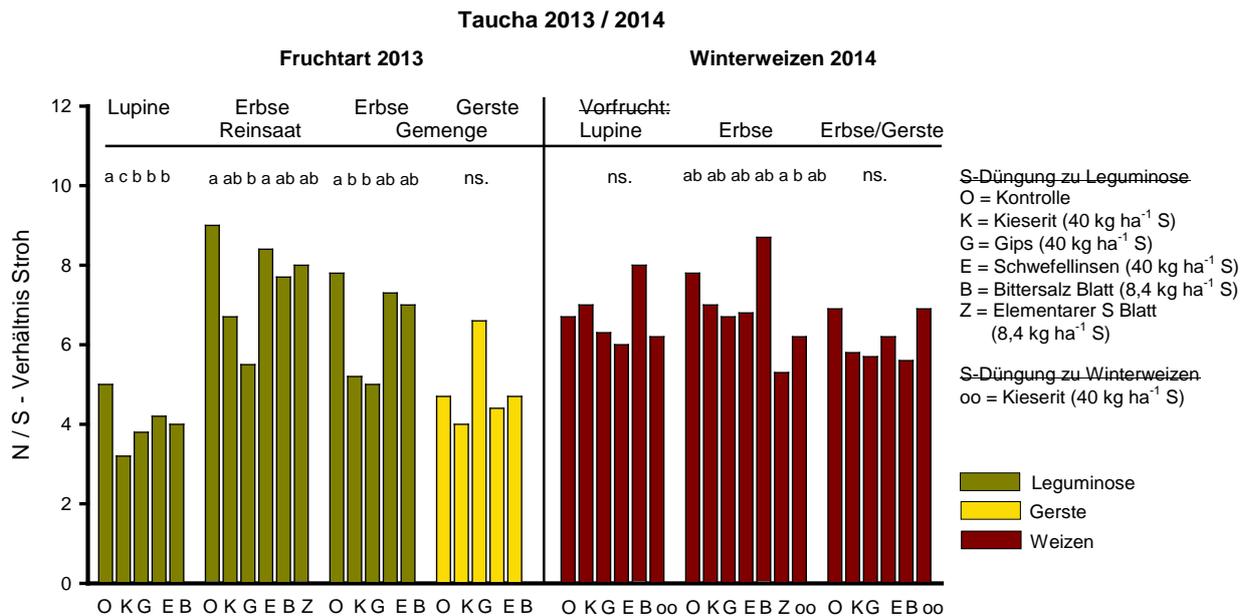


Abb. 85: N/S-Verhältnis im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Taucha im Jahr 2012 sowie des nachgebaute Winterweizens im Jahr 2013

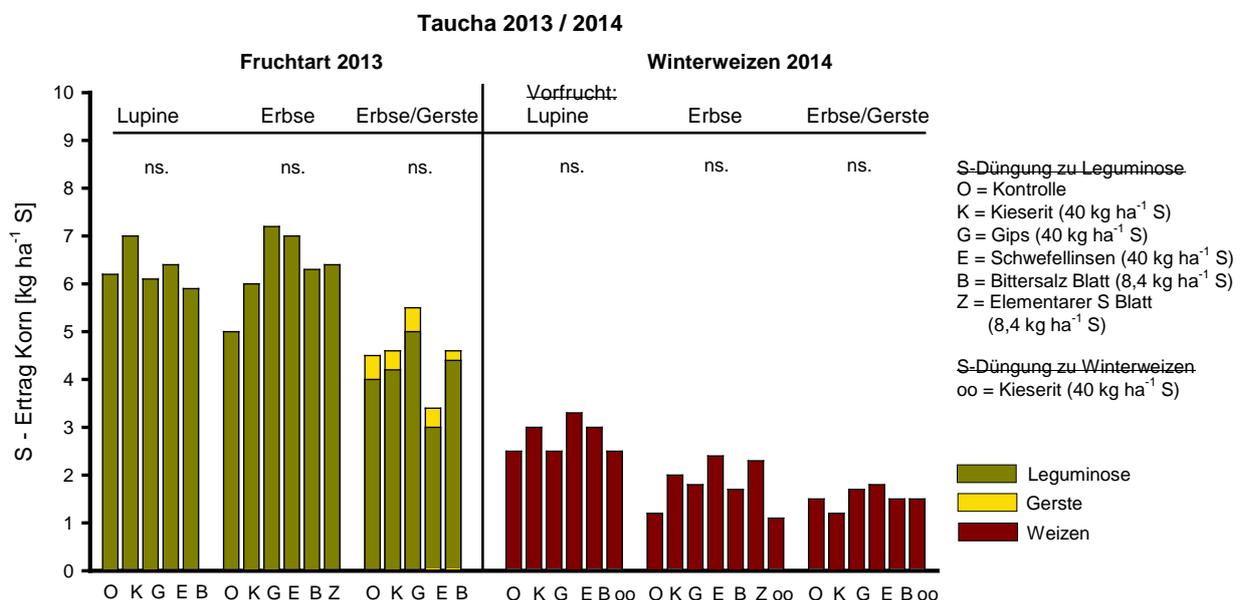


Abb. 86: S-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Taucha im Jahr 2013 sowie des nachgebaute Winterweizens im Jahr 2014

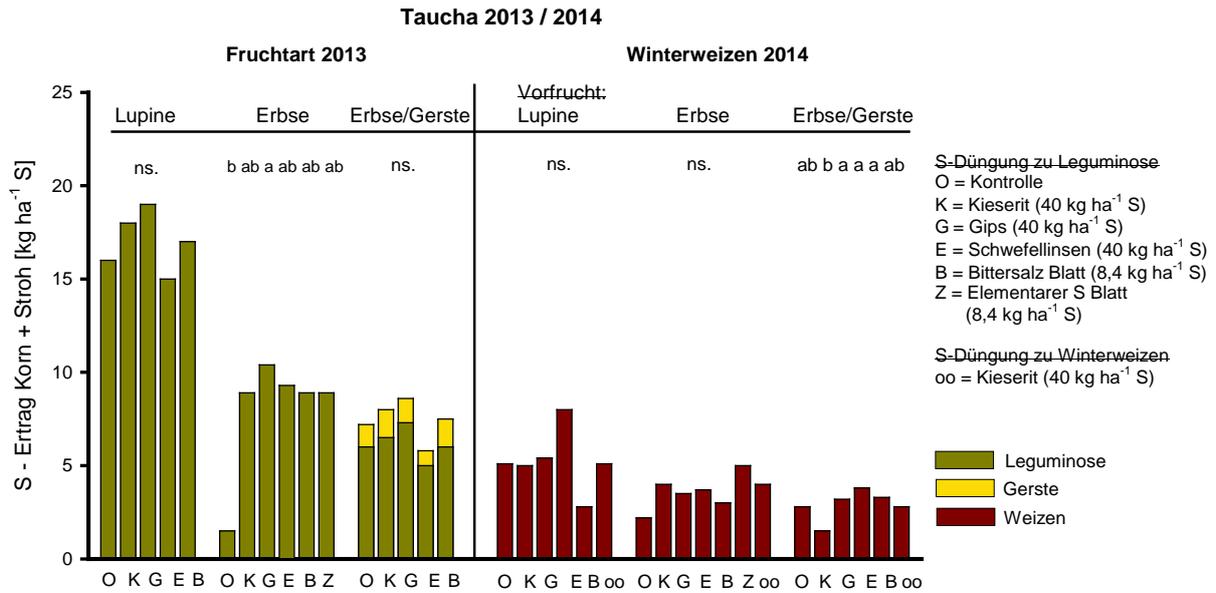


Abb. 87: S-Ertrag im Spross zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Taucha im Jahr 2013 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2014

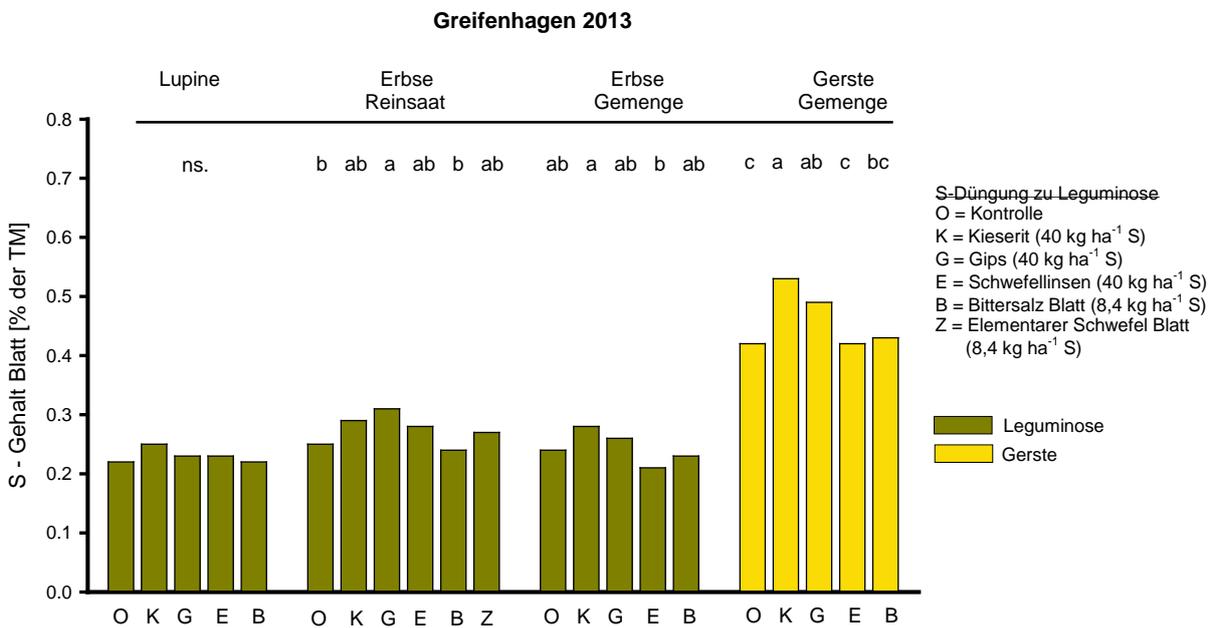


Abb. 88: S-Gehalt im jüngsten entfaltenen Blatt zur Blüte der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Greifenhagen im Jahr 2013

Greifenhagen 2013

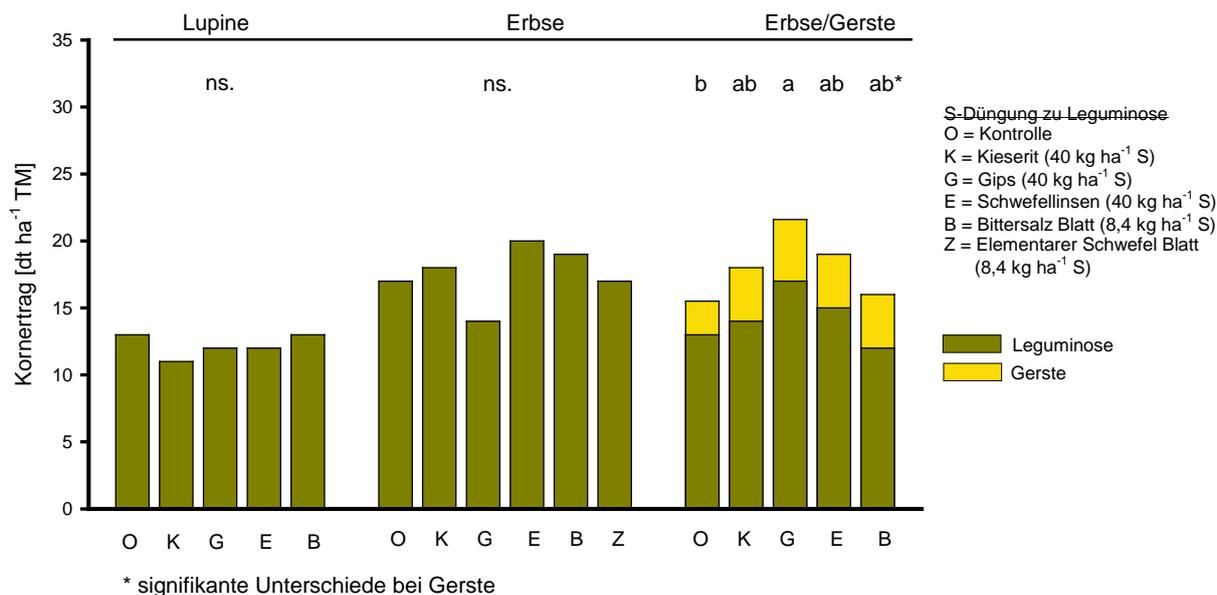


Abb. 89: Kornertrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Greifenhagen im Jahr 2013

Greifenhagen 2013

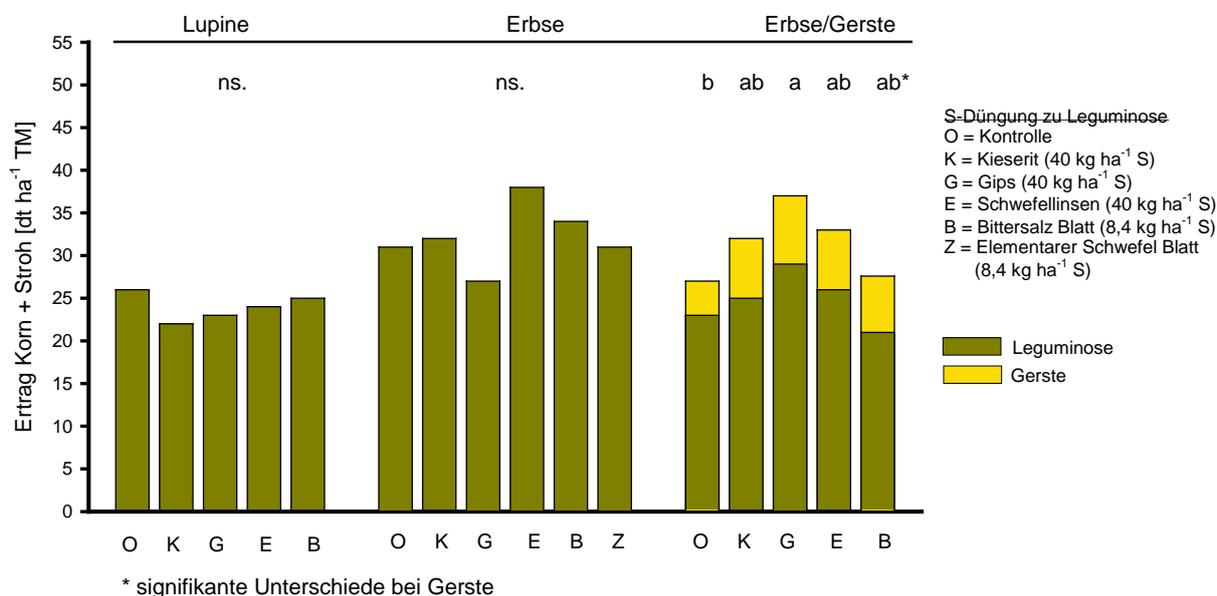


Abb. 90: Sprossertrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Greifenhagen im Jahr 2013

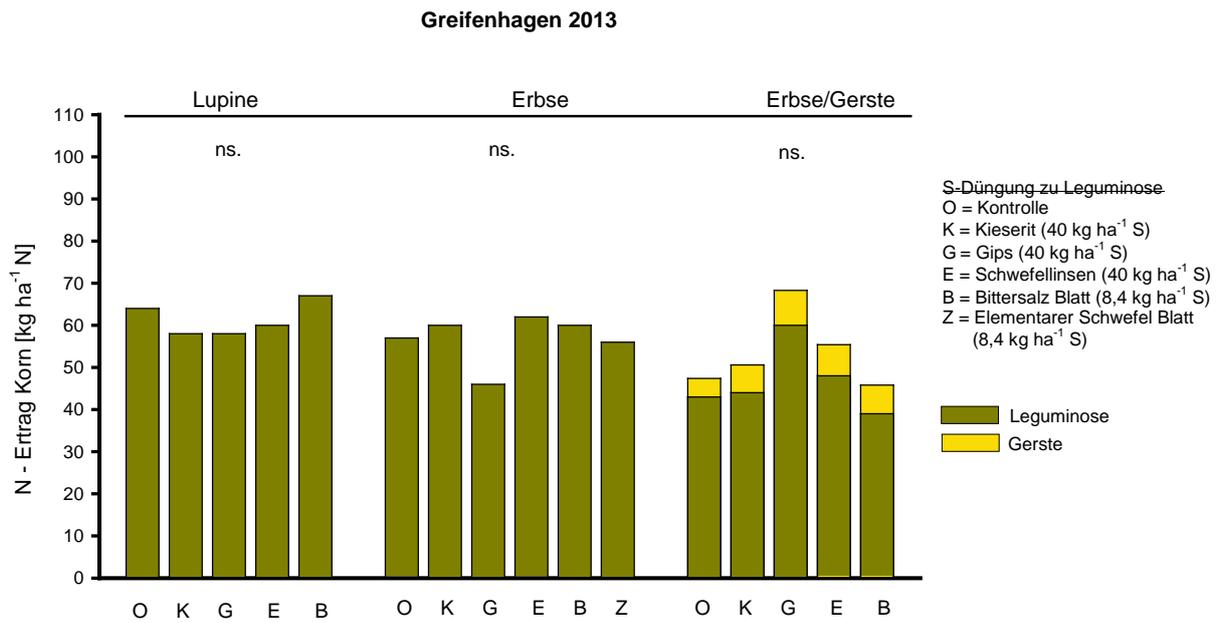


Abb. 91: N-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Greifenhagen im Jahr 2013

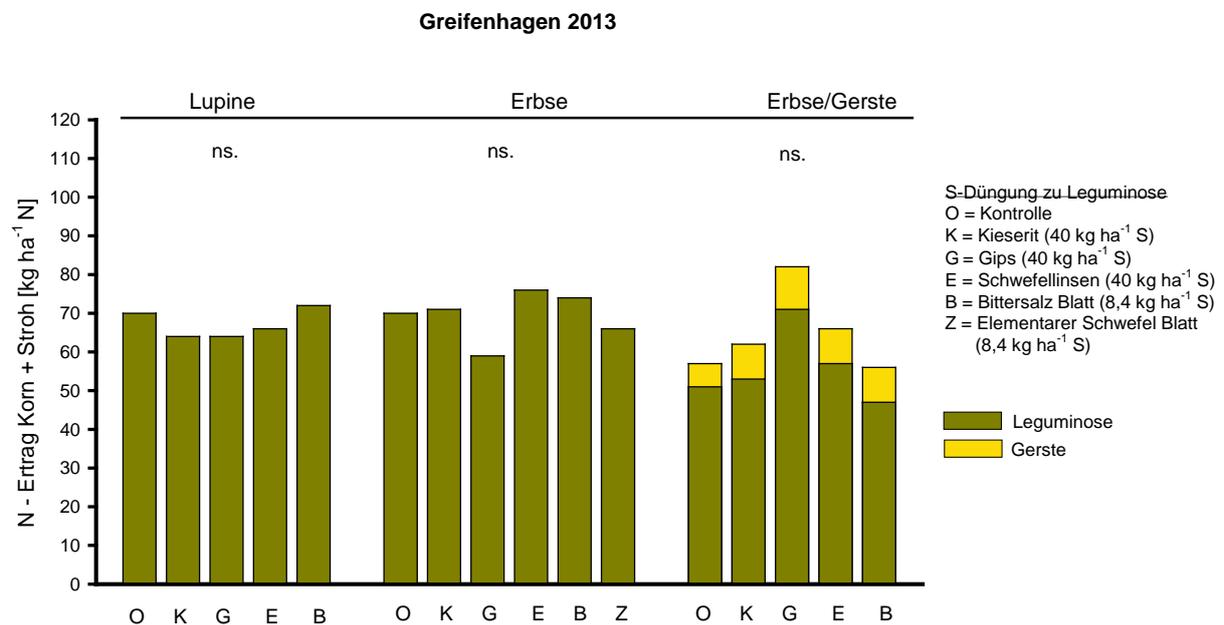


Abb. 92: N-Ertrag im Spross zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Greifenhagen im Jahr 2013

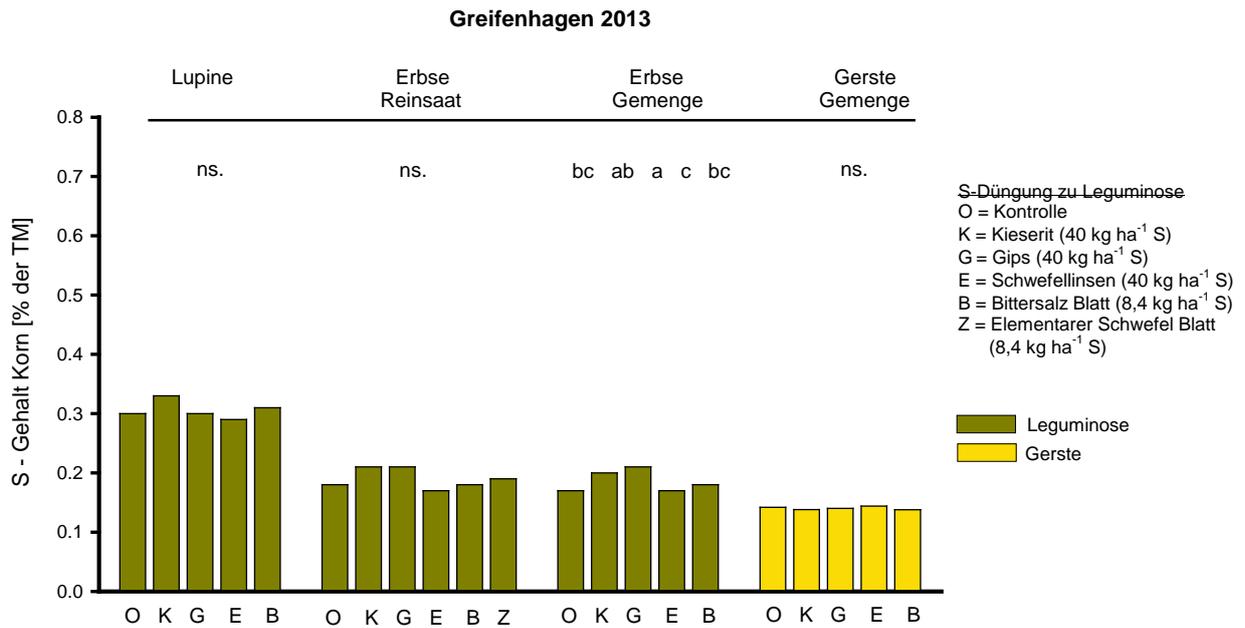


Abb. 93: S-Gehalt im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Greifenhagen im Jahr 2013

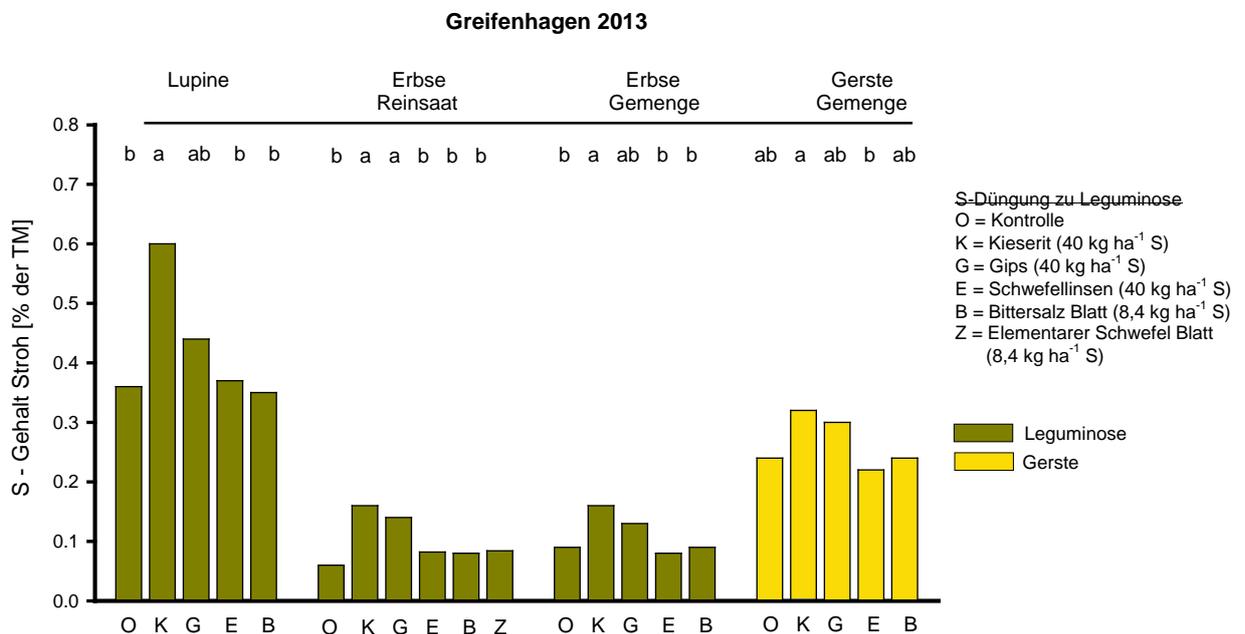


Abb. 94: S-Gehalt im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Greifenhagen im Jahr 2013

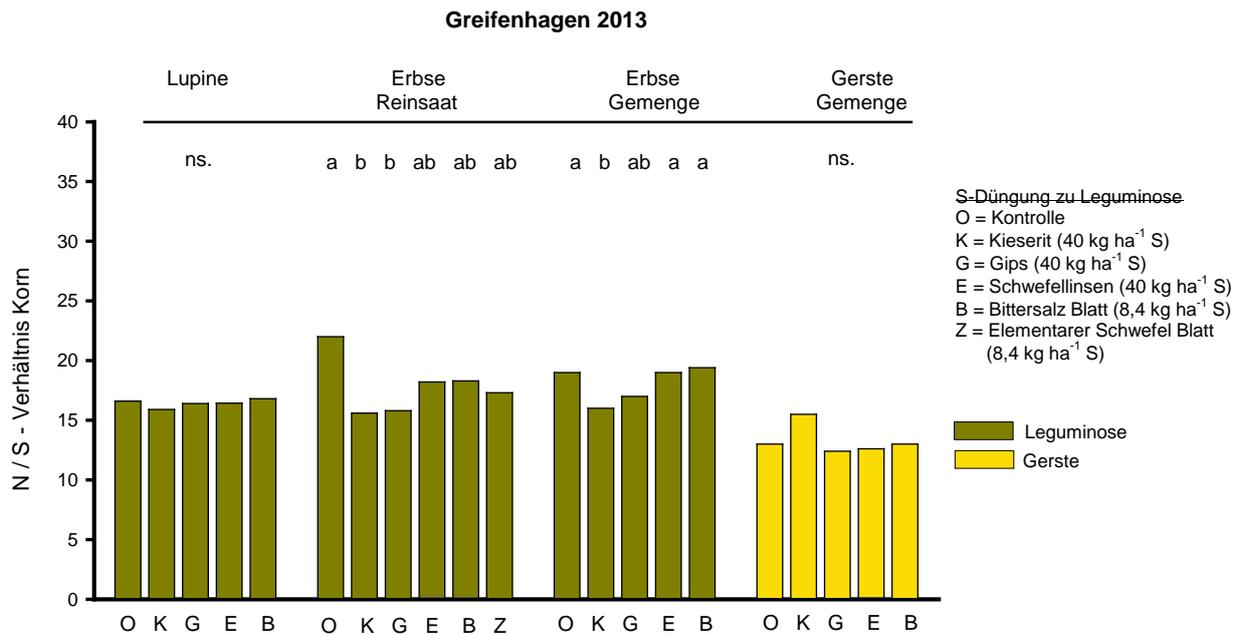


Abb. 95: N/S-Verhältnis im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Greifenhagen im Jahr 2013

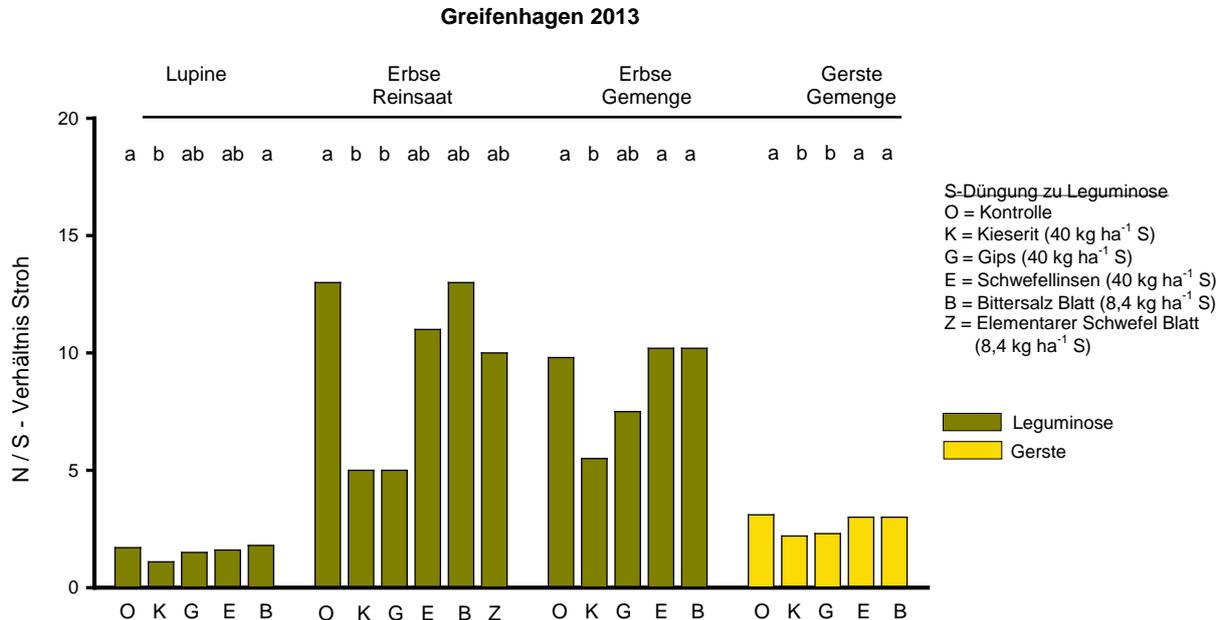


Abb. 96: N/S-Verhältnis im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Greifenhagen im Jahr 2013

Greifenhagen 2013

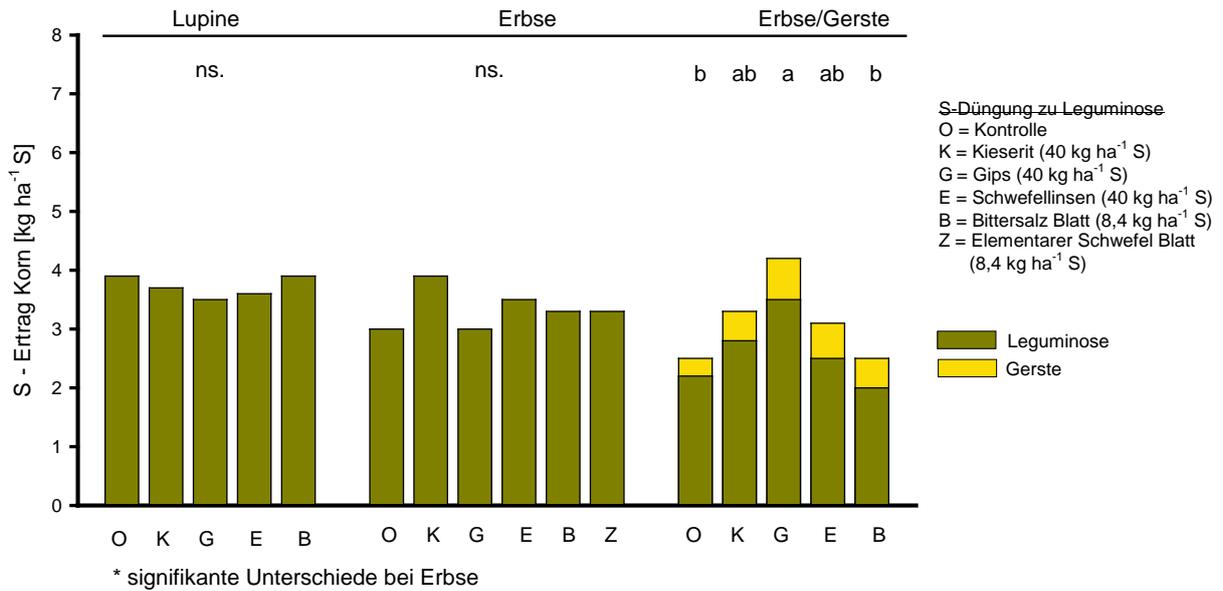


Abb. 97: S-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Greifenhagen im Jahr 2013

Greifenhagen 2013

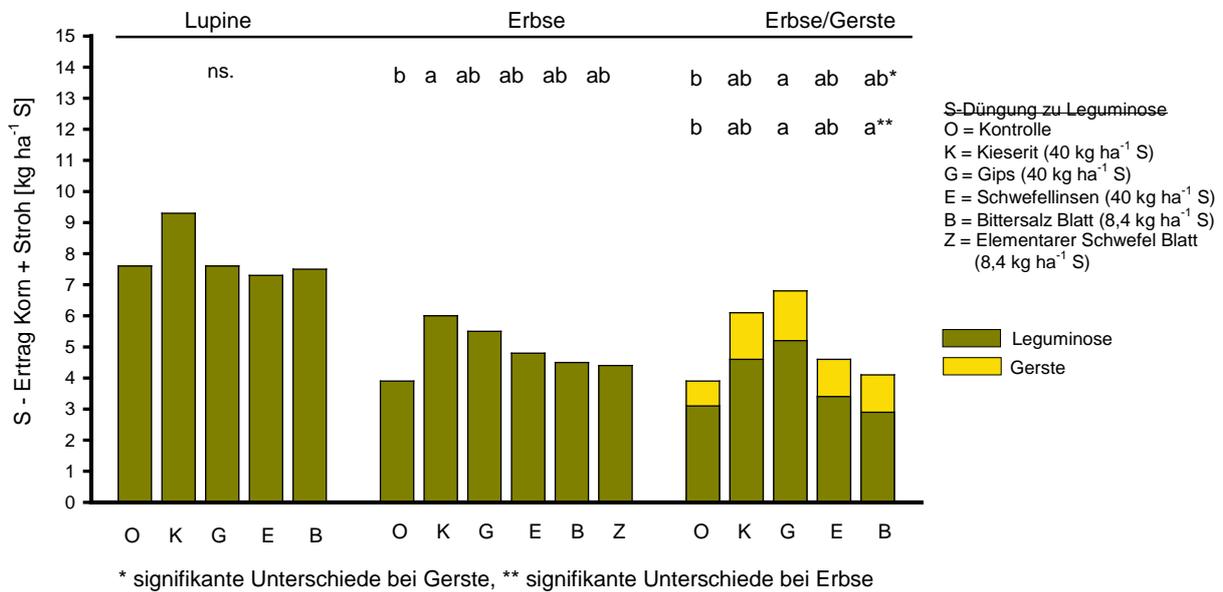


Abb. 98: S-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Greifenhagen im Jahr 2013

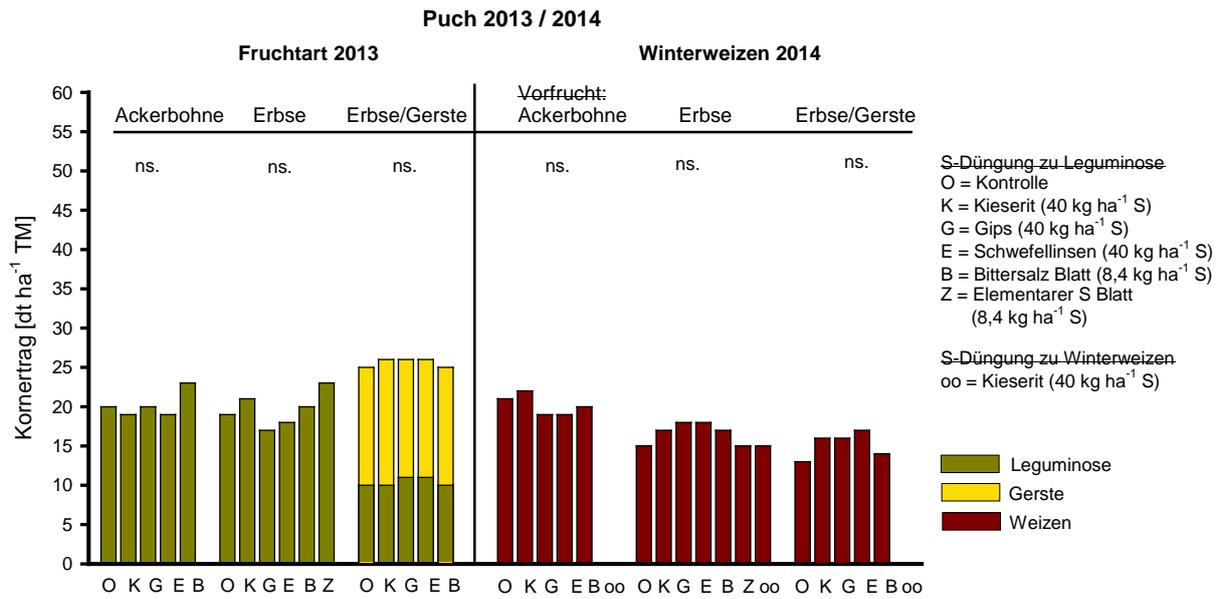


Abb. 99: Korntrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Puch im Jahr 2013 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2014

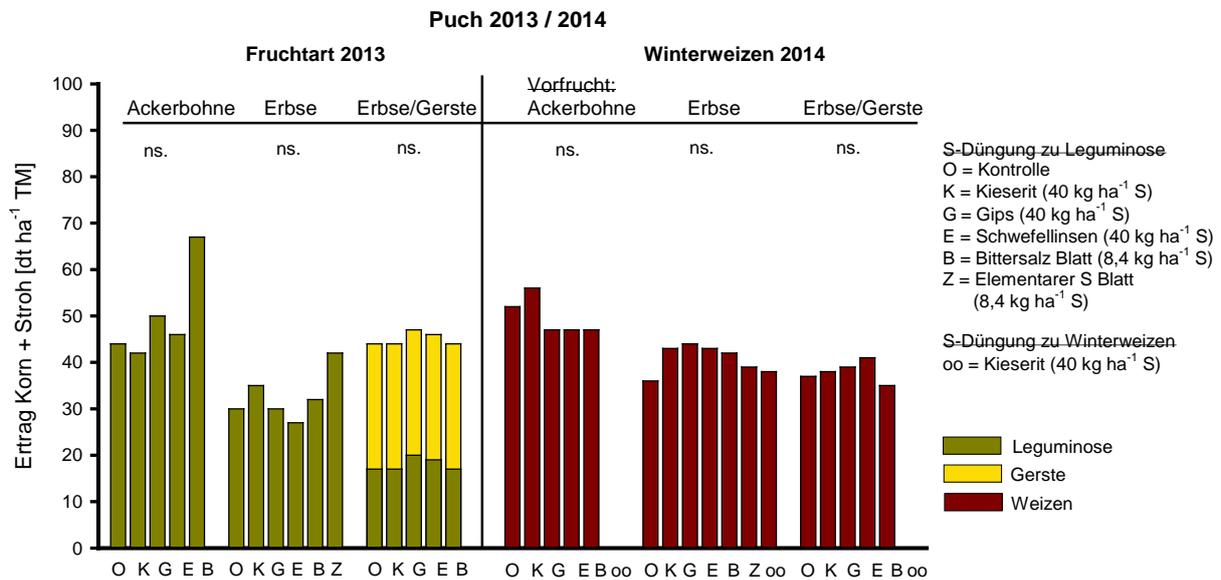


Abb. 100: Sprossertrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Puch im Jahr 2013 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2014

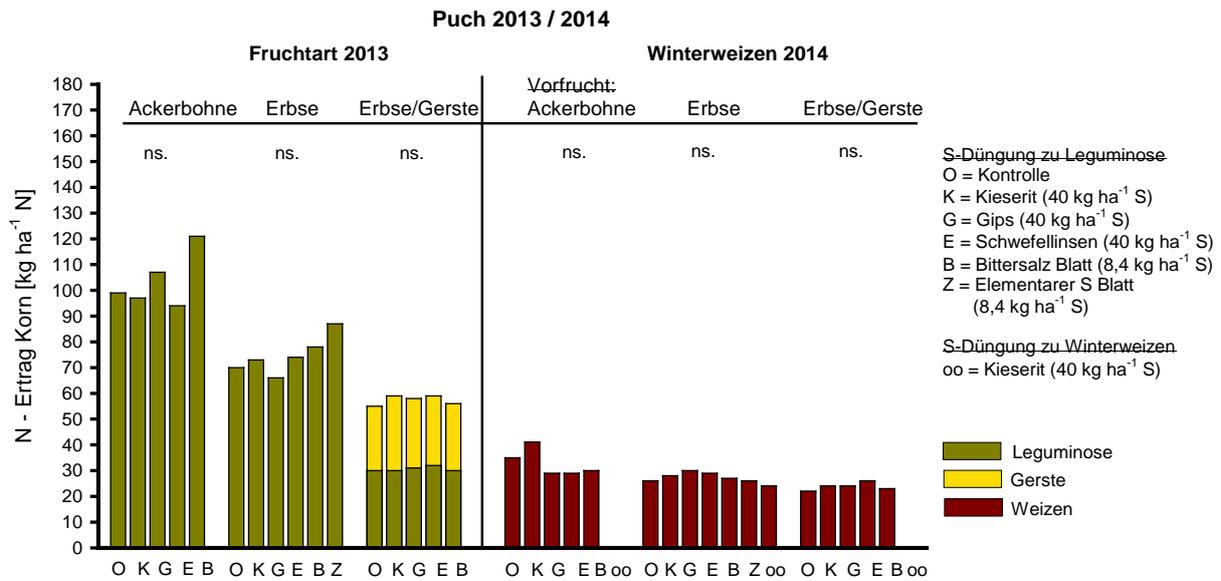


Abb. 101: N-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Puch im Jahr 2013 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2014

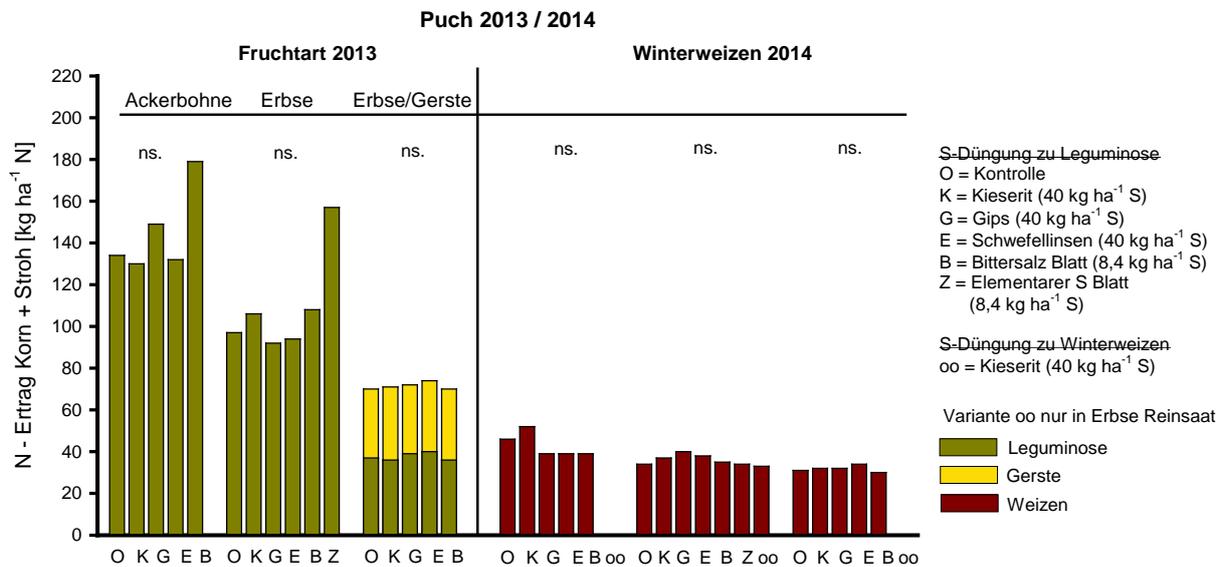


Abb. 102: N-Ertrag im Spross zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Puch im Jahr 2013 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2014

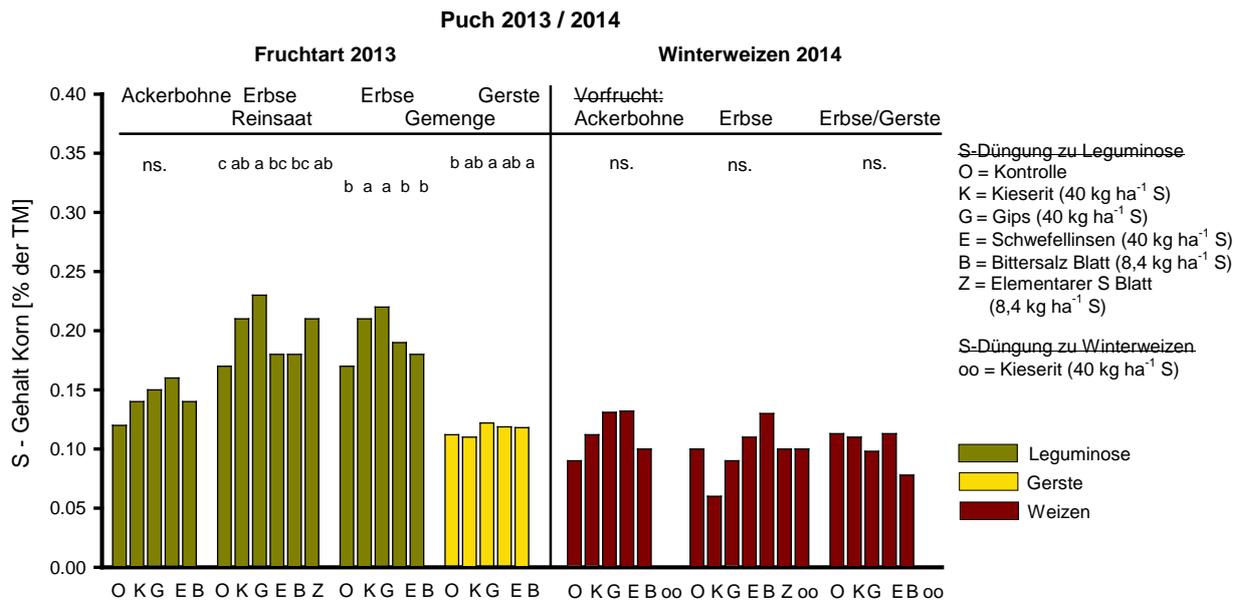


Abb. 103: S-Gehalt im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Puch im Jahr 2013 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2014

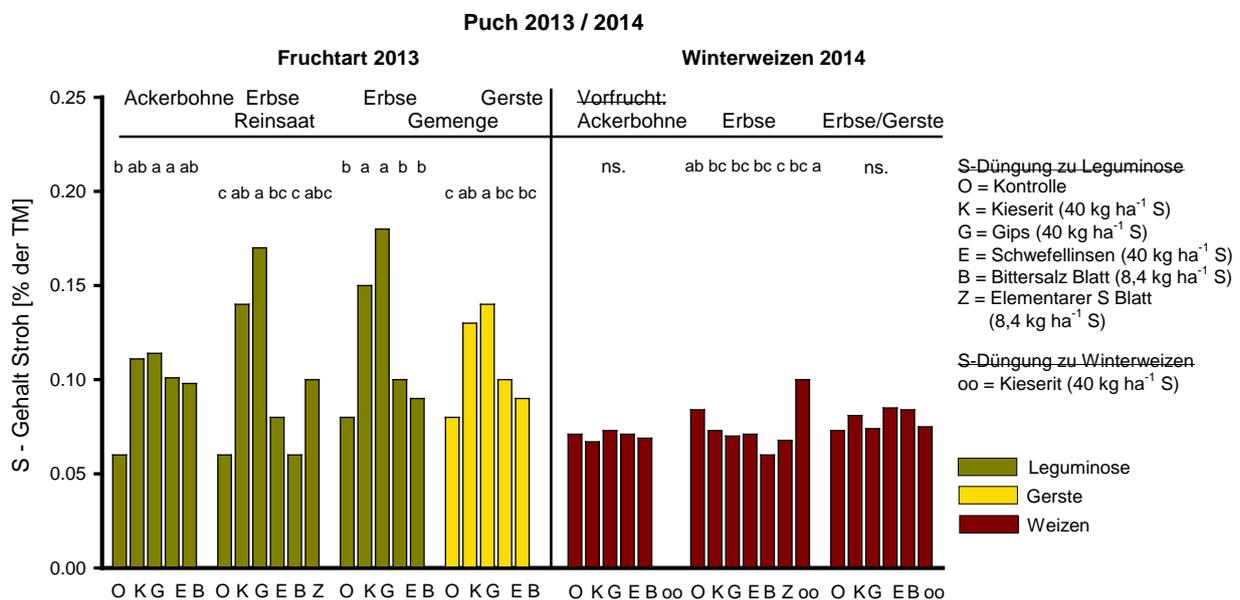


Abb. 104: S-Gehalt im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Puch im Jahr 2013 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2014

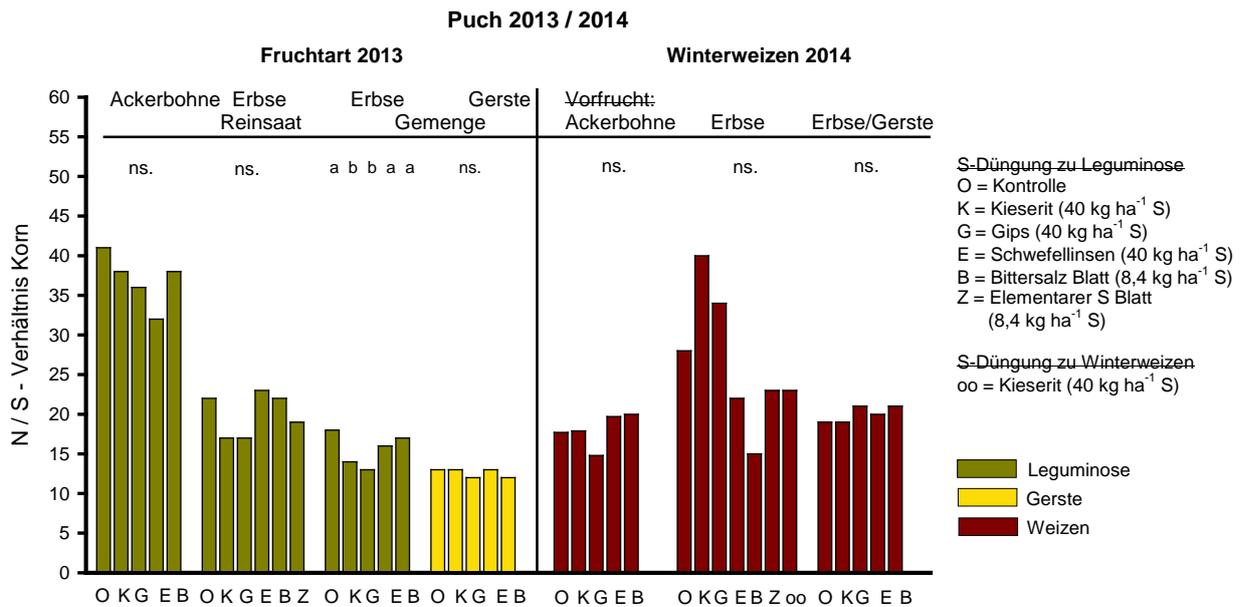


Abb. 105: N/S-Verhältnis im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Puch im Jahr 2013 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2014

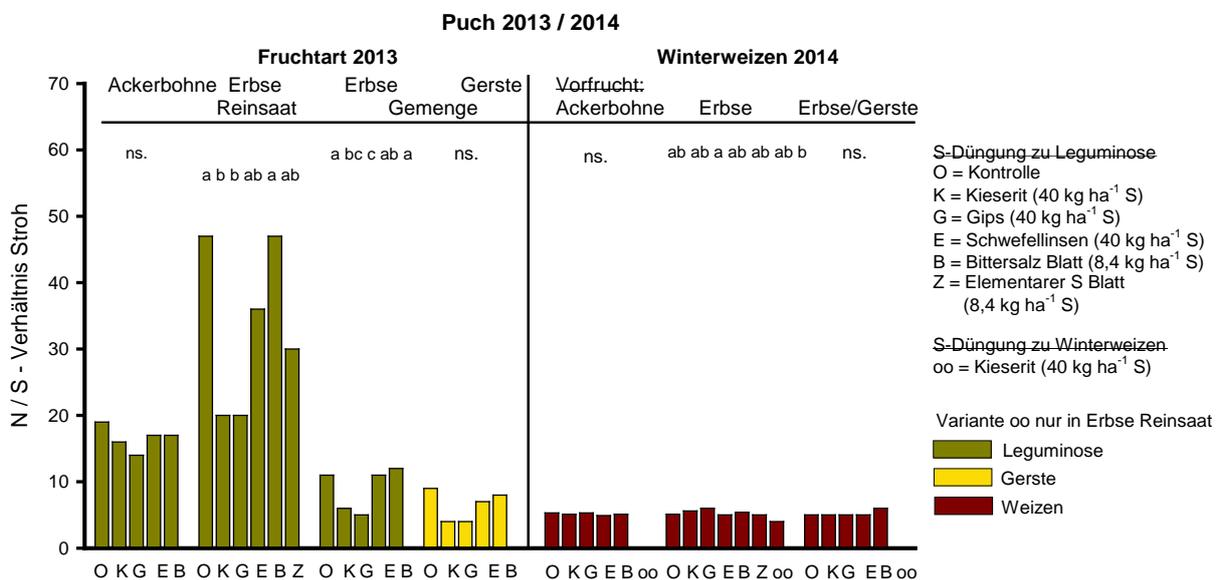


Abb. 106: N/S-Verhältnis im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Puch im Jahr 2013 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2014

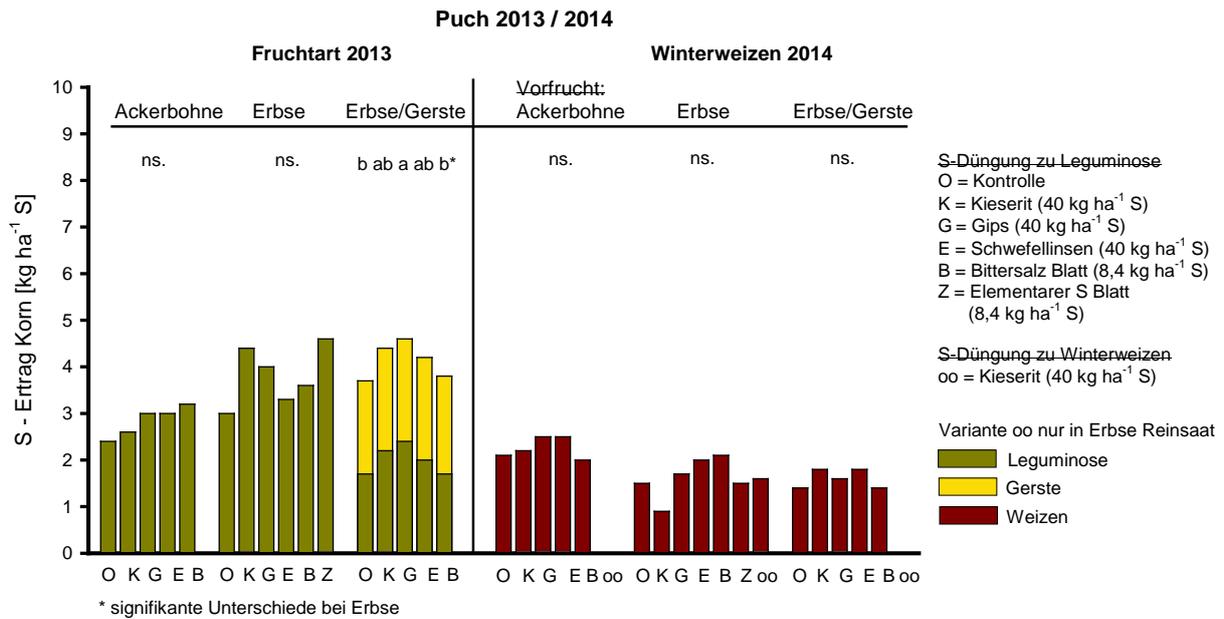


Abb. 107: S-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Puch im Jahr 2013 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2014

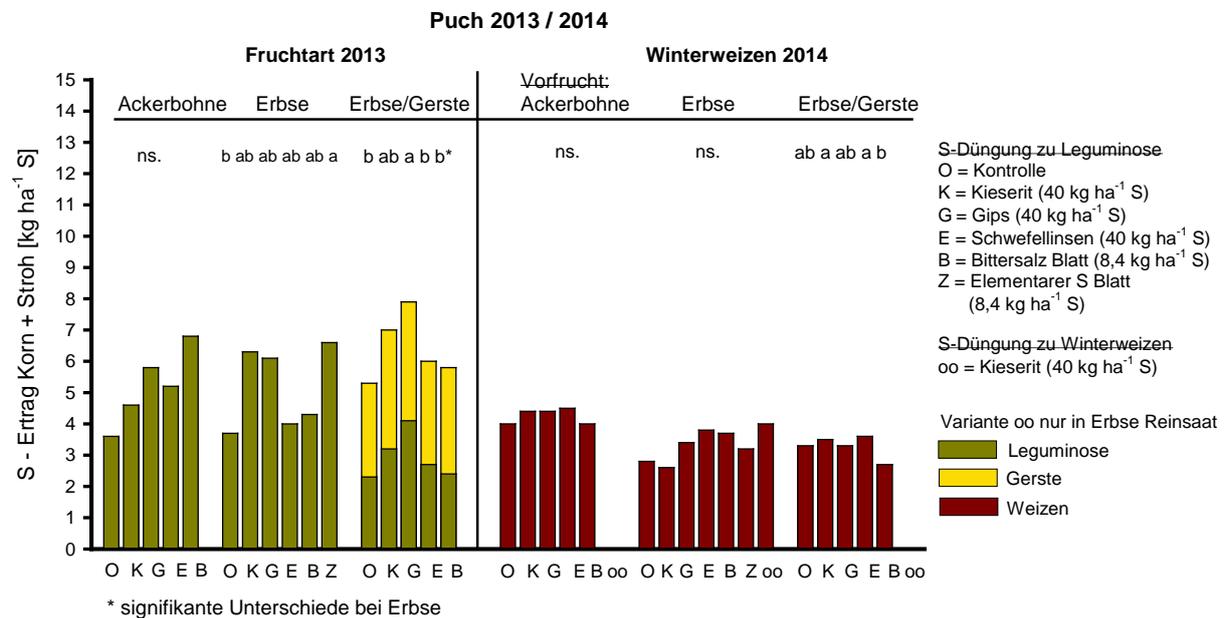


Abb. 108: S-Ertrag im Spross zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Puch im Jahr 2013 sowie des nachgebauten Winterweizens im Jahr 2014

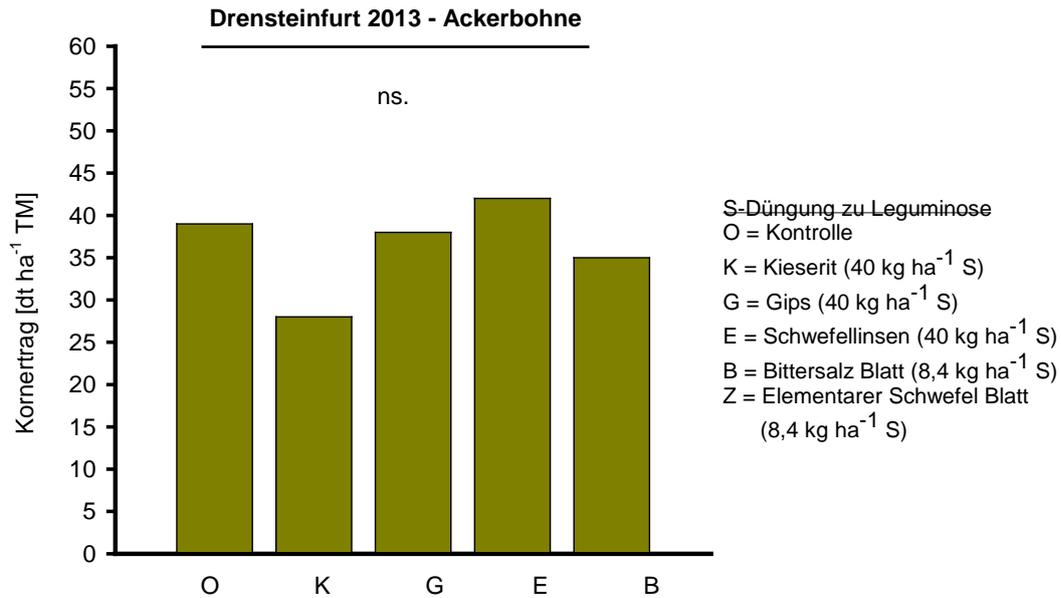


Abb. 109: Kornertrag zur Druschreife der Ackerbohne am Standort Drensteinfurt im Jahr 2013

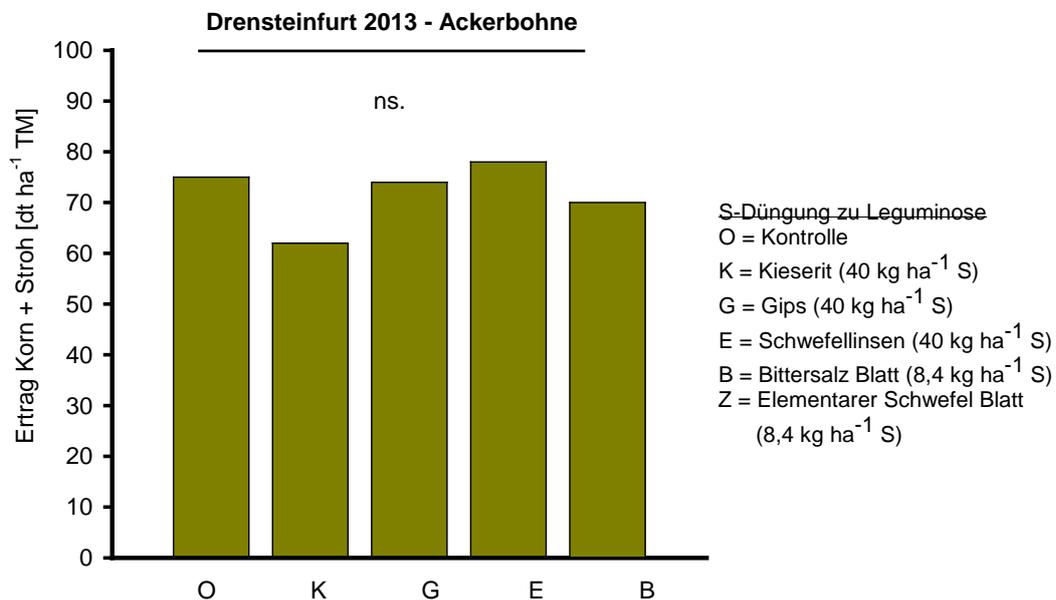


Abb. 110: Sprossertrag zur Druschreife der Ackerbohne am Standort Drensteinfurt im Jahr 2013

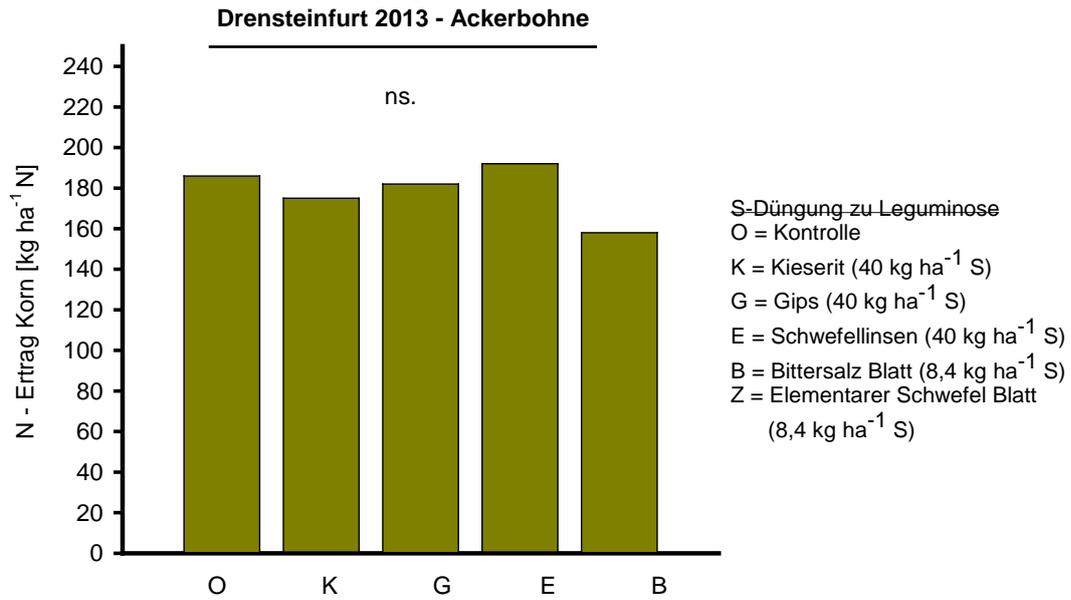


Abb. 111: N-Ertrag im Korn zur Druschreife der Ackerbohne am Standort Drensteinfurt im Jahr 2013

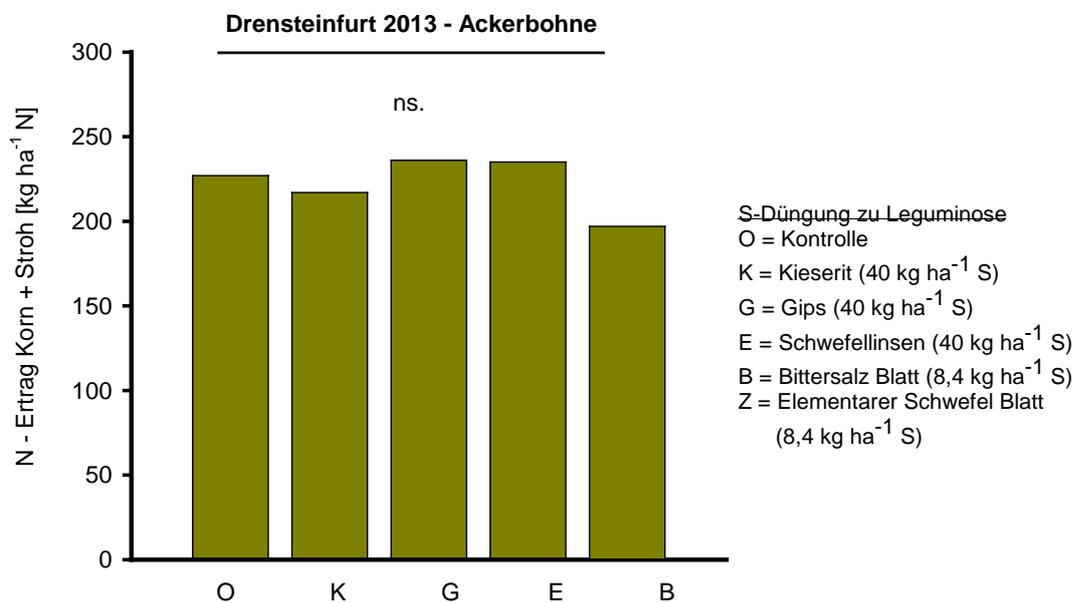


Abb. 112: N-Ertrag im Spross zur Druschreife der Ackerbohne am Standort Drensteinfurt im Jahr 2013

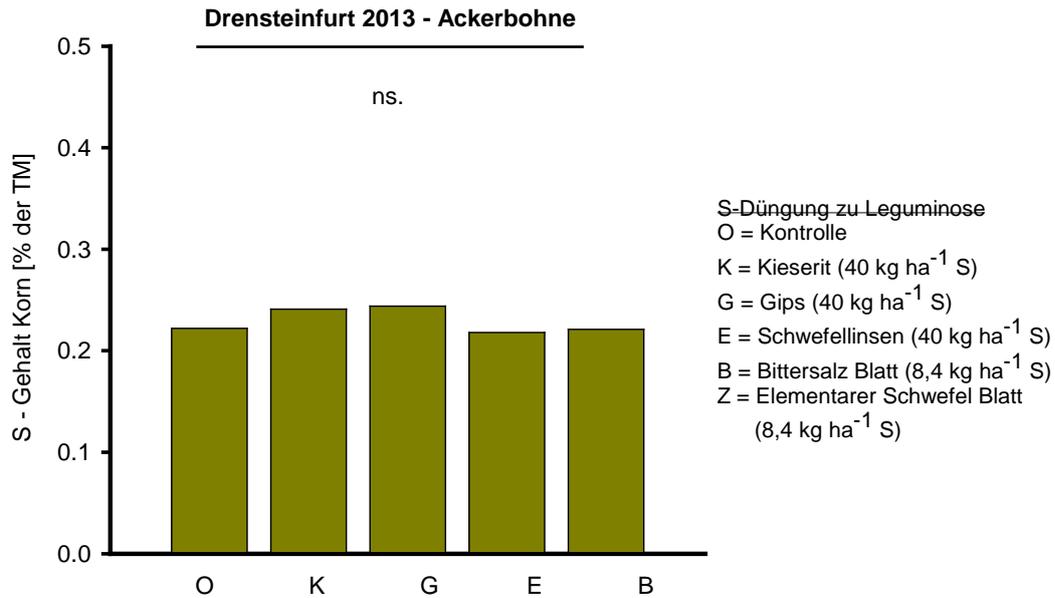


Abb. 113: S-Gehalt im Korn zur Druschreife der Ackerbohnen am Standort Drensteinfurt im Jahr 2013

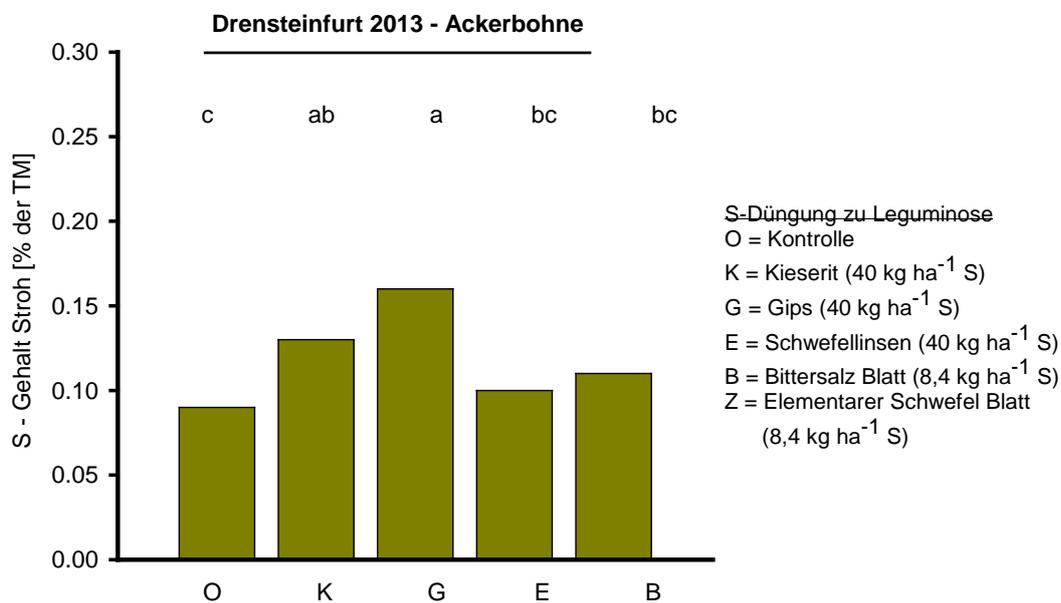


Abb. 114: S-Gehalt im Stroh zur Druschreife der Ackerbohne am Standort Drensteinfurt im Jahr 2013

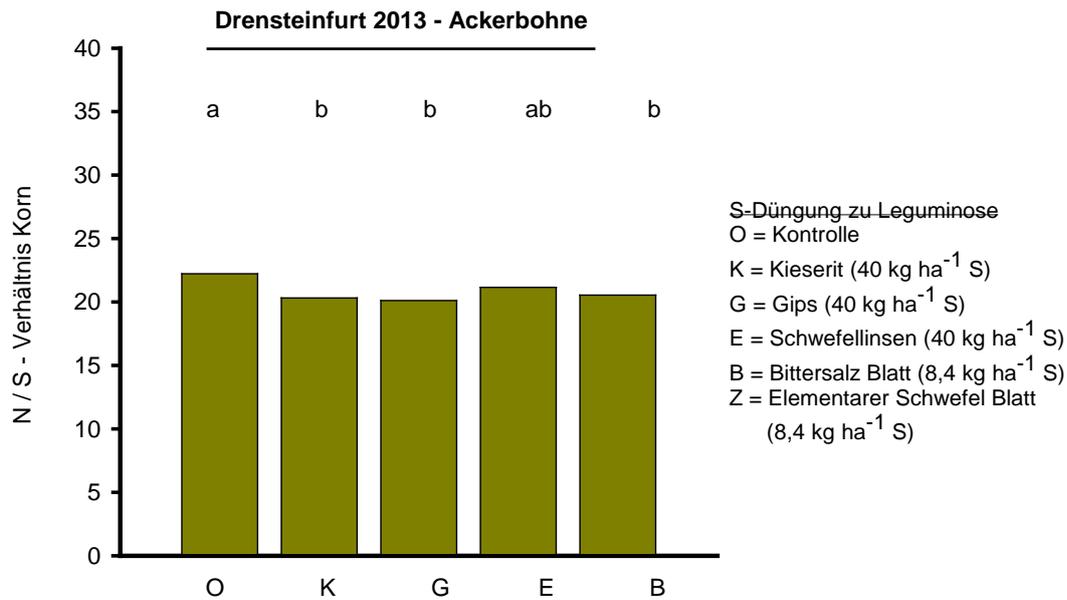


Abb. 115: N/S-Verhältnis im Korn zur Druschreife der Ackerbohne am Standort Drensteinfurt im Jahr 2013

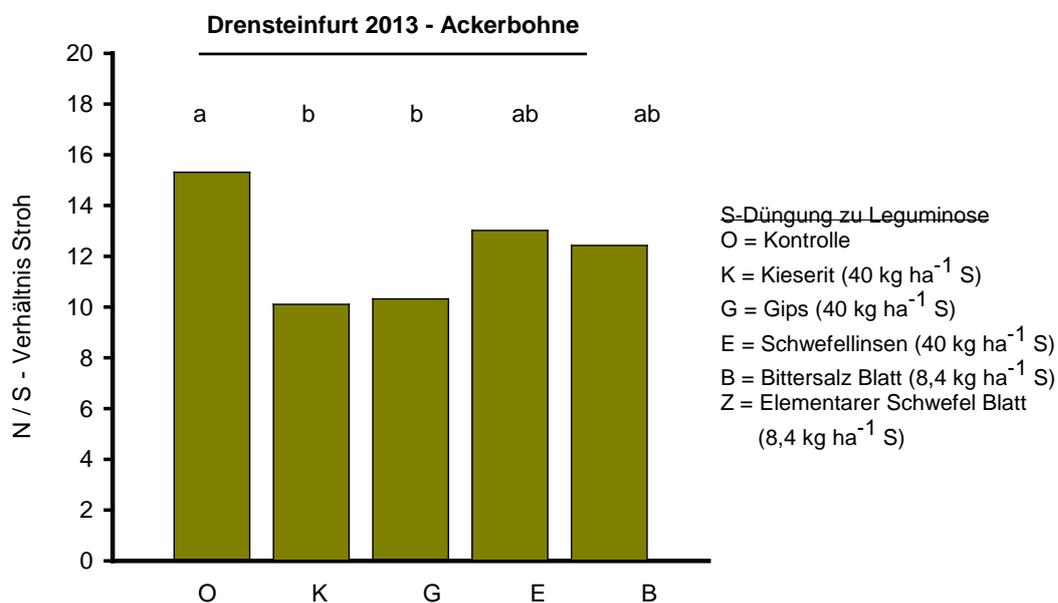


Abb. 116: N/S-Verhältnis im Stroh zur Druschreife der Ackerbohne am Standort Drensteinfurt im Jahr 2013

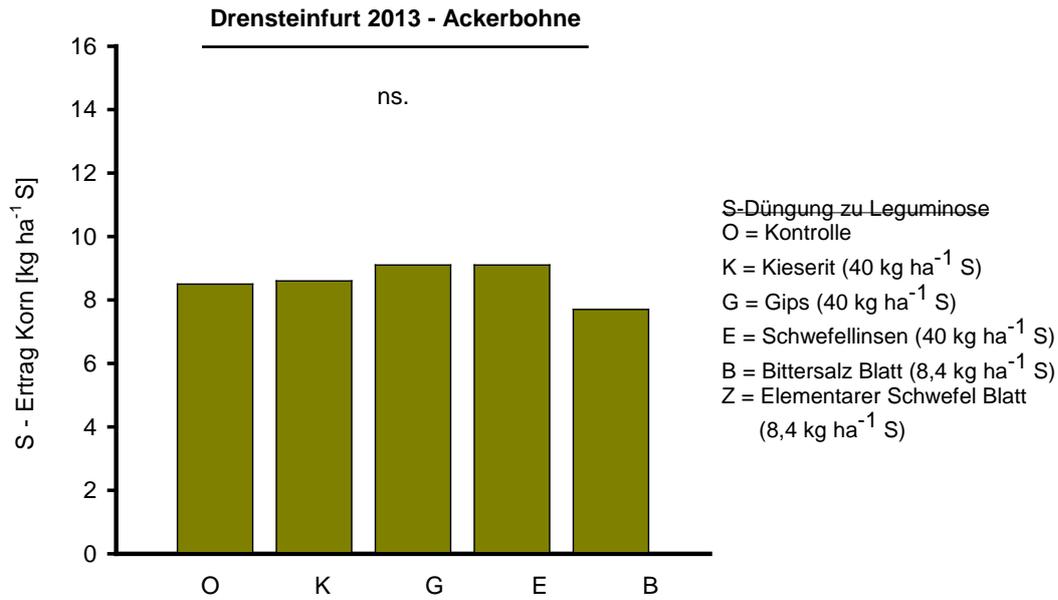


Abb. 117: S-Ertrag im Korn zur Druschreife der Ackerbohne am Standort Drensteinfurt im Jahr 2013

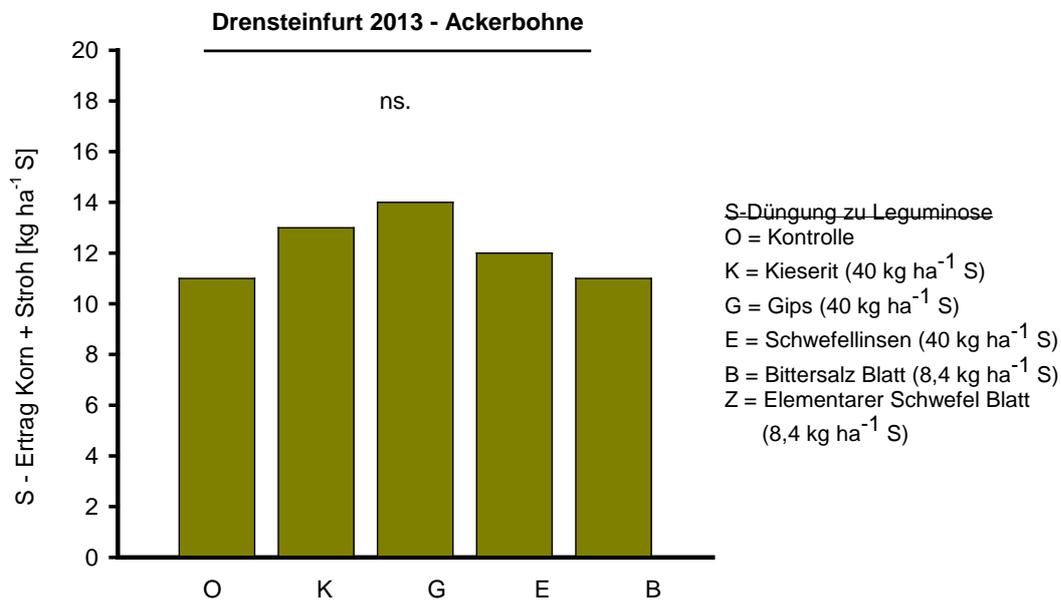


Abb. 118: S-Ertrag im Spross zur Druschreife der Ackerbohne am Standort Drensteinfurt im Jahr 2013

3.3 Körnerleguminosen 2014

Feldaufgangs- sowie Ertragsstrukturmerkmale der Körnerleguminosen

Im Versuchsjahr 2014 wurde bereits der Feldaufgang der Körnerleguminosen durch die Schwefeldüngung zur Saat signifikant beeinflusst. Am Standort Görlitz war bei der Ackerbohne ein signifikant gegenüber der Variante Bittersalz geringerer Feldaufgang der Ackerbohne nach Düngung von Kieserit (Tab. A 30) und am Standort Ochsenhausen signifikant geringerer Feldaufgang der Ackerbohne in der Variante Gipsdüngung zur Saat gegenüber der Kontrolle festzustellen (Tab. A 31). Hinsichtlich der Ertragsstrukturmerkmale waren an drei Standorten (Großzöbern, Ochsenhausen und Bollheim) signifikante Wirkungen der Schwefeldüngung an den Körnerleguminosenbeständen sichtbar (eine Gipsdüngung senkte die Anzahl Hülsen je m² bei Schmalblättriger Lupine (Tab. A 18) und Ackerbohne (Tab. A 21) bzw. die Düngung von Kieserit führte zu einer Erhöhung der Tausendkornmasse bei der Ackerbohne, Tab. A 24), während an fünf Standorten (Ogrosen, Linz, Görlitz, Belm und Puch, Tabellen A 19, A 20, A 22, A 23 und A 25) dieses nicht der Fall war.

S-Gehalt im jüngsten entfalteten Blatt der Körnerleguminosen zur Blüte

An den im Versuchsjahr 2014 durchgeführten Feldversuchen zur Schwefeldüngung und -versorgung von Körnerleguminosenbeständen an acht Standorten in Deutschland waren an sechs Standorten bereits zur Blüte der Körnerleguminosen signifikant unterschiedliche S-Gehalte im jüngsten entfalteten Blatt festzustellen (Abbildungen 119, 130, 141, 152, 163, 174, 185, 196). Wegen des Ausfalls der Lupinen an den Standorten Linz und Ogrosen konnten im Jahr 2014 nur an einem Standort (Großzöbern) Ergebnisse zur Schmalblättrigen Lupine gewonnen werden. Hier traten keine Unterschiede zwischen den Prüfgliedern im S-Gehalt der jüngsten entfalteten Blätter auf (Abb. 119), wobei die Gehalte zwischen 0,21 und 0,23 % S in der TM schwankten. Auch bei der Ackerbohne, die im Jahr auf insgesamt vier Standorten geprüft wurde (Ochsenhausen, Görlitz, Belm, Bollheim), waren keine signifikanten Differenzen im S-Gehalt des jüngsten entfalteten Blattes zu verzeichnen (Abbildungen 152, 163, 174 und 185). Die Gehalte lagen hier zwischen 0,20 in der TM (Standort Bollheim, Kontrolle, Abb. 185) und 0,34 % S in der TM (Standort Görlitz, Variante Blattdüngung mit Bittersalz, Abb. 163). Die Erbse in Rein- und Gemengesaat mit Gerste wurde an sie-

ben Standorten im Jahr 2014 geprüft, wobei in Reinsaat an fünf Standorten (Ogrosen, Linz, Ochsenhausen, Belm und Puch, Abb. 130, 141, 152, 174 und Abb. 196) und im Gemengebau an vier Standorten (Großzöbern, Ogrosen, Belm und Puch, Abb. 119, 130, 174 und Abb. 196) signifikante Effekte mindestens einer Form der Schwefeldüngung auf den S-Gehalt im jüngsten entfalteten Blatt ermittelt wurden. In Reinsaat führte hierbei entweder eine Schwefeldüngung mit Kiesrit und/oder Gips zu einer signifikanten Erhöhung des S-Gehaltes im jüngsten voll entwickelten Blatt, im Gemengebau war dieses auch nach der Düngung von Kieserit und/oder Gips, in einem Fall auch nach der Applikation von Bittersalz über das Blatt (Standort Belm, Abb. 174) der Fall. Die Schwefelgehalte betragen im jüngsten entfalteten Blatt in der Kontrolle ohne Schwefeldüngung zwischen 0,18% in der TM (Standort Puch, Abb. 196) und 0,33 % in der TM (Standort Ogrosen, Abb. 130) und wurden durch die Düngung auf Werte zwischen 0,30 % (Standort Puch, Abb. 196) und 0,38 % (Standort Ochsenhausen, Abb. 130) angehoben. Im Gemengebau wiesen die Erbsen zumeist einen leicht im Vergleich zu Reinsaat geringeren S-Gehalt in der TM auf (in der Kontrolle zwischen 0,18 % S in der TM, Standort Puch, Abb. 196 und 0,30 % S in der TM Standort Ogrosen, Abb. 130). In der Gerste aus Gemengebau mit der Erbse spiegelte sich eine Schwefeldüngung ebenfalls an vier von sieben Prüfstandorten signifikant wider (Standorte Großzöbern, Ogrosen, Linz und Puch). Auch bei der Gerste konnte eine gegenüber der Kontrolle signifikante Erhöhung des S-Gehaltes im Fahnenblatt nur durch eine Düngung von Kieserit (Standorte Großzöbern Ogrosen und Linz, Abb. 119, 130, Abb. 141) und/oder Gips (Standorte Linz und Puch, Abb. 141 und Abb. 196) erreicht werden. Die S-Gehalte im Fahnenblatt der Gerste in der Kontrolle ohne Düngung schwankten zwischen 0,28% in der TM (Standort Ochsenhausen, Abb. 152) und 0,40% in der TM (Standort Ogrosen, Abb. 130) und stiegen durch die Schwefeldüngung auf bis zu 0,55 % in der TM (Standort Bollheim, Abb. 185) an.

Korn- und Sprossertrag sowie N-Akkumulation in Korn und Spross der Körnerleguminosen

Weder in der Reinsaat der Schmalblättrigen Lupine und Erbse noch in der der Ackerbohne und der Gemengesaat aus Erbse und Gerste konnte im Versuchsjahr 2014

eine signifikante Wirkung einer der geprüften Varianten der Schwefeldüngung auf den Kornertrag festgestellt werden (Abbildungen 120, 131, 153, 164, 175, 186 und 197). Eine Ausnahme hiervon bildete die Erbse in Reinsaat am Standort Großzöbern (Abb. 120). Hier wurde ohne eine Schwefeldüngung ein signifikant höherer Kornertrag der Erbse im Vergleich zur Blattdüngung mit Bittersalz und elementarem Schwefel erzielt. Im Mittel der Prüfglieder lagen die Kornerträge bei der Schmalblättrigen Lupine bei 11 dt TM/ha, bei der Erbse in Reinsaat zwischen 7dt TM/ha (Standort Linz, Abb.142) und 40 dt TM/ha (Standort Puch, Abb. 197) und bei der Ackerbohne zwischen 12dt TM/ha (Standort Ochsenhausen, Abb. 153) und 36 dt TM/ha (Standort Belm, Abb. 175). Nur in einem Fall (Standort Linz, Gemengebau Erbse/Gerste, Abb. 143) war eine signifikante Wirkung der Schwefeldüngung auf den Sprossertrag der geprüften Körnerleguminosenbestände im Versuchsjahr 2014 nachzuweisen (Abbildungen 121, 132, 143, 154, 173, 176, 187 und 198). Am Standort Linz lag der Sprossertrag des Gemenges aus Erbse und Gerste um ca. 8 dt TM/ha über dem entsprechenden Sprossertrag des Gemenges nach einer S-Düngung über Kieserit im Vergleich zu elementarem Schwefel und Bittersalz (Abb. 143).

Die in der Kornmasse der geprüften Körnerleguminosenbestände akkumulierte N-Menge wurde mit Ausnahme eines Falles nicht durch eine Schwefeldüngung signifikant beeinflusst (Abbildungen 122, 133, 144, 155, 166, 177 und 199). Lediglich am Standort Orgosen trug eine Schwefeldüngung mit Kieserit und Gips in der Erbse in Reinsaat zu einer 15 bzw. 20 kg/ha umfassenden Steigerung der N-Menge im Korngut der Erbse aus der Reinsaat bei (Abb. 133). Die N-Akkumulation im Spross der Körnerleguminosenbestände wurde in keinem der untersuchten Fälle durch eine Zufuhr von Schwefel signifikant beeinflusst (Abbildungen 123, 134, 145, 156, 167, 178, 189, und 200).

S-Gehalt sowie N/S-Verhältnis in Korn und Stroh der Körnerleguminosen zur Druschreife

Die Schwefeldüngung spiegelte sich im Korn nur in einigen Fällen durch einen gestiegenen S-Gehalt wider (Abbildungen 124, 135, 146, 157, 168, 179, 190, und 201): in keinem der untersuchten Fälle bei der Schmalblättrigen Lupine, in einem (Standort

Ochsenhausen, Abb. 156) von vier untersuchten Fällen bei der Ackerbohne, in drei (Standorte Ogrosen, Linz und Puch, Abb. 135, 146 und 201) von sieben untersuchten Fällen bei der Erbse in Reinsaat, in vier (Standorte Großzöbern, Ogrosen, Ochsenhausen, Puch, Abb. 124, 135, 157 und 201) von sieben untersuchten Fällen bei der Erbse aus Reinsaat sowie in einem (Standort Belm, Abb. 179) von sieben untersuchten Fällen bei der Gerste aus Gemengebau mit der Erbse. Die Steigerung des S-Gehaltes im Korn war bei Ackerbohne und Erbse auf die Düngung von Kieserit oder Gips, in zwei Fällen bei der Erbse aus Reinsaat bzw. Gemengebau mit Gerste auch auf die Blattapplikation von Bittersalz zurückzuführen. Die S-Gehalte im Korn schwankten zwischen 0,23 und 0,32 % in der TM bei der Schmalblättrigen Lupine (Standort Großzöbern), bei der Ackerbohne aus Reinsaat zwischen 0,07 % in der TM (Standort Belm, Kontrollvariante, Abb. 180) und 0,28 % in der TM (Standort Görlitz, nach Düngung von Kieserit, Abb. 168), bei der Erbse aus Reinsaat zwischen 0,10 % in der TM (Standort Puch in der Kontrolle, Abb. 202) und 0,24 % in der TM (Standort Ochsenhausen, Variante Kieserit, Abb. 146), bei der Erbse aus Gemengebau zwischen 0,04 % in der TM (Standort Puch, Abb. 202) und 0,23 % in der TM (Standort Linz, Variante Gips, Abb. 146) und bei der Gerste aus Gemengebau zwischen 0,12 % in der TM (Standort Puch, Kontrolle, Abb. 201) und 0,20 % S in der TM (Standort Ogrosen, Variante Kieserit, Abb. 135). Häufiger als in der Kornmasse zeigte sich eine der geprüften Varianten der Schwefeldüngung in einer signifikanten Erhöhung des S-Gehaltes im Stroh (Abbildungen 125, 136, 147, 158, 169 180, 191 und 202). Dieses war bei einem in der Untersuchung mit Schmalblättriger Lupine der Fall (Standort Greifenhagen, Abb. 125) und auf vier von fünf Untersuchungsstandorten der Ackerbohne (Standorte Ochsenhausen, Görlitz, Belm und Bollheim, Abbildungen 158, 169 und 180). An insgesamt vier von sieben Untersuchungsstandorten war dieses auch bei der Erbse in Reinsaat (Standorte Ogrosen, Linz, Ochsenhausen und Puch, Abb. 136, 147, 158 und 202) und bei sechs von sieben Untersuchungsstandorten bei der Erbse aus Gemengebau (Standorte Ogrosen, Linz, Ochsenhausen, Belm, Bollheim und Puch, Abb. 136, 147, 158, 180, 191 und 202) der Fall. Zusätzlich konnte auch an den Standorten Ogrosen, Linz und Belm (Abbildungen 136, 147 und 180) ein erhöhter S-Gehalt im Stroh der Gerste aus Gemengebau mit der Erbse nachgewiesen werden. In allen Fällen waren

die erhöhten S-Gehalte im Stroh nach einer Düngung von Kieserit und/oder Gips zu verzeichnen.

Das N/S-Verhältnis im Korngut der Bestände war sowohl bei der Schmalblättrigen Lupine, bei der Ackerbohne und Erbse in Reinsaat als auch bei Erbse und Gerste im Gemenge durch die Düngung mit Kieserit und/oder Gips signifikant verengt worden (Abb. 126, 137, 148, 159, 170, 181, 192 und Abb. 203). So lagen die N/S-Verhältnisse in der Kontrolle ohne Düngung bei der Schmalblättrigen Lupine bei 18 (Standort Großzöbern, Abb. 126), bei der Ackerbohne zwischen 20 (Standort Görlitz, Abb. 170) und 26 (Standort Belm, Abb. 181), bei der Erbse in Reinsaat zwischen 22 (Standort Linz, Abb. 148) und 24 (Standort Ochsenhausen, Abb. 159) und im Gemenge bei der Erbse zwischen 17 (Standort Großzöbern, Abb. 126) und 23 (Standort Puch, Abb. 203) sowie bei der Gerste zwischen 10 (Standort Linz, Abb. 148) und 16 (Standort Puch, Abb. 203).

Stärker als in der Kornmasse spiegelte sich die Schwefeldüngung im N/S-Verhältnis des Strohs der Körnerleguminosenbestände wider (Abbildungen 127, 138, 149, 160, 171, 182, 193 und 204). Neben der Schmalblättrigen Lupine am Standort Großzöbern (Abb. 127), waren in zwei von vier untersuchten Fällen in der Reinsaat der Ackerbohne (Standorte Görlitz und Belm, Abb. 171 und 182), in der Reinsaat der Erbse in zwei von sieben Fällen (Standorte Ogrosen und Ochsenhausen, Abb. 138 und 160) und in der Gemengesaat von Erbse (in 6 von sieben Fällen, Ausnahme Standort Großzöbern) und Gerste (in zwei von sieben Fällen, Standorte Ochsenhausen und Belm, Abb. 171 und Abb. 182) das N/S-Verhältnis durch eine Düngung Kieserit und/oder Gips signifikant verengt worden. In zwei Fällen war dieses auch nach einer Applikation von Bittersalz über das Blatt zu verzeichnen (Standorte Linz und Ochsenhausen, Erbse aus Gemengebau, Abb. 149 und Abb. 159). Die N/S-Verhältnisse im Stroh lagen zumeist deutlich unter denen des Korns (Ausnahme Erbse aus Gemengebau am Standort Puch, Abb. 204) und betragen in der Kontrolle ohne Schwefeldüngung bei der Schmalblättrigen Lupine 7, bei der Ackerbohne 10 bis 14 (Standorte Ochsenhausen bzw. Belm, Abb. 160 und Abb. 171), bei der Erbse in Reinsaat 4 bis 12 (Standorte Ochsenhausen und Puch, Abb. 171 und Abb. 204) sowie bei der Erbse aus Gemengebau 4 bis 15 (Standorte Ogrosen und Puch, Abb. 138 und Abb. 204) und bei

der Gerste zwischen 4 und 9 (Standorte Ochsenhausen und Puch, Abb. 171 und Abb. 204).

S-Aufnahme in Korn und Stroh der Körnerleguminosen zur Druschreife

Die in der Kornmasse zur Druschreife befindliche S-Menge war weder bei der Lupine noch bei der Ackerbohne in Reinsaat signifikant durch eine Schwefeldüngung erhöht worden (Abbildungen 128, 139, 150, 161, 172, 183, 194 und 204). Lediglich in zwei Fällen der Erbse in Reinsaat und des Gemenges aus Erbse und Gerste wurde durch die Düngung von 40 kg S/ha in Form von Kieserit oder Gips um 2 bis 3 kg/ha die S-Akkumulation im Korn gesteigert (Standorte Ogrosen und Puch, Abb. 139 und Abb. 205). In Korn und Stroh nahm die Lupine am Standort Großzöbern unabhängig von der Schwefeldüngung insgesamt etwa 5 kg S/ha auf (Abb. 129). Auch bei der Ackerbohne war an keinem der vier Prüfstandorte im Jahr 2014 eine signifikante Steigerung der S-Aufnahme im Spross durch die Schwefeldüngung zu beobachten (Abbildungen 162, 173, 184 und 195). Die S-Aufnahme schwankte aber im Mittel der Prüfglieder zwischen den Standorten zwischen 7 kg S/ha am Standort Ochsenhausen (Abb. 162) und 13 kg S/ha am Standort Görlitz (Abb. 173). Nur an den Standorten Ogrosen (Abb. 140) und Puch (Abb. 206) wurde die S-Aufnahme in der Erbse in Reinsaat oder des Gemenges aus Gerste und Erbse durch eine Düngung mit Kieserit und/oder Gips signifikant um 4 bis 8 kg/ha erhöht. Eine leichte (um 1,5 kg S/ha), jedoch signifikante Erhöhung der S-Aufnahme im Spross konnte auch am Standort Ochsenhausen im Gemenge festgestellt werden (Abb. 162). Ohne eine S-Düngung schwankte die S-Aufnahme der Erbse in Reinsaat im Spross zwischen 4 kg/ha (Standort Linz, Abb. 151) und 12 kg/ha (Standort Belm, Abb. 184) und in Gemengesaat zwischen 4 kg/ha (Standort Linz, Abb. 151) und 11,5 kg/ha (Standort Belm, Abb. 184). Die jeweils maximale S-Akkumulation im Spross nach einer Schwefeldüngung war in Reinsaat der Erbse am Standort Ogrosen mit 16 kg/ha (Abb. 140) und im Gemenge mit Gerste mit 14 kg/ha am Standort Puch festzustellen (Abb. 206).

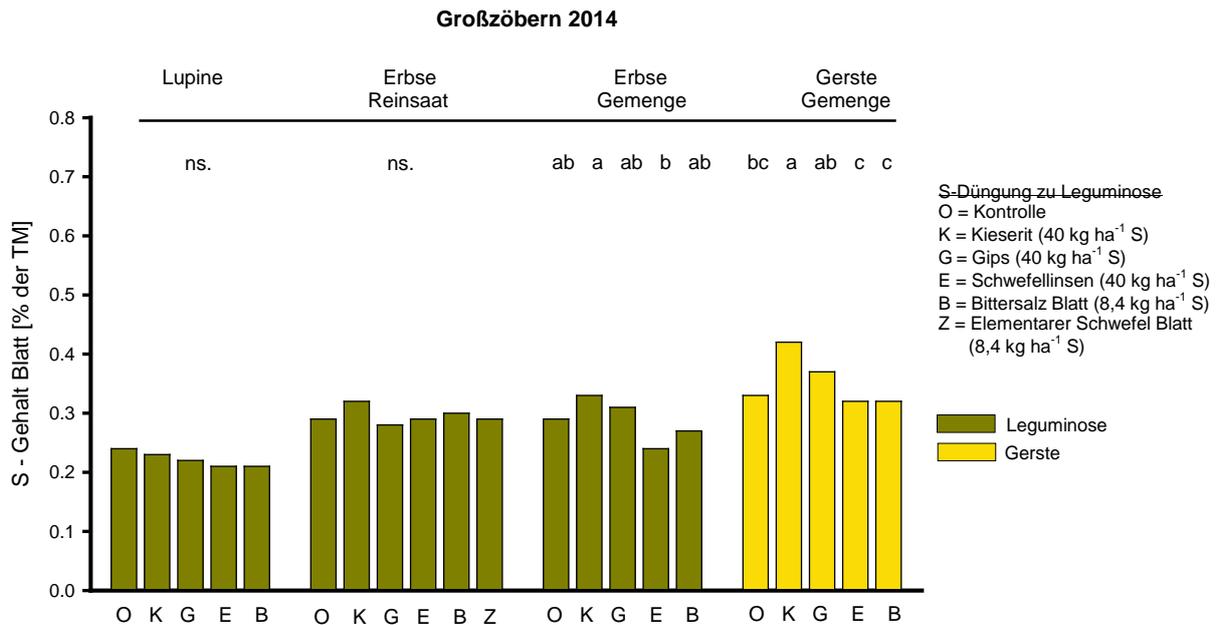


Abb. 119: S-Gehalt im jüngsten entfaltetten Blatt zur Blüte der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Großzöbern im Jahr 2014

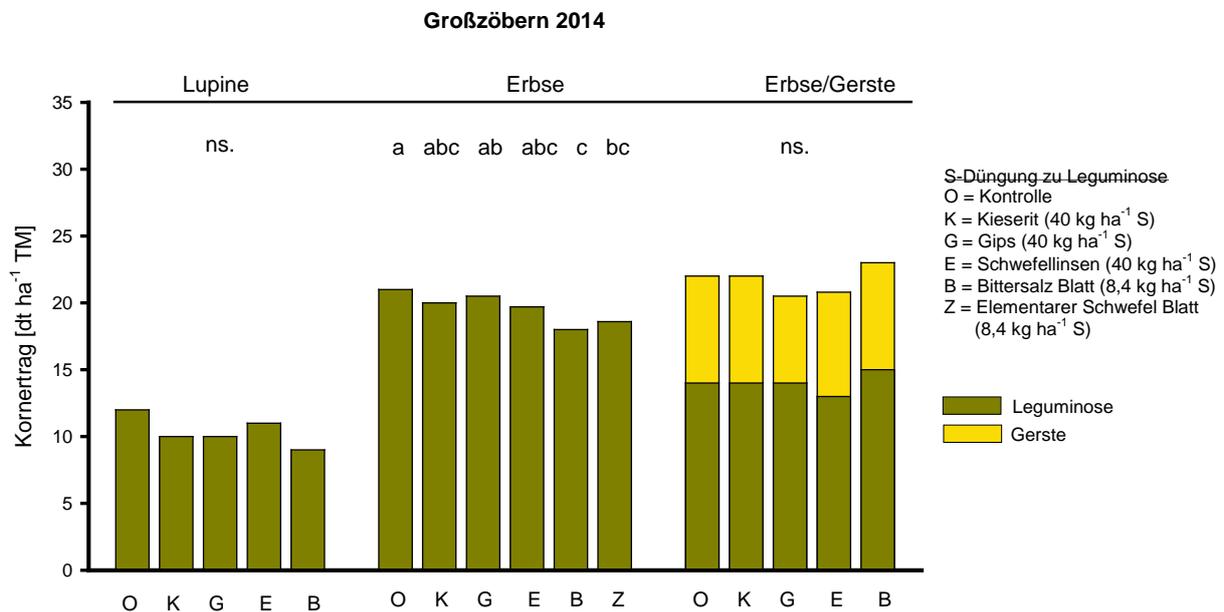


Abb. 120: Kornertrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Großzöbern im Jahr 2014

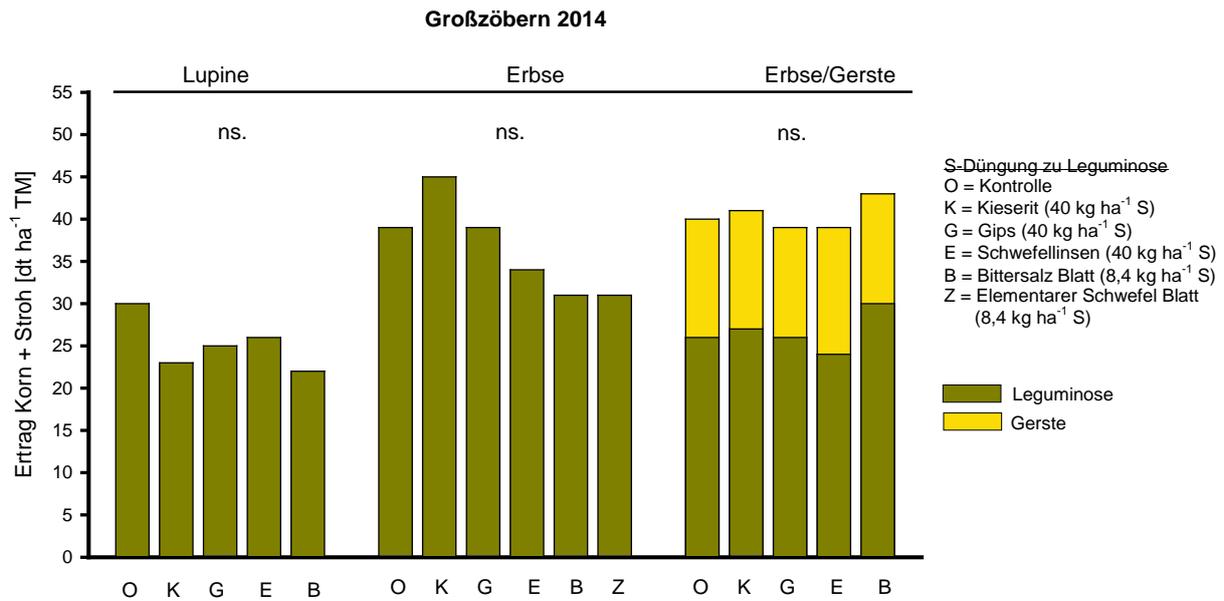


Abb. 121: Sprossertrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Großzöbern im Jahr 2014

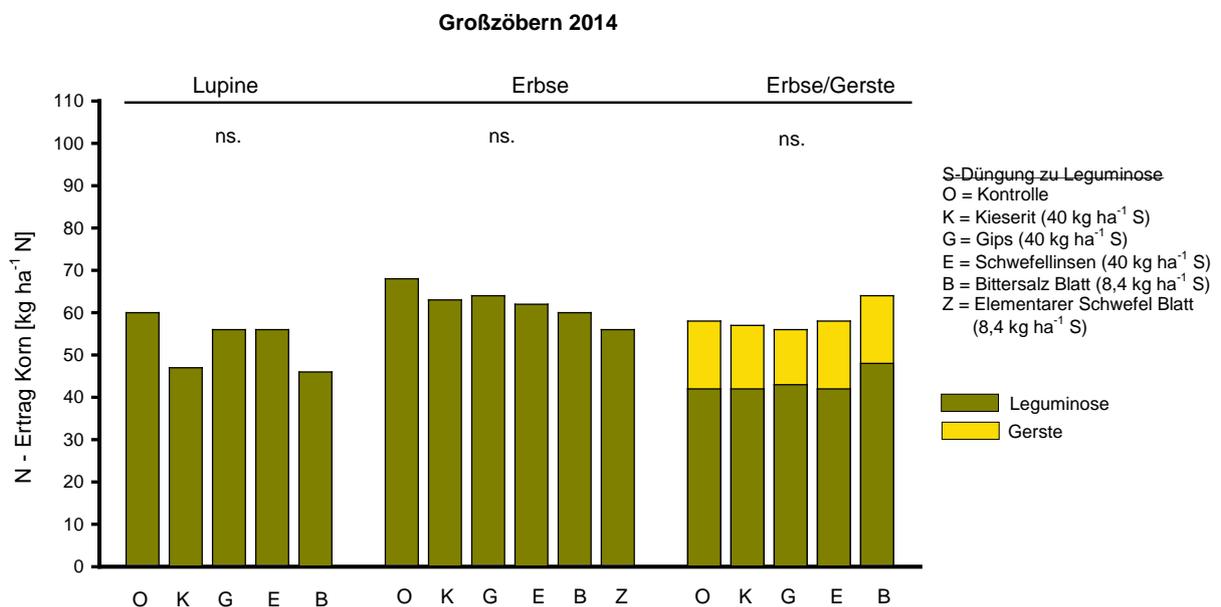


Abb. 122: N-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Großzöbern im Jahr 2014

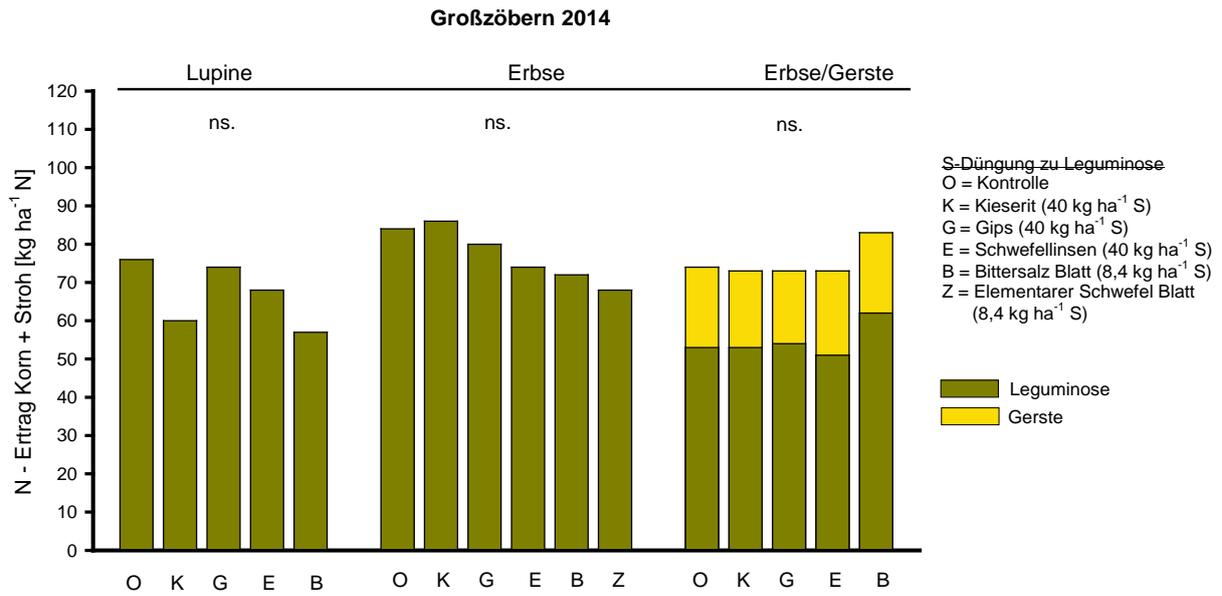


Abb. 123: N-Ertrag im Spross zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Großzöbern im Jahr 2014

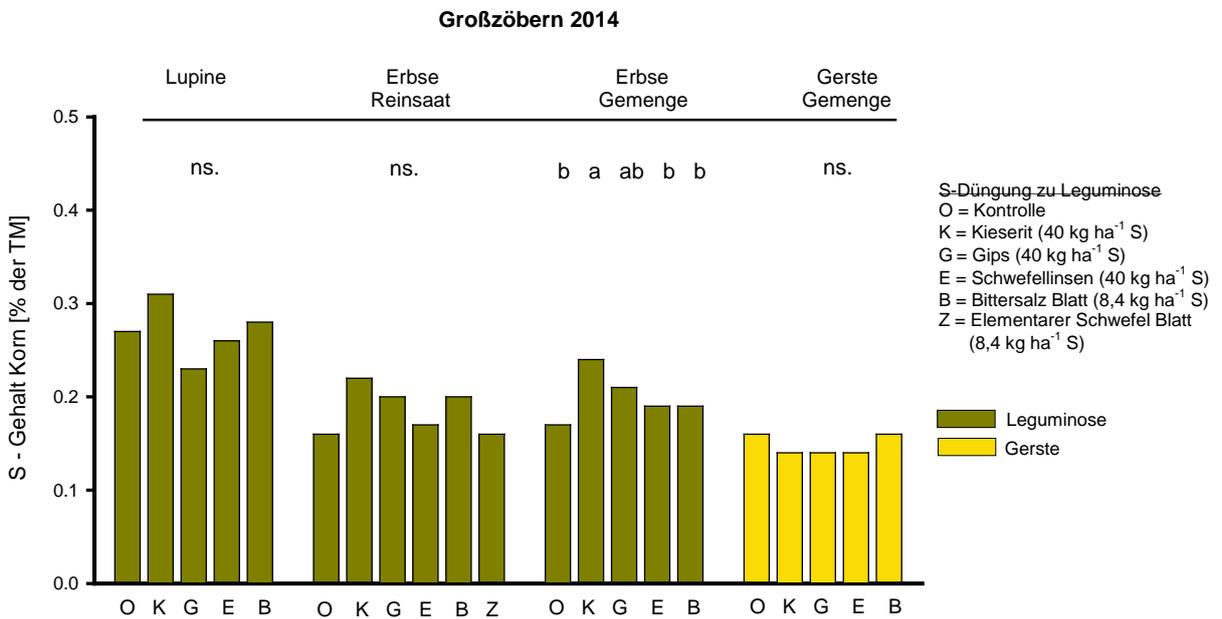


Abb. 124: S-Gehalt im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Großzöbern im Jahr 2014

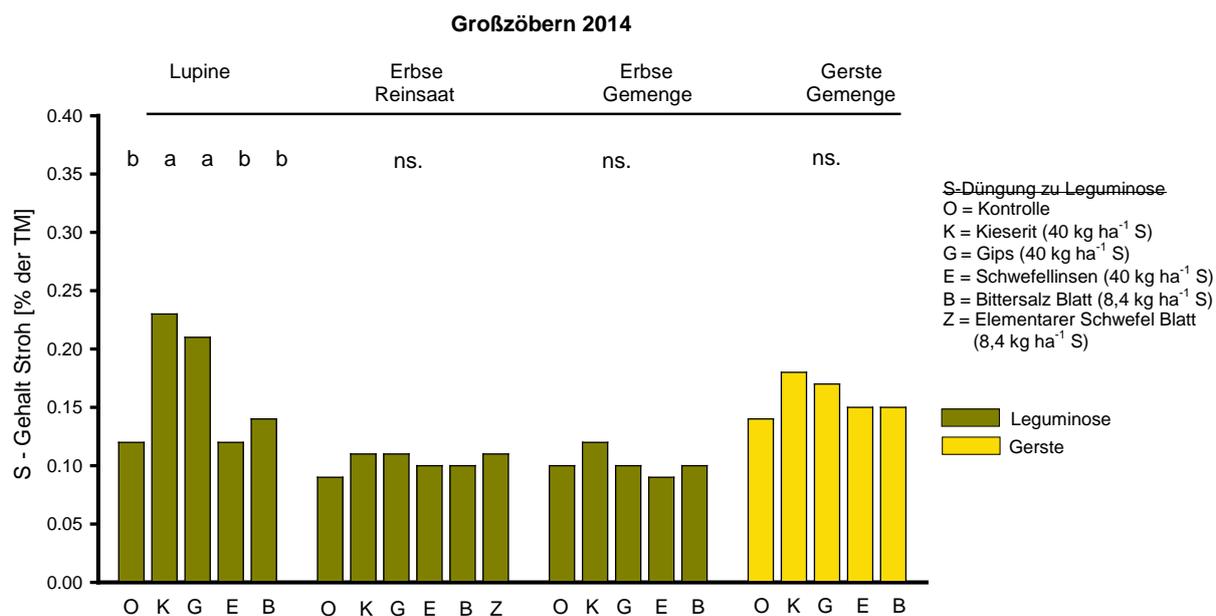


Abb. 125: S-Gehalt im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Großzöbern im Jahr 2014

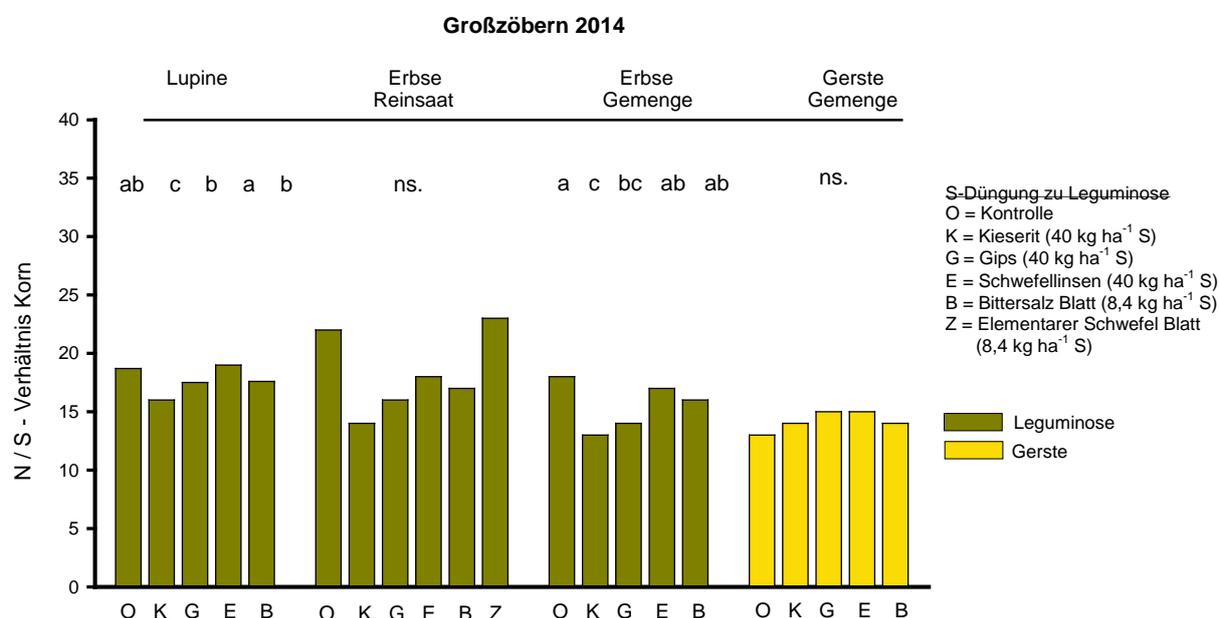


Abb. 126: N/S-Verhältnis im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Großzöbern im Jahr 2014

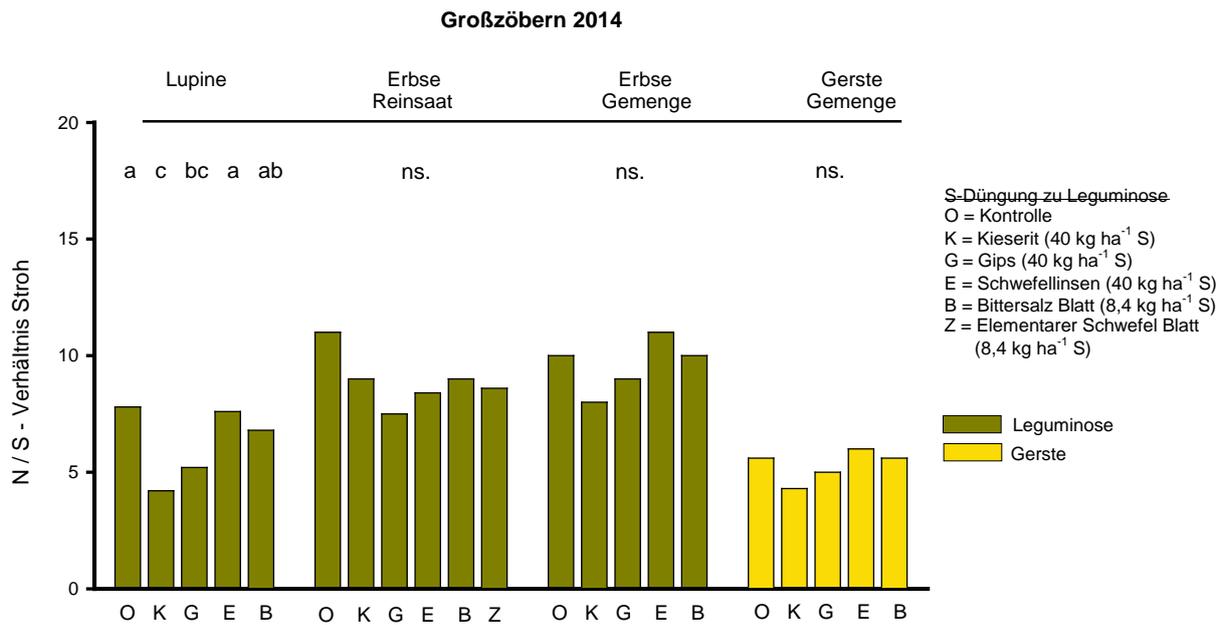


Abb. 127: N/S-Verhältnis im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Großzöbern im Jahr 2014

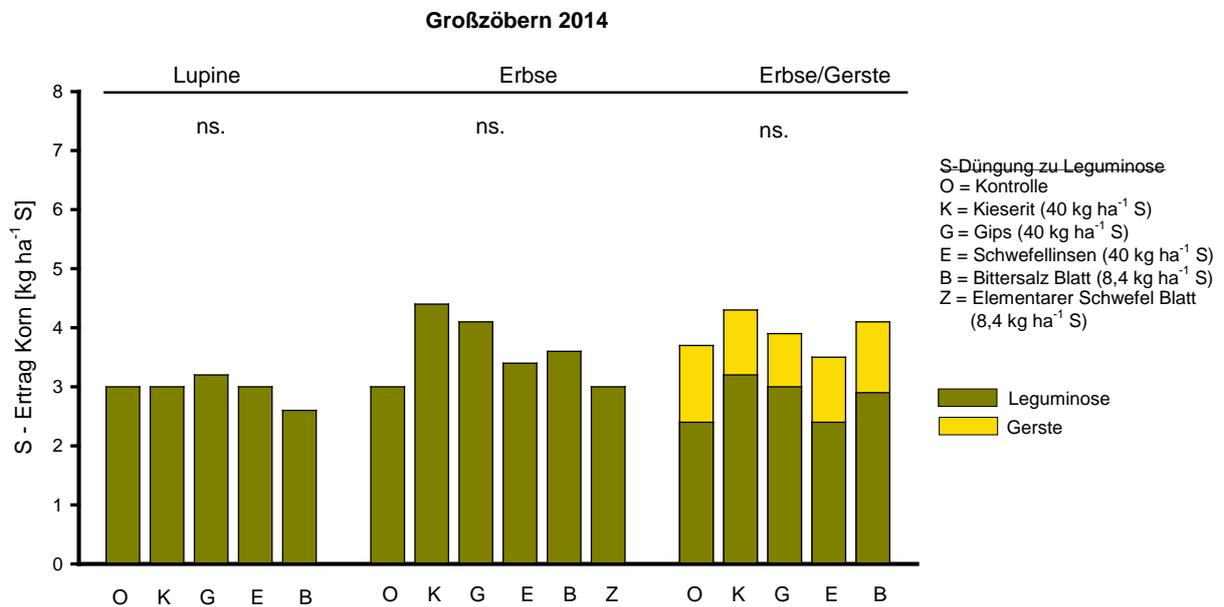


Abb. 128: S-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Großzöbern im Jahr 2014

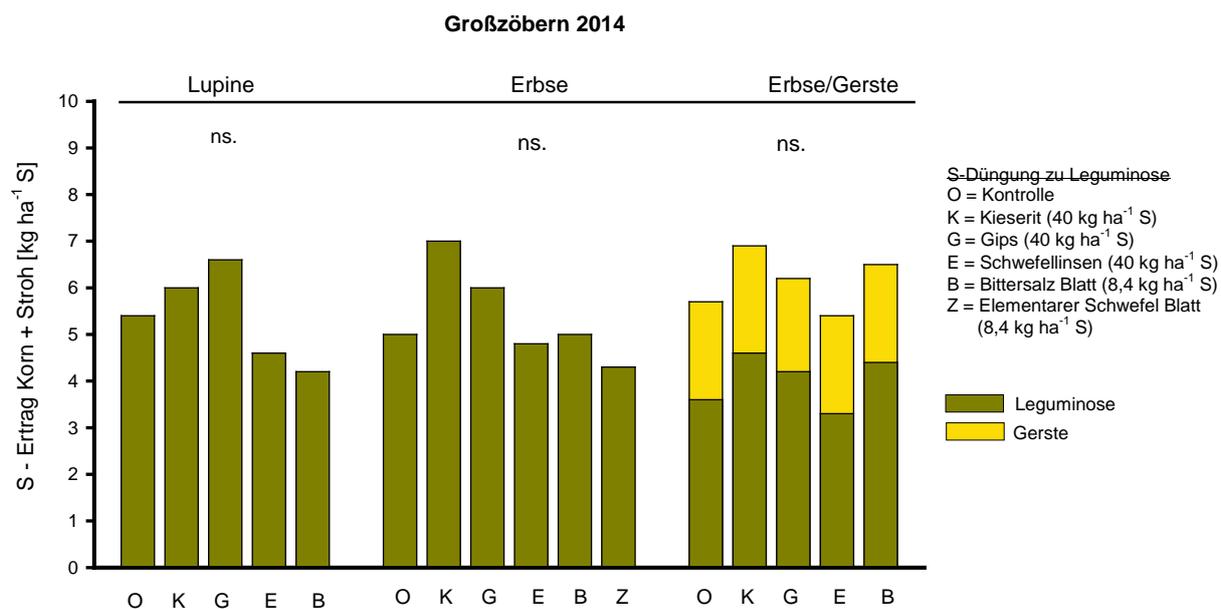


Abb. 129: S-Ertrag im Spross zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Großzöbern im Jahr 2014

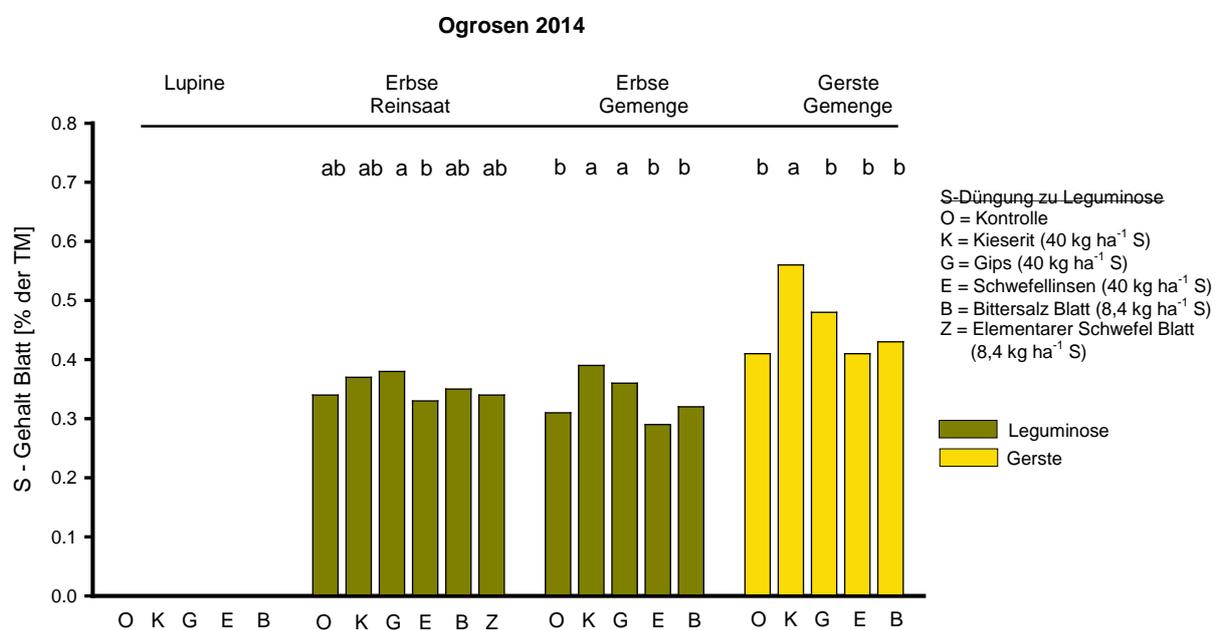


Abb. 130: S-Gehalt im jüngsten entfaltetem Blatt zur Blüte der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Ogrosen im Jahr 2014

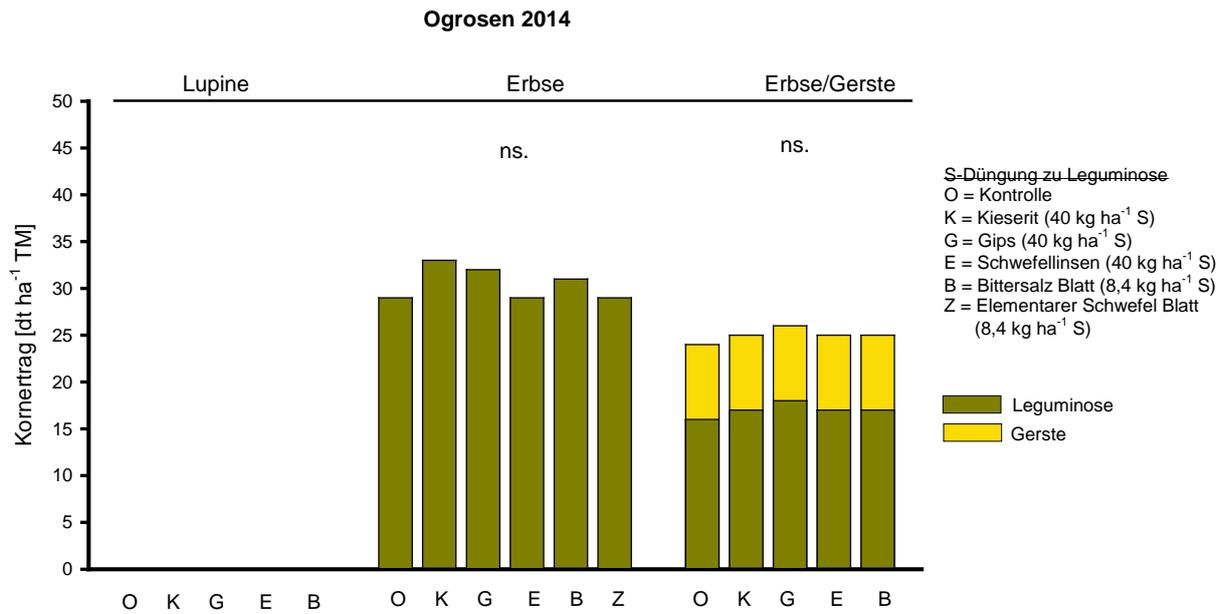


Abb. 131: Kornertrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Ogrofen im Jahr 2014

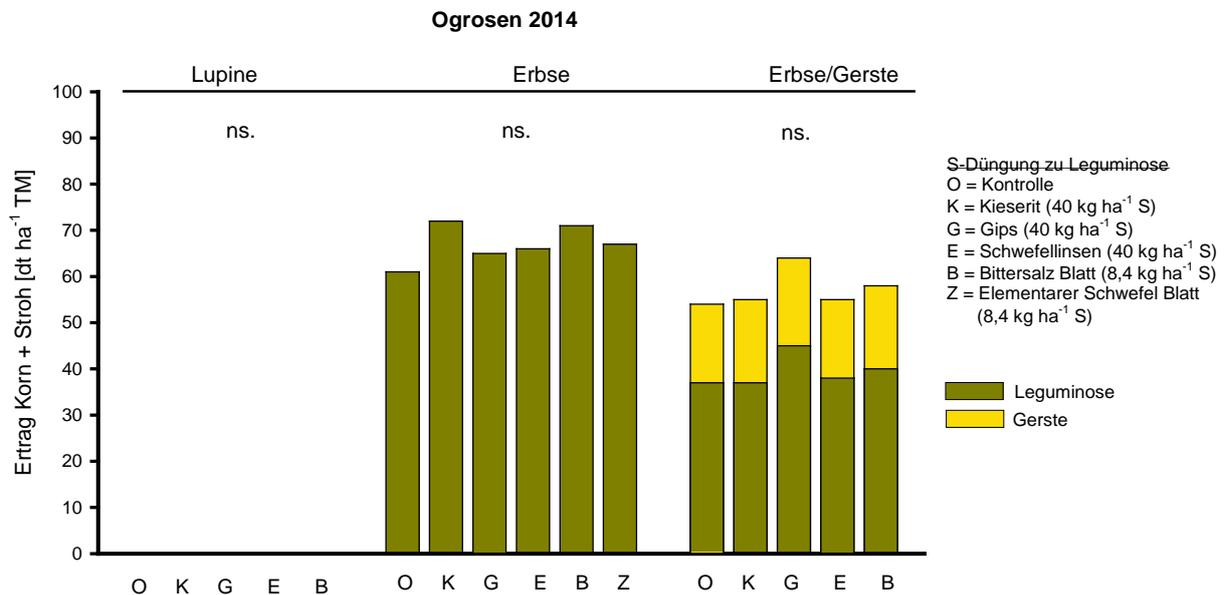


Abb. 132: Sprossertrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Ogrofen im Jahr 2014

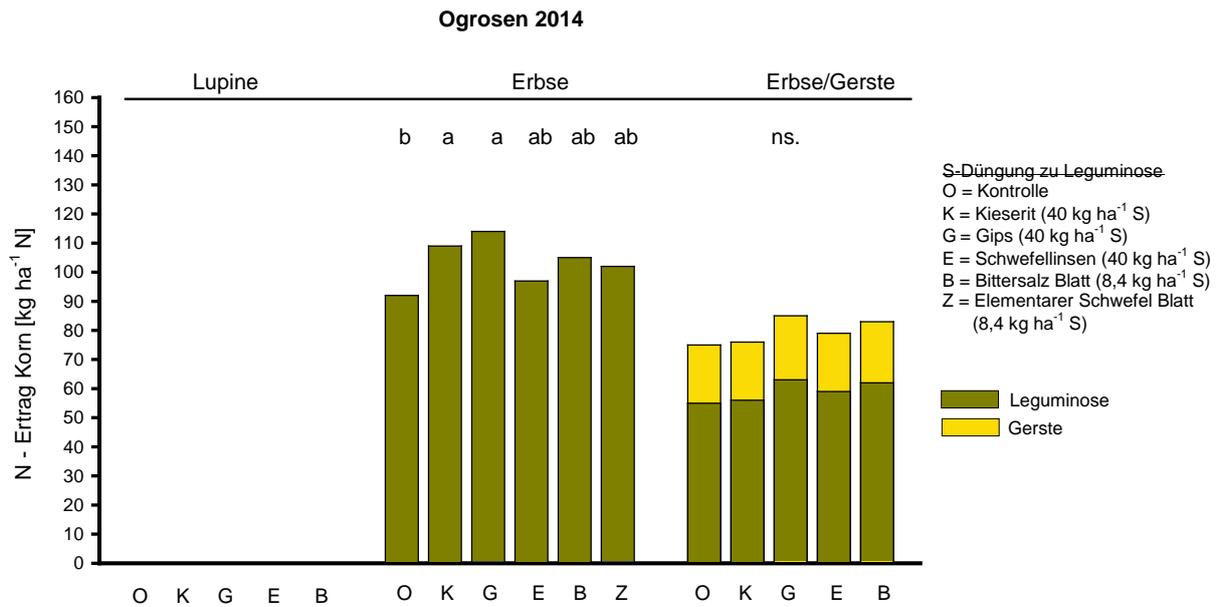


Abb. 133: N-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Ogrofen im Jahr 2014

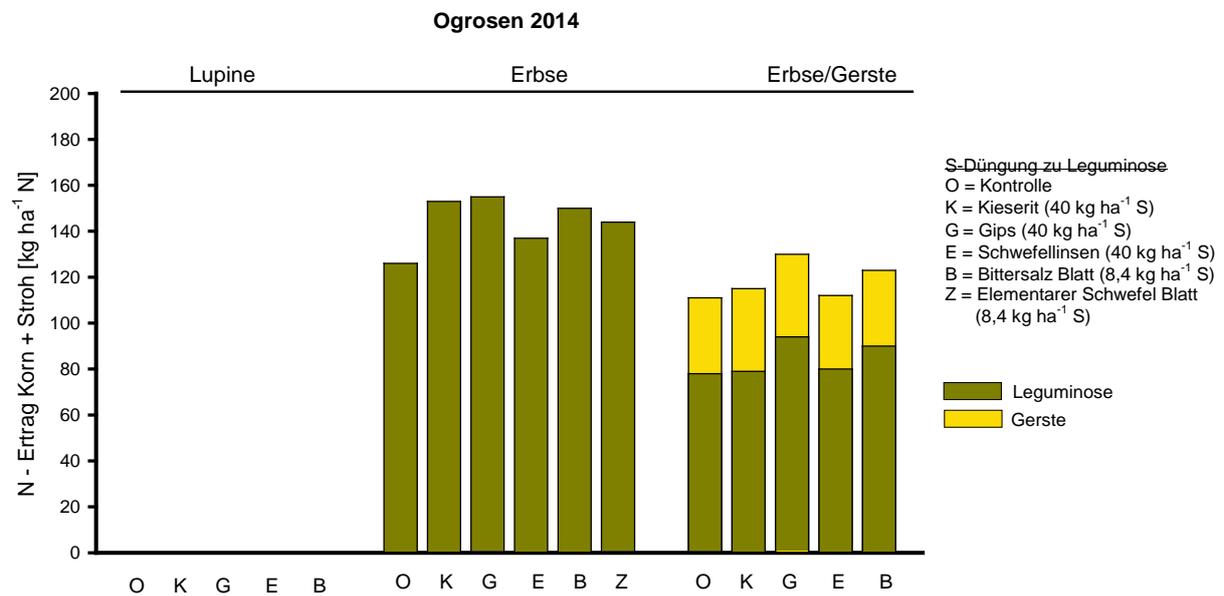


Abb. 134: N-Ertrag im Spross zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Ogrofen im Jahr 2014

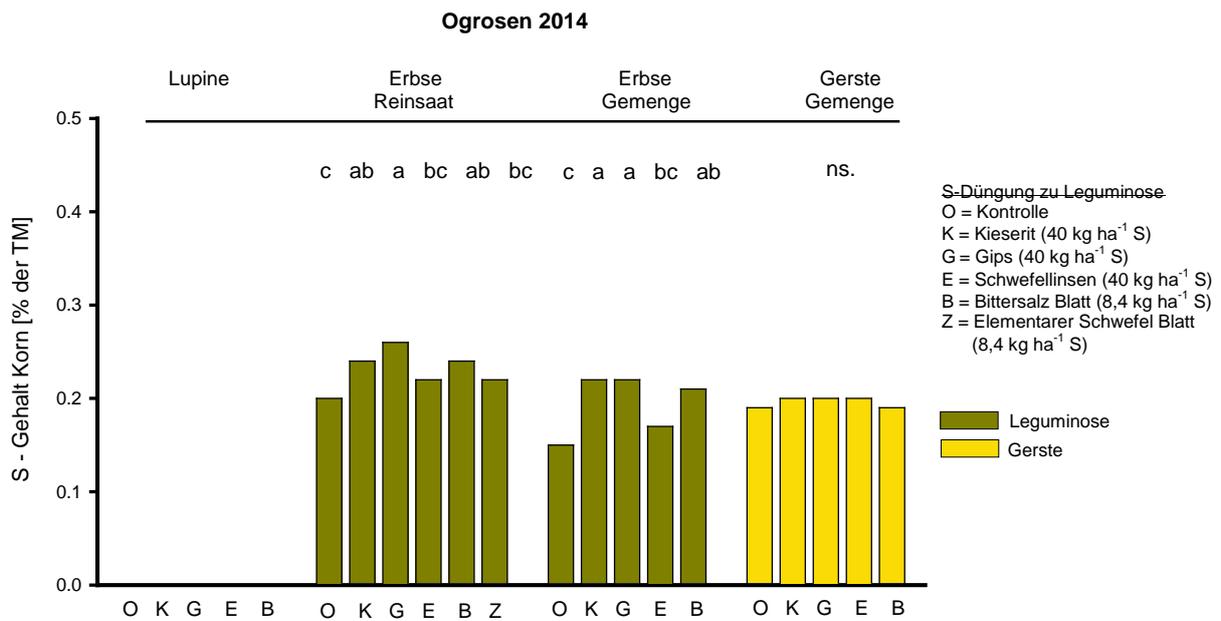


Abb. 135: S-Gehalt im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Ogrofen im Jahr 2014

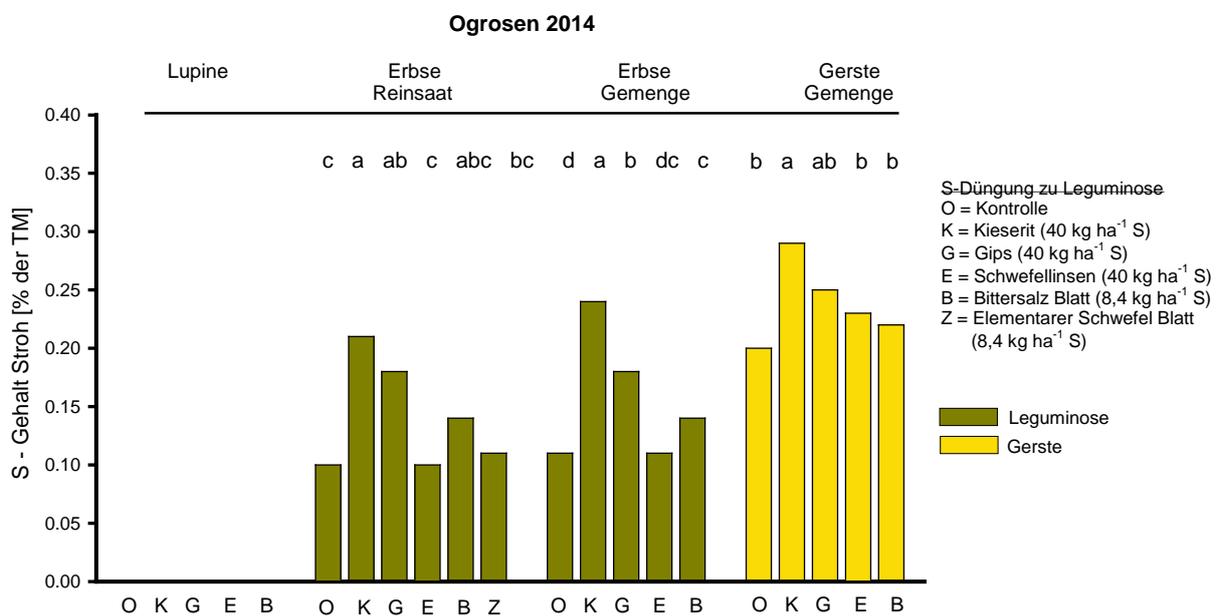


Abb. 136: S-Gehalt im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Ogrofen im Jahr 2014

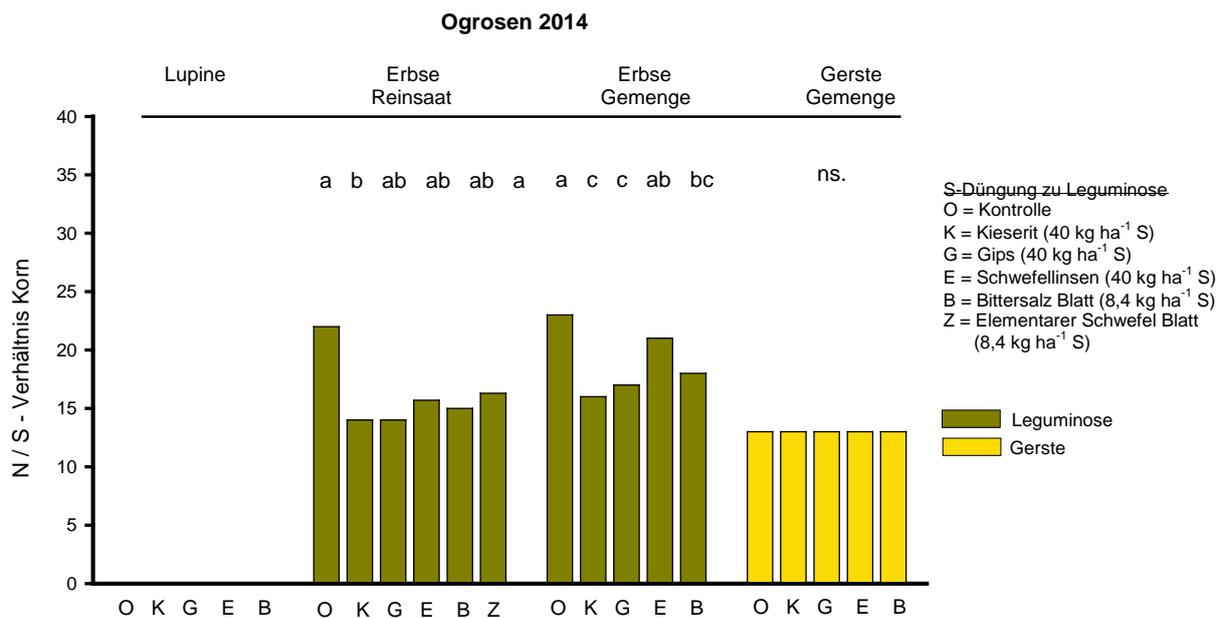


Abb. 137: N/S-Verhältnis im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Ogrosen im Jahr 2014

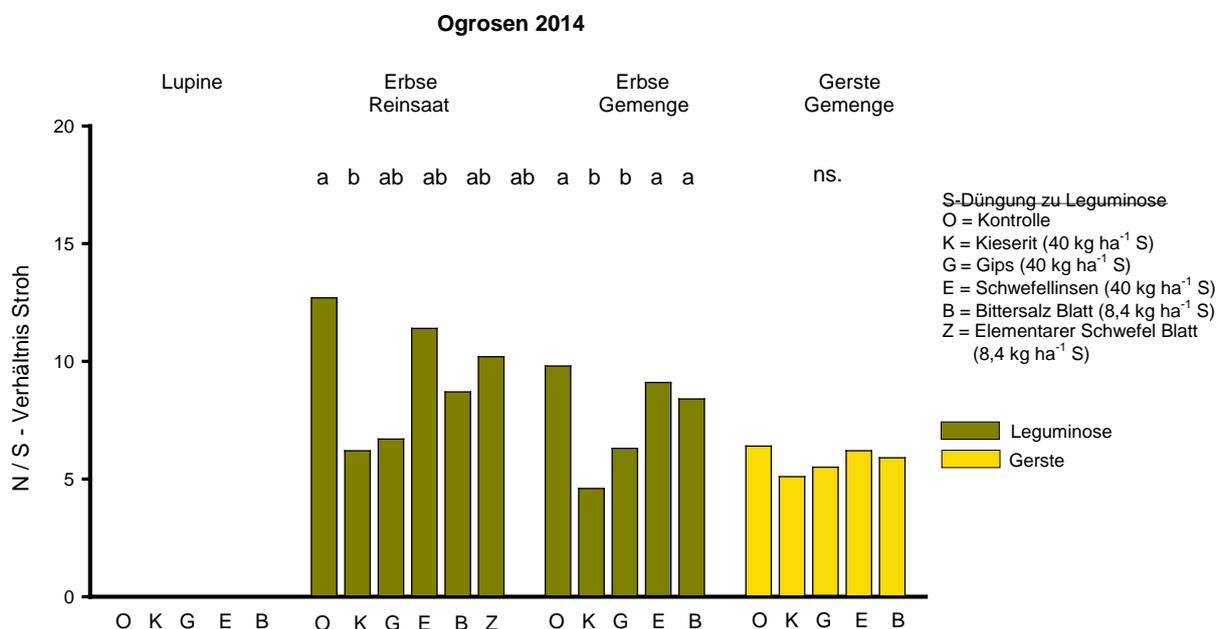


Abb. 138: N/S-Verhältnis im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Ogrosen im Jahr 2014

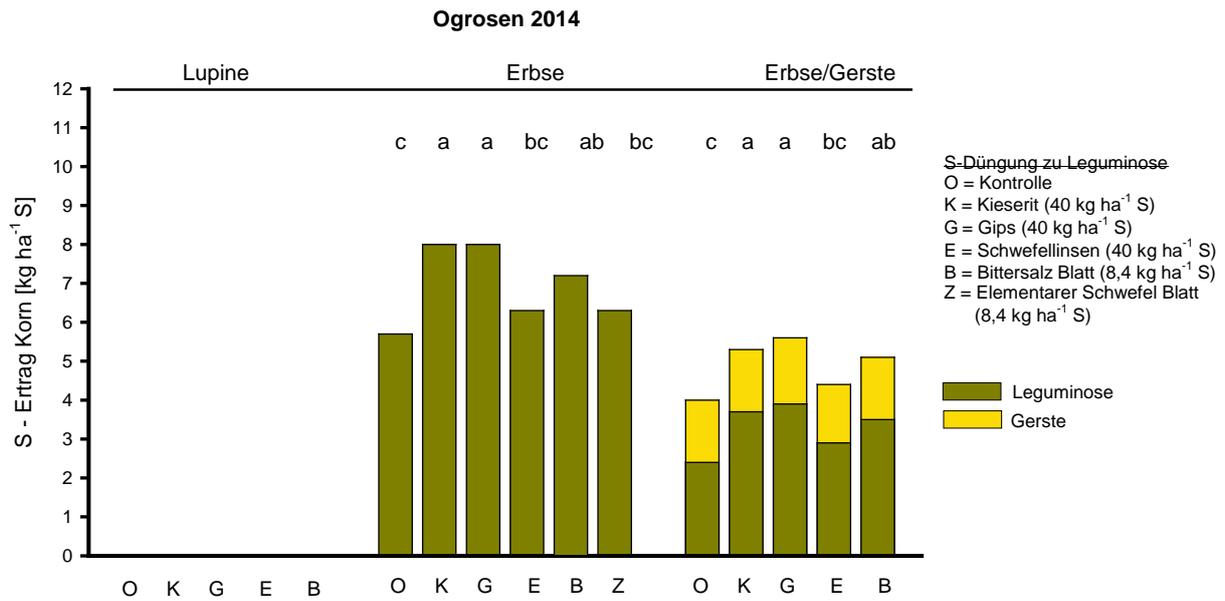


Abb. 139: S-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Ogrosen im Jahr 2014

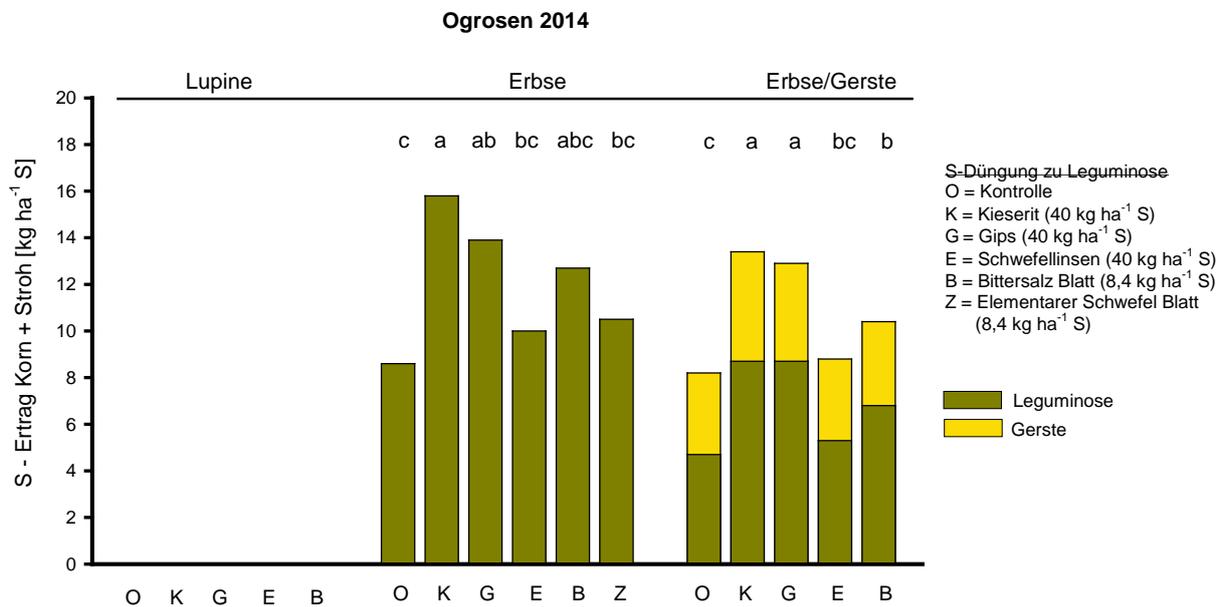


Abb. 140: S-Ertrag im Spross zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Ogrosen im Jahr 2014

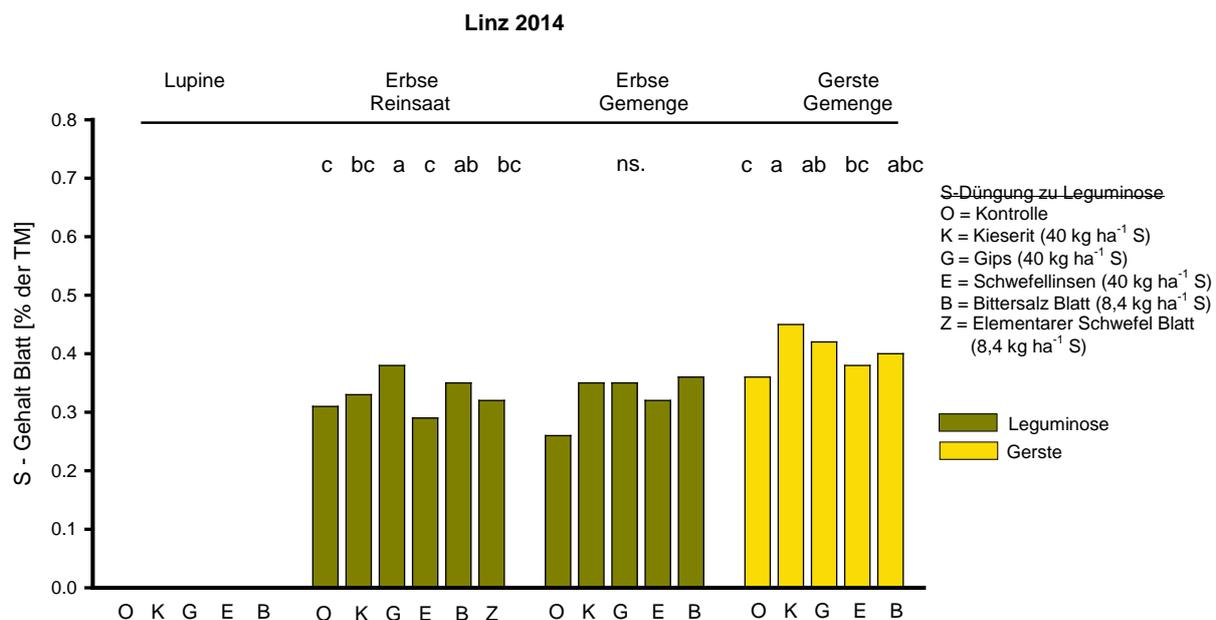


Abb. 141: S-Gehalt im jüngsten entfaltetem Blatt zur Blüte der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Linz im Jahr 2014

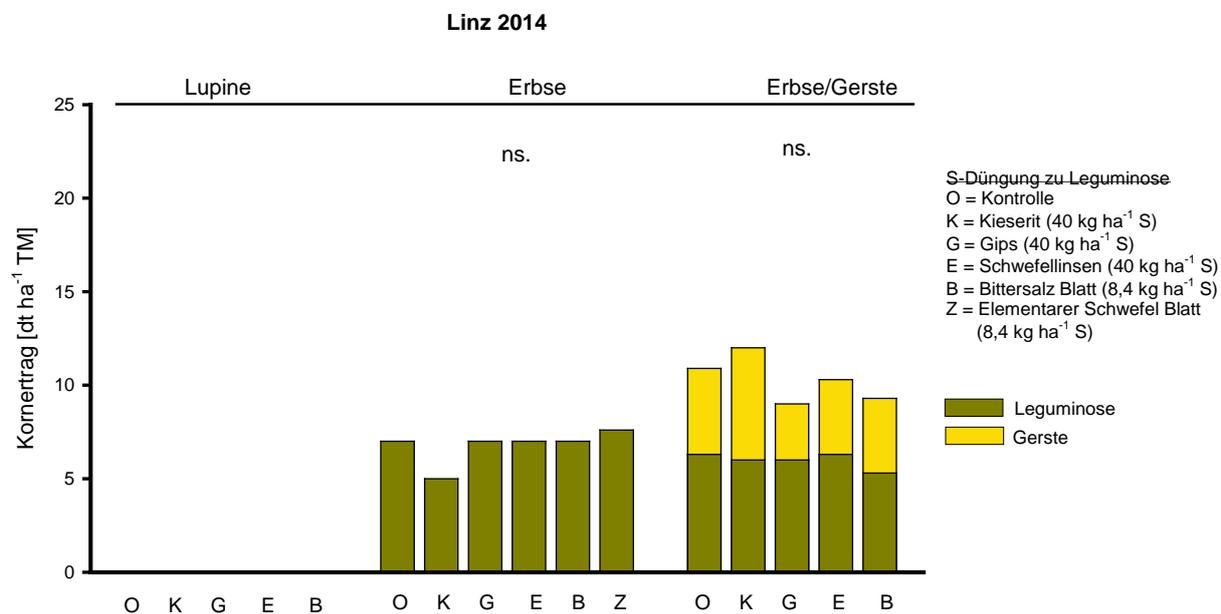


Abb. 142: Korntrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Linz im Jahr 2014

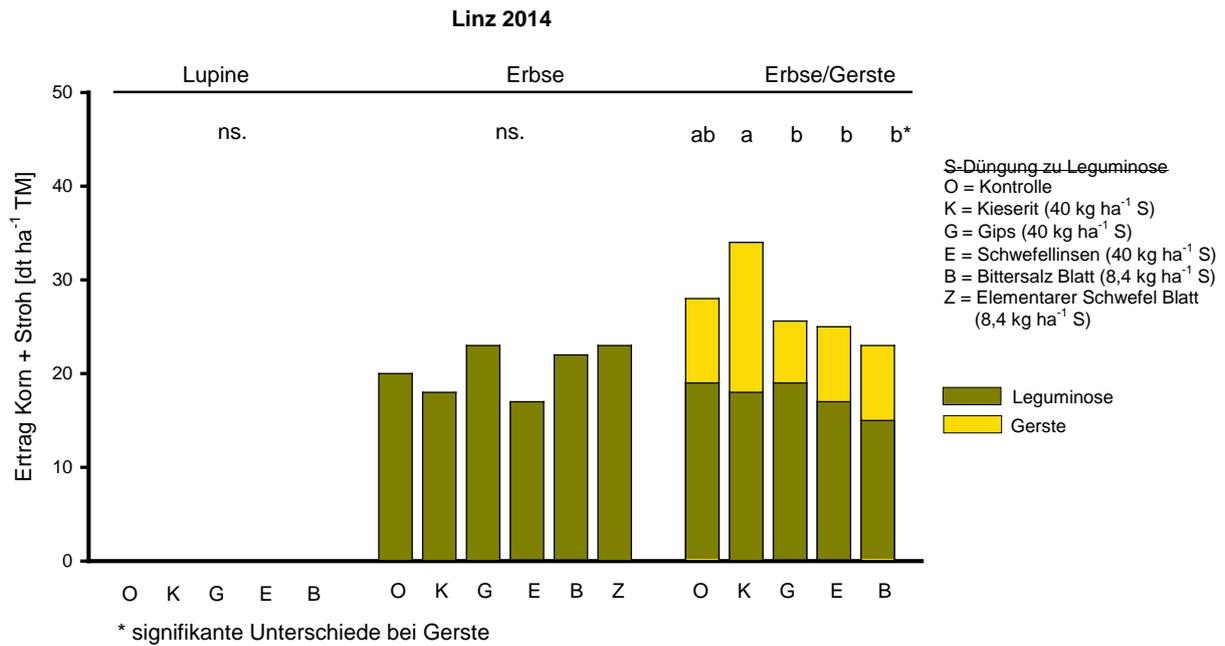


Abb. 143: Sprossertrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Linz im Jahr 2014

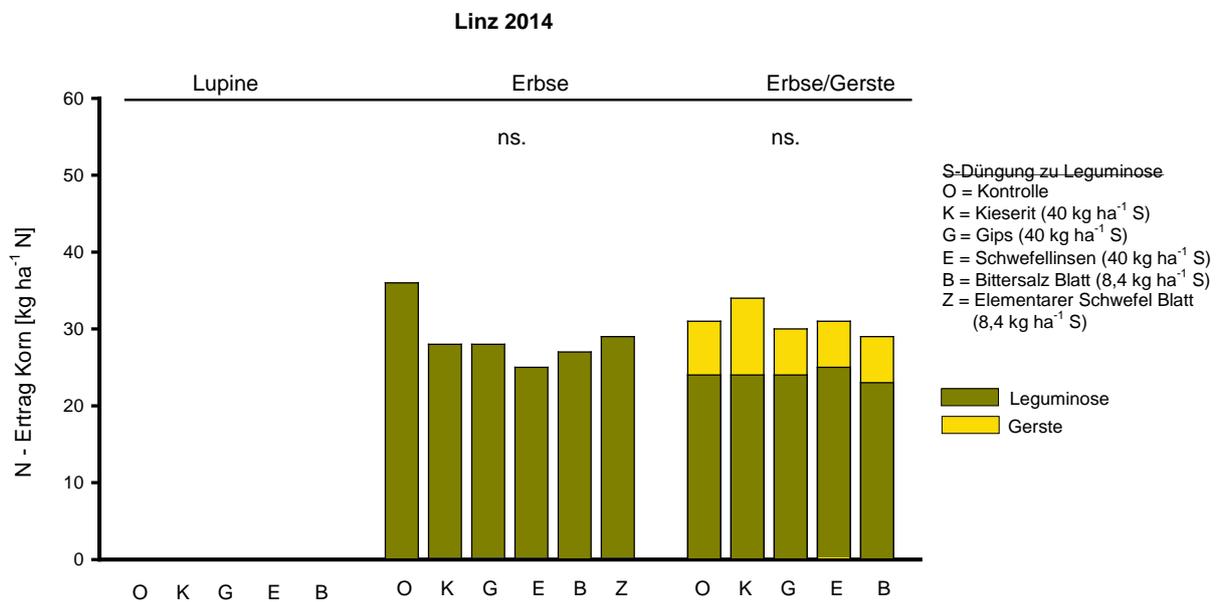


Abb. 144: N-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Linz im Jahr 2014

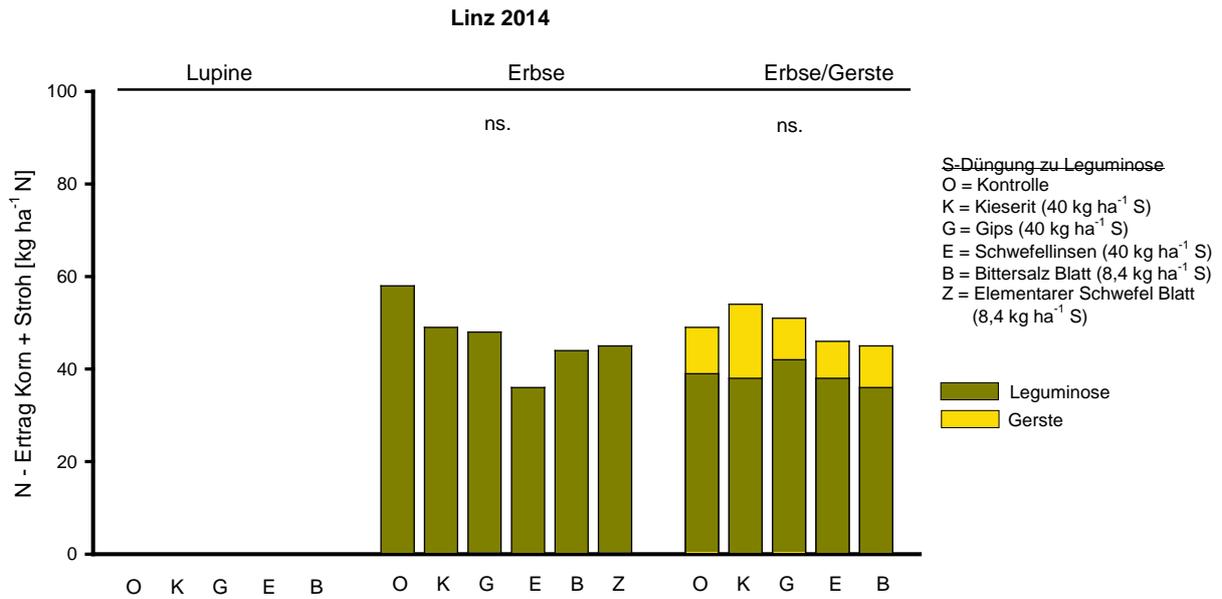


Abb. 145: N-Ertrag im Spross zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Linz im Jahr 2014

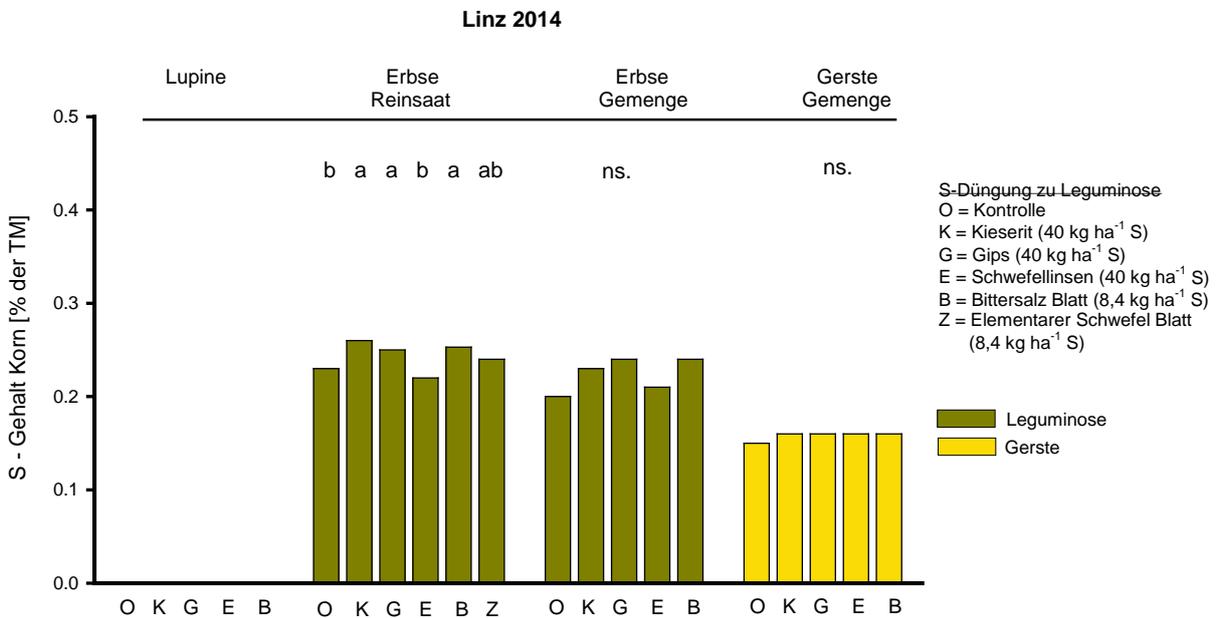


Abb. 146: S-Gehalt im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Linz im Jahr 2014

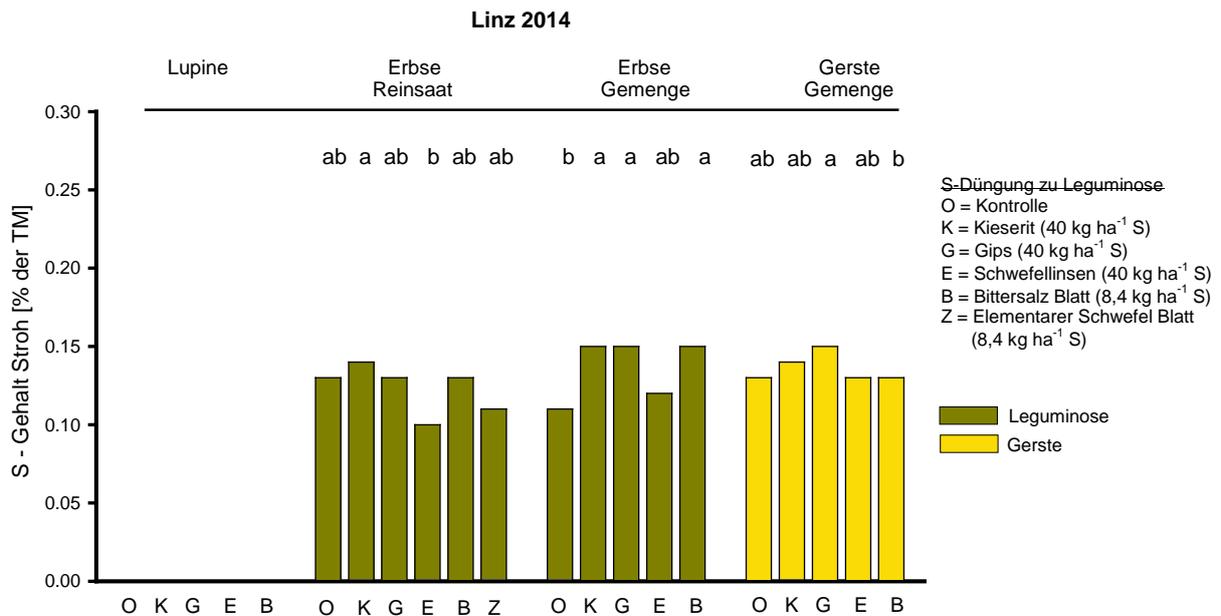


Abb. 147: S-Gehalt im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Linz im Jahr 2014

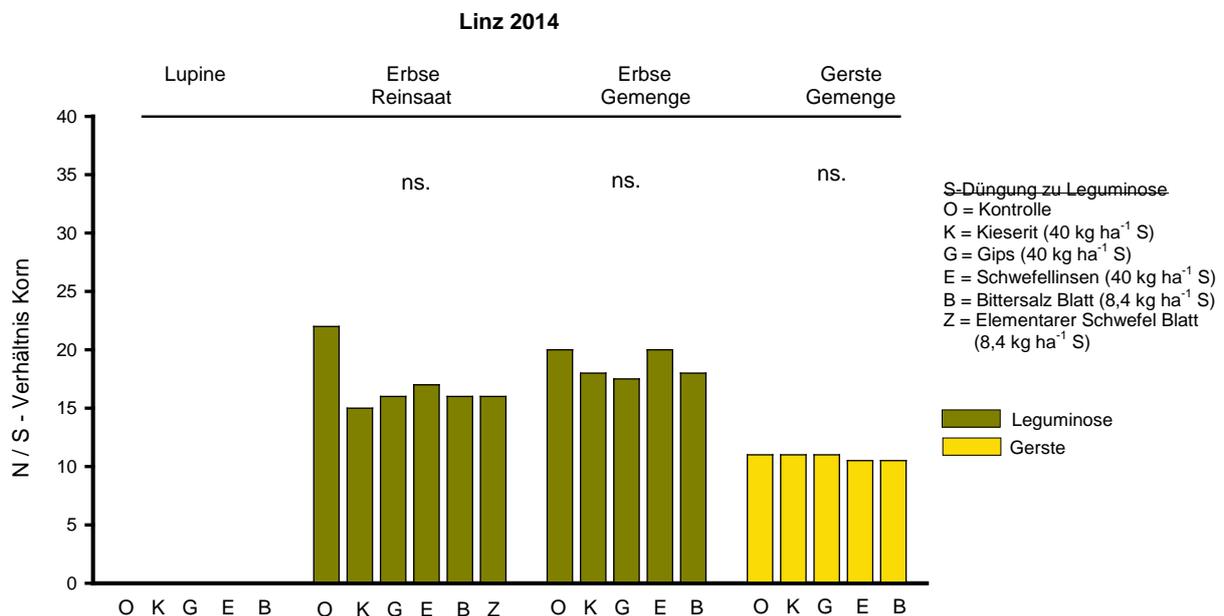


Abb. 148: N/S-Verhältnis im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Linz im Jahr 2014

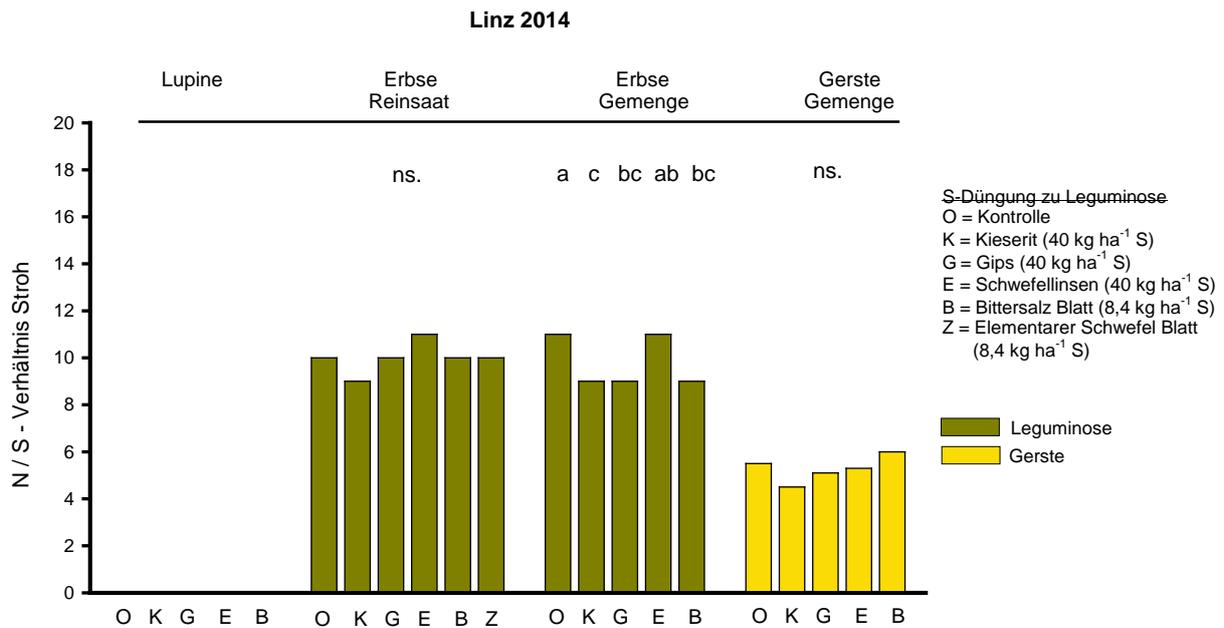


Abb. 149: N/S-Verhältnis im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Großzöbern im Jahr 2014

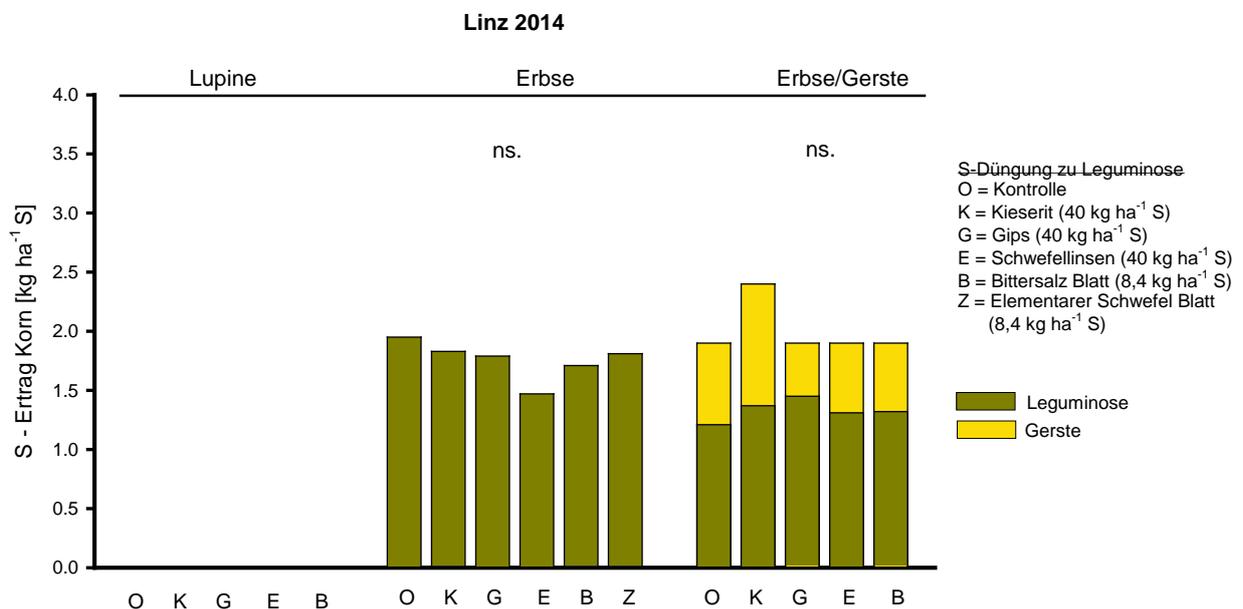


Abb. 150: S-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Linz im Jahr 2014

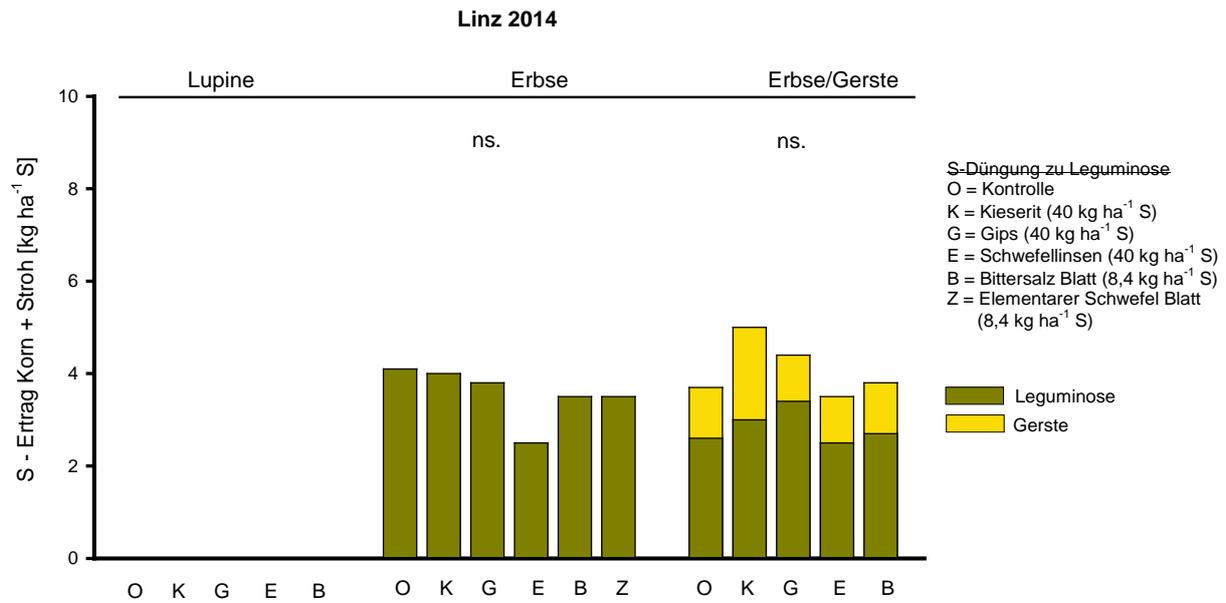


Abb. 151: S-Ertrag im Spross zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Linz im Jahr 2014

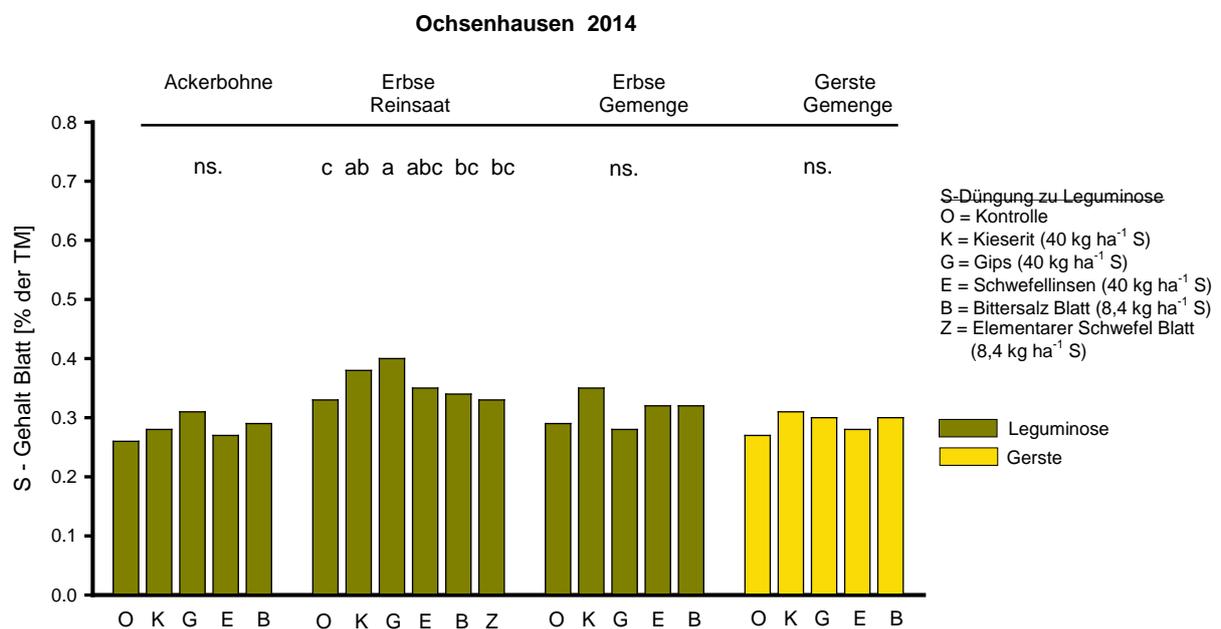


Abb. 152: S-Gehalt im jüngsten entfaltetten Blatt zur Blüte der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Ochsenhausen im Jahr 2014

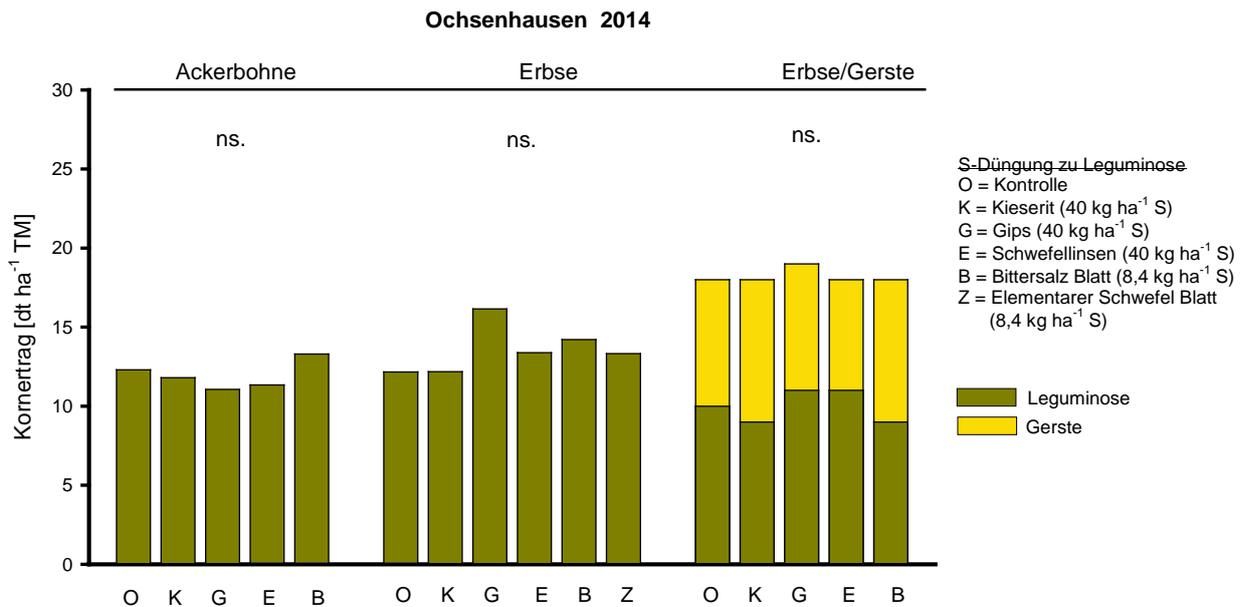


Abb. 153: Kornertrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Ochsenhausen im Jahr 2014

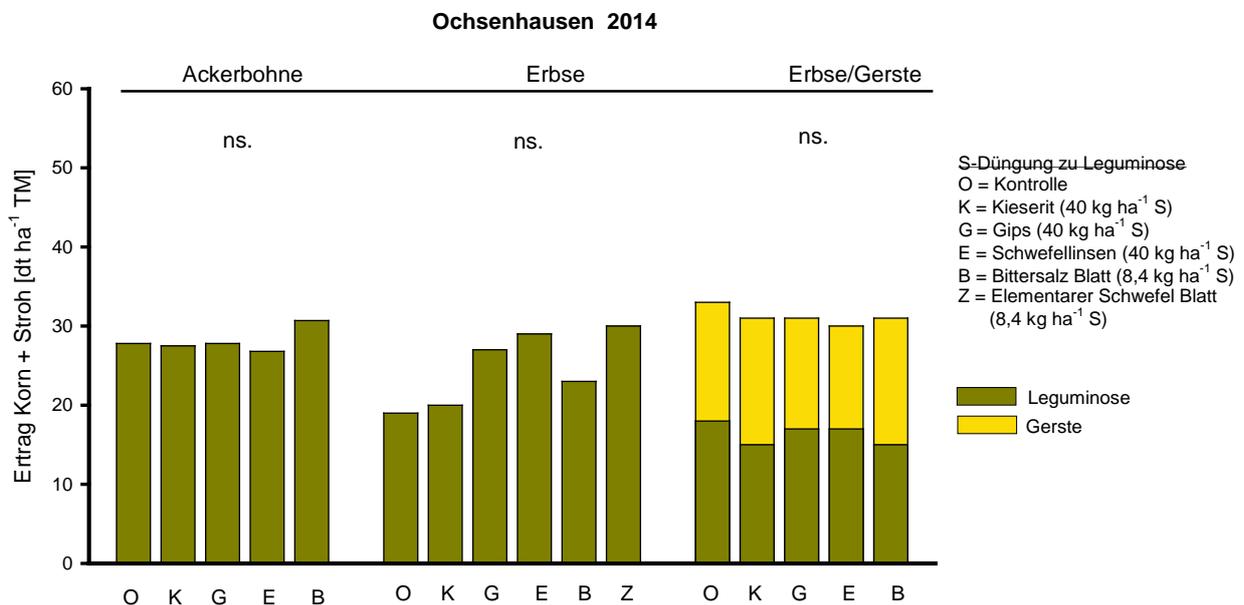


Abb. 154: Sprossertrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Ochsenhausen im Jahr 2014

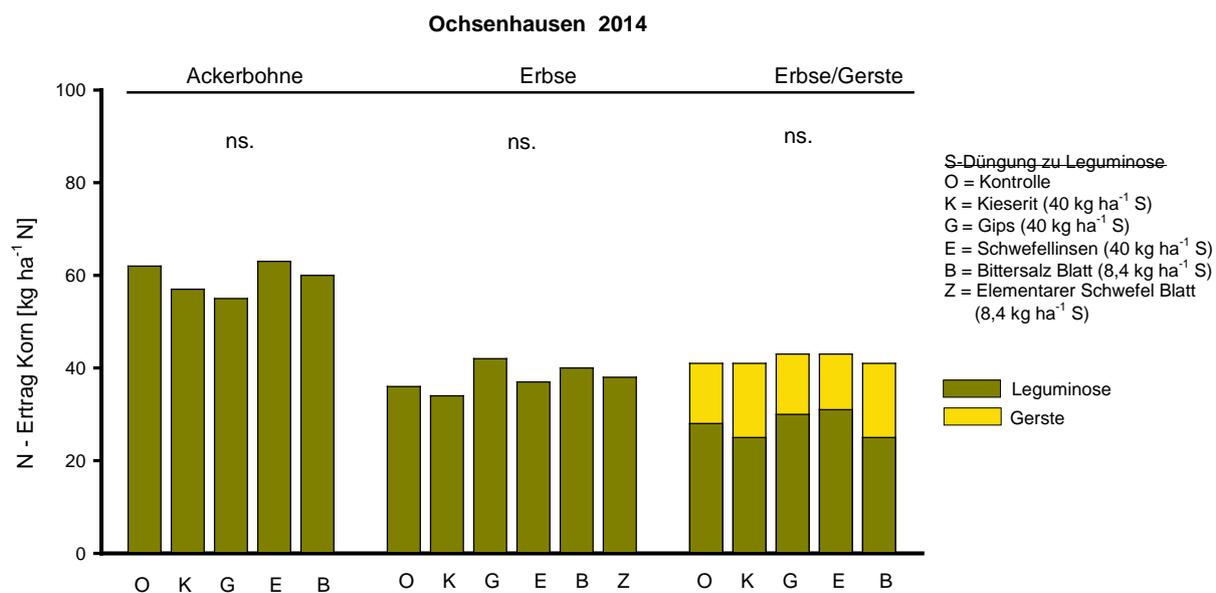


Abb. 155: N-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Ochsenhausen im Jahr 2014

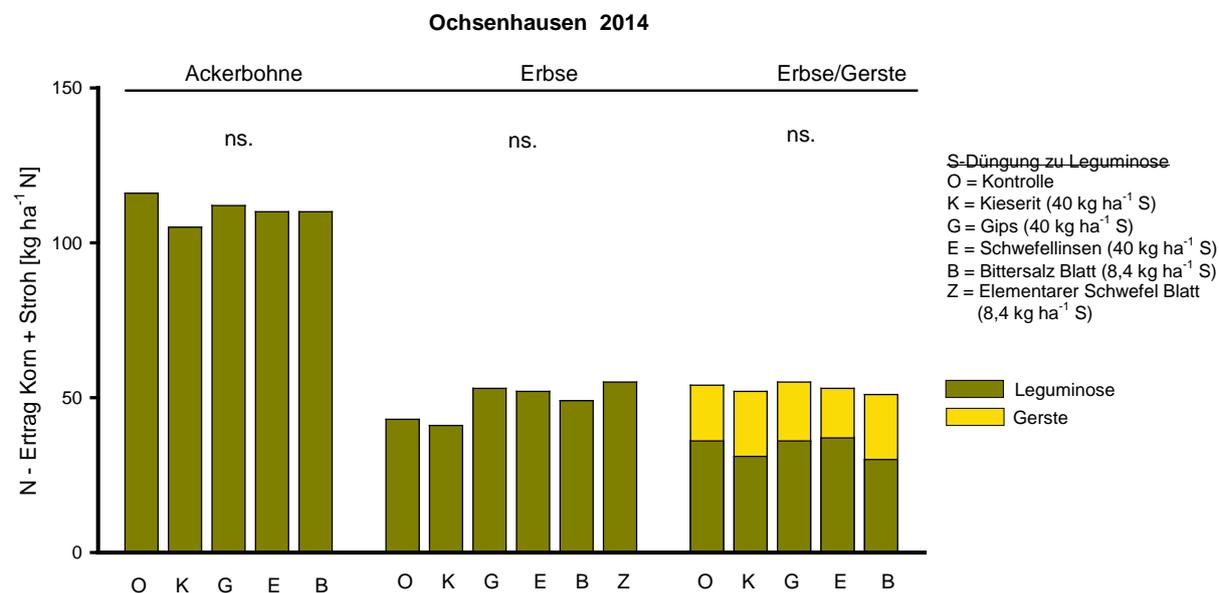


Abb. 156: N-Ertrag im Spross zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Ochsenhausen im Jahr 2014

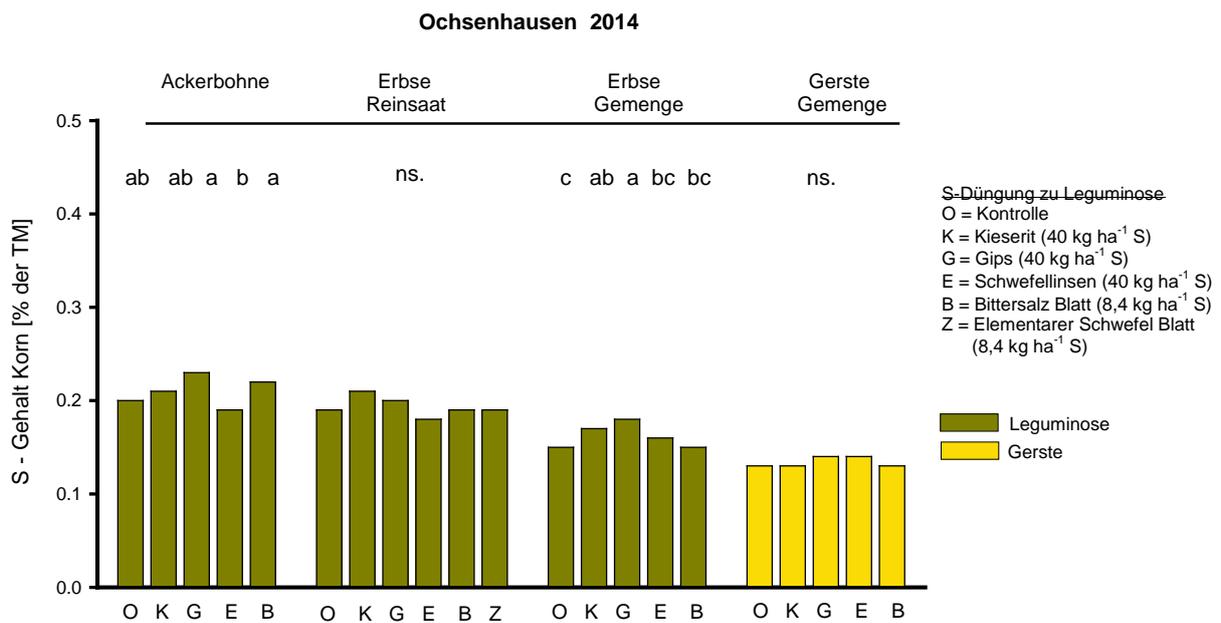


Abb. 157: S-Gehalt im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Ochsenhausen im Jahr 2014

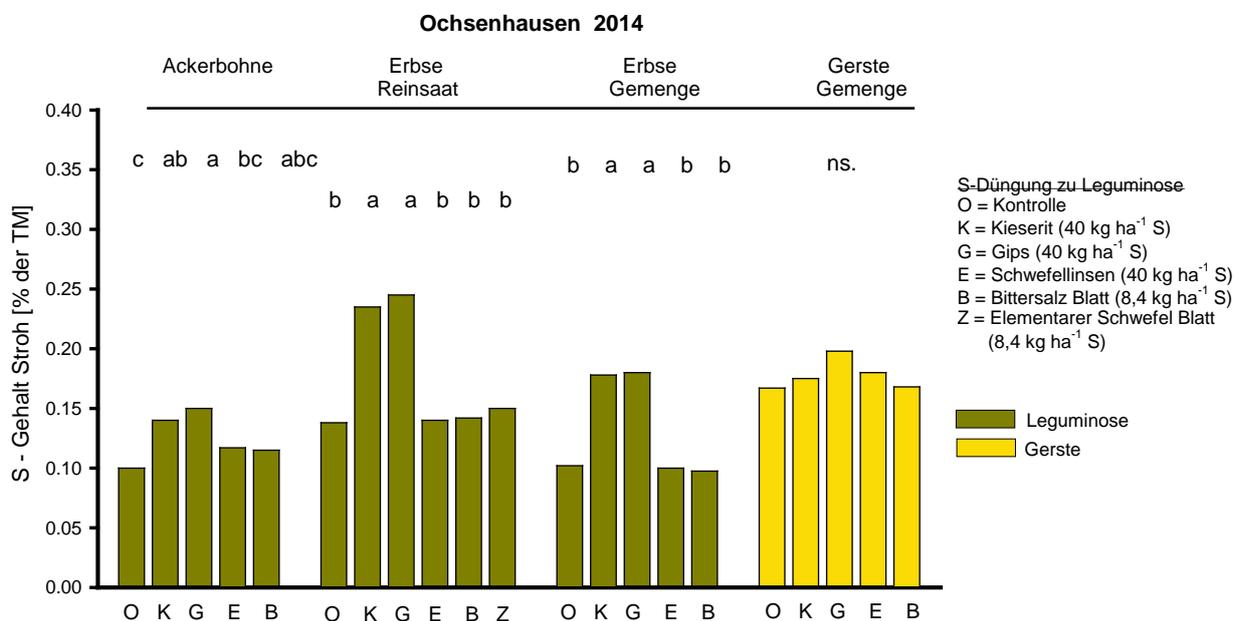


Abb. 158: S-Gehalt im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Ochsenhausen im Jahr 2014

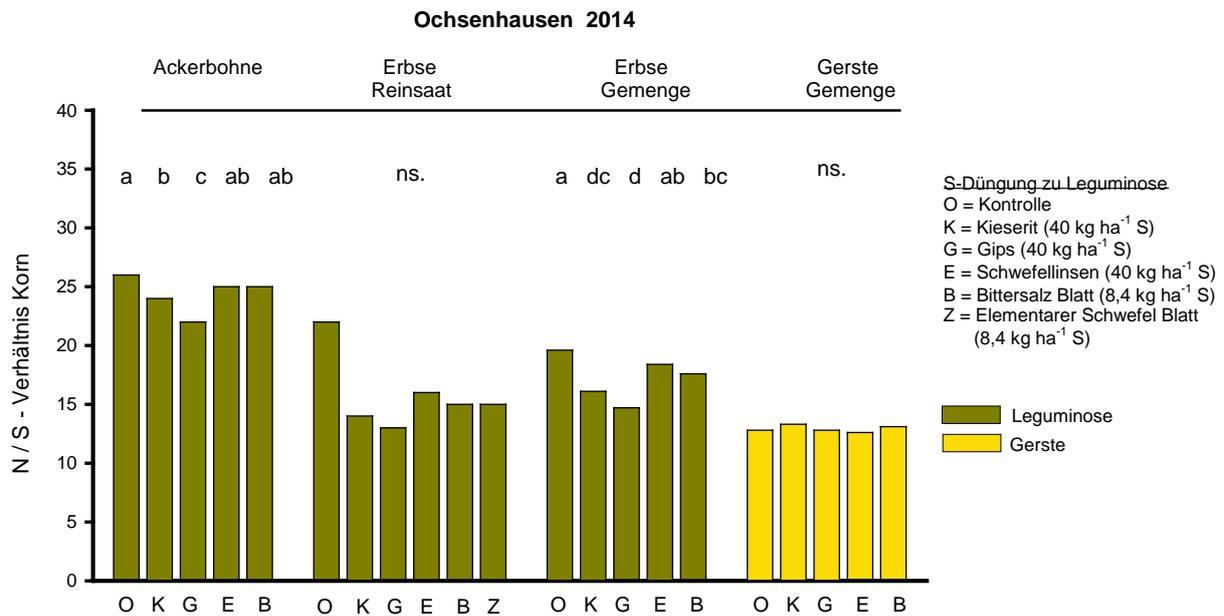


Abb. 159: N/S-Verhältnis im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Ochsenhausen im Jahr 2014

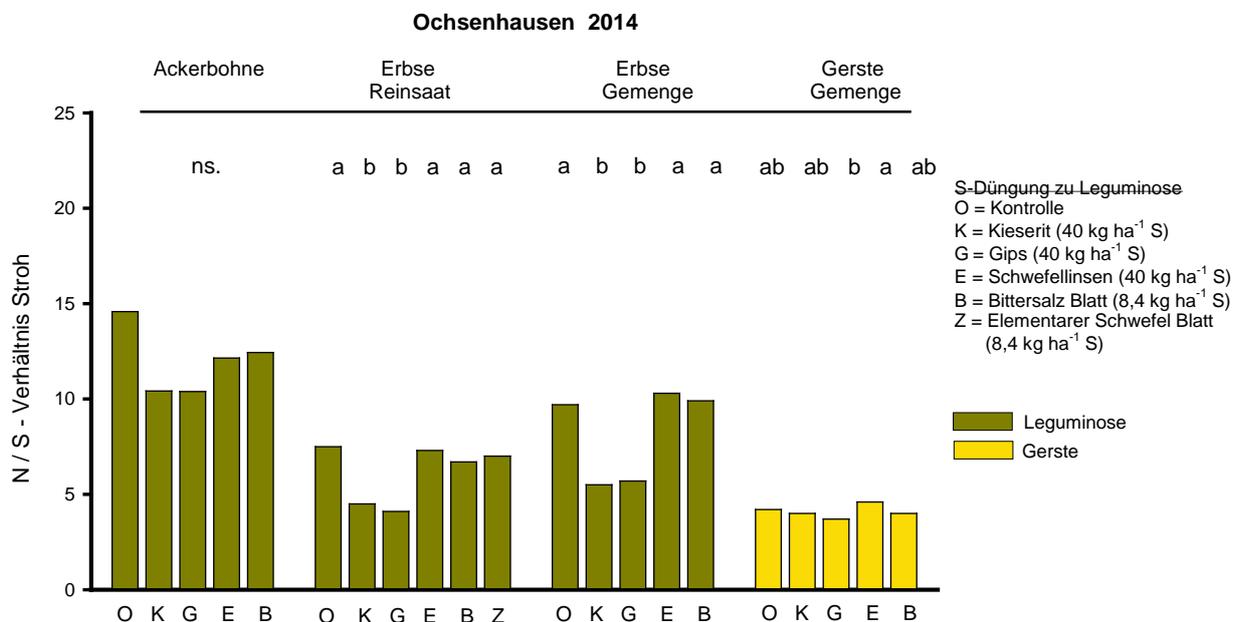


Abb. 160: N/S-Verhältnis im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Ochsenhausen im Jahr 2014

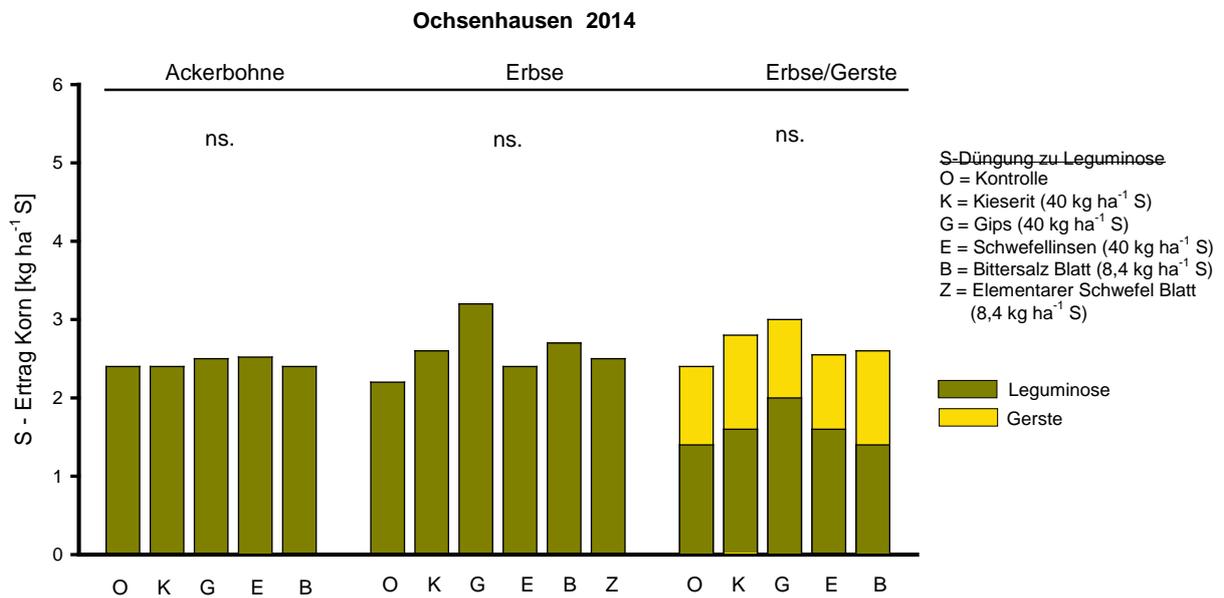


Abb. 161: S-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Ochsenhausen im Jahr 2014

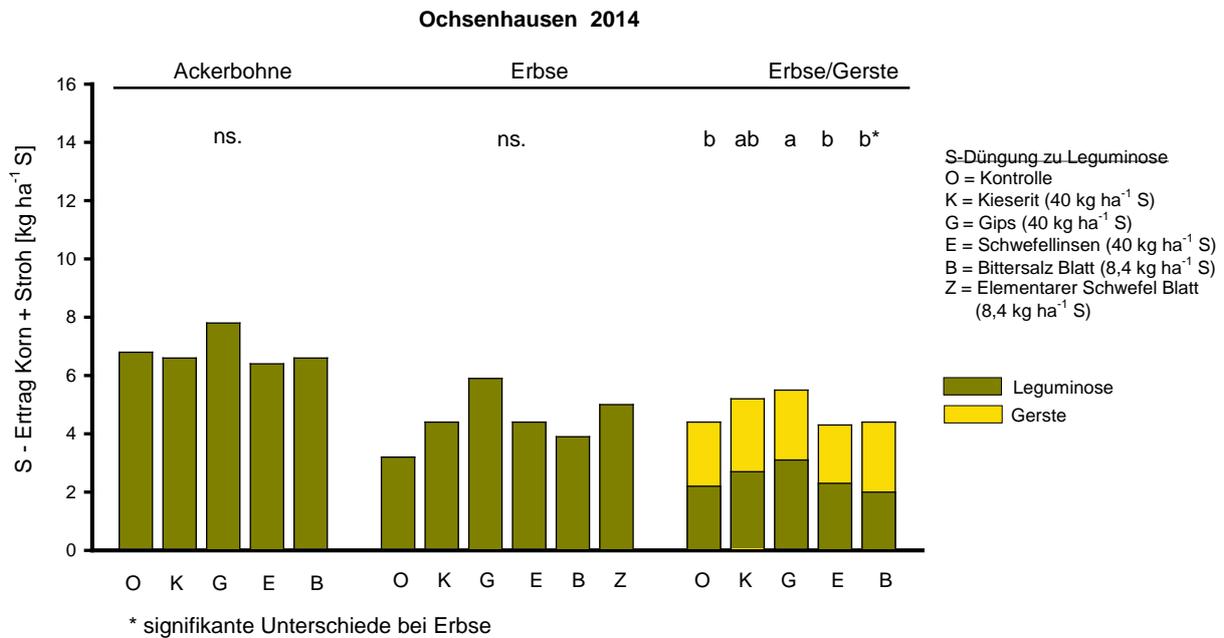


Abb. 162: S-Ertrag im Spross zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Ochsenhausen im Jahr 201

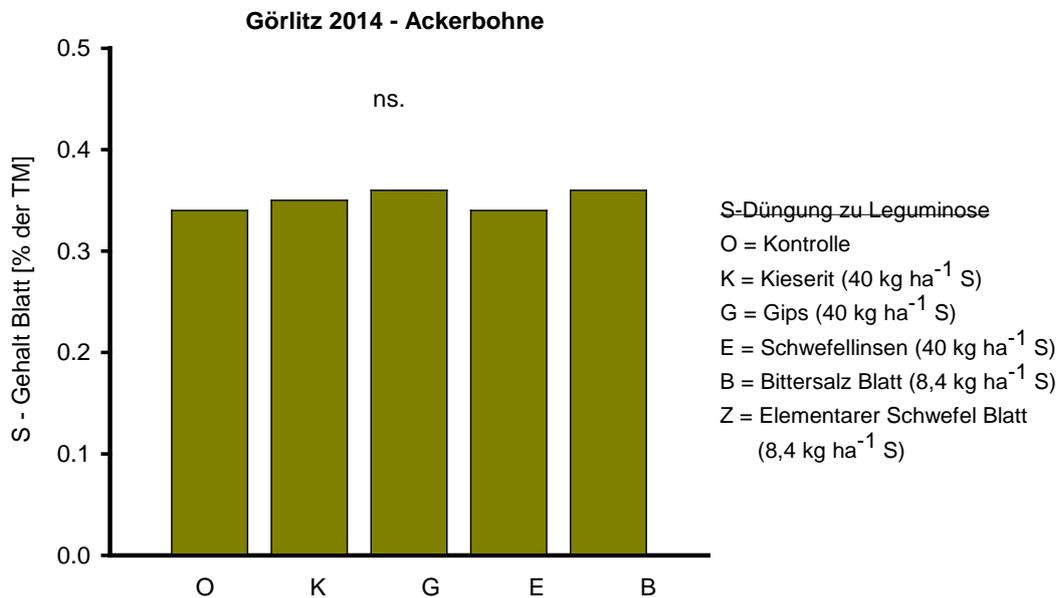


Abb. 163: S-Gehalt im jüngsten entfalteten Blatt zur Blüte der Ackerbohne am Standort Görlitz im Jahr 2014

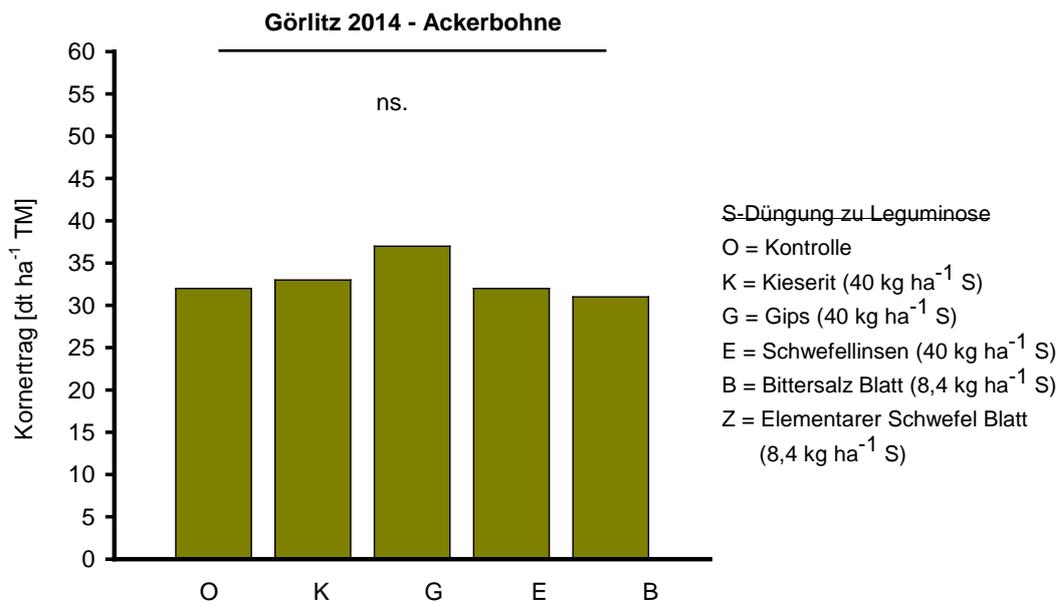


Abb. 164: Kornertrag zur Druschreife der Ackerbohne am Standort Görlitz im Jahr 2014

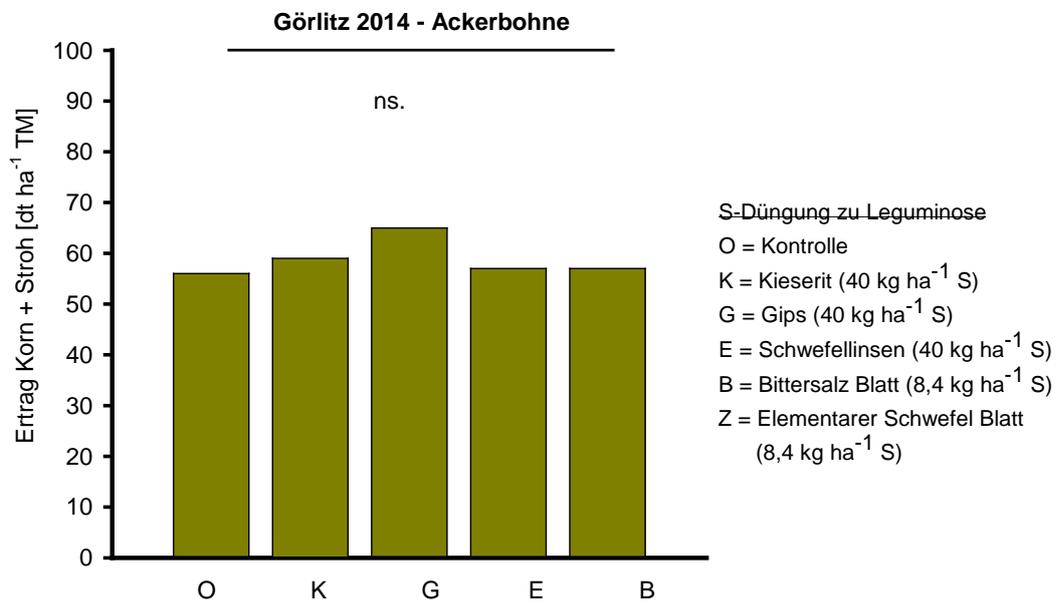


Abb. 165: Sprossertrag zur Druschreife der Ackerbohne am Standort Görlitz im Jahr 2014

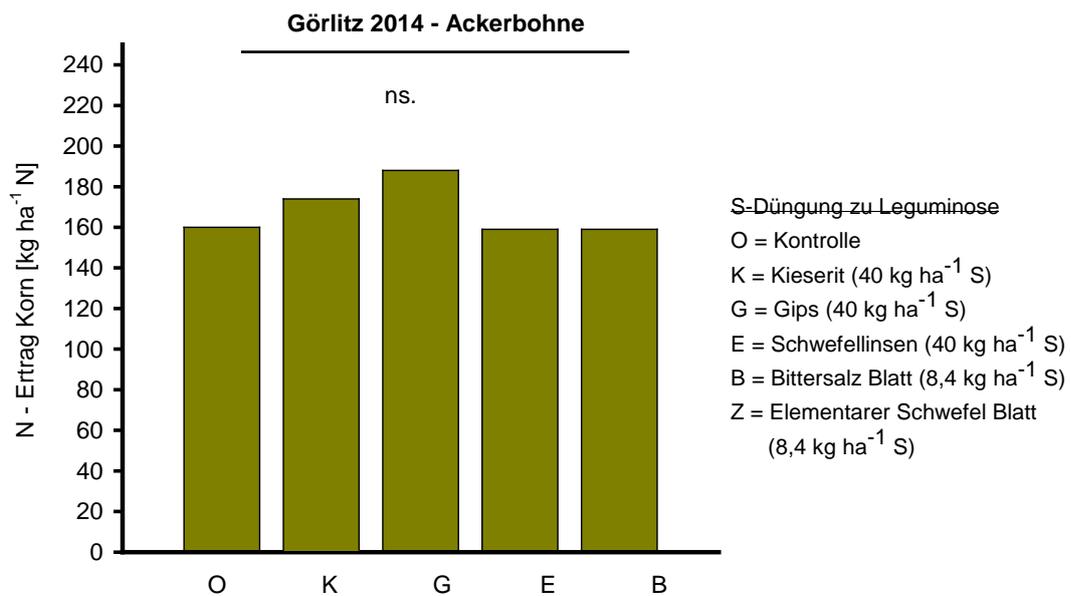


Abb. 166: N-Ertrag im Korn zur Druschreife der Ackerbohne am Standort Görlitz im Jahr 2014

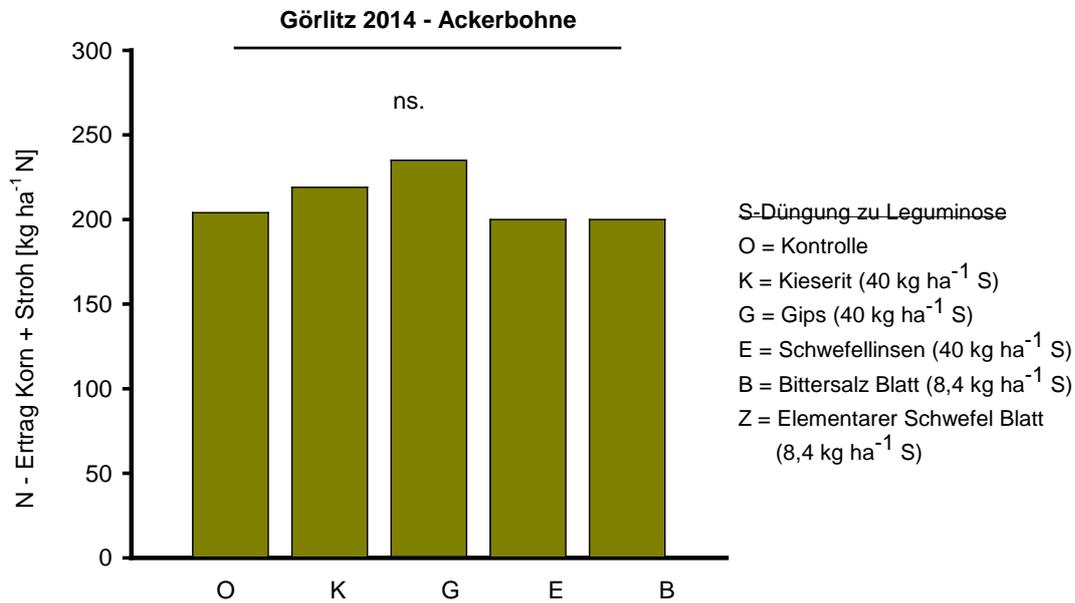


Abb. 167: N-Ertrag im Spross zur Druschreife der Ackerbohne am Standort Görlitz im Jahr 2014

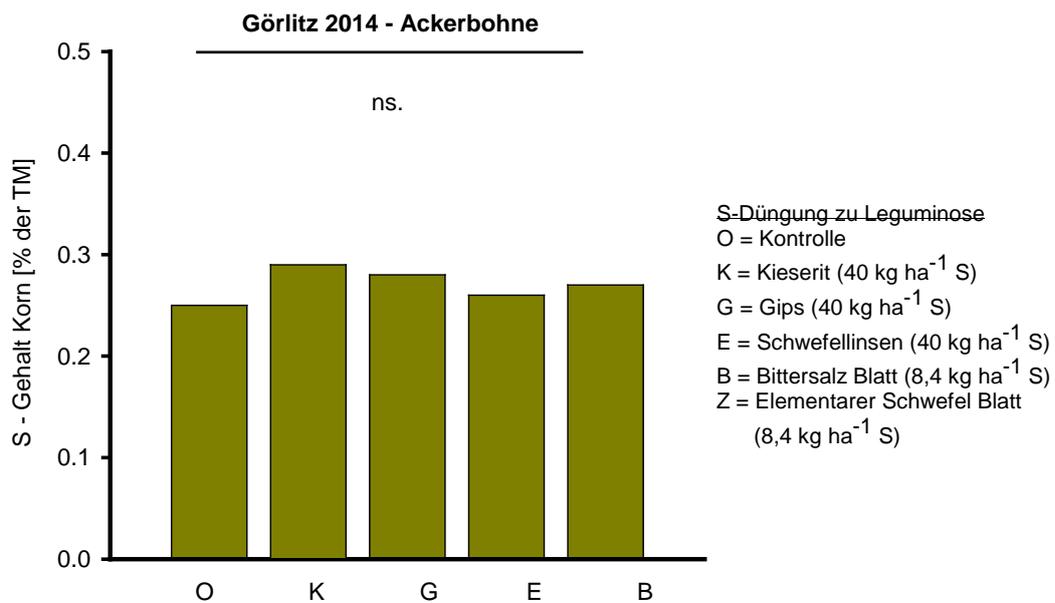


Abb. 168: S-Gehalt im Korn zur Druschreife der Ackerbohne am Standort Görlitz im Jahr 2014

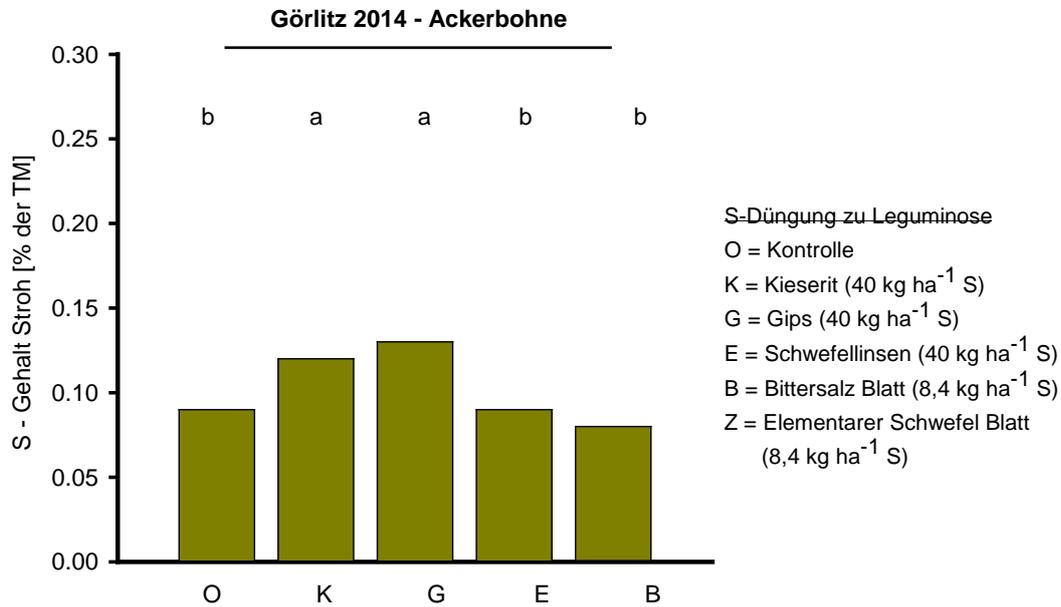


Abb. 169: S-Gehalt im Stroh zur Druschreife der Ackerbohne am Standort Görlitz im Jahr 2014

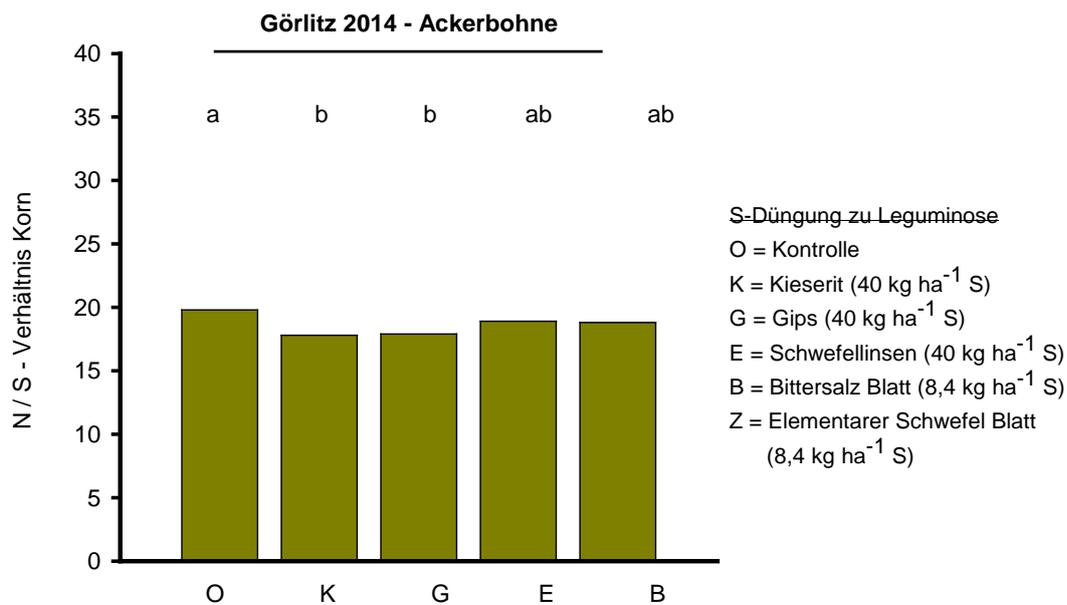


Abb. 170: N/S-Verhältnis im Korn zur Druschreife der Ackerbohne am Standort Görlitz im Jahr 2014

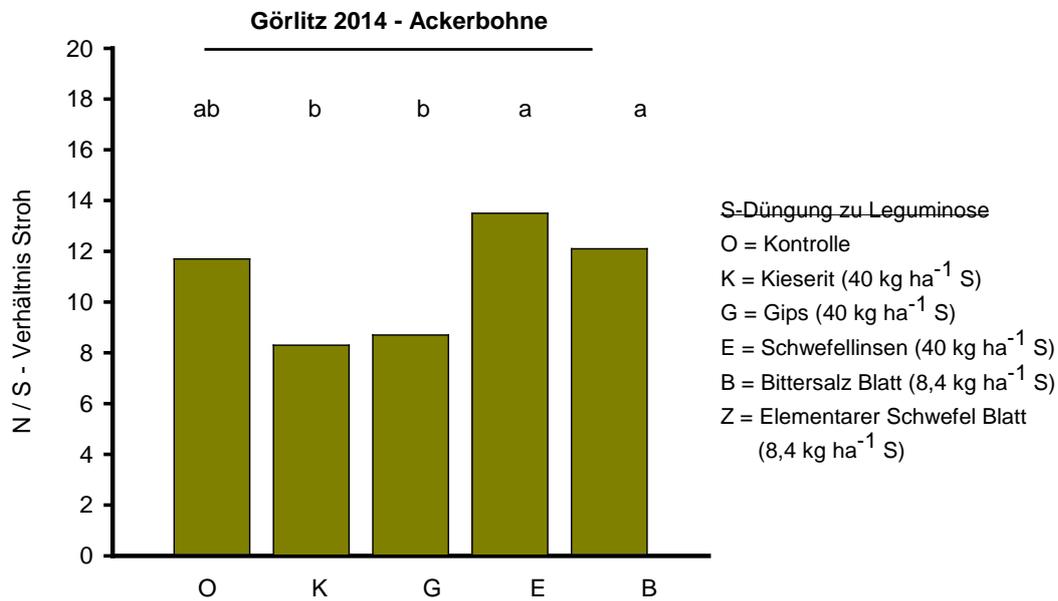


Abb. 171: N/S-Verhältnis im Stroh zur Druschreife der Ackerbohne am Standort Görlitz im Jahr 2014

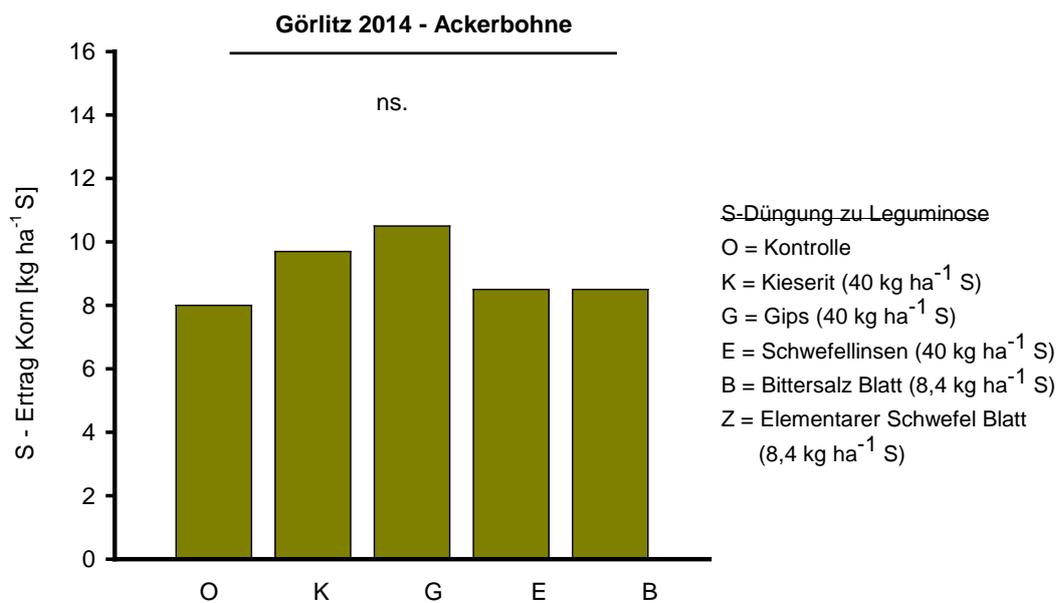


Abb. 172: S-Ertrag im Korn zur Druschreife der Ackerbohne am Standort Görlitz im Jahr 2014

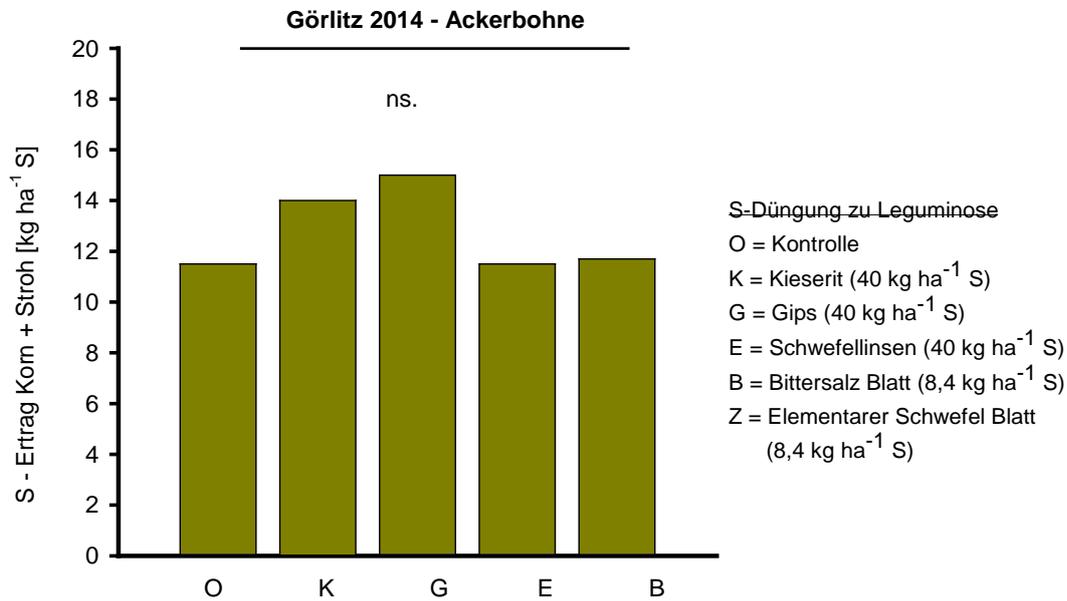


Abb. 173: S-Ertrag im Spross zur Druschreife der Ackerbohne am Standort Görlitz im Jahr 2014

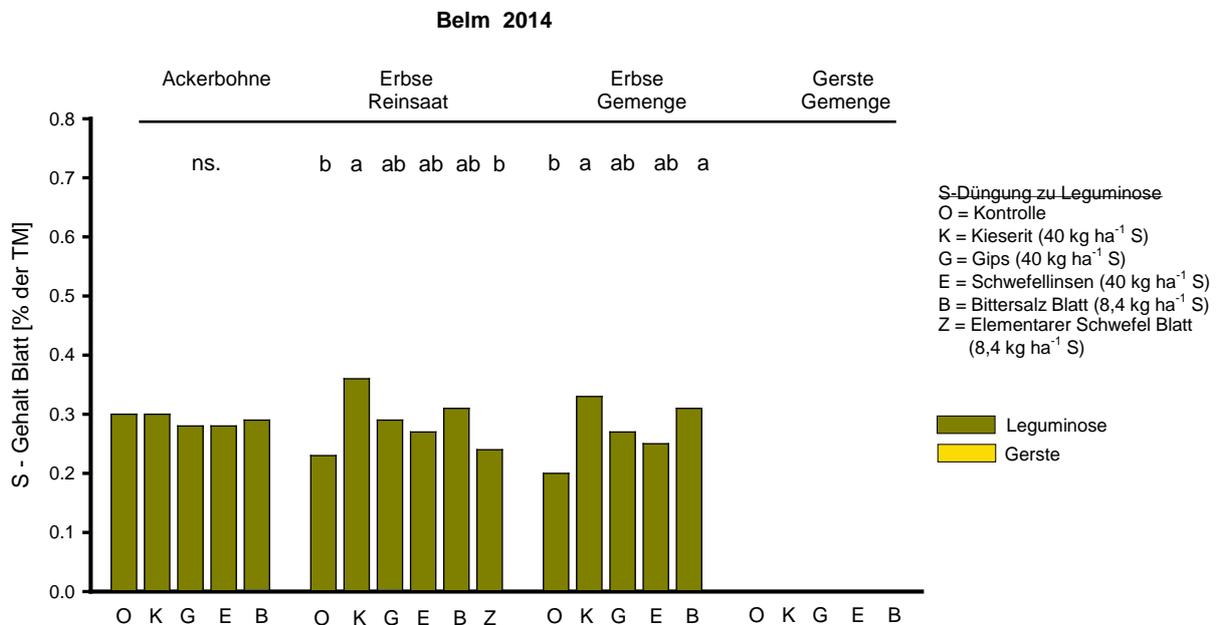


Abb. 174: S-Gehalt im jüngsten entfalteten Blatt zur Blüte der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Belm im Jahr 2014

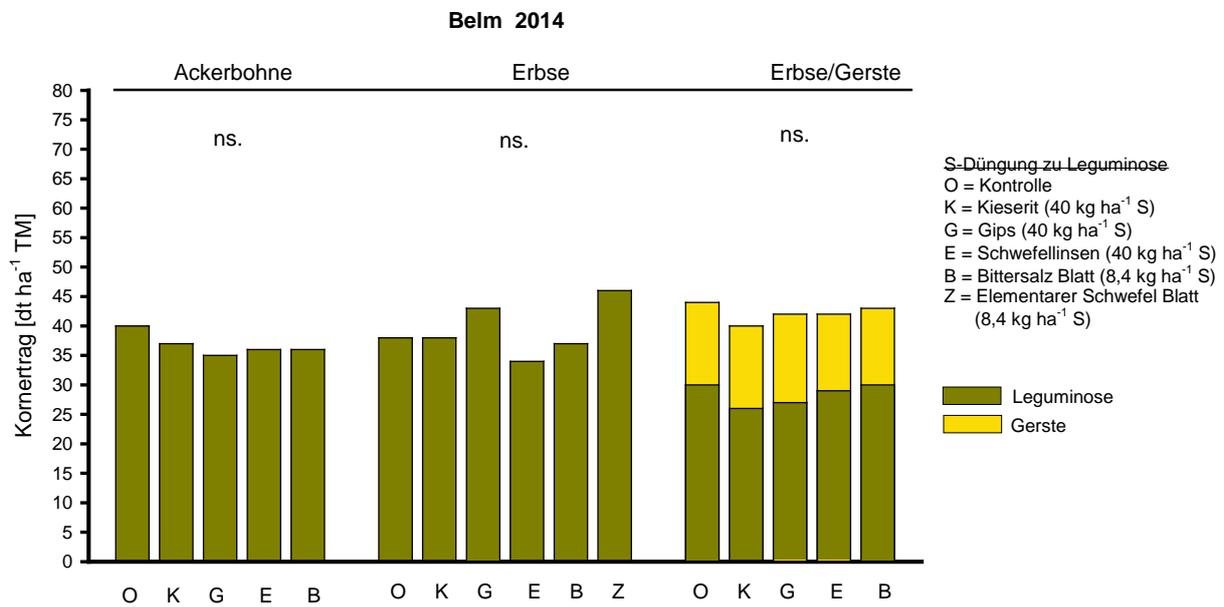


Abb. 175: Kornertrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Belm im Jahr 2014

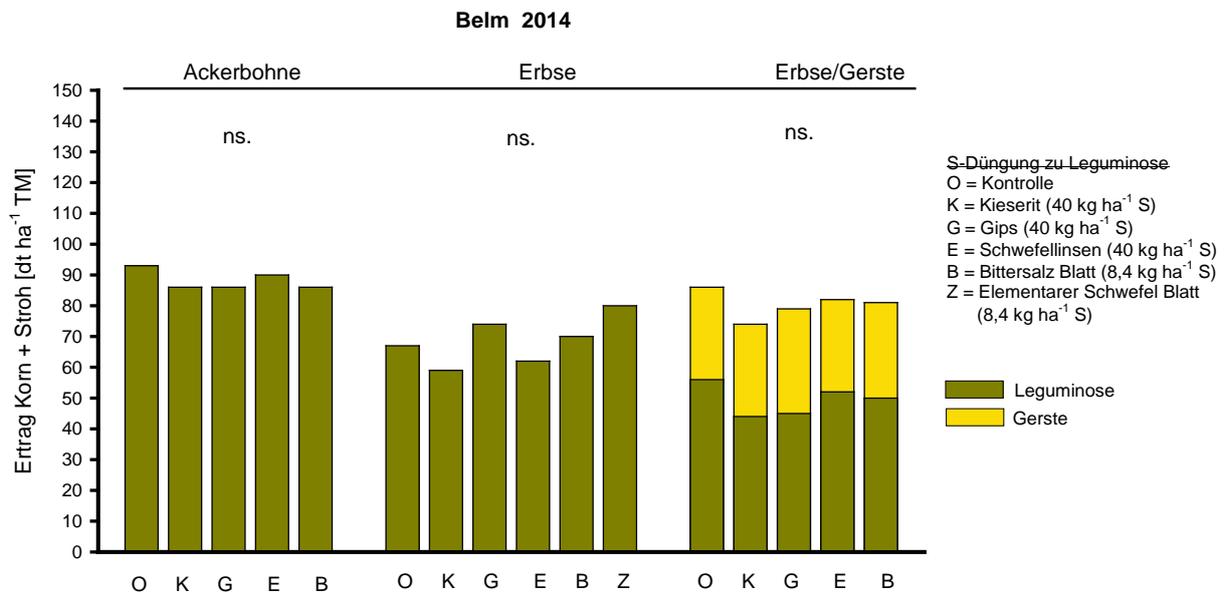


Abb. 176: Sprossertrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Belm im Jahr 2014

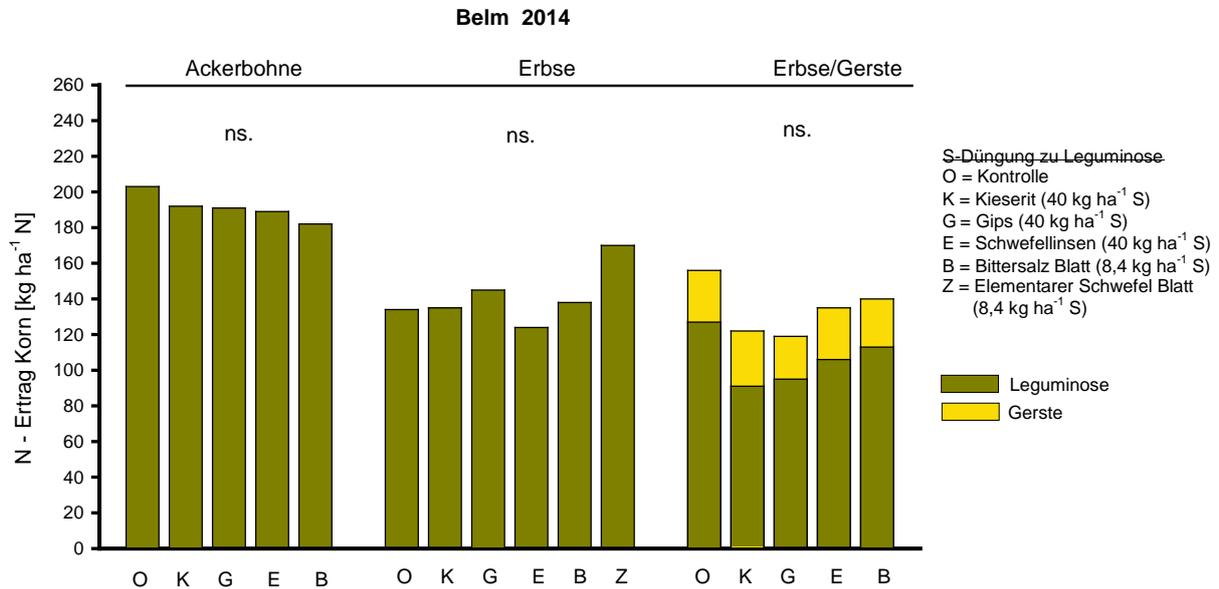


Abb. 177: N-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Belm im Jahr 2014

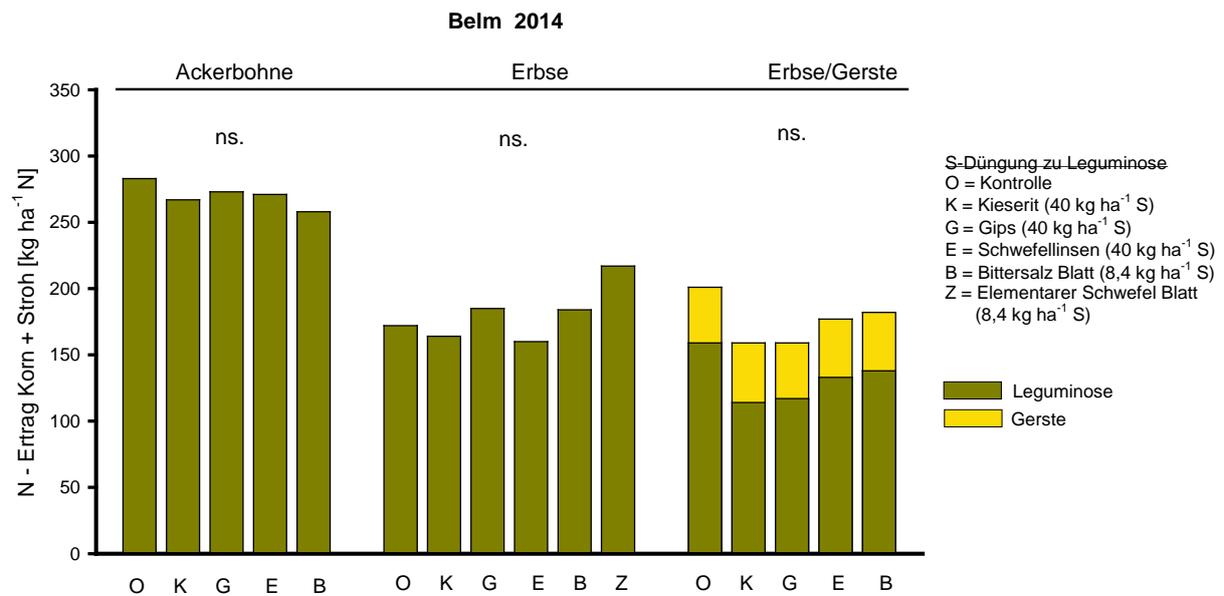


Abb. 178: N-Ertrag im Spross zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Belm im Jahr 2014

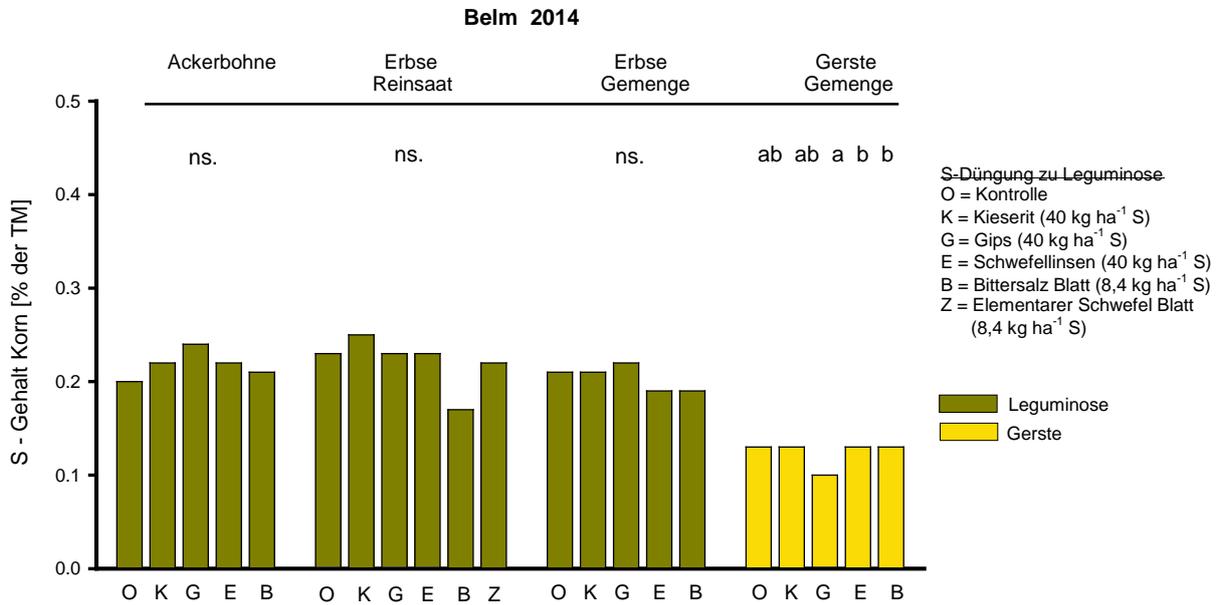


Abb. 179: S-Gehalt im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Belm im Jahr 2014

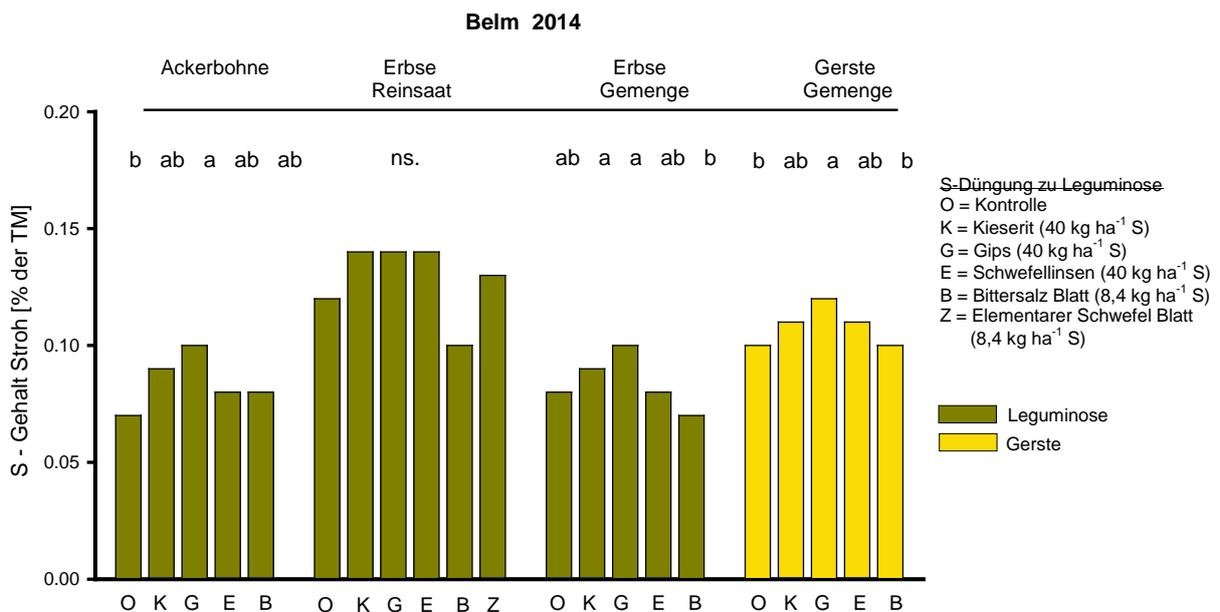


Abb. 180: S-Gehalt im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Belm im Jahr 2014

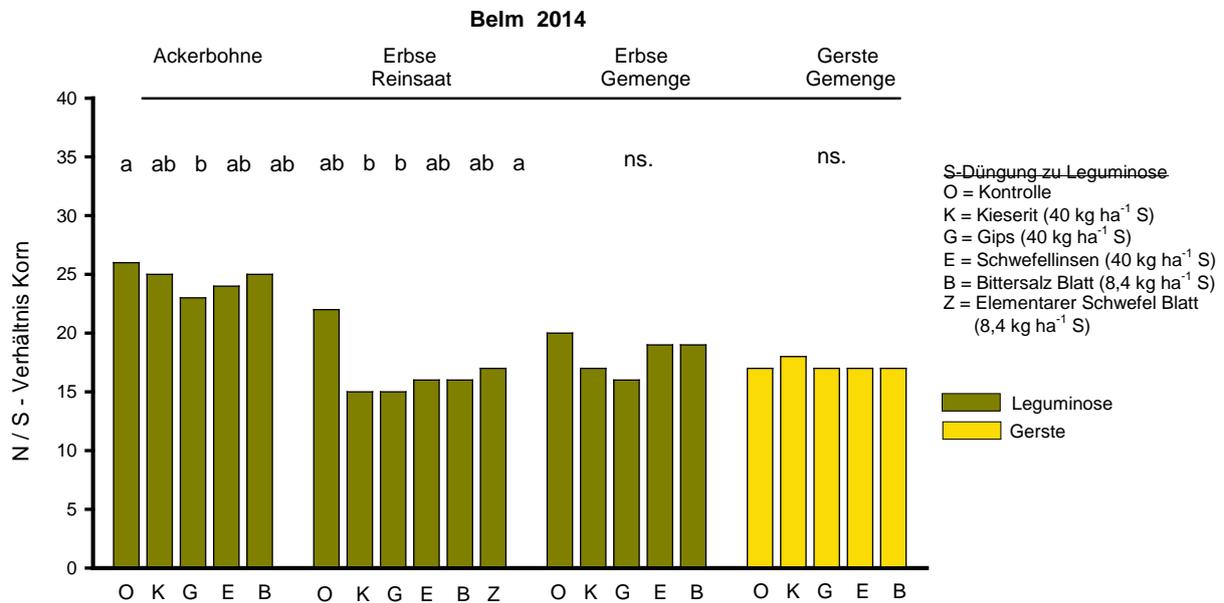


Abb. 181: N/S-Verhältnis im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Belm im Jahr 2014

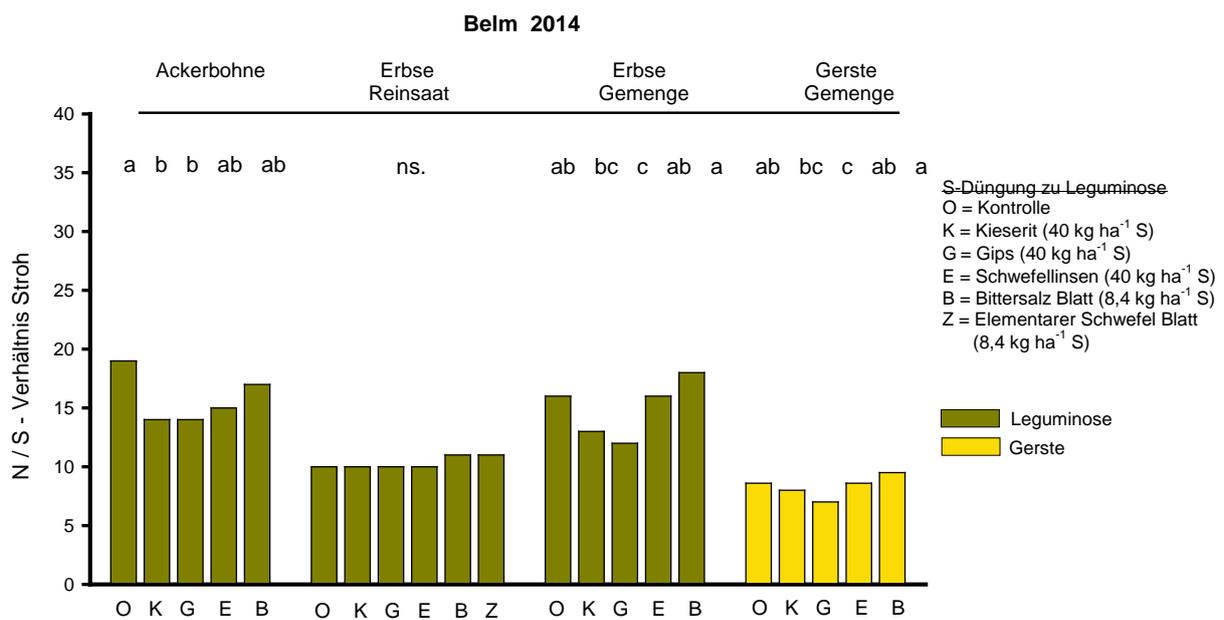
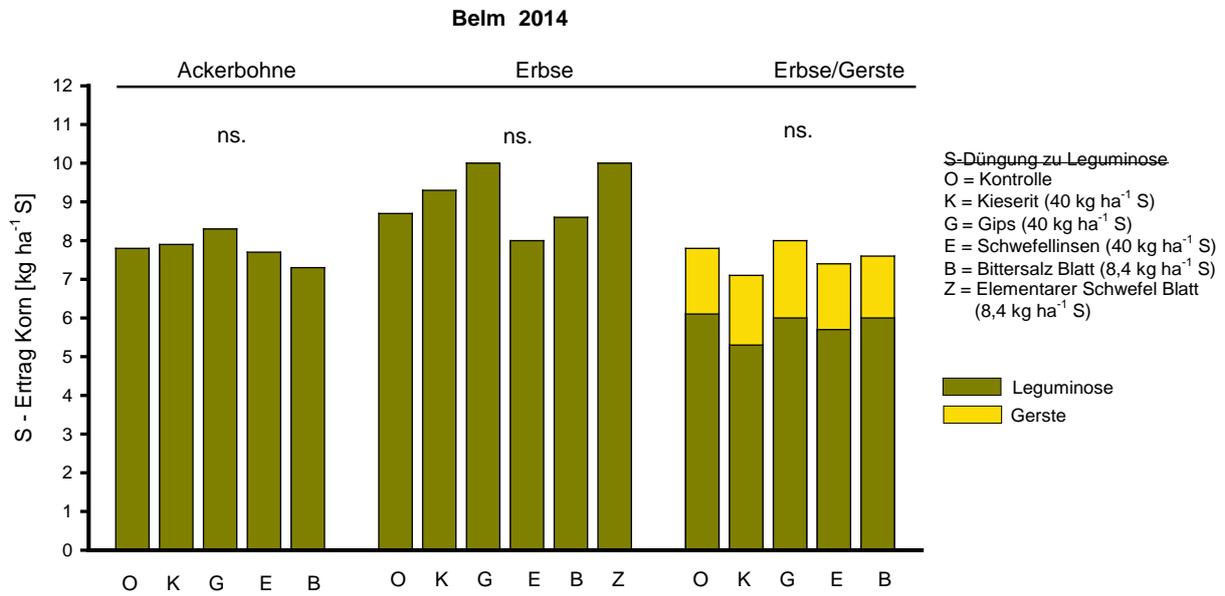


Abb. 182: N/S-Verhältnis im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Belm im Jahr 2014



A

bb. 183: S-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Belm im Jahr 2014

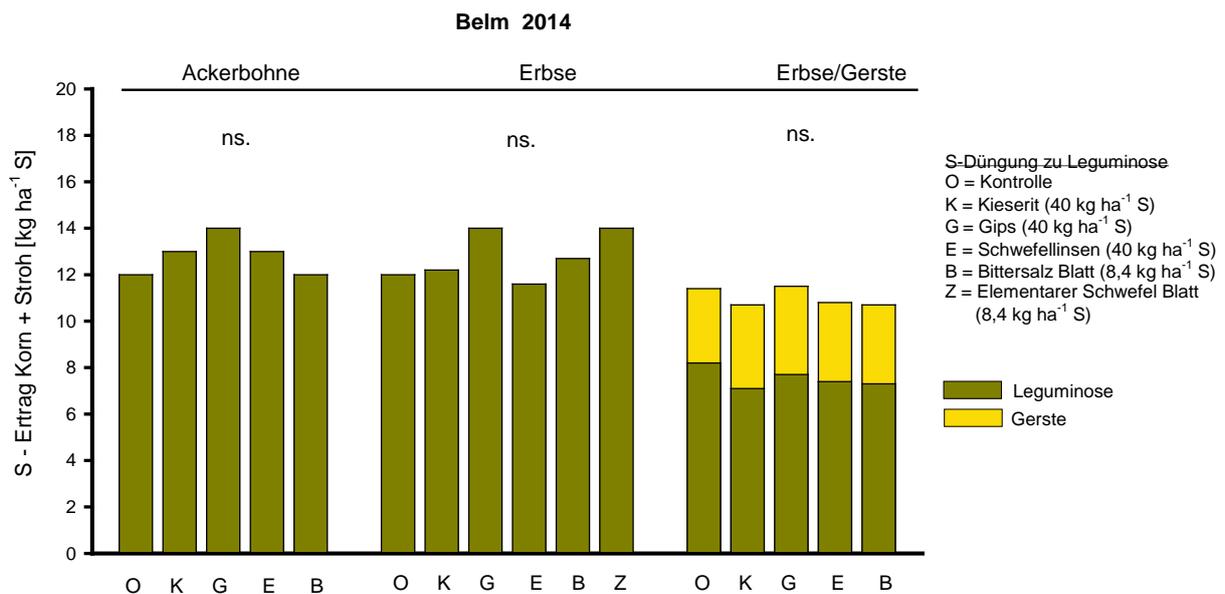


Abb. 184: S-Ertrag im Spross zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Belm im Jahr 2014

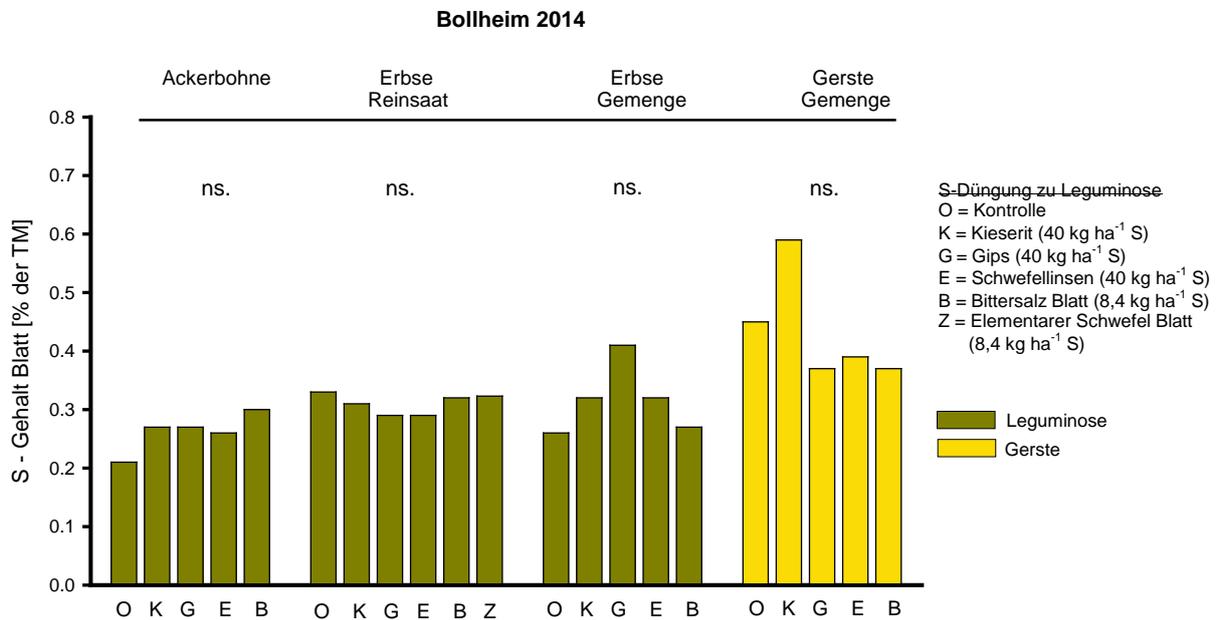


Abb. 185: S-Gehalt im jüngsten entfaltetem Blatt zur Blüte der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Bollheim im Jahr 2014

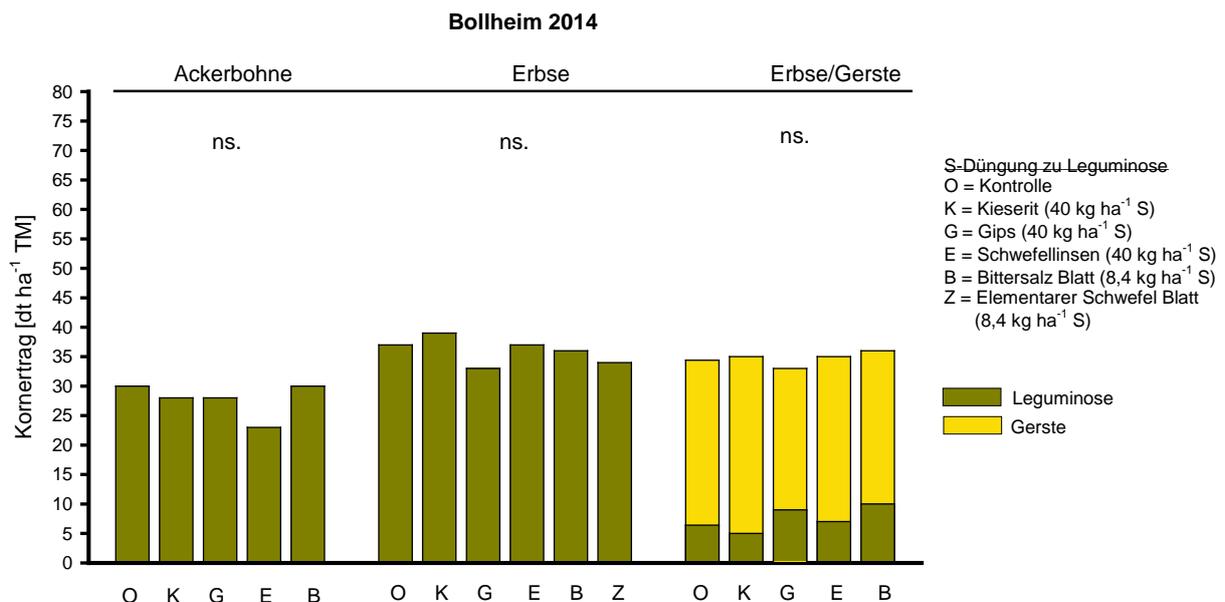


Abb. 186: Kornertrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Bollheim im Jahr 2014

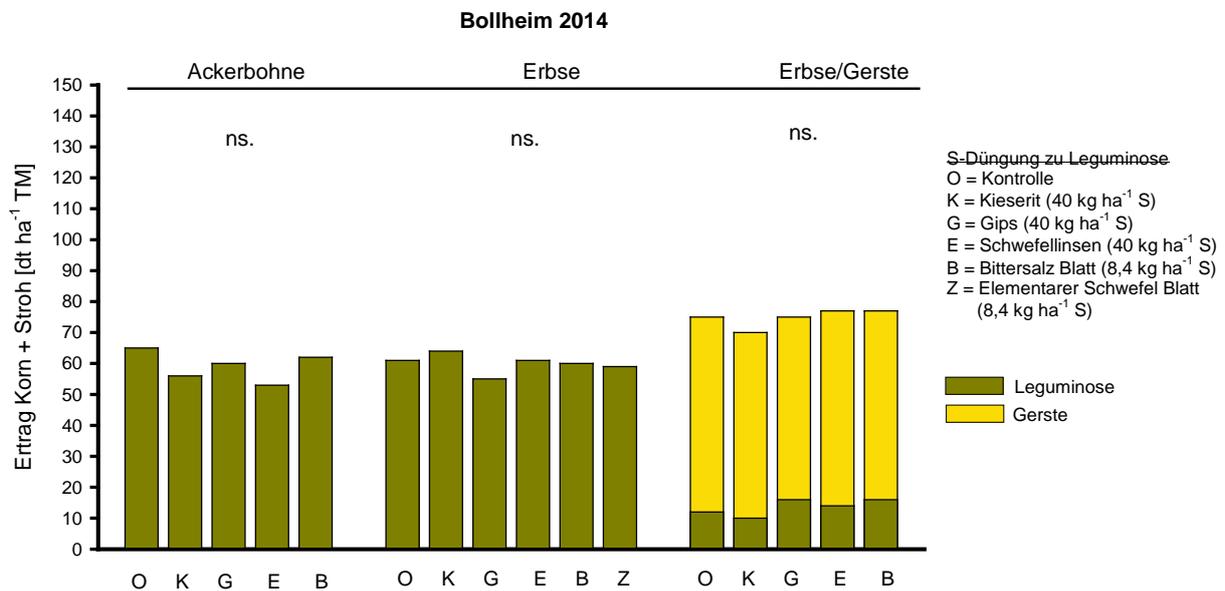


Abb. 187: Sprossertrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Bollheim im Jahr 2014

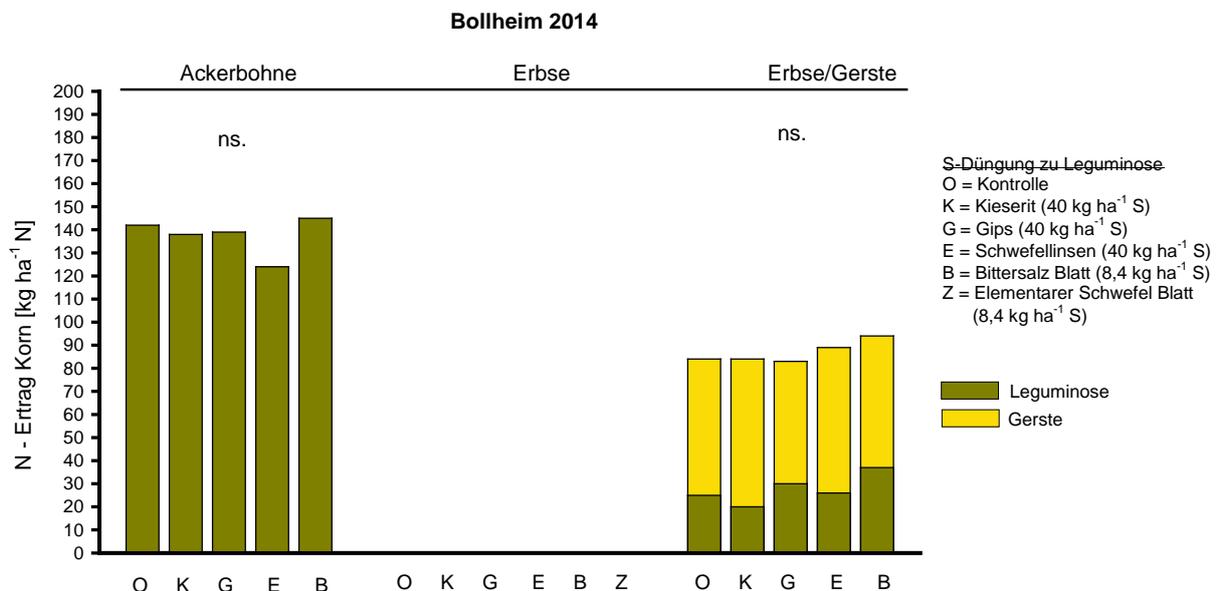


Abb. 188: N-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Bollheim im Jahr 2014

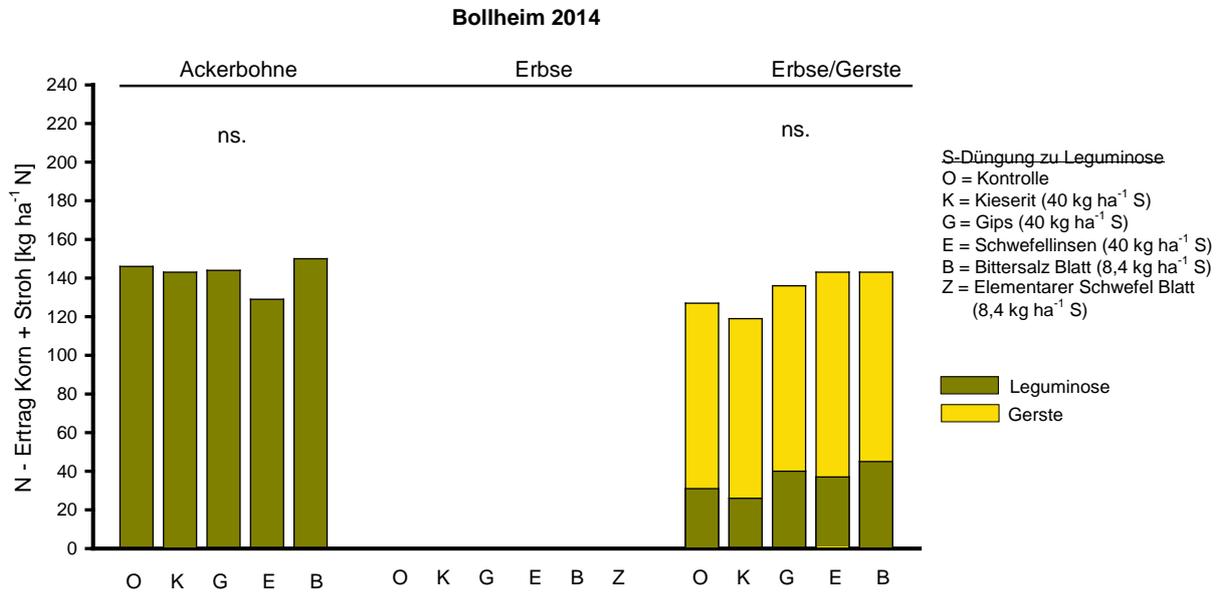


Abb. 189: N-Ertrag im Spross zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Bollheim im Jahr 2014

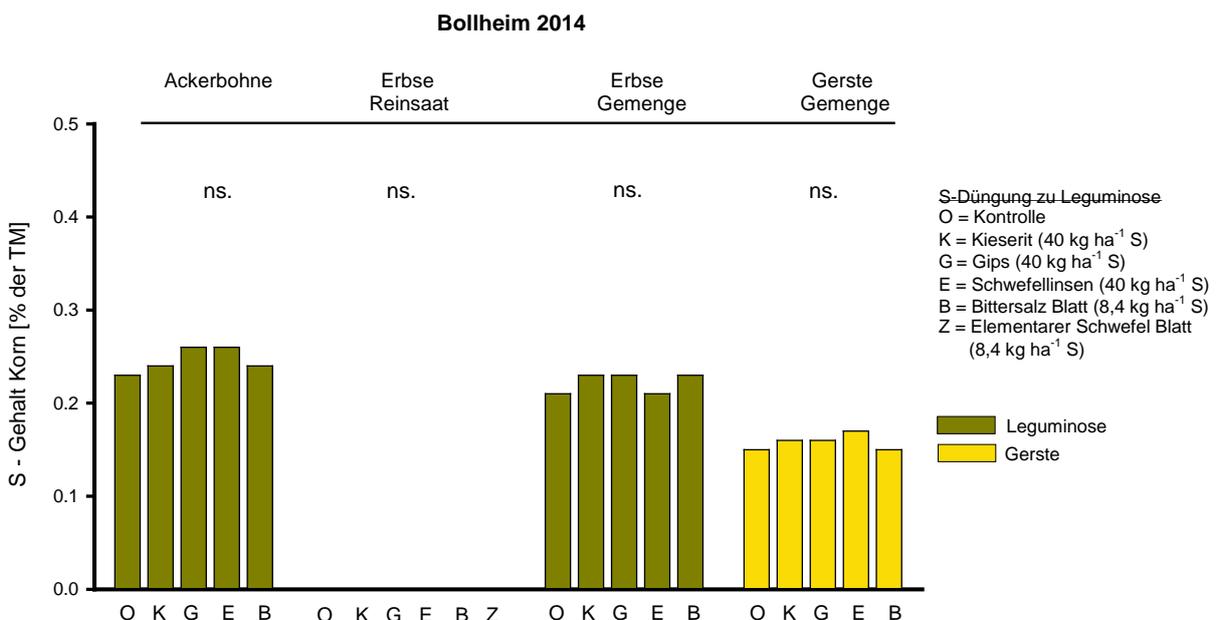


Abb. 190: S-Gehalt im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Bollheim im Jahr 2014

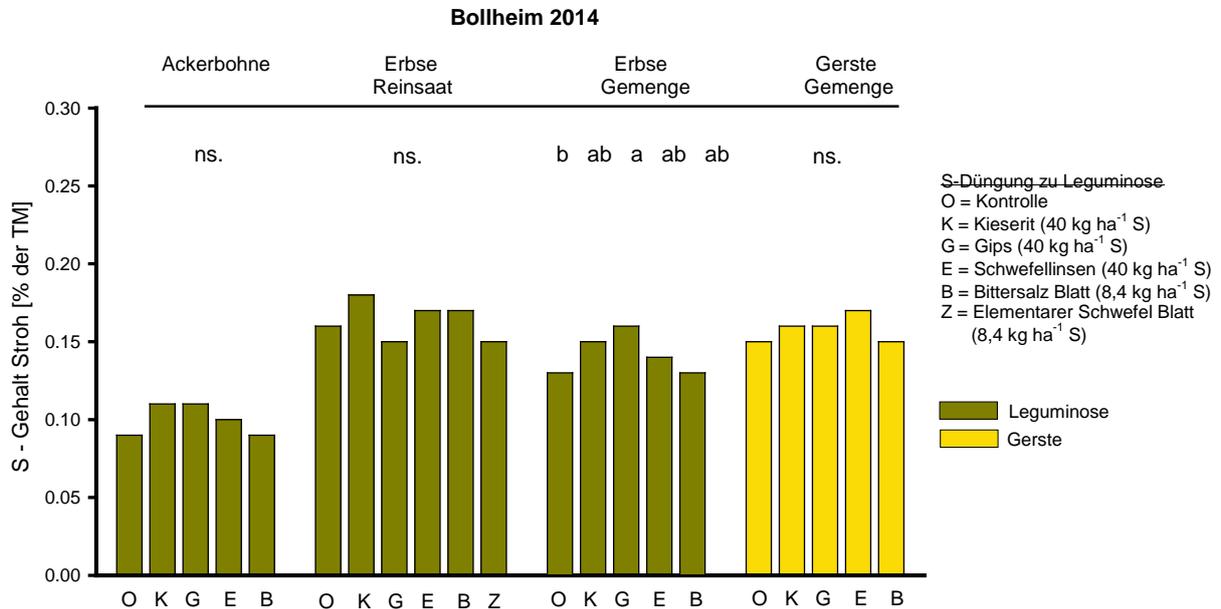


Abb. 191: S-Gehalt im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Bollheim im Jahr 2014

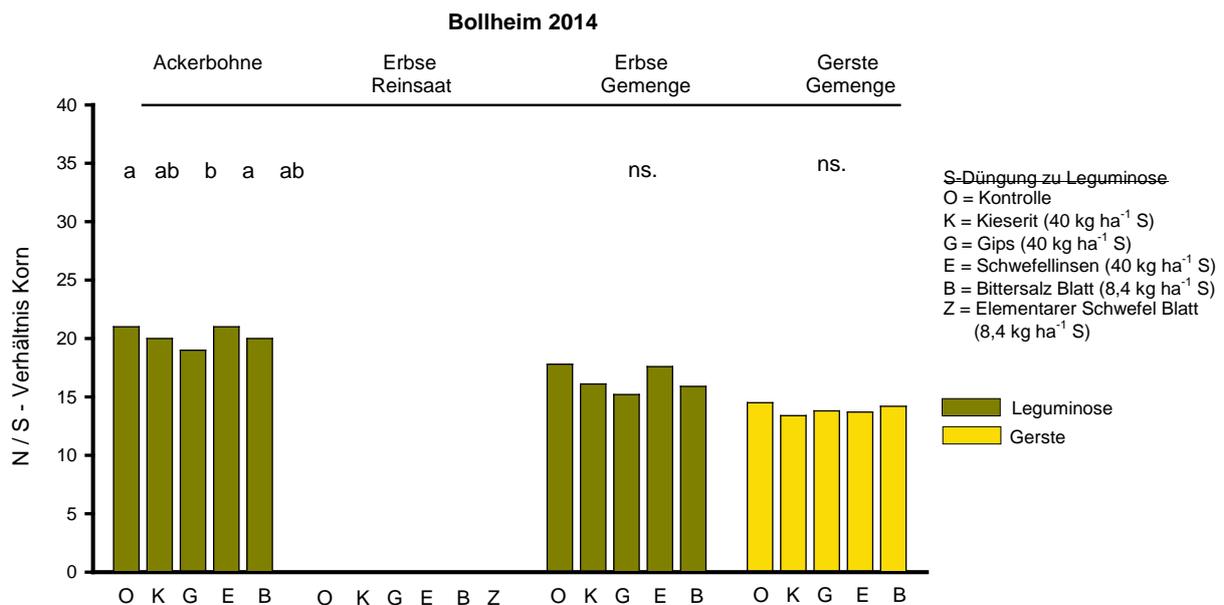


Abb. 192: N/S-Verhältnis im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Bollheim im Jahr 2014

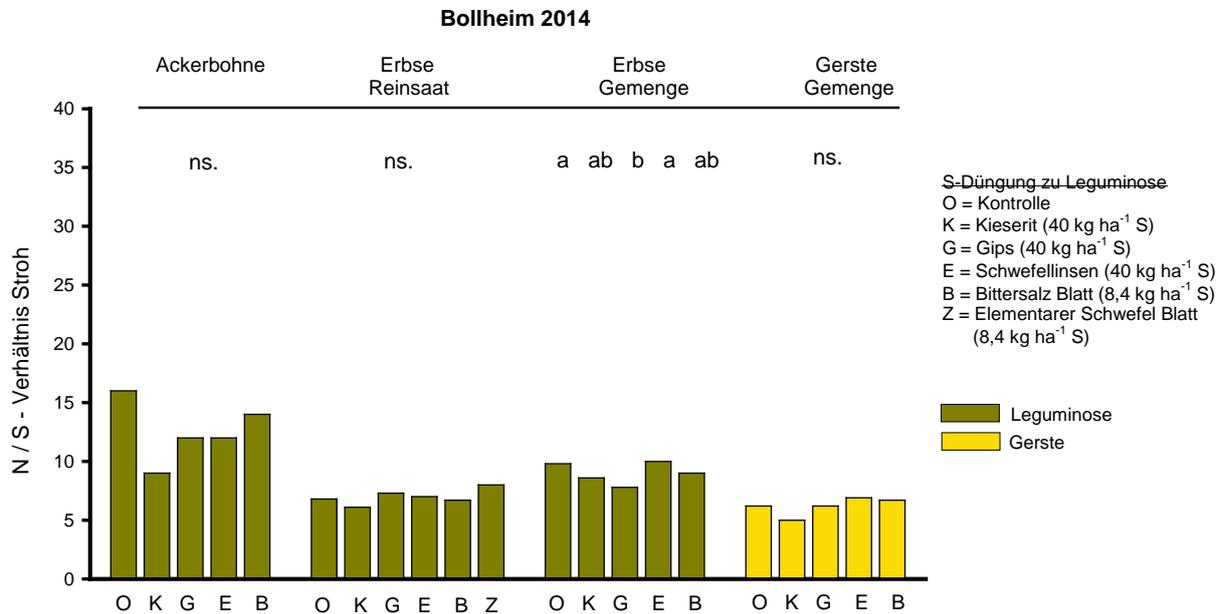


Abb. 193: N/S-Verhältnis im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Bollheim im Jahr 2014

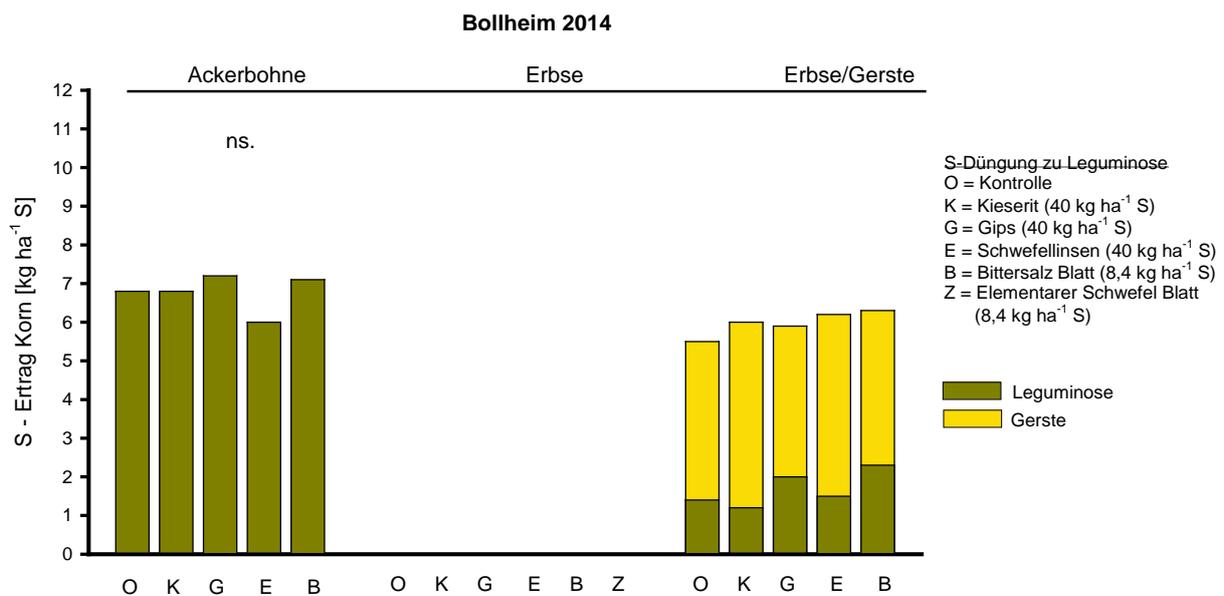


Abb. 194: S-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Bollheim im Jahr 2014

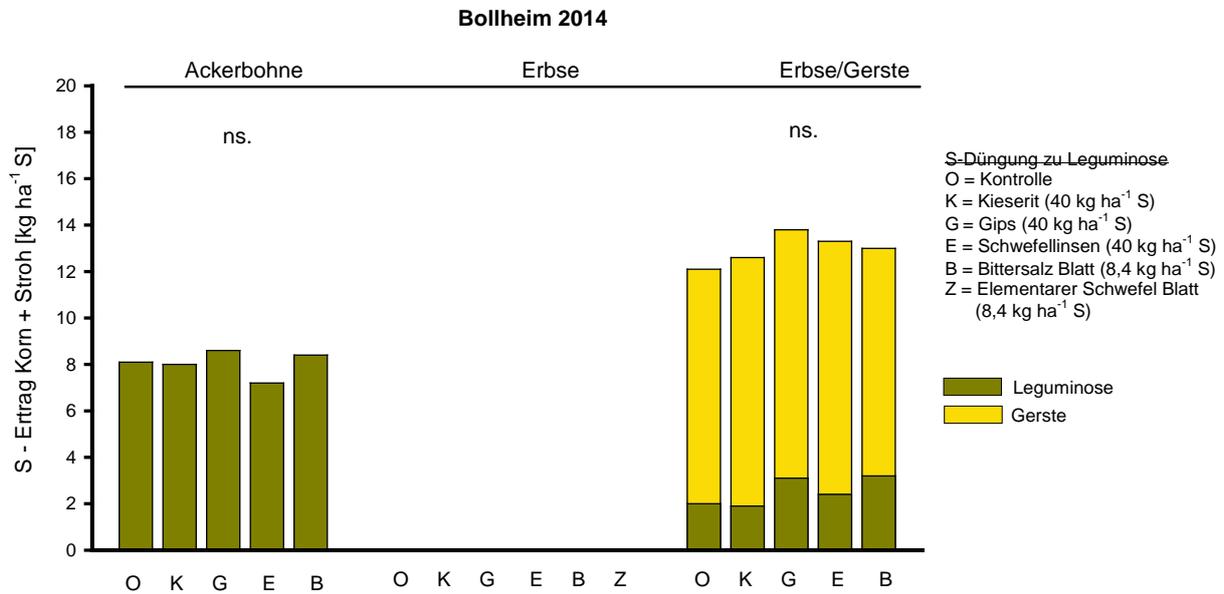


Abb. 195: S-Ertrag im Spross zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Bollheim im Jahr 2014

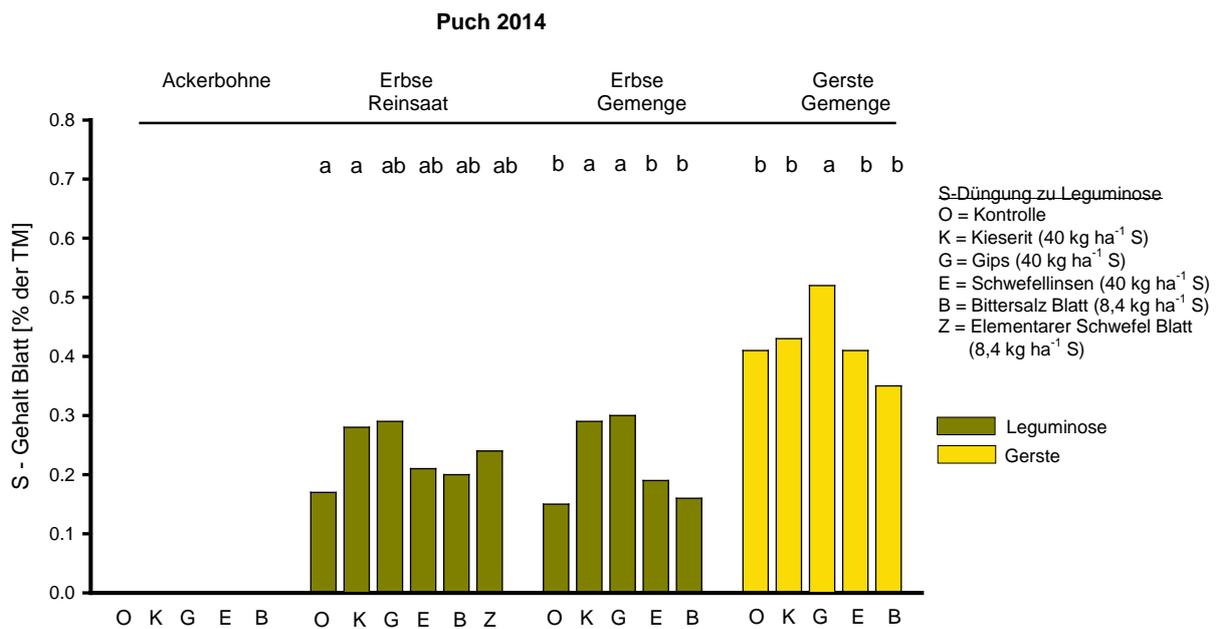


Abb. 196: S-Gehalt im jüngsten entfalteten Blatt zur Blüte der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Puch im Jahr 2014

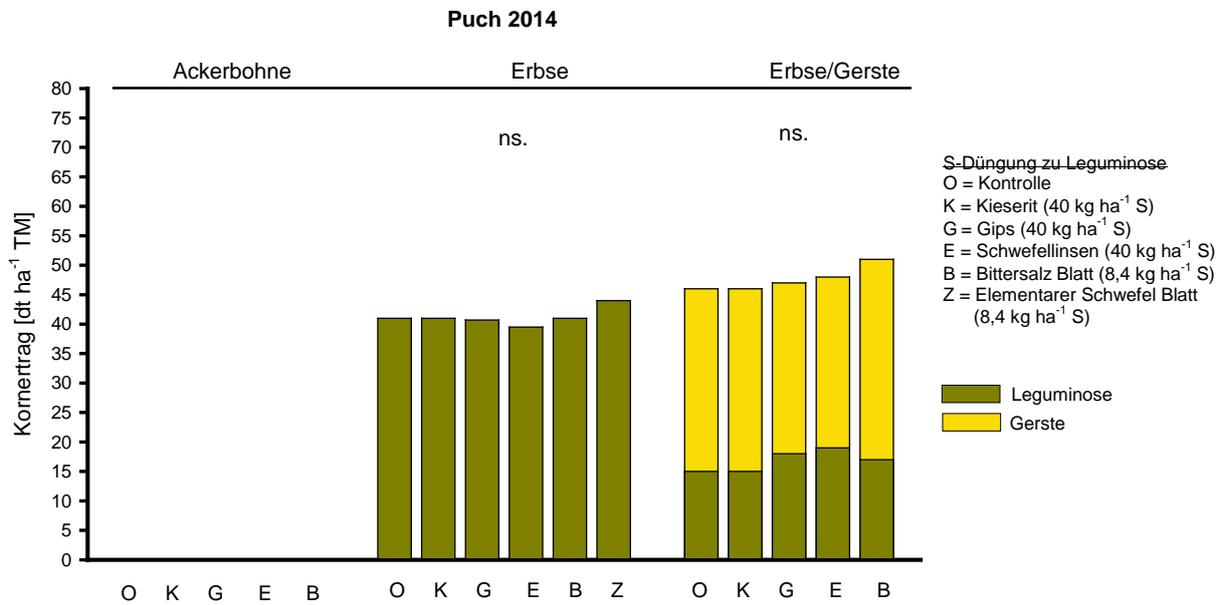


Abb. 197: Kornertrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Puch im Jahr 2014

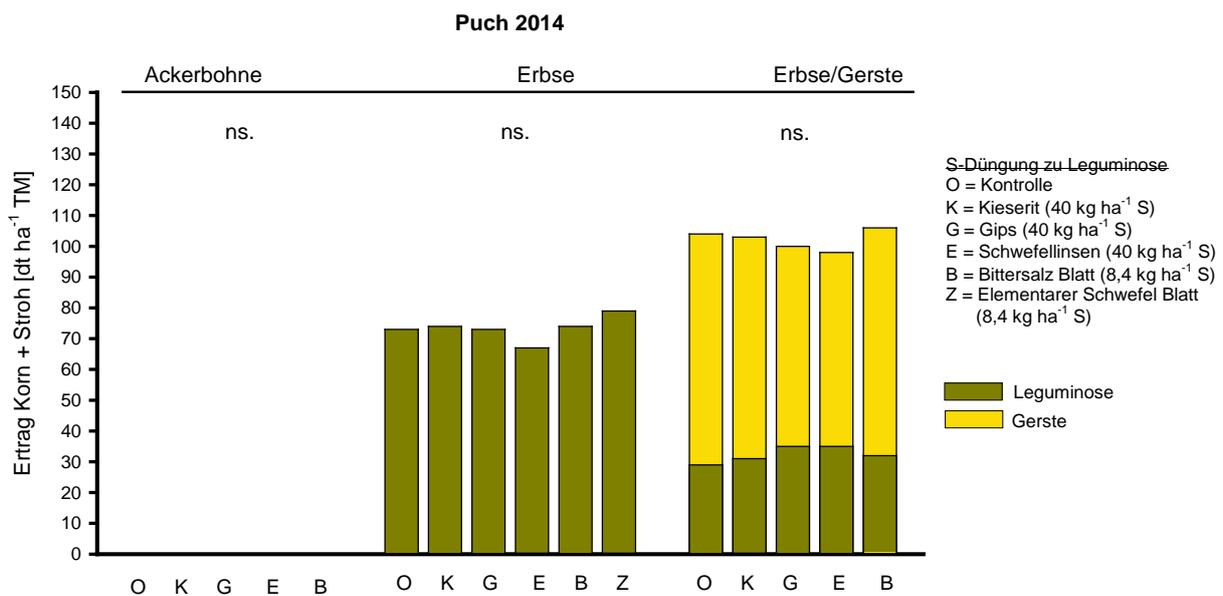


Abb. 198: Sprossertrag zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Puch im Jahr 2014

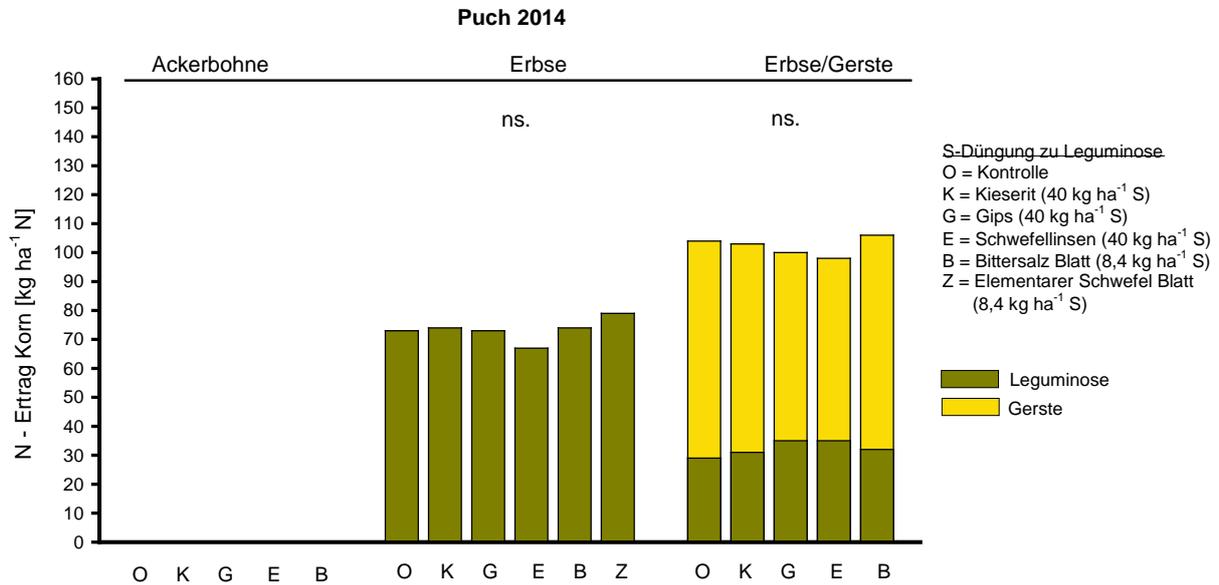


Abb. 199: N-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Puch im Jahr 2014

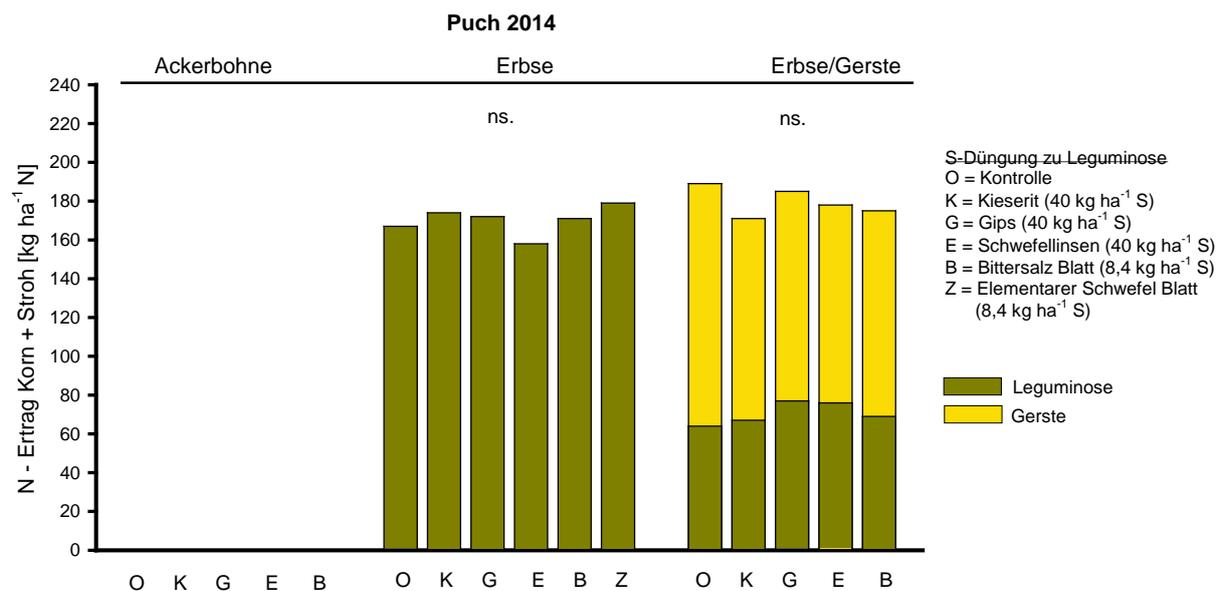


Abb. 200: N-Ertrag im Spross zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Puch im Jahr 2014

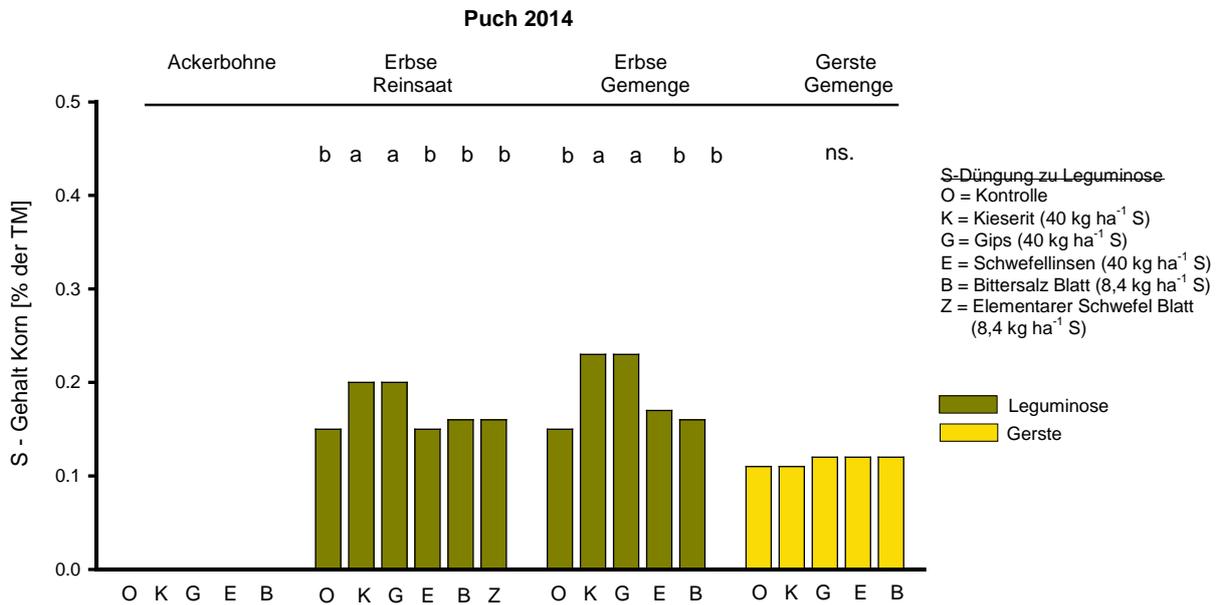


Abb. 201: S-Gehalt im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Puch im Jahr 2014

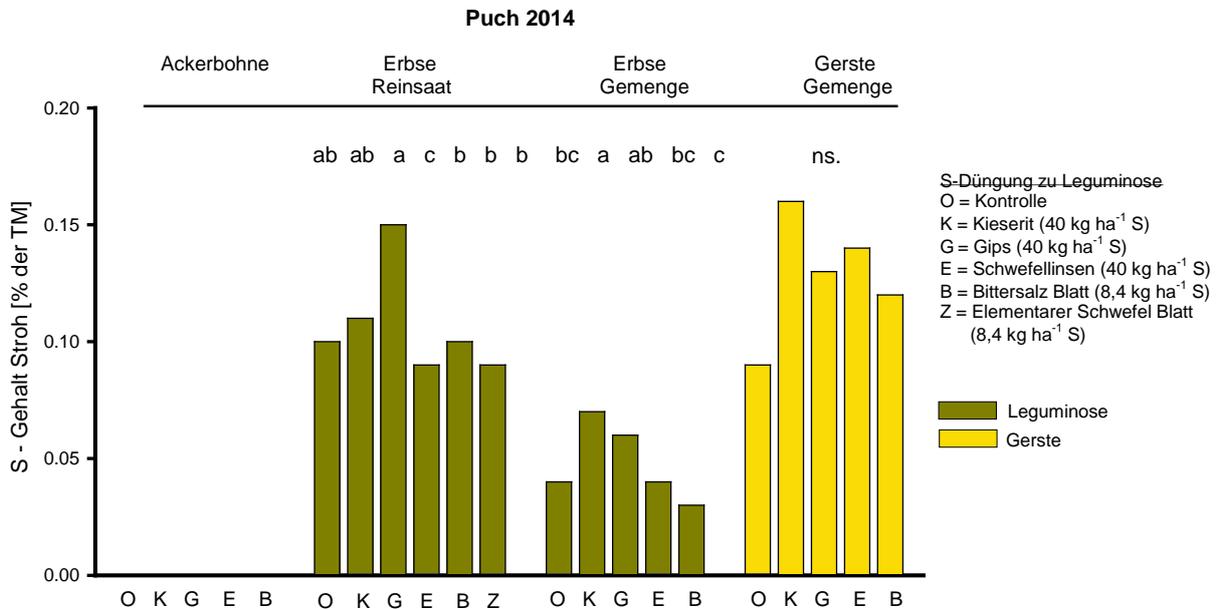


Abb. 202: S-Gehalt im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Puch im Jahr 2014

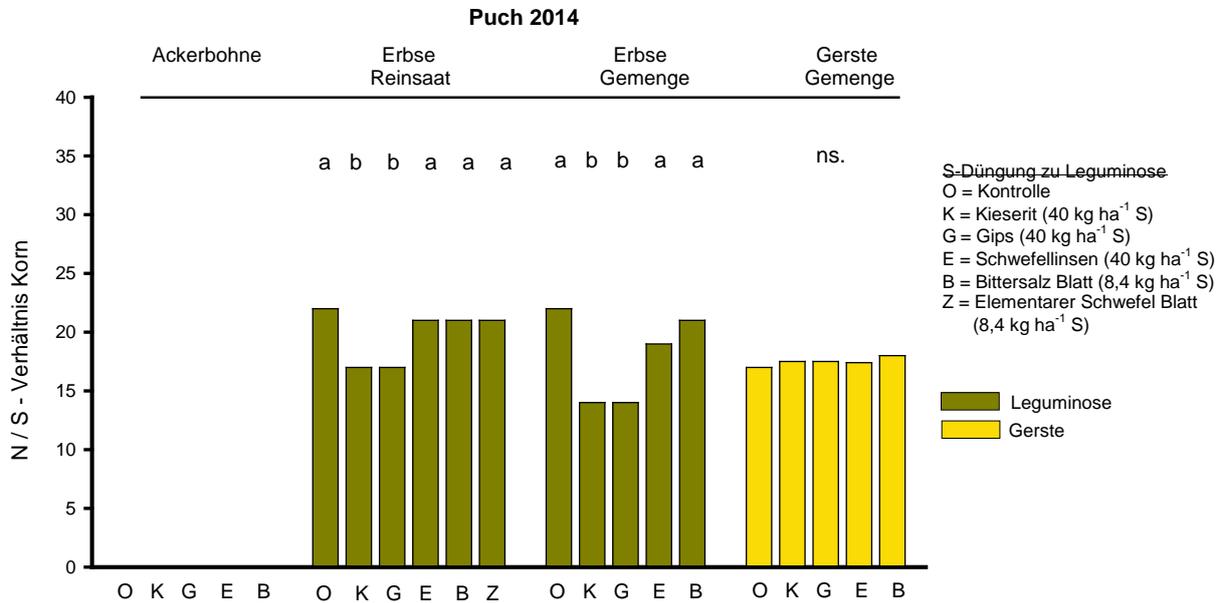


Abb. 203: N/S-Verhältnis im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Puch im Jahr 2014

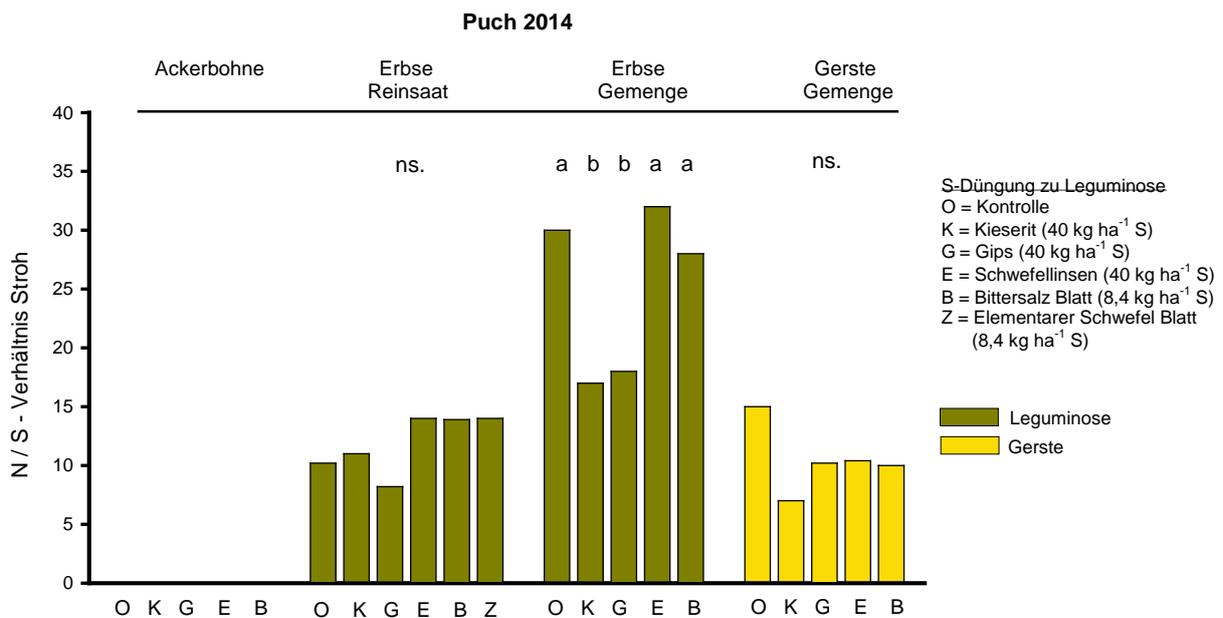


Abb. 204: N/S-Verhältnis im Stroh zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Puch im Jahr 2014

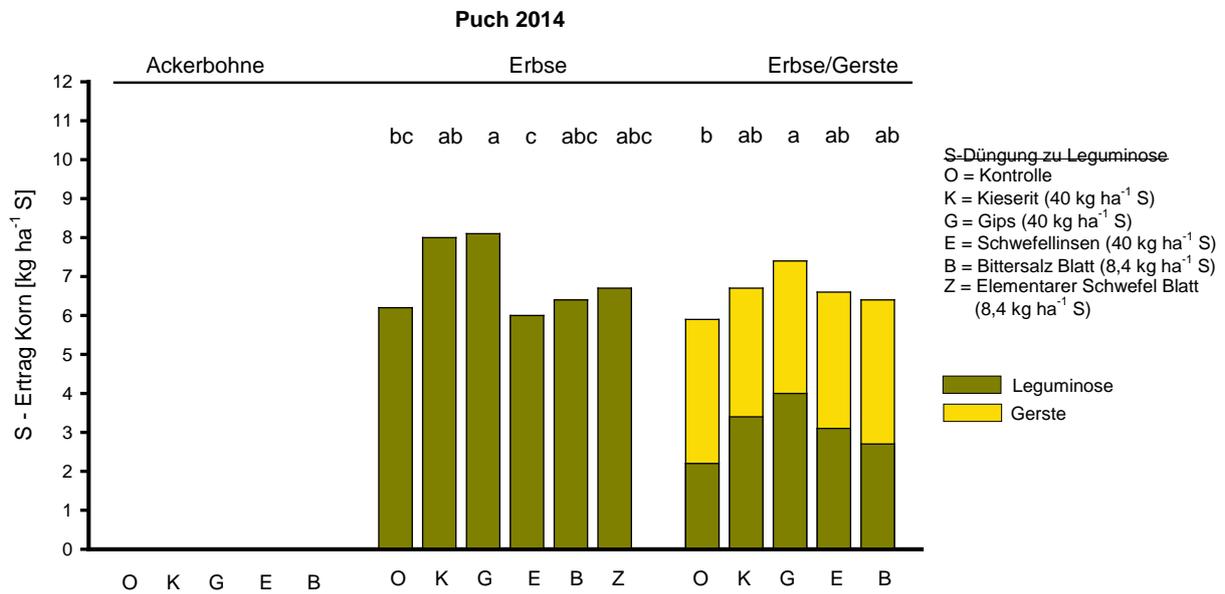


Abb. 205: S-Ertrag im Korn zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Puch im Jahr 2014

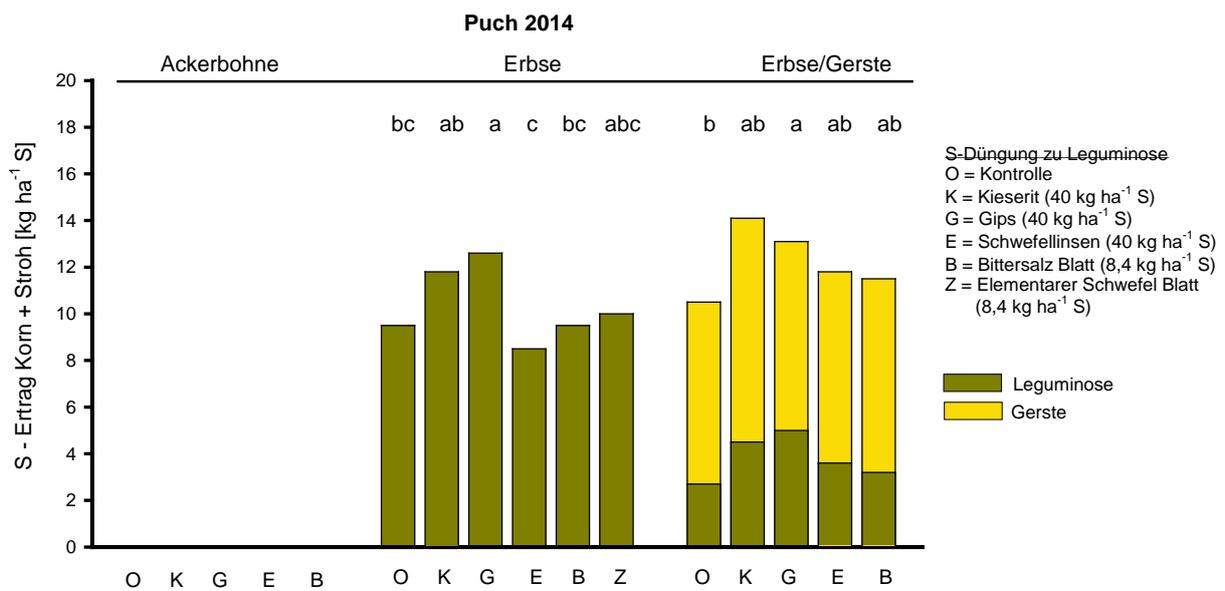


Abb. 206: S-Ertrag im Spross zur Druschreife der Körnerleguminosen und der Gerste am Standort Puch im Jahr 2014

3.4 Untersuchungen der Aminosäuremuster im Korn in 2014

Um die Wirkung einer verbesserten Schwefelversorgung auf den Gehalt an Aminosäuren im Korngut der Körnerleguminosen zu erfassen, wurden entsprechende Untersuchungen zur Aminosäurezusammensetzung des Erntegutes des Jahres 2014 ergänzend durchgeführt. Die Untersuchungen zur Aminosäurezusammensetzung des Korngutes wurden am Thünen-Institut für Ökologischen Landbau, Trenthorst von Frau Dr. Aulrich durchgeführt. Untersucht wurden jeweils nur Proben aus der nicht mit Schwefel gedüngten Kontrolle und der Variante Kieserit (40 kg S/ha zur Saat) bei der Schmalblättrigen Lupine an einem Standort (Großzöbern, Abb. 207), bei der Ackerbohne an vier Standorten (Görlitz, Ochsenhausen, Bollheim, und Belm, Abbildungen 208 bis 211) sowie bei der Erbse aus Rein- und Gemengesaat mit Gerste an 7 Standorten (Großzöbern, Ogrosen, Linz, Ochsenhausen, Bollheim, Belm und Puch, Abbildungen 212 bis 225). Die Aminosäurezusammensetzung in den Körnern wurde in den meisten Fällen nicht signifikant durch die Schwefeldüngung beeinflusst. Lediglich an zwei Standorten waren bei einigen Aminosäuren der Ackerbohne und Erbse in Reinsaat (Standort Bollheim, Abb. 210 und Abb. 220) sowie Erbse in Reinsaat und Gemengesaat mit Gerste (Standort Ochsenhausen, Abb. 218 und Abb. 219) infolge der Düngung mit Kieserit signifikant verminderte Gehalte an Aminosäuren, am Standort Ochsenhausen auch Methionin, festzustellen (Tab. 9). Nur am Standort Puch war hingegen durch die Schwefeldüngung eine signifikante Steigerung des Gehaltes an Cystein, einer schwefelhaltigen Aminosäure, im Korn der Erbse aus Rein- und Gemengesaat hervorgerufen worden (Abb. 224 und Abb. 225, Tab. 10).

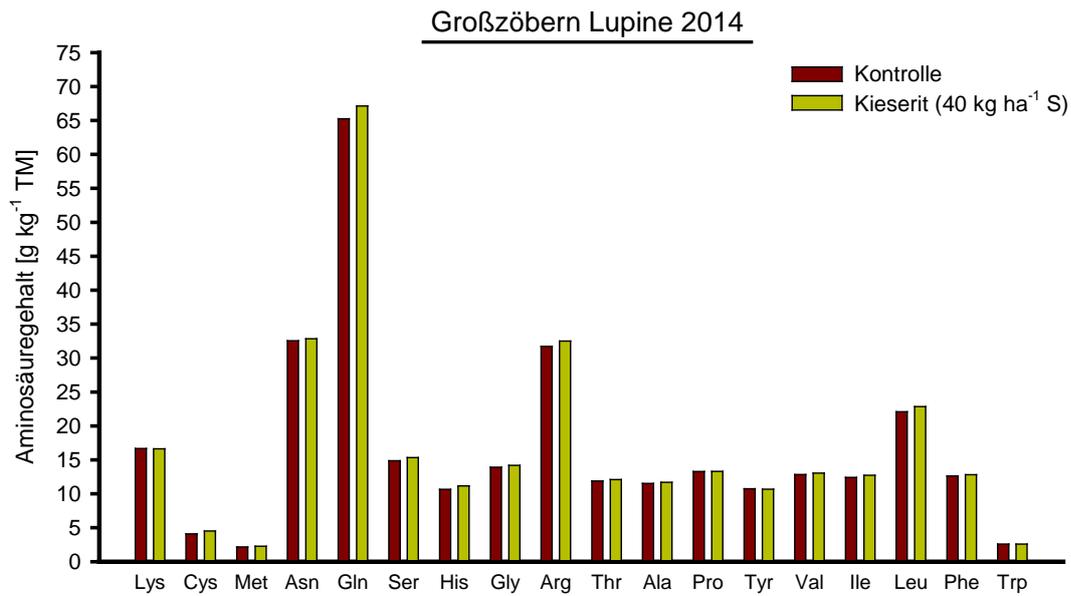


Abb. 207: Aminosäuregehalt im Korn der Schmalblättrigen Lupine zur Druschreife am Standort Großzöbern im Jahr 2014

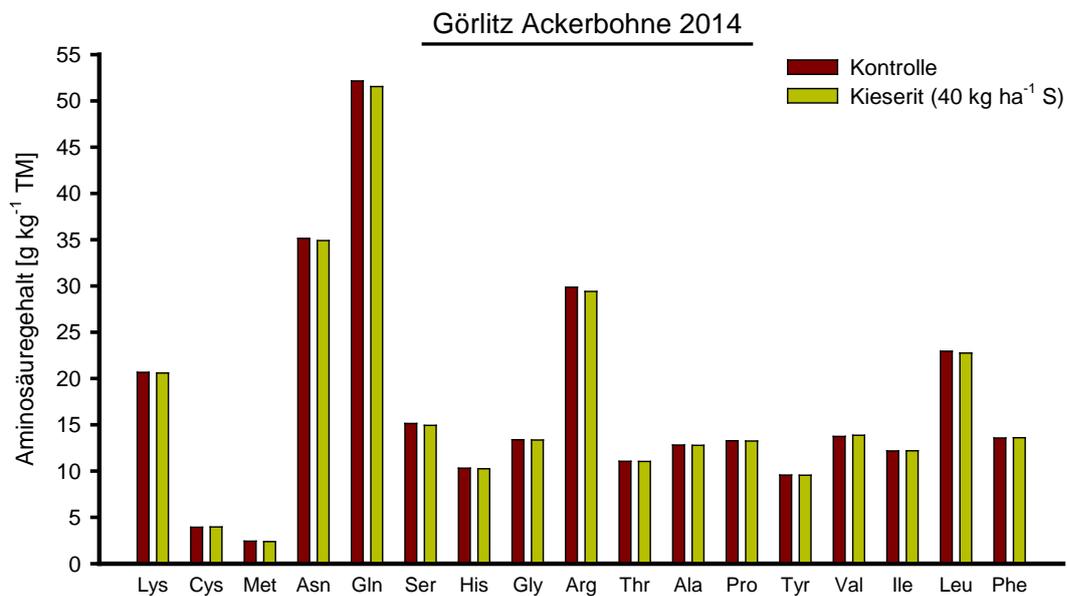


Abb. 208: Aminosäuregehalt im Korn der Ackerbohne zur Druschreife am Standort Görlitz im Jahr 2014

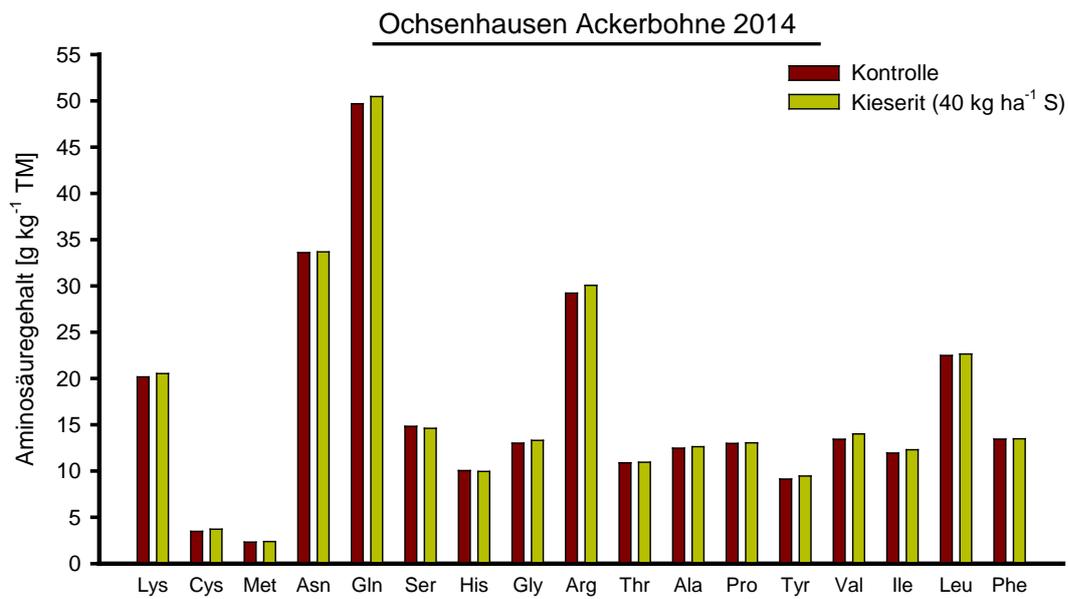


Abb. 209: Aminosäuregehalt im Korn der Ackerbohne zur Druschreife am Standort Ochsenhausen im Jahr 2014

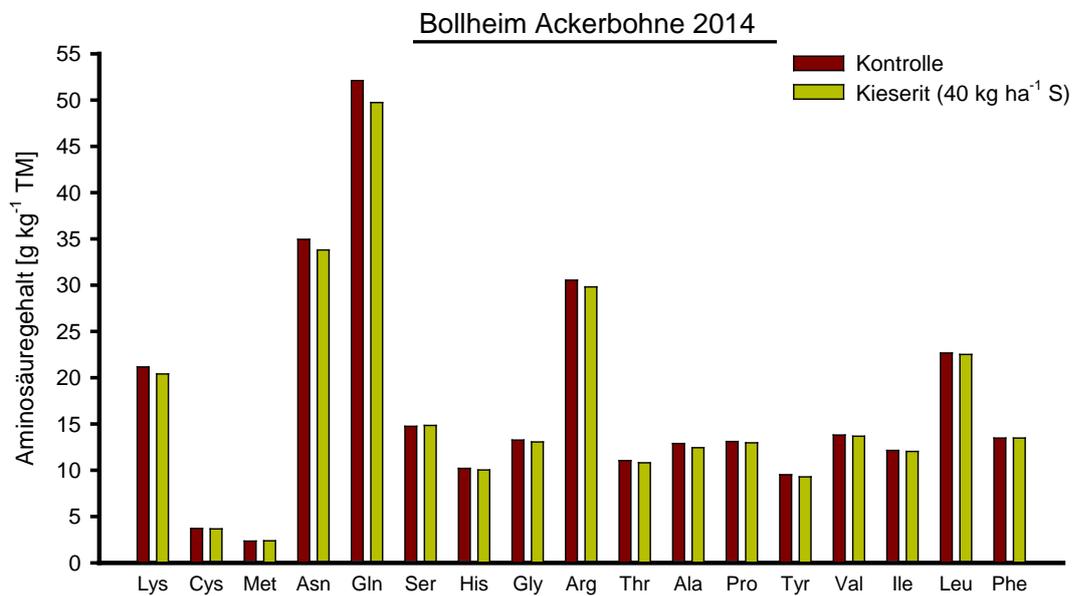


Abb. 210: Aminosäuregehalt im Korn der Ackerbohne zur Druschreife am Standort Bollheim im Jahr 2014

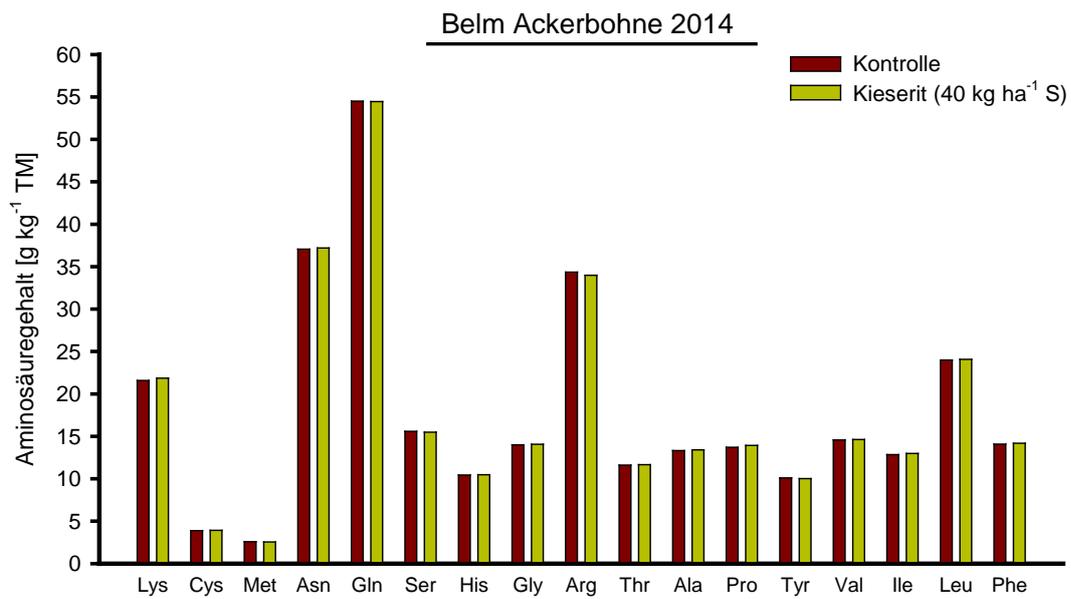


Abb. 211: Aminosäuregehalt im Korn der Ackerbohne zur Druschreife am Standort Belm im Jahr 2014

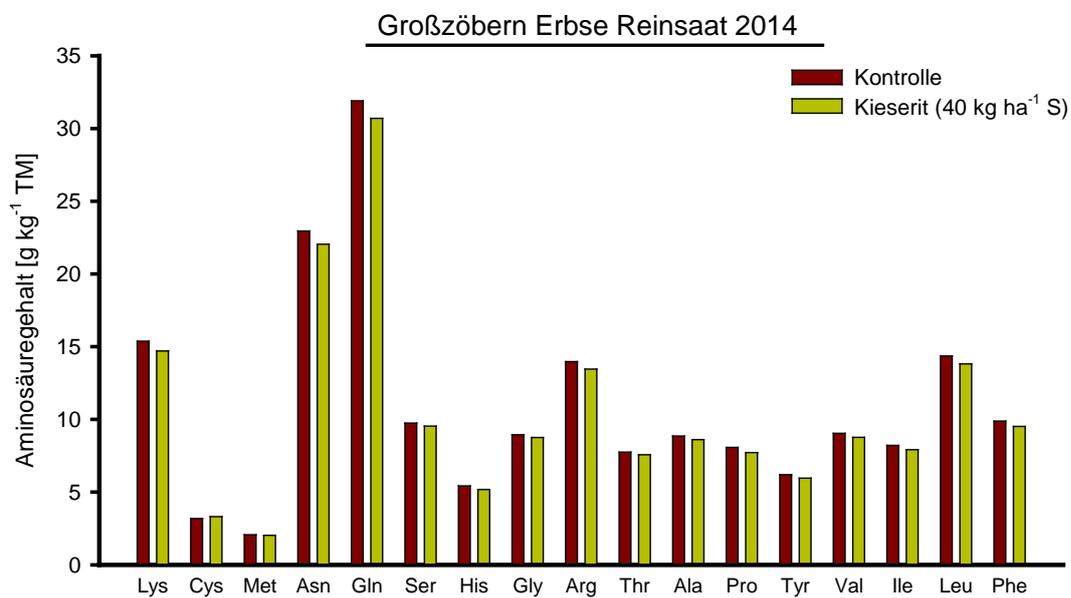


Abb. 212: Aminosäuregehalt im Korn der Erbse in Reinsaat zur Druschreife am Standort Großzöbern im Jahr 2014

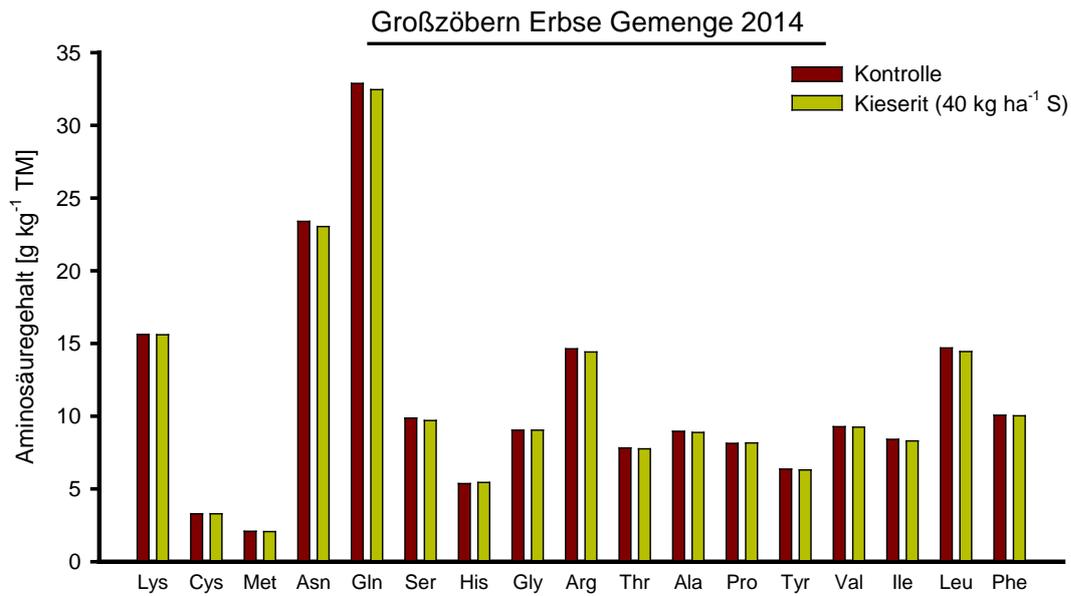


Abb. 213: Aminosäuregehalt im Korn der Erbse im Gemenge zur Druschreife am Standort Großzöbern im Jahr 2014

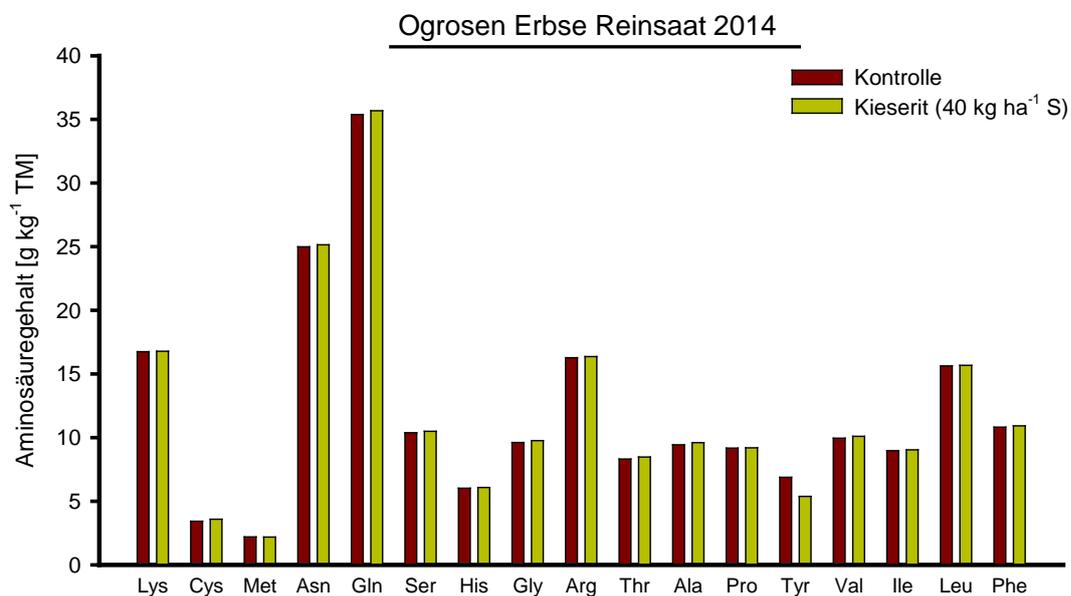


Abb. 214: Aminosäuregehalt im Korn der Erbse in Reinsaat zur Druschreife am Standort Ogrosen im Jahr 2014

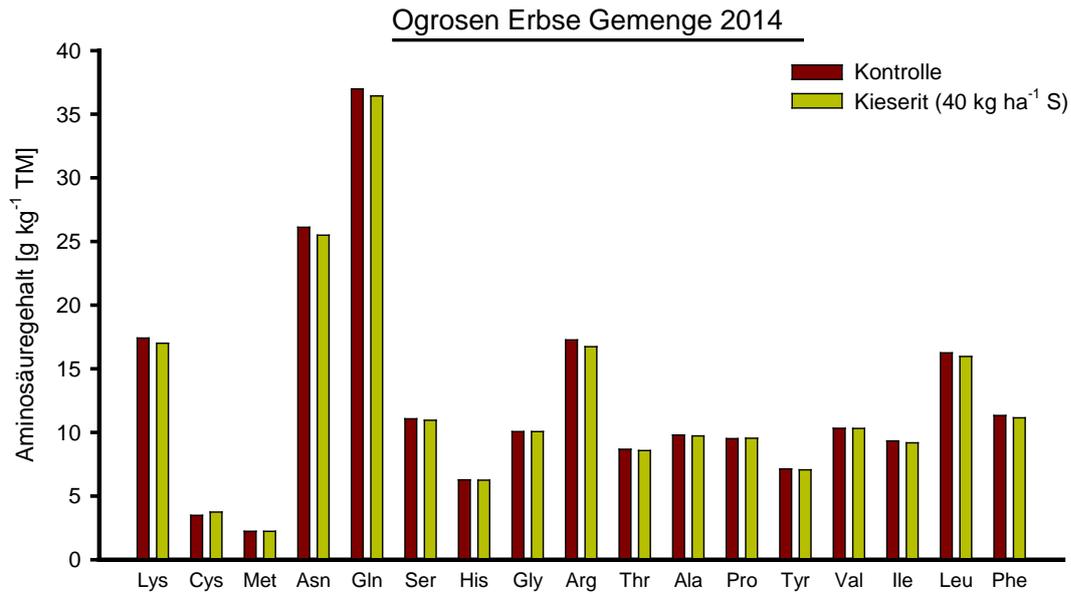


Abb. 215: Aminosäuregehalt im Korn der Erbse im Gemenge zur Druschreife am Standort Ogrosen im Jahr 2014

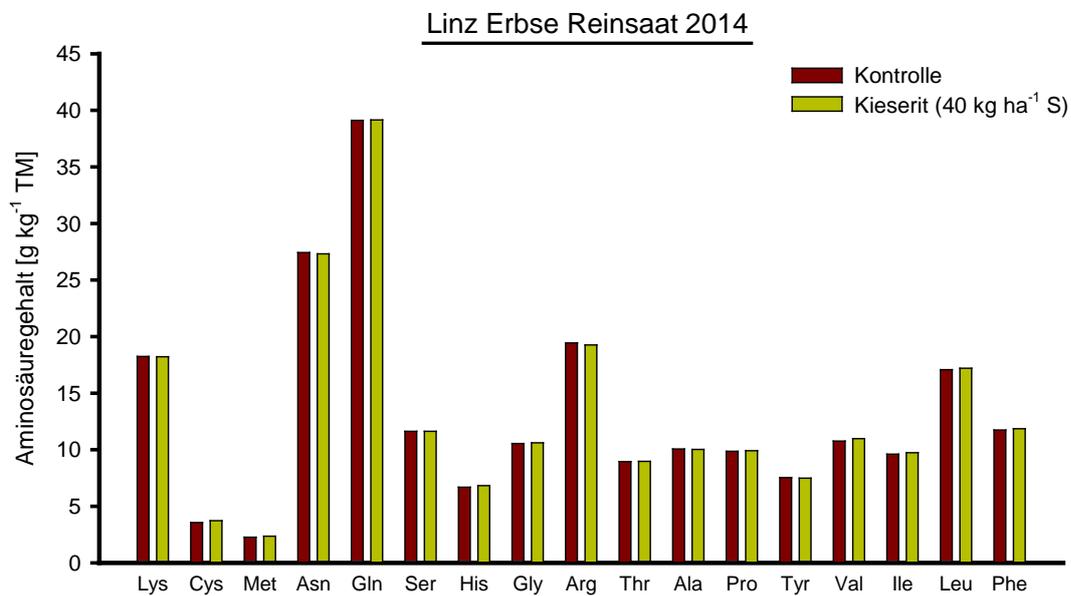


Abb. 216: Aminosäuregehalt im Korn der Erbse in Reinsaat zur Druschreife am Standort Linz im Jahr 2014

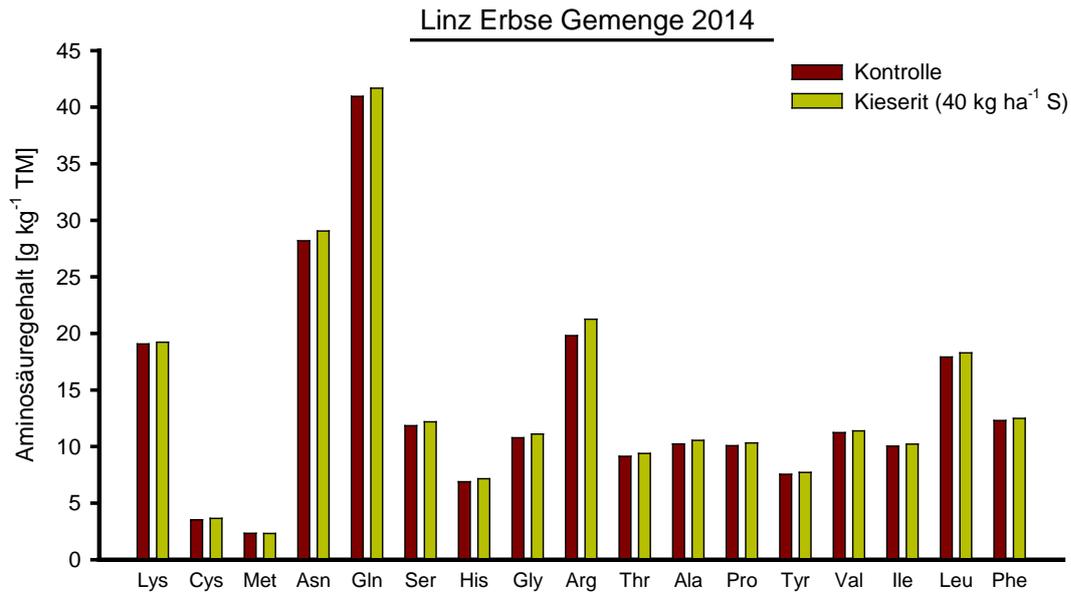


Abb. 217: Aminosäuregehalt im Korn der Erbse im Gemenge zur Druschreife am Standort Linz im Jahr 2014

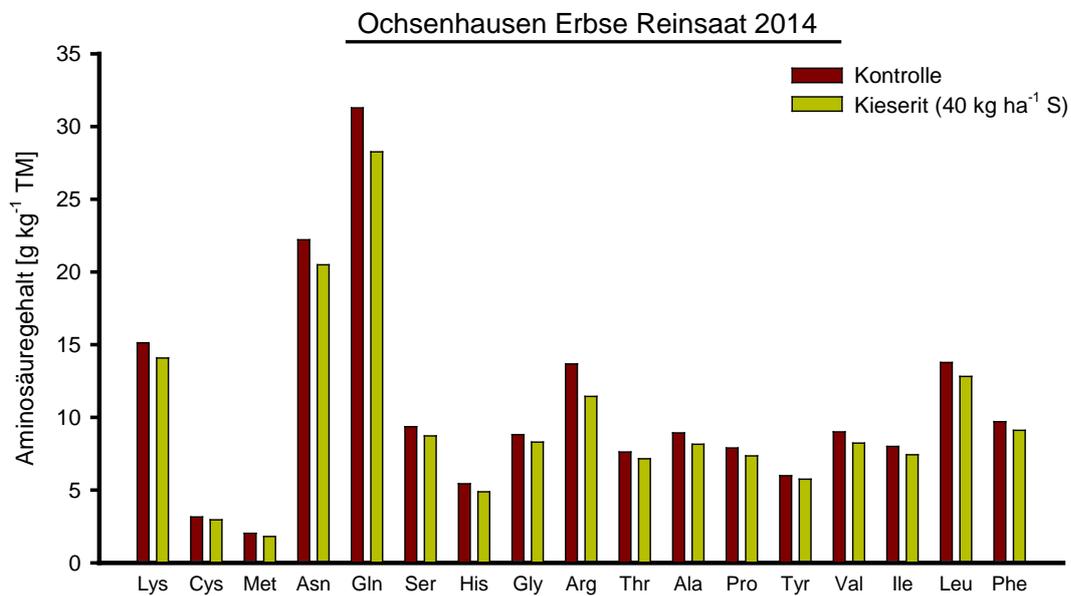


Abb. 218: Aminosäuregehalt im Korn der Erbse in Reinsaat zur Druschreife am Standort Ochsenhausen im Jahr 2014

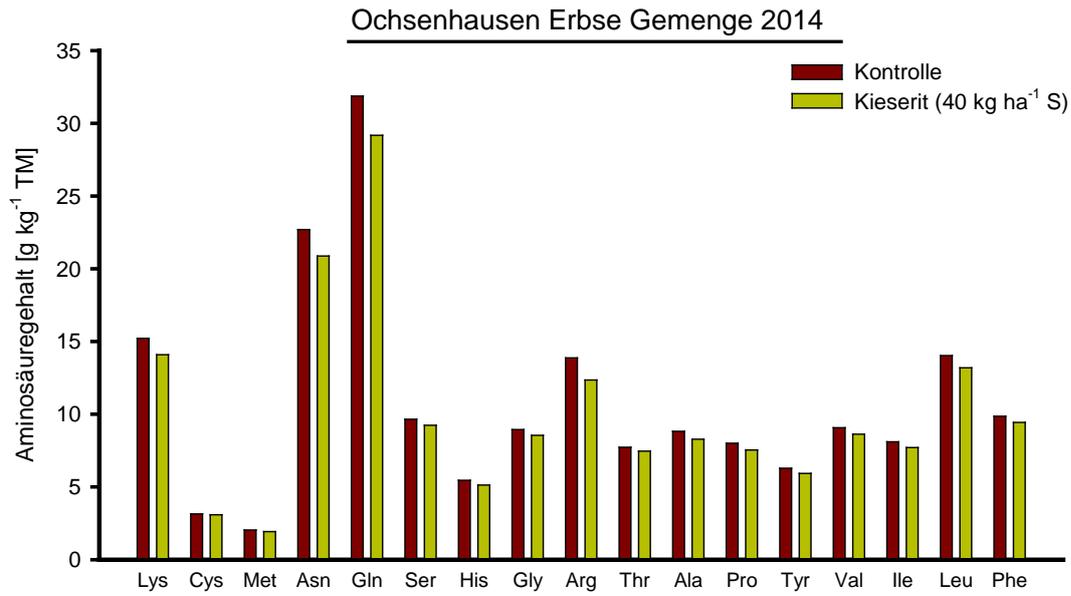


Abb. 219: Aminosäuregehalt im Korn der Erbse im Gemenge zur Druschreife am Standort Ochsenhausen im Jahr 2014

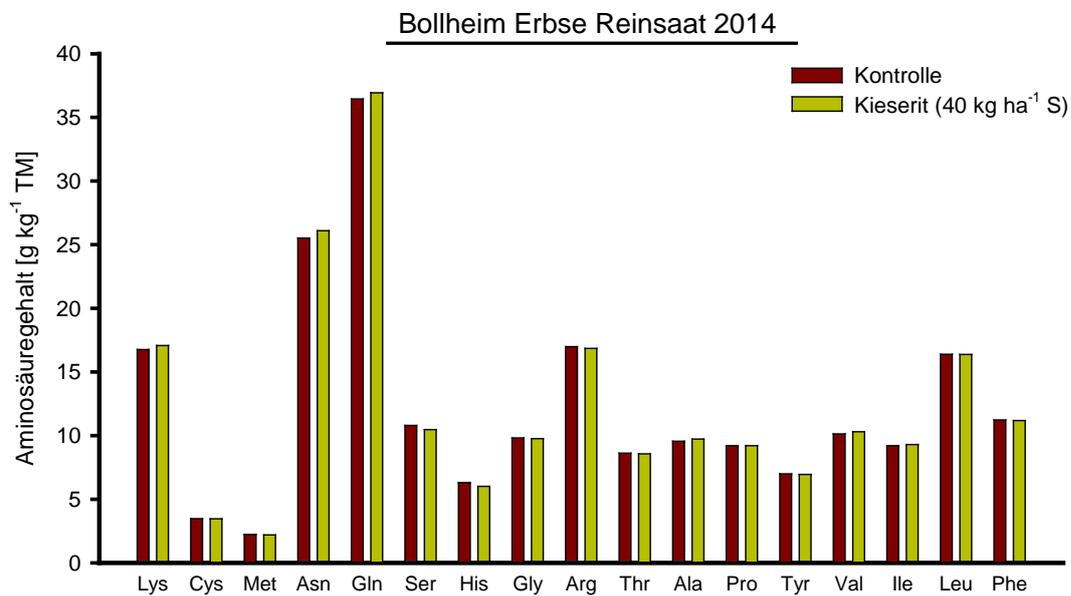


Abb. 220: Aminosäuregehalt im Korn der Erbse in Reinsaat zur Druschreife am Standort Bollheim im Jahr 2014

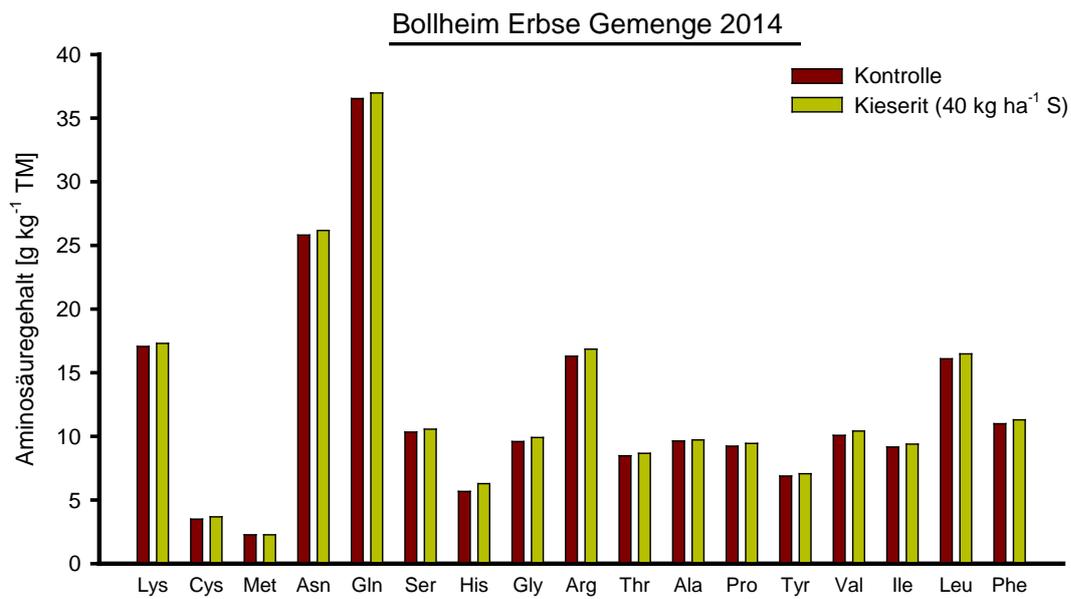


Abb. 221: Aminosäuregehalt im Korn der Erbse im Gemenge zur Druschreife am Standort Bollheim im Jahr 2014

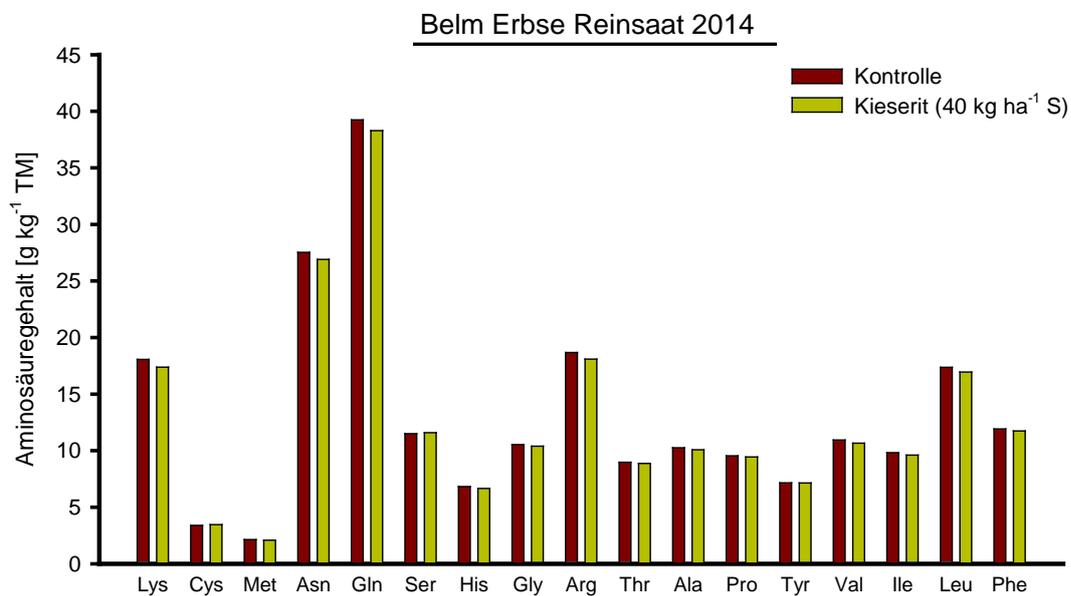


Abb. 222: Aminosäuregehalt im Korn der Erbse in Reinsaat zur Druschreife am Standort Belm im Jahr 2014

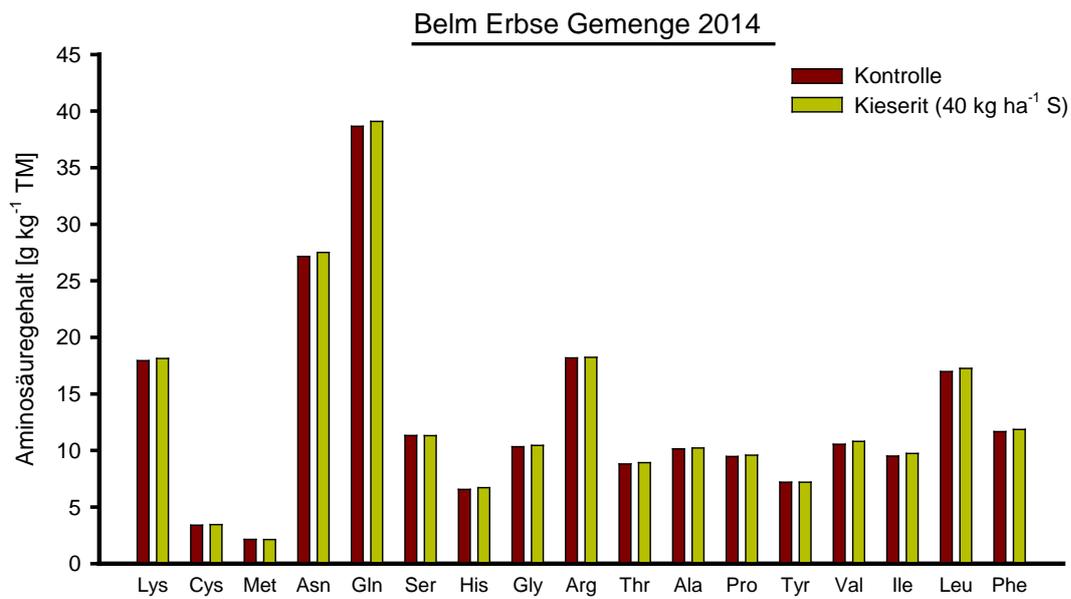


Abb. 223: Aminosäuregehalt im Korn der Erbse im Gemenge zur Druschreife am Standort Belm im Jahr 2014

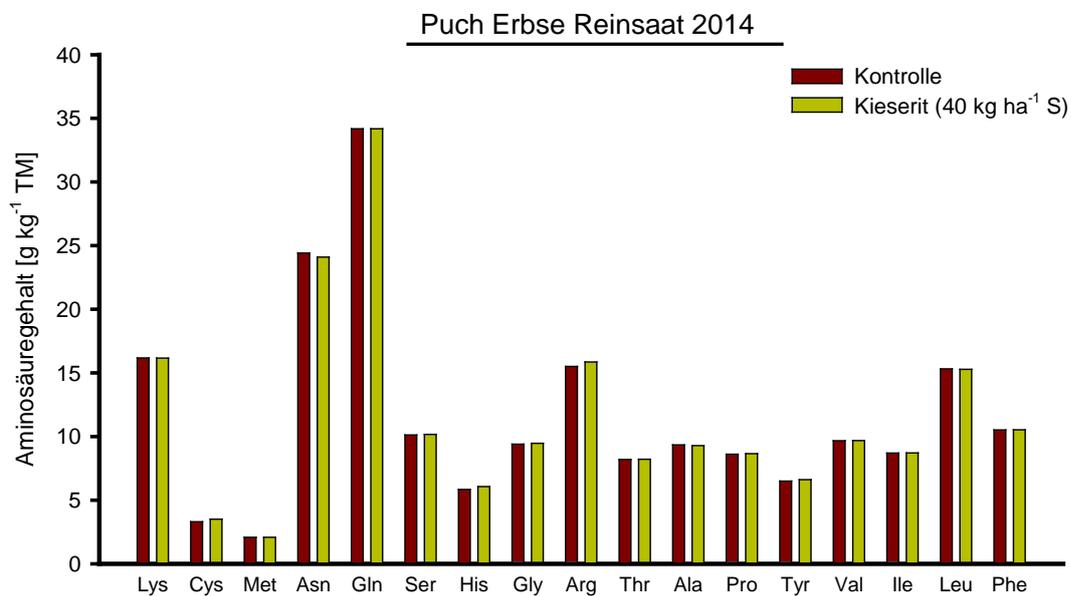


Abb. 224: Aminosäuregehalt im Korn der Erbse in Reinsaat zur Druschreife am Standort Puch im Jahr 2014

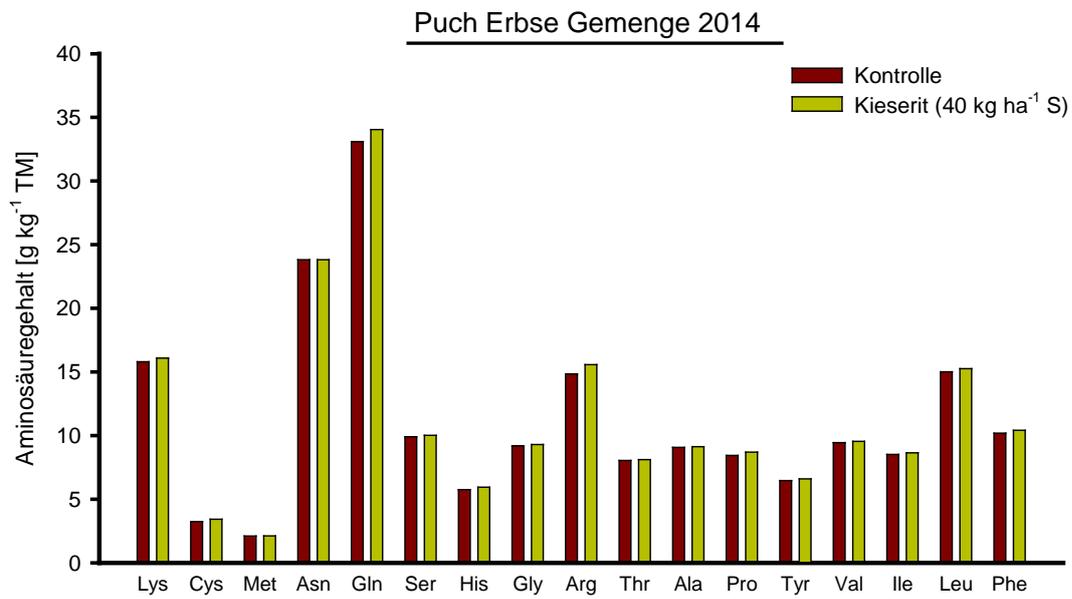


Abb. 225: Aminosäuregehalt im Korn der Erbse im Gemenge zur Druschreife am Standort Puch im Jahr 2014

Tab. 11: Ermittelte signifikante Unterschiede aus den Mittelwertvergleichen der Aminosäuregehalte im Korn der Leguminosen im Jahr 2014 (Tukey Test, $\alpha < 0,05$)

Standort	Kultur	Aminosäure	Prüfglieder	Aminosäuregehalt [mg kg ⁻¹ TM]	
Bollheim	Ackerbohne	Lys	Kontrolle	21,17 a	
			Kieserit	20,41 b	
		Gln	Kontrolle	52,11 a	
			Kieserit	49,72 b	
		Ala	Kontrolle	12,90 a	
			Kieserit	12,45 b	
		Tyr	Kontrolle	9,52 a	
			Kieserit	9,29 b	
	Erbse Reinsaat	His	Kontrolle	6,31 a	
			Kieserit	6,01 b	
	Puch	Erbse Reinsaat	Cys	Kontrolle	3,30 b
				Kieserit	3,50 a
		Erbse Gemenge	Cys	Kontrolle	3,24 b
				Kieserit	3,43 a
Ochsenhausen		Erbse Reinsaat	Lys	Kontrolle	15,13 a
				Kieserit	14,08 b
	Met		Kontrolle	2,03 a	
			Kieserit	1,81 b	
	Asn		Kontrolle	22,21 a	
			Kieserit	20,49 b	
	Gln		Kontrolle	31,28 a	
			Kieserit	28,26 b	
	Ser		Kontrolle	9,36 a	
			Kieserit	8,73 b	
	His	Kontrolle	5,44 a		
		Kieserit	4,88 b		
	Erbse Gemenge	Lys	Kontrolle	15,22 a	
			Kieserit	14,09 b	
		Met	Kontrolle	2,04 a	
			Kieserit	1,93 b	
		Asn	Kontrolle	22,70 a	
			Kieserit	20,88 b	
		Gln	Kontrolle	31,87 a	
			Kieserit	29,18 b	
Ser		Kontrolle	9,66 a		
		Kieserit	9,24 b		
His	Kontrolle	5,45 a			
	Kieserit	5,13 b			

3.5 N_{\min} -Vorrat im Boden zur Saat und nach Ernte der Körnerleguminosen

Die residuale N_{\min} -Menge im Boden wurde nur in einem Fall (Standort Eschdorf 16.09.2012, Tab. 11) signifikant um etwa 5 kg/ha durch die Düngung von Kieserit zu den Körnerleguminosenbeständen erhöht (Tabellen 10 bis 24). Allerdings stieg die N_{\min} -Menge im Boden (0 bis 60 cm Tiefe) vom Zeitpunkt nach der Ernte bis in den Spätherbst häufig leicht an. So im Jahr 2012 von 55,7 kg N_{\min} /ha auf 63,6 kg N_{\min} /ha (Standort Eschdorf, Tab. 10 und Tab. 12), von 47,6 kg N_{\min} /ha auf 47,2 kg N_{\min} /ha (Standort Taucha, Tab. 13 und Tab. 15) und von 28,5 kg N_{\min} /ha auf 29,4 kg N_{\min} /ha (Standort Greifenhagen, Tab. 16 und Tab. 18) bei der Schmalblättrigen Lupine. Der Anstieg war bei der Erbse an diesen drei Standorten ebenfalls zu beobachten: Standort Eschdorf von 45,2 auf 47,2 N_{\min} /ha (Tab. 10 und Tab. 12), Standort Taucha von 43,7 auf 55,2 kg N_{\min} /ha (Tab. 13 und Tab. 15) und Standort Greifenhagen von 34,1 kg N_{\min} /ha auf 37,9 kg N_{\min} /ha (Tab. 16 und Tab. 18). Nach Erbse/Gerste stiegen die Werte von 39,3 auf 59,9 kg N_{\min} /ha (Tab. 10 und Tab. 12, Standort Eschdorf), von 46,4 auf 63,2 kg N_{\min} /ha (Tab. 13 und Tab. 15, Standort Taucha) sowie von 28,4 auf 26,0 kg N_{\min} /ha (Tab. 16 und Tab. 18, Standort Greifenhagen). Nach der Ernte der Körnerleguminosenbestände wurde auf den Parzellen eine Bodenbearbeitung mit einem Grubber oder einer Kreiselegge zur Stoppelbearbeitung durchgeführt. In gleicher Weise war auch an den Untersuchungsstandorten mit Ackerbohne in 0 bis 60 cm Bodentiefe ein Anstieg des N_{\min} -Vorrates im Boden nach der Ernte der Ackerbohne bis zur Aussaat des Winterweizens zu beobachten: von 39,5 auf 81,5 kg N_{\min} /ha (Standort Bissendorf, Tab. 19) sowie von 25,1 auf 45,8 kg N_{\min} /ha (Standort Auweiler, Tab. 20 und Tab. 22). Ein Einfluss der Düngung von Kieserit zur Ackerbohne auf den N_{\min} -Vorrat im Boden war auch in diesen Fällen nicht festzustellen.

Auch im Jahr 2013 war nach der Ernte der Körnerleguminosen kein signifikanter Effekt der Düngung mit Schwefel auf die residuale N_{\min} -Menge im Boden zu verzeichnen (Tab. 25 bis Tab. 31). Die N_{\min} -Mengen im Boden stiegen in 0 bis 60 cm von der Ernte der Körnerleguminosen bis zur Aussaat des Winterweizens nach der Schmalblättrigen Lupine von 35,0 auf 101,4 kg N_{\min} /ha (Standort Dürrröhrsdorf) bzw. von 27,2 auf 65,6 kg N_{\min} /ha (Standort Taucha), nach Erbse in Reinsaat von 35,1 auf 89,2 kg N_{\min} /ha (Standort Dürrröhrsdorf) bzw. von 16,1 auf 53,5 kg N_{\min} /ha (Standort Taucha) und nach Erbse/Gerste von 31,2 auf 78,8 kg N_{\min} /ha (Standort Dürrröhrs-

dorf) bzw. von 16,6 auf 54,1 kg N_{min}/ha (Standort Taucha). Nach Ackerbohne belief sich der Anstieg in 0 bis 30 cm Tiefe von 33,1 auf 48,8 kg N_{min}/ha (Standort Puch).

Tab. 12: N_{min}-Mengen im Boden zur Saat (29.03.) der Leguminosen und zum ersten Beprobungstermin (26.08.) am Standort Eschdorf im Jahr 2012

Fruchtart	Tiefenstufe [cm]	Düngung	N _{min} -Menge im Boden [kg N _{min} ha ⁻¹]	Tukey-Test α < 0,05
N _{min} zur Saat	0-30 cm		36,4	
	30-60 cm		37,5	
Lupine	0-30 cm	Kontrolle	28,9	A
		Kieserit	36,2	A
	30-60 cm	Kontrolle	21,5	A
		Kieserit	24,8	A
Erbse Reinsaat	0-30 cm	Kontrolle	21,5	A
		Kieserit	23,0	A
	30-60 cm	Kontrolle	23,6	A
		Kieserit	22,3	A
Erbse-Gerste Gemenge	0-30 cm	Kontrolle	26,6	A
		Kieserit	19,4	A
	30-60 cm	Kontrolle	17,2	A
		Kieserit	15,4	A

Tab. 13: N_{min}-Mengen im Boden zum zweiten Beprobungstermin (14.09.) am Standort Eschdorf im Jahr 2012

Fruchtart	Tiefenstufe [cm]	Düngung	N _{min} -Menge im Boden [kg N _{min} ha ⁻¹]	Tukey-Test α < 0,05
Lupine	0-30 cm	Kontrolle	33,5	A
		Kieserit	31,3	A
	30-60 cm	Kontrolle	15,8	A
		Kieserit	20,1	B
Erbse Reinsaat	0-30 cm	Kontrolle	29,6	A
		Kieserit	21,1	A
	30-60 cm	Kontrolle	14,8	A
		Kieserit	11,0	A
Erbse-Gerste Gemenge	0-30 cm	Kontrolle	24,0	A
		Kieserit	17,0	A
	30-60 cm	Kontrolle	13,0	A
		Kieserit	11,3	A

Tab. 14: N_{min}-Mengen im Boden zum dritten Beprobungstermin (04.10.) am Standort Eschdorf im Jahr 2012

Fruchtart	Tiefenstufe [cm]	Düngung	N _{min} -Menge im Boden [kg N _{min} ha ⁻¹]	Tukey-Test α < 0,05
Lupine	0-30 cm	Kontrolle	42,7	A
		Kieserit	37,7	A
	30-60 cm	Kontrolle	19,6	A
		Kieserit	27,1	A
Erbse Reinsaat	0-30 cm	Kontrolle	31,5	A
		Kieserit	29,6	A
	30-60 cm	Kontrolle	17,9	A
		Kieserit	15,3	A
Erbse-Gerste Gemenge	0-30 cm	Kontrolle	38,2	A
		Kieserit	35,6	A
	30-60 cm	Kontrolle	29,4	A
		Kieserit	16,5	A

Tab. 15: N_{min}-Mengen im Boden zur Saat (31.03.) der Leguminosen und zum ersten Beprobungstermin (26.08.) am Standort Taucha im Jahr 2012

Fruchtart	Tiefenstufe [cm]	Düngung	N _{min} -Menge im Boden [kg N _{min} ha ⁻¹]	Tukey-Test α < 0,05
N _{min} zur Saat	0-30 cm		30,0	
	30-60 cm		14,4	
Lupine	0-30 cm	Kontrolle	27,3	A
		Kieserit	33,7	A
	30-60 cm	Kontrolle	16,2	A
		Kieserit	18,1	A
Erbse Reinsaat	0-30 cm	Kontrolle	26,3	A
		Kieserit	31,8	A
	30-60 cm	Kontrolle	14,0	A
		Kieserit	15,2	A
Erbse-Gerste Gemenge	0-30 cm	Kontrolle	38,6	A
		Kieserit	18,1	A
	30-60 cm	Kontrolle	21,7	A
		Kieserit	14,3	A

Tab. 16: N_{min}-Mengen im Boden zum zweiten Beprobungstermin (15.09.) am Standort Taucha im Jahr 2012

Fruchtart	Tiefenstufe [cm]	Düngung	N _{min} -Menge im Boden [kg N _{min} ha ⁻¹]	Tukey-Test α < 0,05
Lupine	0-30 cm	Kontrolle	36,5	A
		Kieserit	46,4	A
	30-60 cm	Kontrolle	12,2	A
		Kieserit	16,0	A
Erbse Reinsaat	0-30 cm	Kontrolle	42,1	A
		Kieserit	50,7	A
	30-60 cm	Kontrolle	14,3	A
		Kieserit	16,8	A
Erbse-Gerste Gemenge	0-30 cm	Kontrolle	36,0	A
		Kieserit	47,4	A
	30-60 cm	Kontrolle	13,2	A
		Kieserit	13,7	A

Tab. 17: N_{min}-Mengen im Boden zum dritten Beprobungstermin (03.10.) am Standort Taucha im Jahr 2012

Fruchtart	Tiefenstufe [cm]	Düngung	N _{min} -Menge im Boden [kg N _{min} ha ⁻¹]	Tukey-Test α < 0,05
Lupine	0-30 cm	Kontrolle	39,4	A
		Kieserit	33,3	A
	30-60 cm	Kontrolle	10,7	A
		Kieserit	11,0	A
Erbse Reinsaat	0-30 cm	Kontrolle	24,2	A
		Kieserit	45,7	A
	30-60 cm	Kontrolle	11,8	A
		Kieserit	28,6	A
Erbse-Gerste Gemenge	0-30 cm	Kontrolle	61,0	A
		Kieserit	40,4	A
	30-60 cm	Kontrolle	13,2	A
		Kieserit	11,8	A

Tab. 18: N_{\min} -Mengen im Boden zur Saat (30.03.) der Leguminosen und zum ersten Beprobungstermin (26.08.) am Standort Greifenhagen im Jahr 2012

Fruchtart	Tiefenstufe [cm]	Düngung	N_{\min} -Menge im Boden [kg N_{\min} ha ⁻¹]	Tukey-Test $\alpha < 0,05$
N_{\min} zur Saat	0-30 cm	21,0		
	30-60 cm	8,2		
Lupine	0-30 cm	Kontrolle	17,1	A
		Kieserit	15,6	A
	30-60 cm	Kontrolle	12,2	A
		Kieserit	11,2	A
Erbse Rein-saat	0-30 cm	Kontrolle	19,6	A
		Kieserit	21,5	A
	30-60 cm	Kontrolle	12,2	A
		Kieserit	14,8	A
Erbse-Gerste Gemenge	0-30 cm	Kontrolle	18,5	A
		Kieserit	21,1	A
	30-60 cm	Kontrolle	9,8	A
		Kieserit	7,4	A

Tab. 19: N_{\min} -Mengen im Boden zum zweiten Beprobungstermin (16.09.) am Standort Greifenhagen im Jahr 2012

Fruchtart	Tiefenstufe [cm]	Düngung	N_{\min} -Menge im Boden [kg N_{\min} ha ⁻¹]	Tukey-Test $\alpha < 0,05$
Lupine	0-30 cm	Kontrolle	22,0	A
		Kieserit	31,0	A
	30-60 cm	Kontrolle	11,1	A
		Kieserit	11,8	A
Erbse Rein-saat	0-30 cm	Kontrolle	26,0	A
		Kieserit	26,8	A
	30-60 cm	Kontrolle	8,3	A
		Kieserit	9,0	A
Erbse-Gerste Gemenge	0-30 cm	Kontrolle	20,9	A
		Kieserit	27,8	A
	30-60 cm	Kontrolle	5,3	A
		Kieserit	7,9	A

Tab. 20: N_{\min} -Mengen im Boden zum dritten Beprobungstermin (02.10.) am Standort Greifenhagen im Jahr 2012

Fruchtart	Tiefenstufe [cm]	Düngung	N_{\min} -Menge im Boden [kg N_{\min} ha ⁻¹]	Tukey-Test $\alpha < 0,05$
Lupine	0-30 cm	Kontrolle	28,2	A
		Kieserit	15,8	A
	30-60 cm	Kontrolle	8,9	A
		Kieserit	5,8	A
Erbsen Reinsaat	0-30 cm	Kontrolle	23,7	A
		Kieserit	23,7	A
	30-60 cm	Kontrolle	11,0	A
		Kieserit	17,4	A
Erbsen-Gerste Gemenge	0-30 cm	Kontrolle	18,2	A
		Kieserit	20,6	A
	30-60 cm	Kontrolle	5,9	A
		Kieserit	7,2	A

Tab. 21: N_{\min} -Mengen im Boden zu 3 Beprobungsterminen nach Ackerbohne am Standort Bissendorf im Jahr 2012

Termin	Tiefenstufe [cm]	Düngung	N_{\min} -Menge im Boden [kg N_{\min} ha ⁻¹]
03.09.2012	0-30 cm	Kontrolle	22,0
		Kieserit	27,5
	30-60 cm	Kontrolle	14,0
		Kieserit	15,0
19.09.2012	0-30 cm	Kontrolle	34,0
		Kieserit	34,0
	30-60 cm	Kontrolle	16,0
		Kieserit	10,0
23.10.2012	0-30 cm	Kontrolle	51,0
		Kieserit	44,0
	30-60 cm	Kontrolle	39,0
		Kieserit	29,0

Tab. 22: N_{\min} -Mengen im Boden zur Saat (19.04.2012) der Leguminosen und zum ersten Beprobungstermin (23.08.) am Standort Auweiler im Jahr 2012

Fruchtart	Tiefenstufe [cm]	Düngung	N_{\min} -Menge im Boden [kg N_{\min} ha ⁻¹]
N_{\min} zur Saat	0-30 cm		29,0
	30-60 cm		16,0
Ackerbohne	0-30 cm	Kontrolle	10,5
		Kieserit	13,0
	30-60 cm	Kontrolle	12,8
		Kieserit	13,8
Erbse Reinsaat	0-30 cm	Kontrolle	19,0
		Kieserit	16,0
	30-60 cm	Kontrolle	14,0
		Kieserit	9,0
Erbse-Gerste Gemenge	0-30 cm	Kontrolle	9,0
		Kieserit	12,0
	30-60 cm	Kontrolle	5,0
		Kieserit	9,0

Tab. 23: N_{\min} -Mengen im Boden zum zweiten Beprobungstermin (06.09.) am Standort Auweiler im Jahr 2012

Fruchtart	Tiefenstufe [cm]	Düngung	N_{\min} -Menge im Boden [kg N_{\min} ha ⁻¹]
Ackerbohne	0-30 cm	Kontrolle	17,5
		Kieserit	22,8
	30-60 cm	Kontrolle	18,8
		Kieserit	17,3
Erbse Reinsaat	0-30 cm	Kontrolle	18,8
		Kieserit	18,3
	30-60 cm	Kontrolle	20,5
		Kieserit	16,3
Erbse-Gerste Gemenge	0-30 cm	Kontrolle	15,5
		Kieserit	17,8
	30-60 cm	Kontrolle	14,8
		Kieserit	14,5

Tab. 24: N_{min}-Mengen im Boden zum dritten Beprobungstermin (25.10.) am Standort Auweiler im Jahr 2012

Fruchtart	Tiefenstufe [cm]	Düngung	N _{min} -Menge im Boden [kg N _{min} ha ⁻¹]
Ackerbohne	0-30 cm	Kontrolle	11,5
		Kieserit	16,8
	30-60 cm	Kontrolle	30,3
		Kieserit	33,0
Erbse Reinsaat	0-30 cm	Kontrolle	11,0
		Kieserit	10,3
	30-60 cm	Kontrolle	26,5
		Kieserit	27,3
Erbse-Gerste Gemenge	0-30 cm	Kontrolle	7,3
		Kieserit	9,3
	30-60 cm	Kontrolle	27,3
		Kieserit	23,3

Tab. 25: N_{min}-Mengen im Boden zu 3 Beprobungsterminen nach Ackerbohne am Standort Puch im Jahr 2012

Termin	Tiefenstufe [cm]	Düngung	N _{min} -Menge im Boden [kg N _{min} ha ⁻¹]
07.05.2012	0-30 cm	Kontrolle	101,4
		Kieserit	114,3
30.07.2012	0-30 cm	Kontrolle	79,6
		Kieserit	78,0
13.09.2012	0-30 cm	Kontrolle	73,9
		Kieserit	68,0

Tab. 26: N_{\min} -Mengen im Boden zur Saat der Leguminosen und zum ersten Beprobungstermin (07.09.) am Standort Dürrröhrsdorf im Jahr 2013

Fruchtart	Tiefenstufe [cm]	Düngung	N_{\min} -Menge im Boden [kg N_{\min} ha ⁻¹]
Lupine	0-30 cm	Kontrolle	31,4 a
		Kieserit	19,7 a
	30-60 cm	Kontrolle	8,9 a
		Kieserit	9,9 a
Erbse Rein-saat	0-30 cm	Kontrolle	21,6 a
		Kieserit	24,1 a
	30-60 cm	Kontrolle	12,6 a
		Kieserit	11,9 a
Erbse-Gerste Gemenge	0-30 cm	Kontrolle	22,9 a
		Kieserit	24,1 a
	30-60 cm	Kontrolle	7,3 a
		Kieserit	8,1 a

Tab. 27: N_{\min} -Mengen im Boden zum zweiten Beprobungstermin (21.09.) am Standort Dürrröhrsdorf im Jahr 2013

Fruchtart	Tiefenstufe [cm]	Düngung	N_{\min} -Menge im Boden [kg N_{\min} ha ⁻¹]
Lupine	0-30 cm	Kontrolle	59,2 a
		Kieserit	33,7 a
	30-60 cm	Kontrolle	24,5 a
		Kieserit	14,9 a
Erbse Rein-saat	0-30 cm	Kontrolle	31,5 a
		Kieserit	41,3 a
	30-60 cm	Kontrolle	18,1 a
		Kieserit	20,5 a
Erbse-Gerste Gemenge	0-30 cm	Kontrolle	30,1 a
		Kieserit	41,7 a
	30-60 cm	Kontrolle	9,7 a
		Kieserit	13,6 a

Tab. 28: N_{\min} -Mengen im Boden zum dritten Beprobungstermin (26.10.) am Standort Dürrröhrsdorf im Jahr 2013

Fruchtart	Tiefenstufe [cm]	Düngung	N_{\min} -Menge im Boden [kg $N_{\min} \text{ ha}^{-1}$]
Lupine	0-30 cm	Kontrolle	59,1 a
		Kieserit	36,8 a
	30-60 cm	Kontrolle	60,8 a
		Kieserit	46,1 a
Erbse Rein-saat	0-30 cm	Kontrolle	42,9 a
		Kieserit	40,7 a
	30-60 cm	Kontrolle	46,9 a
		Kieserit	47,9 a
Erbse-Gerste Gemenge	0-30 cm	Kontrolle	35,4 a
		Kieserit	35,6 a
	30-60 cm	Kontrolle	36,3 a
		Kieserit	50,3 a

Tab. 29: N_{\min} -Mengen im Boden zur Saat der Leguminosen und zum ersten Beprobungstermin (07.09.) am Standort Taucha im Jahr 2013

Fruchtart	Tiefenstufe [cm]	Düngung	N_{\min} -Menge im Boden [kg $N_{\min} \text{ ha}^{-1}$]
Lupine	0-30 cm	Kontrolle	17,9 a
		Kieserit	16,3 a
	30-60 cm	Kontrolle	10,4 a
		Kieserit	9,9 a
Erbse Rein-saat	0-30 cm	Kontrolle	8,5 a
		Kieserit	8,2 a
	30-60 cm	Kontrolle	6,8 a
		Kieserit	8,7 a
Erbse-Gerste Gemenge	0-30 cm	Kontrolle	11,1 a
		Kieserit	9,9 a
	30-60 cm	Kontrolle	4,8 a
		Kieserit	7,3 a

Tab. 30: N_{min}-Mengen im Boden zum zweiten Beprobungstermin (22.09.) am Standort Taucha im Jahr 2013

Fruchtart	Tiefenstufe [cm]	Düngung	N _{min} -Menge im Boden [kg N _{min} ha ⁻¹]
Lupine	0-30 cm	Kontrolle	28,7 a
		Kieserit	26,4 a
	30-60 cm	Kontrolle	11,8 a
		Kieserit	8,8 a
Erbse Reinsaat	0-30 cm	Kontrolle	22,1 a
		Kieserit	21,0 a
	30-60 cm	Kontrolle	6,6 a
		Kieserit	6,1 a
Erbse-Gerste Gemenge	0-30 cm	Kontrolle	16,9 a
		Kieserit	16,2 a
	30-60 cm	Kontrolle	8,1 a
		Kieserit	5,6 a

Tab. 31: N_{min}-Mengen im Boden zum dritten Beprobungstermin (27.10.) am Standort Taucha im Jahr 2013

Fruchtart	Tiefenstufe [cm]	Düngung	N _{min} -Menge im Boden [kg N _{min} ha ⁻¹]
Lupine	0-30 cm	Kontrolle	34,1 a
		Kieserit	35,3 a
	30-60 cm	Kontrolle	28,8 a
		Kieserit	33,0 a
Erbse Reinsaat	0-30 cm	Kontrolle	30,1 a
		Kieserit	21,3 a
	30-60 cm	Kontrolle	30,2 a
		Kieserit	25,3 a
Erbse-Gerste Gemenge	0-30 cm	Kontrolle	28,2 a
		Kieserit	23,4 a
	30-60 cm	Kontrolle	24,7 a
		Kieserit	31,9 a

Tab. 32: N_{min}-Mengen im Boden zu 3 Beprobungsterminen nach Ackerbohne am Standort Puch im Jahr 2013

Termin	Tiefenstufe [cm]	Düngung	N _{min} -Menge im Boden [kg N _{min} ha ⁻¹]
23.08.2013	0-30 cm	Kontrolle	30,3 a
		Kieserit	35,9 a
17.09.2013	0-30 cm	Kontrolle	42,0 a
		Kieserit	42,1 a
29.10.2013	0-30 cm	Kontrolle	47,6 a
		Kieserit	50,0 a

3.6 Betriebswirtschaftliche Bewertung des Einsatzes von Schwefeldüngemitteln zu Körnerleguminosen

Zur betriebswirtschaftlichen Bewertung des Einsatzes der im Versuchsvorhaben eingesetzten Schwefeldüngemittel wurden die Kosten der Düngemittel sowie die Kosten für deren Ausbringung, wie im Vorhaben durchgeführt, für das Jahr 2014 kalkuliert (Tab. A33). Für das Jahr 2014 bezifferte ENGEMANN (2014) den Verkaufspreis für ökologisch erzeugte Körnerleguminosen auf im Mittel 40 € je dt für die Ackerbohne sowie im Mittel 42,5 € je dt für Erbse und Schmalblättrige Lupine. Qualitative Unterschiede im Erntegut der Körnerleguminosen infolge der Schwefeldüngung ließen sich weder hinsichtlich des N-Gehaltes im Korn noch hinsichtlich der Aminosäurezusammensetzung (vgl. Angaben in Abschnitt 3.4) gesichert nachweisen, so dass das Erntegut aus den nicht und mit Schwefel gedüngten Varianten der Körnerleguminosen als qualitativ gleichwertig angesehen werden kann.

Tab. 33: Gesamtkosten der Schwefeldüngung der geprüften Varianten der Schwefeldüngung sowie erforderliche Mehrerträge an Kornmasse bei Ackerbohne, Schmalblättriger Lupine und Erbse zur Deckung der Düngekosten

	Verfahren der Schwefeldüngung				
	Kieserit	Gips	Schwefellinsen	Bittersalz	Elementarschwefel Blattapplikation
Gesamtkosten in €/ha	62,3	19,6	58,7	33,0	58,7
	Erforderliche Mehrerträge in dt/ha				
Ackerbohne	1,56	0,49	1,47	0,83	1,47
Lupine	1,47	0,46	1,38	0,78	1,38
Erbse	1,47	0,46	1,38	0,78	1,38

Die Schwefeldüngung zur Schmalblättrigen Lupine wurde unter insgesamt sieben Umwelten geprüft. Es konnte in keinem der sieben geprüften Fälle ein signifikanter Mehrertrag durch eine der Varianten der Schwefeldüngung gegenüber der Kontrolle

nachgewiesen werden (Tab. A 1, Tab. A3 und Tab. A5 im Anhang), so dass sich für die Bewirtschaftung der Schmalblättrigen Lupine in Reinsaat auch kein betriebswirtschaftlicher Vorteil durch eine der geprüften Varianten der Schwefeldüngung ableiten ließ. Die Schwefeldüngung der Erbse in Reinsaat wurde in insgesamt 17 Umwelten geprüft. Nur in einem Fall (Standort Eschdorf im Jahr 2012, Abb. 2) zeigte sich ein signifikanter Effekt auf den Kornertrag. Allerdings fiel hier der Ertrag der Erbse in den Varianten Kieserit und Gips geringer als in der Kontrolle aus, so dass sich auch im Falle der Erbse in Reinsaat kein betriebswirtschaftlicher Vorteil einer Schwefeldüngung ergab. Auch bei der Ackerbohne trat kein signifikanter Effekt der S-Düngung auf den Kornertrag ein, obwohl die Schwefeldüngung unter insgesamt 9 Umwelten geprüft wurde (Tab. A1, Tab. A3, Tab. A5 und Tab. A6 im Anhang). Im Gemengebau mit Gerste erwies sich nur in einem Fall (Standort Greifenhagen im Jahr 2013, Abb. 13) von insgesamt 17 geprüften Umwelten die S-Düngung, hier mit Kieserit, als den Ertrag der Erbse im Gemenge signifikant senkend, so dass auch für die hier geprüften Gemenge aus Erbse und Gerste sich aus den hier durchgeführten Untersuchungen zur Schwefeldüngung kein betriebswirtschaftlicher Vorteil im Hinblick auf den Ertrag der Erbse im Gemenge darstellen ließ. Nur in einem Fall von insgesamt über alle Bestände mit Körnerleguminosen 50 untersuchten Fällen dürfte die Schwefeldüngung mit einem betriebswirtschaftlichen Vorteil verbunden gewesen sein: Der Ertrag der Gerste im Gemenge mit Erbse war infolge einer Düngung mit Gips zur Saat um 3,5 dt/ha signifikant höher ausgefallen als ohne eine Schwefeldüngung (Standort Greifenhagen 2013, Abb. 89).

Eine Schwefeldüngung zur Körnerleguminosen-Vorfrucht erwies sich nur in einem Fall als signifikant ertragssteigernd auf den Weizen. Hier stieg infolge einer Düngung mit Kieserit zur Lupine der Kornertrag des Weizens um 3 dt/ha an (Standort Taucha, 2013, Abb. 24), so dass hier die Kosten der S-Düngung über einen gestiegenen Vorfruchtwert der Lupine zu Weizen mehr als kompensiert werden konnten. Insgesamt umfasste die Untersuchung zur Vorfruchtwirkung mit Schwefel gedüngter versus nicht gedüngter Körnerleguminosenbestände 27 Fälle, da in der Regel drei verschiedene Vorfrüchte je Standort vor dem Winterweizen angebaut wurden.

4 Diskussion

In der Diskussion der erzielten Ergebnisse sollen die zu Beginn des Vorhabens formulierten neun zentralen Fragestellungen beantwortet und die eigenen Ergebnisse anhand von Resultaten aus der Literatur fachlich eingeordnet werden. Soweit erkennbar stellen die hier durchgeführten Untersuchungen zur Schwefeldüngung von Körnerleguminosenbeständen mit Erbse, Ackerbohne und Schmalblättriger Lupine in Reinsaat und Erbse im Gemenge mit Sommergerste die umfangreichste Feldversuchsserie dar, die zu dieser Fragestellung bisher durchgeführt wurde. Dieses gilt nicht nur für den Bereich des ökologischen Landbaus. So standen für die abschließende Bewertung zur Schwefeldüngung aus dem vorliegenden Vorhaben Ergebnisse aus Feldversuchen unter sieben (Schmalblättrige Lupine), neun (Ackerbohne) bzw. jeweils 17 Umwelten (Erbse in Reinsaat bzw. Erbse/Gerste-Gemenge) zur Verfügung, die eine insgesamt sehr gute Grundlage zur Ableitung sowohl wissenschaftlicher Erkenntnisse als auch Empfehlungen zur Erfordernis und Art der Schwefeldüngung zu Körnerleguminosenbeständen in der landwirtschaftlichen Praxis in Deutschland bieten.

Die Versuche wurden zudem mit verschiedenen, im ökologischen Landbau zugelassenen Schwefeldüngemitteln durchgeführt, wobei die Düngemittel so ausgewählt wurden, dass die gegebenenfalls zu verzeichnenden Düngewirkung auf das Element Schwefel zurückgeführt werden konnte und nicht auch durch ein mit dem Schwefeldüngemittel als Begleitelement applizierten Nährstoff verursacht worden sein könnte. Gedüngt wurde in den hier vorgestellten Untersuchungen der Schwefel entweder in elementarer Form (Schwefellinsen über eine Ausbringung in den Boden bzw. über das Präparat Cera-Schwefal flüssig in Form einer Blattapplikation) oder als Magnesium- (Kieserit, Bittersalz) bzw. Calciumsulfat (Gips). Es wurde davon ausgegangen, dass die Begleitelemente der eingesetzten Schwefeldüngemittel Magnesium bzw. Calcium in ausreichendem Maße an den Standorten im Boden vorhanden waren, was durch die Ergebnisse der Bodenuntersuchungen hinsichtlich des pH-Wertes und des Gehaltes an pflanzenverfügbaren Mengen an Magnesium im Boden (vgl. Angaben in Tab. 6) auch bestätigt wurde. Deshalb ist davon auszugehen, dass die im Vorhaben ermittelten statistisch gesicherten Resultate zur Wirkung der eingesetzten Schwefeldünge-

mittel tatsächlich durch Schwefel und nicht durch die mit dem Schwefeldüngemittel verabreichten Begleitelemente hervorgerufen wurden. Die von WILBOIS et al. (2014) dokumentierte signifikante Wirkung einer Schwefeldüngung über Patentkali (Kaliumsulfat) auf den Ertrag der Sojabohne konnte nicht sicher auf die Wirkung des Schwefels zurückgeführt werden, da die Schwefeldüngung mit der von Kalium einherging. Auch SEEHUBER (2014) fand nach Düngung von Kaliumsulfat eine signifikante, den Kornertrag der Ackerbohne steigernde Wirkung auf dem langjährig ökologisch bewirtschafteten Standort Wiesengut, eine Ertragswirkung die hier ebenfalls nicht allein auf Schwefel zurückgeführt werden konnte.

1. Kann mit Hilfe der Erfassung des S_{min} -Vorrates im Boden zu Vegetationsbeginn der Körnerleguminose die pflanzenverfügbare Schwefelmenge im ökologischen Landbau geschätzt werden, so dass eine Empfehlung an die Praxis zur Nutzung der S_{min} -Methode ausgesprochen werden kann?

Eine statistisch gesicherte, den Ertrag oder die Qualität des Erntegutes steigernde Wirkung einer der geprüften Verfahren der Schwefeldüngung war bei den geprüften sommeranuellen Körnerleguminosenbeständen nahezu nicht festzustellen. Nur in einem von insgesamt 50 geprüften Fällen konnte ein betriebswirtschaftlich relevanter Ertragszuwachs infolge der Schwefeldüngung erzielt werden. Deshalb kann in der Regel beim Anbau von Ackerbohne, Schmalblättriger Lupine und Erbse in Reinsaat sowie Erbse/Gerste-Gemenge unter derzeitigen Bedingungen des ökologischen Landbaus in der Bundesrepublik Deutschland davon ausgegangen werden, dass eine Schwefeldüngung zu diesen Kulturen nicht erforderlich ist. Infolgedessen ist eine Erhebung des S_{min} -Vorrates im Boden zur Bemessung einer S-Düngung auch nicht erforderlich.

Andererseits zeigen die Ergebnisse zu den zur Saat der Körnerleguminosenbestände im Frühjahr vorhandenen S_{min} -Mengen in 0 bis 60 cm Bodentiefe, dass zwischen den Standorten und Jahren erhebliche Unterschiede im S_{min} -Vorrat im Boden vorhanden waren (zwischen minimal 5,7 kg S_{min} /ha am Standort Linz im Jahr 2014 und 28,7 kg S_{min} /ha am Standort Taucha im Jahr 2012, Tab. 3, Tab. 4 und Tab. 5). Da zugleich die Erbsen in Reinsaat in der Kontrolle (ohne Schwefeldüngung) zum Zeitpunkt der

Blüte im jüngsten entfalteten Blatt am Standort Linz im Jahr 2014 einen S-Gehalt in der TM von 0,3 % (Abb. 141) und die Erbsen der Kontrolle am Standort Taucha im Jahr 2012 nur einen entsprechenden S-Gehalt von 0,23 % (Abb. 23) aufwiesen, spiegelte sich der sehr unterschiedliche Smin-Vorrat im Boden zu Vegetationsbeginn der Bestände nicht im Schwefelversorgungsgrad der Pflanzen wider. Vermutlich ist die Schwefelversorgung der Erbse zur Blüte in diesem Fall stärker durch eine Mineralisation von organisch gebundenen Schwefelverbindungen in der Jungendentwicklung der Körnerleguminosen im Boden (SCHERER 2009) und die zeitgleich erfolgte atmosphärische Deposition an Schwefel geprägt worden (UBA 2011) als durch den zur Saat im Boden vorhandenen Smin-Vorrat im Boden. Deshalb ist die Eignung der Smin-Methode zur Bemessung des S-Düngebedarfes zur Saat von sommeranuellen Körnerleguminosen nur in einem so geringen Maße gegeben, dass sie für Bedingungen in der landwirtschaftlichen Praxis für die hier geprüften Pflanzenbestände nicht empfohlen werden kann.

2. Kann mit Hilfe der Erfassung des Schwefelgehaltes sowie des Schwefel zu Stickstoff-Verhältnisses im jüngsten, voll entwickelten Blatt der Körnerleguminose der im Hinblick auf die Ertragsbildung erforderliche Schwefelversorgungsgrad der Pflanze identifiziert werden, so dass bereits in frühen Entwicklungsstadien der Körnerleguminosen ein standortspezifischer S-Düngebedarf abgeleitet werden kann?

Da sich bei den untersuchten Körnerleguminosenbeständen in keinem von insgesamt 50 untersuchten Fällen eine den Kornertrag der Körnerleguminosen steigernde Wirkung der geprüften Verfahren der Schwefeldüngung zeigte, konnte weder ein allgemeiner noch standortspezifischer Bedarf der S-Düngung zu den Körnerleguminosenbeständen aus den erhobenen Daten zum S-Gehalt im jüngsten entfalteten Blatt abgeleitet werden. ROBSON et al. (1995) geben für Lupine einen kritischen S-Gehalt im jüngsten entfalteten Blatt von 0,28 % in der TM, in der Sprossachse von 0,07 % in der TM und 0,15 % in der gesamten Sprossmasse an. Für Ackerbohne gibt SEEHUBER (2014) in einer Übersicht aus verschiedenen Arbeiten einen kritischen Schwefelgehalt im jüngsten entfalteten Blatt zum Zeitpunkt der Blüte der Ackerbohne in Höhe von 0,2 % in der TM an. Aus Ergebnissen von Gefäßversuchen von ZHAO et al. (1999)

lässt sich ableiten, dass bei der Erbse der kritische Gehalt an Schwefel im Blatt zum Zeitpunkt der Blüte bei 0,18 % in der TM liegen dürfte, da dieser Gehalt zum Erreichen des maximalen Kornertrages mindestens erforderlich war. In den hier durchgeführten Untersuchungen wurde bei der Ackerbohne der entsprechende Mindestgehalt an Schwefel im jüngsten entfalteten Blatt zur Blüte in keinem Fall, bei der Erbse in Reinsaat oder Gemenge mit Gerste nur in einem Fall mit 0,17 % S in der TM am Standort Puch im Jahr 2014 (Abb. 196) nur leicht, ohne negative Wirkungen auf die Ertragsbildung (Abb. 195) unterschritten, so dass anhand dieses Kennwertes in allen hier untersuchten Fällen von einer ausreichenden Schwefelversorgung der Ackerbohne und Erbse ausgegangen werden kann. SEEHUBER (2014) fand hingegen in etwa 40 % der in Praxisbetrieben des ökologischen Landbaus gewonnenen Proben bei der Ackerbohne zu geringe S-Gehalte im jüngsten entfalteten Blatt zur Blüte, ein Anteil, der den eigenen Untersuchungsergebnissen nicht entspricht, obwohl hier bewusst auch Standorte mit sehr geringem Smin-Vorrat im Boden für den Anbau von Ackerbohnen genutzt wurden (Standort Ochsenhausen in 2014). Deshalb kann in Zweifelsfällen für die landwirtschaftliche Praxis bei der Ackerbohne empfohlen werden, eine entsprechende Überprüfung des S-Versorgungsstatus durch eine sorgfältige Probenahme zur Mitte der Blüte der Ackerbohne vorzunehmen und den S-Gehalt zu bestimmen. Dieser Parameter erscheint deutlich besser als die Erfassung des Smin-Vorrates im Boden zur Saat der Körnerleguminosen geeignet zu sein, einen S-Mangel zu diagnostizieren, aus dem anschließend eine S-Düngung für die Folgejahre abgeleitet werden kann. Kurzfristig ließ sich bei der Ackerbohne allerdings nur durch die Düngung von Kieserit und Gips zur Saat oder Applikation von Bittersalz über das Blatt die S-Versorgung der Pflanze verbessern, wie die hier durchgeführten Untersuchungen zeigen.

Hinsichtlich der Schmalblättrigen Lupine scheint der in der Literatur aus australischen Arbeiten unter Gewächshausbedingungen ermittelte Grenzwert von 0,28 % S in der TM im jüngsten voll entwickelten Blatt zur Blüte (ROBSON et al. 1995) als zu hoch für Bedingungen in Deutschland angesetzt zu sein. In fünf von sieben untersuchten Fällen lag der entsprechende Gehalt nur zwischen 0,15 (Abb. 1) und 0,24 % S in der TM (Abb. 66) ohne das durch eine S-Düngung und hierdurch erhöhten S-Gehalt im jüngsten voll entwickelten Blatt zur Blüte der Lupine eine signifikante Steigerung im

Kornertrag der Schmalblättrigen Lupine erreichen ließ. Die hier durchgeführten Untersuchungen geben deshalb dazu Anlass, die Literaturangaben zu Mindestgehalten an Schwefel im jüngsten voll entwickelten Blatt der Schmalblättrigen Lupine durch entsprechende standardisierte Versuche zu überprüfen.

3. Lässt sich der Vorfruchtwert der Körnerleguminosen durch eine Schwefeldüngung zur Körnerleguminose über ein verbessertes Wachstum und symbiotische N₂-Fixierung der Körnerleguminose erhöhen?

Die symbiotische N₂-Fixierleistung der Körnerleguminosenbestände wurde nicht signifikant durch eine der hier geprüften Verfahren der Schwefeldüngung gesteigert, wie sich aus der nicht signifikanten Wirkung der Schwefeldüngung auf die N-Akkumulation im Spross der Körnerleguminosen ableiten lässt. Da sich ein Schwefelmangel in anderen Untersuchungen deutlich in einer verringerten symbiotischen N₂-Fixierleistung der Leguminosen widerspiegelte (SCHERER & LANGE 1999, SHOCK 1984, ZHAO et al. 1999), bestätigt die ermittelte nicht signifikante Wirkung der Schwefeldüngung auf die Höhe der N-Akkumulation im Spross der hier geprüften Körnerleguminosenbestände, dass in den untersuchten 50 Fällen offenbar kein Schwefelmangel vorgelegen hat. Infolgedessen führte die Schwefeldüngung – mit Ausnahme eines Falles (Standort Taucha, 2013, Abb. 24) – auch nicht zu einer Steigerung des Vorfruchtwertes der geprüften Körnerleguminosenbestände für Winterweizen. Da bei Körnerleguminosen eine Erhöhung des Vorfruchtwertes über eine Schwefeldüngung nur in Fällen ausgeprägten Mangels an pflanzenverfügbarem Schwefel im Boden zu erzielen sein dürfte (HABTEMICHIAL et al. 2007) und die hier geprüften Körnerleguminosenbestände offenbar keinem ausgeprägten Mangel an Schwefel aufwiesen, dürfte im ökologischen Landbau in Deutschland derzeit nur in Ausnahmefällen über eine Schwefeldüngung zu Körnerleguminosen auch deren Vorfruchtwert gesteigert werden können. Dieses Resultat des Vorhabens steht im Gegensatz zu Ergebnissen bei Futterleguminosen, in denen eine Sulfat-Schwefeldüngung sowohl deren symbiotische N₂-Fixierleistung als deren Vorfruchtwert deutlich steigerte (FISCHINGER et al. 2011).

4. Lässt sich durch eine Schwefeldüngung zur Körnerleguminose der Proteingehalt im Korn der Leguminose und der Nachfrucht Winterweizen signifikant erhöhen?

Der Proteingehalt bzw. N-Gehaltes der Körnerleguminosenbestände wurde durch die Schwefeldüngung nur in drei von insgesamt 50 untersuchten Fällen signifikant beeinflusst (Tab. A1, Tab. A3 und Tab. A5). Eine signifikante Steigerung des N-Gehaltes im Korn war nur bei der Erbse im Gemenge mit Gerste in zwei Fällen (Standort Greifenhagen im Jahr 2013, Standort Orgosen im Jahr 2014) infolge einer Düngung mit Gips oder Bittersalz zu verzeichnen. In einem Fall (Standort Ochsenhausen) sank der N-Gehalt im Korn der Erbse sogar aufgrund einer Düngung mit Gips signifikant ab. Untersuchungen an Erbsen von MARZO et al. (1997) zeigen, dass auch unter Feldbedingungen bei vorhandenem geringen Vorrat an pflanzenverfügbaren Mengen an Schwefel im Boden sowohl der Proteingehalt im Korn als auch der Gehalt der schwefelhaltigen Aminosäuren Cystein und Methionin über eine Schwefeldüngung der Erbse gesteigert werden kann. Da weder der Gehalt an Stickstoff im Korn der geprüften Körnerleguminosen noch die Zusammensetzung der Aminosäuren (vgl. Abschnitt 3.4) durch die hier eingesetzten Verfahren der Schwefeldüngung gesteigert werden konnte, deutet auch dieses Ergebnis darauf hin, dass ein ausgeprägter Schwefelmangel an den Untersuchungsstandorten nicht vorlag. Analog kann diese Schlussfolgerung auch hinsichtlich des Einflusses der Schwefeldüngung zu den Körnerleguminosenbeständen auf den N-Gehalt im Korn der Folgefrucht Winterweizen gezogen werden, da auch hier kein signifikanter Effekt zu verzeichnen war (Tab. A2 und Tab. A4 im Anhang).

5. Welche der drei geprüften Körnerleguminosen - Ackerbohne, Erbse oder Schmalblättrige Lupine - reagiert auf eine Düngung mit Schwefel am stärksten und weist somit die höchste Bedürftigkeit einer Schwefeldüngung auf?

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass unter den derzeitigen Anbaubedingungen in Deutschland nur in Ausnahmefällen bei hohem Ertragsvermögen der Körnerleguminose, sehr geringen Smin-Vorräten im Boden und sehr geringer S-Mineralisierung im Boden und geringer atmosphärischer S-Deposition in der Vegetationsperiode die

Ackerbohne, Schmalblättrige Lupinen oder Erbse einer Schwefeldüngung im ökologischen Landbau bedürfen. Nur in einem Fall von insgesamt 50 untersuchten Fällen führte die Schwefeldüngung zu einer Steigerung des betriebswirtschaftlichen Erfolgs beim Anbau der Erbse im Gemenge mit Gerste. Die Körnerleguminosenbestände akkumulierten in der Sprossmasse je nach Ertragsleistung und Schwefeldüngung nur zwischen 5 und 19 kg S/ha (Ackerbohne in Reinsaat), 5 und 18 kg S/ha (Schmalblättrige Lupine in Reinsaat), 2,5 und 16 kg S/ha (Erbse in Reinsaat) und 4 bis 15 kg S/ha (Erbse im Gemenge mit Gerste). Die Notwendigkeit und Höhe einer Schwefeldüngung dürfte sich somit zwischen den hier geprüften Körnerleguminosenbeständen nicht wesentlich unterscheiden, auch wenn in den Feldversuchen ein entsprechender Bedarf einer S-Düngung nicht nachgewiesen werden konnte. Die geprüften Körnerleguminosenbestände dürften somit eher einen geringen bis mittleren Schwefelbedarf im Vergleich zu anderen Kulturpflanzen in Deutschland (insbesondere Raps und Futterleguminosen) aufweisen. Die ermittelten S-Mengen in der Sprossmasse der Körnerleguminosen entsprechen denen, die auch MALHI (2012) bei Erbse in Reinsaat und entsprechend vergleichbarem Ertragsniveau unter kanadischen Bedingungen im organischen Landbau ermittelt hat.

6. Ist eine ertragssteigernde Wirkung der Schwefeldüngung beim Anbau der Erbse im Gemenge mit Gerste stärker ausgeprägt als in einer Erbsenreinsaat der Erbse?

Eine ertragssteigende Wirkung einer der geprüften Verfahren der Schwefeldüngung war nur in einem Fall von 17 geprüften Fällen bei Erbse im Gemenge mit Gerste ermittelt worden, während dieses in den 17 geprüften Fällen der Erbse in Reinsaat nicht festgestellt werden konnte. Eine unterschiedliche Ertragsreaktion auf eine Schwefeldüngung zwischen Reinsaat und Gemengesaat der Erbse mit Gerste kann somit aus den vorliegenden Versuchsergebnissen nicht abgeleitet werden. Im Gegensatz zu Nitrat scheint aber bei Schwefel kein wurzelmorphologisch bedingter Unterschied in der Aneignung des Nährstoffs zwischen Erbse und Gerste zu bestehen. So wiesen die Erbsen aus Gemengesaat in der Regel ähnlich hohe Schwefelgehalte im Spross auf wie die Erbse aus Reinsaat.

7. Spiegelt sich eine Schwefeldüngung zur Körnerleguminose, insbesondere mit elementarem Schwefel, noch in einer verbesserten Schwefelversorgung des nachfolgenden Weizens wider?

Eine Schwefeldüngung zur Körnerleguminosen-Vorfrucht erwies sich nur in einem Fall von insgesamt 21 geprüften Fällen als signifikant ertragssteigernd auf den Weizen. Hier stieg infolge einer Düngung mit Kieserit zur Schmalblättrigen Lupine der Kornertrag des Weizens um 3 dt/ha an (Standort Taucha, 2013, Abb. 24). Nur in zwei Fällen waren durch den in der Vorfrucht gedüngten Schwefel (nach Düngung von Kieserit am Standort Greifenhagen, Abb. 18, Bittersalz am Standort Bissendorf, Abb. 43) eine verbesserte S-Versorgung im nachfolgenden Weizen zu verzeichnen, die sich allerdings hier nicht ertragssteigernd auswirkte. Im Gegensatz zu Untersuchungsergebnissen aus Kanada, in denen eine S-Düngung in den Boden mit fein granuliertem elementarem Schwefel eine über zwei Folgefrüchte nachweisbare Verbesserung der S-Versorgung festzustellen war (WEN et al. 2003), konnten in den eigenen Untersuchungen weder zur Körnerleguminose noch zu Folgefrucht Winterweizen eine entsprechende Wirkung bestätigt werden.

8. Mit welchem Verfahren der Schwefeldüngung kann die höchste Verwertungseffizienz des gedüngten Schwefels, die höchste Ertragssteigerung an Kornerträgen und pflanzlicher N-Aufnahme der Körnerleguminose und deren Nachfrucht Winterweizen erzielt werden?

Vergleichsweise konsistente Ergebnisse lieferten die geprüften Düngemittel, in denen elementarer Schwefel in den Boden oder über das Blatt in den Körnerleguminosenbeständen appliziert wurden. So konnte weder der S-Gehalt der pflanzlichen Organe, noch die Ertragsleistung oder N-Aufnahme der Körnerleguminosenbestände und des nachfolgenden Weizens signifikant beeinflusst werden, so dass diese Düngemittel keine kurzfristige Düngewirkung erzielten. Hingegen konnte durch die Düngung von Kieserit, Gips und in einigen Fällen auch über eine Blattdüngung von Magnesiumsulfat die S-Aufnahme der Körnerleguminosenbestände erhöht werden. Diese Ergebnisse bestätigen somit grundsätzlich die Eignung sulfatischer Schwefelverbindungen zur

kurzfristigen Verbesserung der Schwefelversorgung auch von Körnerleguminosen (SCHNUG, 1998, SCHERER 2001, WEN et al. 2003, SEEHUBER 2014). Die scheinbare Aneignungseffizienz des in den Boden gedüngten Kieserit und Gips war insgesamt gering, da gegenüber der ungedüngten Kontrolle in der Regel nur 2 bis 4 kg S/ha mehr aufgenommen wurden, was bei einer gedüngten Menge von 40 kg S/ha einer Aneignungseffizienz von nur 5 bis 10 % entspricht. Der über das Blatt applizierte Sulfatschwefel wurde hingegen effizienter aufgenommen.

9. Unter welchen Standortbedingungen langjährig ökologisch bewirtschafteter Acker-schläge und bei welcher Körnerleguminosenart ist eine Schwefeldüngung pflanzenbaulich und betriebswirtschaftlich sinnvoll?

Zusammenfassend kann aus den vorliegenden Untersuchungsergebnissen zur Schwefeldüngung im ökologischen Landbau festgestellt werden, dass für den ökologischen Landbau in Deutschland in der Regel keine Empfehlung zur Düngung von Schwefel zu den geprüften Körnerleguminosenbeständen – Sommerformen der Ackerbohne, Schmalblättrigen Lupine und Erbse in Reinsaat sowie Erbse/Gerste-Gemenge - abgeleitet werden kann, da nur in einem Fall von 50 untersuchten Fällen sich ein pflanzenbaulicher (Ertragsleistung des Bestandes) und betriebswirtschaftlicher Vorteil einer Düngung von Schwefel über Kieserit verzeichnet werden konnte. Offenbar scheint für die Sommerformen der hier geprüften Körnerleguminosen und die im ökologischen Landbau erzielten Ertragsleistung der Bestände das Angebot an pflanzenverfügbarem Schwefel im Boden in den meisten Fällen ausreichend hoch zu sein, so dass keine Limitierung der Ertragsleistung der Bestände durch Schwefel erfolgt. Anders als Futterleguminosen, die zeitig im Frühjahr hohe Wachstumsraten realisieren, ist offenbar bei den Sommerformen der Körnerleguminosen ein frühzeitig hoher Bedarf an Schwefel nicht gegeben, so dass ihr insgesamt nur gering bis mittlerer Gesamtbedarf an Schwefel auch bei höheren Ertragsleistungen aus der Nachlieferung des Bodens im späteren Frühjahr gedeckt werden kann.

Sollten hinsichtlich der Schwefelversorgung der Körnerleguminosen im Einzelfall Zweifel in der landwirtschaftlichen Praxis bestehen, so erscheint die Erfassung des Schwefelgehaltes im jüngsten voll entwickelten Blatt der Körnerleguminosen zur Blüte

ein besser geeignetes Instrument zur Diagnose der Notwendigkeit einer Schwefeldüngung als die Erfassung des Smin-Vorrates im Boden zur Saat.

5 Angaben zum voraussichtlichen Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Die Ergebnisse des Vorhabens zur Schwefeldüngung von Körnerleguminosen können seitens der Praxis im ökologischen Landbau direkt verwertet und dort Nutzen entfalten. So kann in den meisten Fällen auf eine Düngung von Schwefel zu den hier geprüften Körnerleguminosen verzichtet werden. Die Ergebnisse zum S-Gehalt im jüngsten, voll entwickelten Blatt der Körnerleguminosen zur Blüte können als praxisumsetzbares Instrument zur Diagnose eines Schwefelmangels genutzt und den Ergebnissen des Vorhabens folgend Kieserit, Gips (über die Einarbeitung in den Boden) oder Bittersalz (über das Blatt appliziert) zur kurzfristigen Verbesserung der Schwefelversorgung von Körnerleguminosen eingesetzt werden. Die praxisrelevanten Ergebnisse sind zudem in einer Broschüre zur Schwefeldüngung von Leguminosen für die landwirtschaftliche Praxis zusammengefasst und veröffentlicht worden. Ein Transfer der Ergebnisse kann in der Beratung und landwirtschaftlichen Praxis auch durch das Anlegen von Düngefenstern (ohne versus mit schnell wirksamen Schwefeldüngemitteln Kieserit/Gips oder Bittersalz) in Körnerleguminosenbeständen ohne großen Aufwand befördert werden.

6 Gegenüberstellung der geplanten zu den tatsächlich erreichten Ziele

Durch die sehr umfangreichen Feldversuche und sich den Feldversuchen anschließenden analytischen Auswertungen des Probenmaterials, die gezielte Auswahl von zusätzlichen Untersuchungsstandorten im 3. Versuchsjahr (2014) sowie die Erweiterung des Vorhabens um die Erfassung der Aminosäurezusammensetzung des Korn gutes und Erstellung einer Broschüre wurde die zu Beginn des Vorhabens formulierten Ziele nicht nur erreicht, sondern in Teilen auch erweiterte Zielstellungen erfolgreich bearbeitet. Äußerst schwierig erwies sich die Analyse der S-Gehalte im gewonnenen Pflanzenmaterial, da teilweise nur sehr geringe Gehalte vorhanden waren und deshalb für eine valide Messung das Probenmaterial in mehrfacher Wiederholung vermessen

werden musste. In größerem Umfang als ursprünglich vorgesehen wurden die Ergebnisse auch auf Fachveranstaltungen und Feldtagen präsentiert, so dass zeitnah ein Transfer des erarbeiteten Wissens vollzogen werden konnte.

7 Literaturverzeichnis

- ANTHES, J., 2005: Beitrag von Ackerbohne (*Vicia faba* L.), Luzerne (*Medicago sativa* L.) und Saatwicke (*Vicia sativa* L.) zur Selbstregulierung der N-Zufuhr in leguminosenbasierten Fruchtfolgen. Dissertationsschrift Universität Göttingen.
- BERGMANN, W. 1986: Farbatlas Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen – Visuelle und analytische Diagnose. VEB Gustav Fischer Verlag Jena.
- BOTHE, H., YATES, M.G., CANNON, F.C., 1993: Physiology, biochemistry and genetics of dinitrogen fixation. In: Inorganic Plant Nutrition, Encycl. Plant Physiol. New Series, 15A, Springer Verlag Berlin, 241-285.
- ENGEMANN, A. 2014: Vermarktung ökologischer Körnerleguminosen. Fachvortrag auf dem 4. Leguminosentag – Potentiale für NRW. 24.11.2014 Haus Düsse. www.vom-acker-in-den-futtertrog.de/fileadmin/Dokumente/Vom_Acker_in_den_Futtertrog/Das_Projekt/4.Leguminosentag_Haus-Düsse_26-11-2014_Andreas-Engemann.pdf, eingesehen am 14.12.2015.
- FISCHINGER, S. A., BECKER, K., LEITHOLD, G., 2011: Auswirkungen unterschiedlicher S-Versorgungszustände auf den N Flächenertrag eines Luzerne-Kleegrasbestandes. In: Leithold, G.; Becker, K.; Brock, C.; Fischinger, S.; Spiegel, A.-K.; Spory, K.; Wilbois, K.-P. und Williges, U. (Hrsg.) Es geht ums Ganze: Forschen im Dialog von Wissenschaft und Praxis Beiträge zur 11. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Justus-Liebig-Universität Gießen, 15.-18. März 2011, Verlag Dr. Köster, Berlin, 183-184.
- HABTEMICHAL, K.H., SINGH, B.R., AUNE, J.B., 2007: Wheat response to N₂ fixed by faba bean (*Vicia faba* L.) as affected by sulfur fertilization and rhizobial inoculation in semi-arid Northern Ethiopia. J. Plant Nutr. Soil Sci. 2007, 170, 412–418.
- MALHI, S.S., 2012: Relative Effectiveness of various amendments in improving yield and nutrient uptake under organic crop production. Open Jjournal of Soil Science 2, 299-311.
- MARZO, F., AGUIRRE, A., CASTIELLA, M.V., ALONSO, R., 1997: Fertilization effects of phosphorus and sulphur on chemical composition of seeds of *Pisum sativum* L. and relative infestation by *Bruchus pisorum* L. J. Agric. Food Chem. 45, 1829-1833.
- MENGEL, K., 1991: Ernährung und Stoffwechsel der Pflanzen. Gustav Fischer Verlag Jena.
- MUNSHI S.K., REENA J., 2001: Effect of sulphur on nitrogen assimilation, carbohydrates in nodules as well as leaves and lipids in kernels of peanut (*Arachis hypogaea* L.). Journal of Plant Biology 28, 189-198.
- ROBSON, A.D., OSBORNE, L.D., SNOWBALL, K., SIMMONS, W.J., 1995: Assessing sulfur status in lupins and wheat. Australian Journal of Experimental Agriculture 35, 79-86.
- SCHERER, H.W., 2009: Sulfur in soils. J. Plant Nutr. Soil Sci. 172, 326-335.
- SCHERER, H.W., 2001: Sulfur in crop production. Eur. J. Agron. 14, 81-111.
- SCHERER, H.W., LANGE, A., 1996: N₂ fixation and growth of legumes as affected by sulphur fertilization. Biol. Fertil. Soils 23, 449-453.

- SCHMIDTKE, K., 2001: Umweltgerechter Anbau von Leguminosen – Entwicklung und Anwendung eines Verfahrens zur Quantifizierung der N-Flächenbilanz (Az. 07312). Abschlussbericht des Forschungsvorhabens, gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, Osnabrück (Dezember 2001), 1-234.
- SCHMIDTKE, K., NEUMANN, A., HOF, C., RAUBER, R., 2004: Soil and atmospheric nitrogen uptake by lentil (*Lens culinaris* Medik.) and barley (*Hordeum vulgare* ssp. *nudum* L.) as monocrops and intercrops. *Field Crops Research* 87, 245-256.
- SCHNUG, E. (Ed.), 1998: Sulphur in Agroecosystems. Kluwer Academic Publishers.
- SEEHUBER, C. 2014: Nährstoffversorgung zur Optimierung der N₂-Fixierung und Produktivität von Körnerleguminosen. Dissertationsschrift an der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, 1-227.
- SHOCK, C.C., 1984: Nitrogen fixation by subclover associations fertilized with sulfur. *Plant and Soil* 81, 323-332.
- STÜLPNAGEL, R. 1982: Schätzung der von Ackerbohnen symbiontisch fixierten Stickstoffmenge im Feldversuch mit der erweiterten Differenzmethode. *Z. Acker- u. Pflanzenbau* 151, 446-458.
- UBA 2011: Daten zur Umwelt: Berechnete Gesamtdeposition an oxidiertem Schwefel. <http://www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de/umweltdaten/public/theme.do;jsessionid=4B46E6F57186C66F07EC009F0AB7AF98?nodeIdent=3586> (eingesehen am 18.09.2011).
- WEN, G., SCHOENAU, J.J., MOOLEKI, S.P., INANAGA, S., YAMAMOTO, T., HAMAMURA, K., INOUE, M., AN, P., 2003: Effectiveness of an elemental sulfur fertilizer in an oilseed-cereal-legume rotation on the Canadian prairies. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 166, 54-60.
- WILBOIS, K.-P., SPIEGEL, A.-K., ASAM, L., BALKO, C., BECKER, H., BERSSET, E., BUTZ, A., HAASE, T., HABEKUß, A., HAHN, V., HEß, J., HORNEBURG, B., HÜSING, B., KOHLBRECHER, M., LITTMANN, C., MESSMER, M., MIERSCH, M., MINDERMAN, A., NUßBAUMER, H., ORDON, F., RECKNAGEL, J., SCHULZ, H., SPORY, K., TRAUTZ, D., UNSLEBER, J., VERGARA, M., VOGEL, R., VOGT-KAUTE, W., WEDEMEIER-KREMER, B., ZIMMER, S., ZURHEIDE, T. 2014: Ausweitung des Sojaanbaus in Deutschland durch züchterische Anpassung sowie pflanzenbauliche und verarbeitungstechnische Optimierung. www.orgprints.org/28484.

9 Übersicht über realisierte Veröffentlichungen und Vorträge zum Projekt

05.02.2013

Vortrag beim Naturland-Ackerbauseminar

Veranstalter: Naturland

Ort: Hildesheim/Algermissen

Thema: Schwefeldüngung im Ökolandbau und Kurzvorstellung des BÖLN-Schwefeldüngungsprojektes

Referentin: Dr. Kirsten Seidel, Fachbereich Ökolandbau der LWK Niedersachsen

03.07.2014

Feldtag im Rahmen des Demonstrationsnetzwerkes Sojabohnenanbau in Belm

Veranstalter: Landwirtschaftskammer Niedersachsen

Ort: Osnabrück/Belm

Thema: Besichtigung der BÖLN-Schwefeldüngungsversuche zu Körnerleguminosen am Standort Belm und Besichtigung der Sojaanbauversuche im Rahmen des Demonstrationsnetzwerkes Sojabohnenanbau

Referent: Armin Meyercordt, Fachbereich Ökolandbau der LWK Niedersachsen

04.07.2013

Feldtag der Erzeugergemeinschaft Ökobauernhöfe Sachsen (ÖBS) sowie der Gäa

Veranstalter: ÖBS und Gäa

Ort: Luppau und Taucha (Sachsen)

Thema: Wirkung verschiedener Verfahren der Schwefeldüngung auf Ertragsleistung und Vorfruchtwert von Körnerleguminosen im ökologischen Landbau

Vorstellung der ersten Ergebnisse des BÖLN-Schwefeldüngungsprojektes sowie Besichtigung der Feldversuche am Standort Taucha

Referent: Knut Schmidtke, HTW Dresden, Fachgebiet Ökologischer Landbau

10.07.2014

Öko-Eiweißpflanzenfeldtag

Ort: Wiebrechtshausen

Veranstalter: KWS Saat AG und Landwirtschaftskammer Niedersachsen

Thema: Schwefeldüngungsversuche zu Leguminosen - Stand der Forschung und Ergebnisse und Kurzvorstellung des BÖLN-Schwefeldüngungsprojektes

Referentin: Dr. Kirsten Seidel, Fachbereich Ökolandbau der LWK Niedersachsen

19.02.2015

3. Ackerbautag Ökologischer Landbau

Veranstalter: Biopark und Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Sachsen-Anhalt

Ort: Bernburg-Strenzfeld

Thema: Nährstoffversorgung von Leguminosen im ökologischen Landbau

Vorstellung der Ergebnisse des BÖLN-Schwefeldüngungsprojektes

Referent: Knut Schmidtke, HTW Dresden, Fachgebiet Ökologischer Landbau

10.06.2015

Feldtag im Rahmen des Demonstrationsnetzwerkes Lupinen- und Sojabohnenanbau auf dem Bauckhof in Klein Süstedt

Ort: Klein Süstedt

Veranstalter: Demonstrationsnetzwerke Lupinen- und Sojabohnenanbau und Landwirtschaftskammer Niedersachsen

Thema: Kurzvorstellung des BÖLN-Schwefeldüngungsprojektes

Referent: Markus Mücke, Fachbereich Ökolandbau der LWK Niedersachsen

01.07.2015

Öko-Eiweißpflanzenfeldtag

Veranstalter: Kleinwanzlebener Saatzucht (KWS), Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Naturland

Ort: Wiebrechtshausen

Thema: Bechmark 40 plus – Neues aus der Forschung zum Öko-Erbсенbau

Vorstellung der Ergebnisse des BÖLN-Schwefeldüngungsprojektes
Referent: Knut Schmidtke, HTW Dresden, Fachgebiet Ökologischer Landbau

09.07.2015

Feldrundgang Niedersachsen-West

Veranstalter: Naturland

Ort: Dwergte

Thema: Kurzvorstellung des BÖLN-Schwefeldüngungsprojektes

Referent: Markus Mücke, Fachbereich Ökolandbau der LWK Niedersachsen

14.07.2015

Feldtag Körnerleguminosenanbau in Südniedersachsen

Veranstalter: Eiweißfutter aus Niedersachsen (EFN) und Landwirtschaftskammer
Niedersachsen

Ort: Einbeck

Thema: Kurzvorstellung des BÖLN-Schwefeldüngungsprojektes

Referent: Markus Mücke, Fachbereich Ökolandbau der LWK Niedersachsen

26.11.2015

Fachforum Öko-Landbau der Landwirtschaftskammer Niedersachsen

Ort: Hannover Thema: Brauchen Körnerleguminosen Schwefel? Kurzvortrag zu den
Ergebnissen aus dem BÖLN-Schwefeldüngungsprojekt

Referent: Markus Mücke, Fachbereich Ökolandbau der LWK Niedersachsen

Sitzungen der Projektbegleitenden Arbeitsgruppe (PAG)

24.04.2013 in der Landwirtschaftskammer Niedersachsen in Hannover

07.03.2014 in Gießen anlässlich des Schwefelworkshops an der JLU Gießen

Vortrag: Schwefelversorgung und Düngung von Körnerleguminosen

Referent: Knut Schmidtke, HTW Dresden, Fachgebiet Ökologischer Landbau

Anhang

Tab. A 1: Signifikante Unterschiede nach ein- und zweifaktorieller Auswertung der Leguminosen im Jahr 2012

	Eschdorf				Taucha				Greifenhagen				Bissendorf				Puch				Auweiler			
	L	E-R	E-G	G-G	L	E-R	E-G	G-G	L	E-R	E-G	G-G	A	E-R	E-G	G-G	A	E-R	E-G	G-G	A	E-R	E-G	G-G
UK											x*				x*									x*
Stroh-TM			x*				x*				x,x*								x*					x*
Korn-TM		x	x*				x*				x,x*								x*					x*
Ges.-TM			x*				x*				x,x*								x*					x*
Harvest											x*													
TKM																								
N%Korn																								
N%Stroh							x*																	x*
S%Korn	x		x,x*		x												x		x					
S%Stroh		x	x		x				x	x	x	x	x				x	x	x,x*					
N%Blatt1																								
N%Blatt2							x*																	x*
S%Blatt1																								
S%Blatt2			x															x			x			
N-E-Korn		x	x,x*								x,x*													x*
N-E-Stroh			x*								x*													x*
S-E-Korn			x,x*								x*													x*
S-E-Stroh	x		x								x,x*						x		x					
N-E-Ges	x	x	x								x*													x*
S-E-Ges	x		x,x*								x*													x,x*
N/S-Korn			x,x*							x	x	x	x				x	x	x,x*		x			
N/S-Stroh		x	x,x*							x							x	x	x		x			
N-Harvest																								x*

* Unterschiede zwischen Reinsaat und Gemenge, nicht zwischen den Varianten bei zweifaktorieller Verrechnung !

Tab. A 2: Signifikante Unterschiede nach ein- und zweifaktorieller Auswertung des Winterweizens im Jahr 2013

	Eschdorf				Taucha				Greifenhagen				Bissendorf				Puch				Auweiler				
Vorfrucht →	L	E- R	E- G	G- G	L	E- R	E- G	G- G	L	E- R	E- G	G- G	A	E- R	E- G	G- G	A	E- R	E- G	G- G	A	E- R	E- G	G- G	
UK																									
Stroh-TM													x												
Korn-TM					x							x													
Ges.-TM																									
Harvest																									
TKM	x																								
N% Korn																									
N% Stroh	x																								
S% Korn																									
S% Stroh	x							x	x	x							x				x				
N-E-Korn																									
N-E-Stroh													x												
S-E-Korn																									
S-E-Stroh													(x)												
N-E-Ges																									
S-E-Ges													x												
Halme/m ²																									
	(x) = nur ohne K-Proben signifikant																								
N/S Korn						x																			
N/S Stroh									x	x	x						x	x							

Tab. A 3: Signifikante Unterschiede nach ein- und zweifaktorieller Auswertung der Leguminosen im Jahr 2013

	Dürrröhrsdorf				Taucha				Greifenhagen				Drensteinfurt				Puch			
	L	E-R	E-G	G-G	L	E-R	E-G	G-G	L	E-R	E-G	G-G	A				A	E-R	E-G	G-G
UK			x*																x*	
Stroh-TM			x*				x*				x*								x*	
Korn-TM		x	x*				x*				x*								x*	
Ges.-TM			x*				x*				x*								x*	
Harvest	x		x*								x*								x*	
TKM			x*								x,x*									
N% Korn			x*				x*				x								x*	
N% Stroh			x*																x*	
S% Korn				x			x				x							x	x	
S% Stroh	x	x	x	x	x		x	x	x				x				x	x	x,x*	x
N%Blatt1																				
N%Blatt2			x,x*				x*													
S%Blatt1	x				x				x											
S%Blatt2			x,x*				x*	x			x,x*									
N-E-Korn			x*				x*				x*								x*	
N-E-Stroh							x*				x*								x*	
S-E-Korn			x*				x*				x*								x,x*	
S-E-Stroh			x*				x,x*						x						x	
N-E-Ges			x*				x*				x*								x*	
S-E-Ges			x*			x	x,x*											x	x,x*	
N/S-Korn		x	x*		x		x,x*				x		x					x	x,x*	
N/S-Stroh	x		x*	x	x	x	x,x*		x		x		x						x*	
N-Harvest			x*																x*	

* Unterschiede zwischen Reinsaat und Gemenge, nicht zwischen den Varianten bei zweifaktorieller Verrechnung !

Tab. A 4: Signifikante Unterschiede nach ein- und zweifaktorieller Auswertung des Winterweizens im Jahr 2014

	Dürrröhrsdorf				Taucha				Puch			
	L	E-R	G		L	E-R	G		A	E-R	G	
Vorfrucht →												
UK												
Stroh-TM												
Korn-TM												
Ges.-TM												
TKM												
N% Korn												
N% Stroh												
S% Korn							x				x	
S% Stroh	x									x		
N%Blatt1												
N%Blatt2												
S%Blatt1												
S%Blatt2												
N-E-Korn												
N-E-Stroh												
S-E-Korn	x											
S-E-Stroh												
N-E-Ges							x					
S-E-Ges	x						x				x	
N/S Korn												
N/S Stroh						x				x		

Tab. A 5: Signifikante Unterschiede nach ein- und zweifaktorieller Auswertung der Leguminosen im Jahr 2014

	Großzöbern				Ogrofen				Linz				Ochsenhausen				Belm				Bollheim			
	L	E-R	E-G	G-G		E-R	E-G	G-G		E-R	E-G	G-G	A	E-R	E-G	G-G	A	E-R	E-G	G-G	A	E-R	E-G	G-G
UK			x*				x*				x*				x*				x*				x*	
Stroh-TM			x*				x*								x*				x*				x*	
Korn-TM			x*				x*								x*				x*				x*	
Ges.-TM			x*				x*								x*				x*				x*	
Harvest	x						x*																	
TKM	x		x*												x*				x*			x		x*
N% Korn							x,x*								x									x*
N% Stroh			x*																					x*
S% Korn			x				x,x*				x,x*		x		x*									
S% Stroh	x						x				x		x		x,x*		x		x*					x*
N%Blatt1																								
N%Blatt2																								
S%Blatt1	x														x									
S%Blatt2			x				x,x*				x				x*									
N-E-Korn			x*				x*								x*				x*					
N-E-Stroh			x*				x*								x*				x*		x			x*
S-E-Korn			x*				x,x*				x*				x,x*				x*					
S-E-Stroh			x,x*				x,x*								x,x*				x*					x*
N-E-Ges			x*				x*								x*				x*					
S-E-Ges			x,x*				x,x*								x,x*				x*					
N/S-Korn							x,x*				x,x*		x		x,x*		x		x,x*		x			
N/S-Stroh	x						x,x*				x				x,x*		x		x,x*					
N-Harvest																								x

* Unterschiede zwischen Reinsaat und Gemenge, nicht zwischen den Varianten bei zweifaktorieller Verrechnung !

Tab. A 6: Signifikante Unterschiede nach ein- und zweifaktorieller Auswertung der Leguminosen im Jahr 2014

	Görlitz				Puch		
	A				E- R	E- G	G- G
UK						x*	
Stroh-TM						x*	
Korn-TM						x*	
Ges.-TM						x*	
Harvest						x*	
TKM						x*	
N%Korn							
N%Stroh						x*	
S%Korn	x					x,x*	
S%Stroh	x					x,x*	
N%Blatt1							
N%Blatt2							
S%Blatt1							
S%Blatt2						x	
N-E-Korn						x*	
N-E-Stroh						x*	
S-E-Korn						x,x*	
S-E-Stroh	x					x,x*	
N-E-Ges						x*	
S-E-Ges						x,x*	
N/S-Korn	x					x,x*	
N/S-Stroh	x					x,x*	
N-Harvest						x*	

Unterschiede zwischen Reinsaat und Gemenge, nicht zwischen den Varianten bei zweifaktorieller Verrechnung !

Tab. A 7: Ergebnisse der statistischen Auswertung der Anzahl Hülsen je m² und der Tausendkornmasse (TKM) der geprüften Leguminosen in Abhängigkeit von der Düngung im Jahr 2012 am Standort Eschdorf

Standort	Fruchtart	Prüfglied	Anzahl Hülsen je m ²	Tukey-Test $\alpha < 0,05$	TKM [g]	Tukey-Test $\alpha < 0,05$
Eschdorf	Lupine	O	561	A	174	a
		B	445	A	164	a
		K	574	A	163	a
		G	492	A	168	a
		E	506	A	159	a
	Erbse Reinsaat	O	324	A	204	a
		B	301	A	215	a
		K	290	A	199	a
		G	322	A	205	a
		E	312	A	205	a
		Z	292	A	214	a
	Erbse Gemenge	O	165	A	203	a
		B	168	A	206	a
		K	175	A	202	a
		G	158	A	203	a
E		139	A	209	a	

Tab. A 8: Ergebnisse der statistischen Auswertung der Anzahl Hülsen je m² und der Tausendkornmasse (TKM) der geprüften Leguminosen in Abhängigkeit von der Düngung im Jahr 2012 am Standort Taucha

Standort	Fruchtart	Prüfglied	Anzahl Hülsen je m ²	Tukey-Test $\alpha < 0,05$	TKM [g]	Tukey-Test $\alpha < 0,05$
Taucha	Lupine	O	532	A	182	a
		B	439	A	194	a
		K	460	A	193	a
		G	486	A	197	a
		E	473	A	194	a
	Erbse Reinsaat	O	138	A	193	a
		B	159	A	195	a
		K	155	A	194	a
		G	128	A	195	a
		E	158	A	196	a
		Z	140	A	199	a
	Erbse Gemenge	O	120	A	197	a
		B	94	A	203	a
		K	78	A	201	a
		G	93	A	194	a
E		101	A	191	a	

Tab. A 9: Ergebnisse der statistischen Auswertung der Anzahl Hülsen je m² und der Tausendkornmasse (TKM) der geprüften Leguminosen in Abhängigkeit von der Düngung im Jahr 2012 am Standort Greifenhagen

Standort	Fruchtart	Prüfglied	Anzahl Hülsen je m ²	Tukey-Test $\alpha < 0,05$	TKM [g]	Tukey-Test $\alpha < 0,05$
Greifenhagen	Lupine	O	417	A	209	a
		B	417	A	207	a
		K	431	A	209	a
		G	372	A	216	a
		E	412	A	207	a
	Erbse Reinsaat	O	394	A	225	a
		B	399	A	214	a
		K	369	A	212	a
		G	370	A	213	a
		E	386	A	211	a
		Z	375	A	214	a
	Erbse Gemenge	O	303	A	216	a
		B	267	A	216	a
		K	270	A	214	a
		G	303	A	219	a
E		301	A	216	a	

Tab. A 10: Ergebnisse der statistischen Auswertung der Anzahl Hülsen je m² und der Tausendkornmasse (TKM) der geprüften Leguminosen in Abhängigkeit von der Düngung im Jahr 2012 am Standort Bissendorf

Standort	Fruchtart	Prüfglied	Anzahl Hülsen je m ²	Tukey-Test $\alpha < 0,05$	TKM [g]	Tukey-Test $\alpha < 0,05$
Bissendorf	Ackerbohne	O	242	A	409	a
		B	277	A	409	a
		K	286	A	404	a
		G	274	A	369	a
		E	282	A	398	a
	Erbse Reinsaat	O	188	A	225	a
		B	270	A	225	a
		K	262	A	221	a
		G	234	A	222	a
		E	314	A	212	a
		Z	366	A	217	a
	Erbse Gemenge	O	285	A	222	a
		B	171	A	209	a
		K	274	A	217	a
		G	230	A	218	a
E		274	A	226	a	

Tab. A 11: Ergebnisse der statistischen Auswertung der Anzahl Hülsen je m² und der Tausendkornmasse (TKM) der geprüften Leguminosen in Abhängigkeit von der Düngung im Jahr 2012 am Standort Puch

Standort	Fruchtart	Prüfglied	Anzahl Hülsen je m ²	Tukey-Test $\alpha < 0,05$	TKM [g]	Tukey-Test $\alpha < 0,05$
Puch	Ackerbohne	O	131	A	429	a
		B	126	A	423	a
		K	128	A	371	a
		G	160	A	423	a
		E	121	A	415	a
	Erbse Reinsaat	O	124	A	212	a
		B	123	A	209	a
		K	135	A	212	a
		G	118	A	214	a
		E	129	A	211	a
		Z	92	A	211	a
	Erbse Gemenge	O	68	A	219	a
		B	80	A	213	a
		K	76	A	212	a
		G	85	A	212	a
		E	60	A	207	a

Tab. A 12: Ergebnisse der statistischen Auswertung der Anzahl Hülsen je m² und der Tausendkornmasse (TKM) der geprüften Leguminosen in Abhängigkeit der Düngung im Jahr 2012 am Standort Auweiler

Standort	Fruchtart	Prüfglied	Anzahl Hülsen je m ²	Tukey-Test $\alpha < 0,05$	TKM [g]	Tukey-Test $\alpha < 0,05$
Auweiler	Ackerbohne	O	456	A	508	a
		B	436	A	543	a
		K	454	A	405	a
		G	393	A	458	a
		E	449	A	454	a
	Erbse Reinsaat	O	576	A	223	a
		B	595	A	238	a
		K	496	A	232	a
		G	542	A	229	a
		E	494	A	232	a
		Z	441	A	225	a
	Erbse Gemenge	O	145	A	224	a
		B	165	A	229	a
		K	229	A	270	a
		G	164	A	217	a
		E	169	A	230	a

Tab. A 13: Ergebnisse der statistischen Auswertung der Anzahl Hülsen je m² und der Tausendkornmasse (TKM) der geprüften Leguminosen in Abhängigkeit von der Düngung im Jahr 2013 am Standort Dürrröhrsdorf

Standort	Fruchtart	Prüfglied	Anzahl Hülsen je m ²	Tukey-Test $\alpha < 0,05$	TKM [g]	Tukey-Test $\alpha < 0,05$
Dürrröhrsdorf	Lupine	O	462	AB	144	a
		B	561	A	142	a
		K	441	AB	135	a
		G	383	B	140	a
		E	555	A	138	a
	Erbse Reinsaat	O	396	A	239	a
		B	389	A	235	a
		K	358	AB	241	a
		G	372	AB	229	a
		E	317	AB	228	a
		Z	284	B	202	a
	Erbse Gemenge	O	172	A	247	a
		B	178	A	250	a
		K	160	A	254	a
		G	180	A	249	a
E		165	A	262	a	

Tab. A 14: Ergebnisse der statistischen Auswertung der Anzahl Hülsen je m² und der Tausendkornmasse (TKM) der geprüften Leguminosen in Abhängigkeit von der Düngung im Jahr 2013 am Standort Taucha

Standort	Fruchtart	Prüfglied	Anzahl Hülsen je m ²	Tukey-Test $\alpha < 0,05$	TKM [g]	Tukey-Test $\alpha < 0,05$
Taucha	Lupine	O	521	A	178	a
		B	493	A	164	a
		K	535	A	169	a
		G	495	A	174	a
		E	429	A	170	a
	Erbse Reinsaat	O	334	A	231	a
		B	363	A	241	a
		K	377	A	241	a
		G	302	A	236	a
		E	335	A	236	a
		Z	358	A	247	a
	Erbse Gemenge	O	206	A	243	a
		B	196	A	237	a
		K	208	A	244	a
		G	184	A	230	a
E		241	A	232	a	

Tab. A 15: Ergebnisse der statistischen Auswertung der Anzahl Hülsen je m² und der Tausendkornmasse (TKM) der geprüften Leguminosen in Abhängigkeit von der Düngung im Jahr 2013 am Standort Greifenhagen

Standort	Fruchtart	Prüfglied	Anzahl Hülsen je m ²	Tukey-Test $\alpha < 0,05$	TKM [g]	Tukey-Test $\alpha < 0,05$
Greifenhagen	Lupine	O	314	A	171	a
		B	314	A	166	a
		K	285	A	164	a
		G	319	A	168	a
		E	383	A	162	a
	Erbse Reinsaat	O	232	A	228	a
		B	204	A	222	ab
		K	206	A	226	a
		G	253	A	208	b
		E	176	A	220	ab
		Z	205	A	222	ab
	Erbse Gemenge	O	153	A	229	a
		B	153	A	225	a
		K	183	A	228	a
		G	174	A	227	a
		E	154	A	234	a

Tab. A 16: Ergebnisse der statistischen Auswertung der Anzahl Hülsen je m² und der Tausendkornmasse (TKM) der geprüften Leguminosen in Abhängigkeit von der Düngung im Jahr 2013 am Standort Drensteinfurt

Standort	Fruchtart	Prüfglied	Anzahl Hülsen je m ²	Tukey-Test $\alpha < 0,05$	TKM [g]	Tukey-Test $\alpha < 0,05$
Drensteinfurt	Ackerbohne	O	344	A	453	a
		B	276	A	441	a
		K	323	A	450	a
		G	323	A	426	a
		E	335	A	459	a

Tab. A 17: Ergebnisse der statistischen Auswertung der Anzahl Hülsen je m² und der Tausendkornmasse (TKM) der geprüften Leguminosen in Abhängigkeit von der Düngung im Jahr 2013 am Standort Puch

Standort	Fruchtart	Prüfglied	Anzahl Hülsen je m ²	Tukey-Test $\alpha < 0,05$	TKM [g]	Tukey-Test $\alpha < 0,05$
Puch	Ackerbohne	O	340	A	348	a
		B	348	A	351	a
		K	326	A	320	a
		G	297	A	338	a
		E	265	A	304	a
	Erbse Reinsaat	O	234	A	242	a
		B	291	A	232	a
		K	252	A	233	a
		G	247	A	231	a
		E	252	A	262	a
		Z	270	A	245	a
	Erbse Gemenge	O	110	A	233	a
		B	120	A	237	a
		K	104	A	231	a
		G	133	A	241	a
E		97	A	234	a	

Tab. A 18: Ergebnisse der statistischen Auswertung der Anzahl Hülsen je m² und der Tausendkornmasse (TKM) der geprüften Leguminosen in Abhängigkeit von der Düngung im Jahr 2014 am Standort Großzöbern

Standort	Fruchtart	Prüfglied	Anzahl Hülsen je m ²	Tukey-Test $\alpha < 0,05$	TKM [g]	Tukey-Test $\alpha < 0,05$
Großzöbern	Lupine	O	487	A	190	ab
		B	447	AB	180	b
		K	461	AB	194	ab
		G	311	B	203	a
		E	469	A	189	ab
	Erbse Reinsaat	O	168	A	197	a
		B	200	A	196	a
		K	192	A	193	a
		G	170	A	201	a
		E	180	A	200	a
		Z	188	A	202	a
	Erbse Gemenge	O	127	A	205	a
		B	125	A	206	a
		K	114	A	204	a
		G	129	A	204	a
		E	103	A	208	a

Tab. A 19: Ergebnisse der statistischen Auswertung der Anzahl Hülsen je m² und der Tausendkornmasse (TKM) der geprüften Leguminosen in Abhängigkeit von der Düngung im Jahr 2014 am Standort Ogrosen

Standort	Fruchtart	Prüfglied	Anzahl Hülsen je m ²	Tukey-Test $\alpha < 0,05$	TKM [g]	Tukey-Test $\alpha < 0,05$
Ogrosen	Erbse Reinsaat	O	405	A	251	a
		B	482	A	251	a
		K	493	A	257	a
		G	461	A	259	a
		E	445	A	248	a
		Z	474	A	252	a
	Erbse Gemenge	O	336	A	256	a
		B	316	A	254	a
		K	331	A	249	a
		G	315	A	244	a
		E	319	A	252	a

Tab. A 20: Ergebnisse der statistischen Auswertung der Anzahl Hülsen je m² und der Tausendkornmasse (TKM) der geprüften Leguminosen in Abhängigkeit von der Düngung im Jahr 2014 am Standort Linz

Standort	Fruchtart	Prüfglied	Anzahl Hülsen je m ²	Tukey-Test $\alpha < 0,05$	TKM [g]	Tukey-Test $\alpha < 0,05$
Linz	Erbse Reinsaat	O	112	A	173	a
		B	109	A	181	a
		K	120	A	184	a
		G	99	A	181	a
		E	103	A	193	a
		Z	108	A	181	a
	Erbse Gemenge	O	78	A	178	a
		B	72	A	163	a
		K	88	A	175	a
		G	83	A	168	a
		E	79	A	177	a

Tab. A 21: Ergebnisse der statistischen Auswertung der Anzahl Hülsen je m² und der Tausendkornmasse (TKM) der geprüften Leguminosen in Abhängigkeit von der Düngung im Jahr 2014 am Standort Ochsenhausen

Standort	Fruchtart	Prüfglied	Anzahl Hülsen je m ²	Tukey-Test $\alpha < 0,05$	TKM [g]	Tukey-Test $\alpha < 0,05$
Ochsenhausen	Ackerbohne	O	273	A	509	a
		B	238	AB	520	a
		K	247	AB	510	a
		G	225	B	501	a
		E	255	A	523	a
	Erbse Reinsaat	O	113	A	226	a
		B	138	A	219	a
		K	114	A	218	a
		G	115	A	219	a
		E	116	A	231	a
		Z	113	A	179	a
	Erbse Gemenge	O	62	B	234	a
		B	82	AB	238	a
		K	102	A	228	a
		G	87	AB	225	a
E		93	AB	232	a	

Tab. A 22: Ergebnisse der statistischen Auswertung der Anzahl Hülsen je m² und der Tausendkornmasse (TKM) der geprüften Leguminosen in Abhängigkeit von der Düngung im Jahr 2014 am Standort Görlitz

Standort	Fruchtart	Prüfglied	Anzahl Hülsen je m ²	Tukey-Test $\alpha < 0,05$	TKM [g]	Tukey-Test $\alpha < 0,05$
Görlitz	Ackerbohne	O	354	A	460	a
		B	361	A	471	a
		K	314	A	481	a
		G	339	A	484	a
		E	340	A	462	a

Tab. A 23: Ergebnisse der statistischen Auswertung der Anzahl Hülsen je m² und der Tausendkornmasse (TKM) der geprüften Leguminosen in Abhängigkeit von der Düngung im Jahr 2014 am Standort Belm

Standort	Fruchtart	Prüfglied	Anzahl Hülsen je m ²	Tukey-Test $\alpha < 0,05$	TKM [g]	Tukey-Test $\alpha < 0,05$
Belm	Ackerbohne	O	360	A	388	a
		B	321	A	386	a
		K	333	A	386	a
		G	309	A	401	a
		E	319	A	389	a
	Erbse Reinsaat	O	415	A	233	a
		B	422	A	228	a
		K	440	A	225	a
		G	459	A	233	a
		E	398	A	226	a
		Z	538	A	233	a
	Erbse Gemenge	O	289	A	276	a
		B	299	A	241	a
		K	255	A	242	a
		G	275	A	237	a

		E	312	A	243	a
--	--	---	-----	---	-----	---

Tab. A 24: Ergebnisse der statistischen Auswertung der Anzahl Hülsen je m² und der Tausendkornmasse (TKM) der geprüften Leguminosen in Abhängigkeit von der Düngung im Jahr 2014 am Standort Bollheim

Standort	Fruchtart	Prüfglied	Anzahl Hülsen je m ²	Tukey-Test $\alpha < 0,05$	TKM [g]	Tukey-Test $\alpha < 0,05$
Bollheim	Ackerbohne	O	236	A	384	ab
		B	228	A	389	ab
		K	208	A	418	a
		G	212	A	392	ab
		E	199	A	358	b
	Erbse Reinsaat	O	332	A	265	a
		B	334	A	256	a
		K	361	A	258	a
		G	340	A	243	a
		E	362	A	258	a
		Z	358	A	236	a
	Erbse Gemenge	O	82	A	237	a
		B	107	A	227	a
		K	93	A	237	a
		G	88	A	243	a
		E	93	A	242	a

Tab. A 25: Ergebnisse der statistischen Auswertung der Anzahl Hülsen je m² und der Tausendkornmasse (TKM) der geprüften Leguminosen in Abhängigkeit der Düngung im Jahr 2014 am Standort Puch

Standort	Fruchtart	Prüfglied	Anzahl Hülsen je m ²	Tukey-Test $\alpha < 0,05$	TKM [g]	Tukey-Test $\alpha < 0,05$
Puch	Erbse Reinsaat	O	506	A	242	a
		B	519	A	239	a
		K	543	A	243	a
		G	504	A	237	a
		E	522	A	243	a
		Z	551	A	239	a
	Erbse Gemenge	O	216	A	220	a
		B	241	A	226	a
		K	219	A	218	a
		G	271	A	225	a
		E	253	A	225	a

Tab. A 26: Anzahl Pflanzen je m² der Leguminosen im Jahr 2012 (Oststandorte)

Fruchtart	Prüf- glieder	Dürr- röhrsdor f	Tukey- Test $\alpha < 0,05$	Greifen- hagen	Tukey- Test $\alpha < 0,05$	Tau- cha	Tukey- Test $\alpha < 0,05$
Lupine	O	67	A	83	A	74	A
	B	70	A	81	A	74	A
	K	69	A	87	A	75	A
	G	76	A	75	A	76	A
	E	77	A	85	A	70	A
Erbse Reinsaat	O	88	A	67	A	88	A
	B	82	A	65	A	82	A
	K	81	A	64	A	86	A
	G	92	A	68	A	79	A
	E	92	A	68	A	94	A
	Z	86	A	66	A	86	A
Erbse Gemeng e	O	65	A	69	A	65	A
	B	56	A	60	A	64	A
	K	62	A	64	A	54	A
	G	60	A	69	A	57	A
	E	51	A	65	A	60	A

Tab. A 27: Anzahl Pflanzen je m² der Leguminosen im Jahr 2012 (Weststandorte)

Fruchtart	Prüf- glied	Puch	Tukey- Test $\alpha < 0,05$	Auweiler	Tukey- Test $\alpha < 0,05$	Bissen- dorf	Tukey- Test $\alpha < 0,05$
Acker- bohne	O	33	A	33	A	35	A
	B	30	A	37	A	36	A
	K	26	A	38	A	35	A
	G	34	A	33	A	37	A
	E	33	A	35	A	34	A
Erbse Reinsaat	O			70	A		
	B			72	A		
	K			74	A		
	G			81	A		
	E			76	A		
	Z			-	A		
Erbse Gemeng e	O			50	A		
	B			49	A		
	K			55	A		
	G			51	A		
	E			52	A		

Tab. A 28: Anzahl Pflanzen je m² der Leguminosen im Jahr 2013 (Oststandorte)

Fruchtart	Prüfglied	Dürröhrsdorf	Tukey-Test $\alpha < 0,05$	Greifenhagen	Tukey-Test $\alpha < 0,05$	Taucha	Tukey-Test $\alpha < 0,05$
Lupine	O	52	AB	58	A	76	A
	B	57	AB	66	A	77	A
	K	49	B	55	A	73	A
	G	63	A	68	A	81	A
	E	49	B	71	A	78	A
Erbse Reinsaat	O	71	AB	58	A	79	A
	B	76	AB	57	A	79	A
	K	76	AB	59	A	84	A
	G	85	A	63	A	80	A
	E	70	B	54	A	77	A
	Z	74	AB	62	A	85	A
Erbse Gemenge	O	54	A	40	A	54	A
	B	52	A	41	A	56	A
	K	48	A	42	A	49	A
	G	53	A	44	A	54	A
	E	54	A	41	A	56	A

Tab. A 29: Anzahl Pflanzen je m² des Winterweizens im Jahr 2013 (Oststandorte)

Fruchtart	Prüf- glied	Esch- dorf	Tukey- Test $\alpha < 0,05$	Greifen- hagen	Tukey- Test $\alpha < 0,05$	Tau- cha	Tukey- Test $\alpha < 0,05$
Lupine	O	203	A	147	A	187	A
	B	190	A	166	A	186	A
	K	184	A	160	A	192	A
	G	207	A	185	A	165	A
	E	193	A	191	A	199	A
Erbse Reinsaat	O	194	A	151	A	173	A
	B	190	A	163	A	191	A
	K	227	A	162	A	208	A
	G	219	A	155	A	202	A
	E	193	A	154	A	170	A
	Z	209	A	155	A	180	A
Erbse Gemen- ge	O	227	A	171	A	194	A
	B	202	A	176	A	181	A
	K	163	A	169	A	186	A
	G	201	A	148	A	176	A
	E	188	A	164	A	173	A

Tab. A 30: Anzahl Pflanzen je m² der Leguminosen im Jahr 2014 (Oststandorte)

Fruchtart	Prüfglied	Görlitz*	Tukey-Test $\alpha < 0,05$	Linz	Tukey-Test $\alpha < 0,05$	Ogrose n	Tukey-Test $\alpha < 0,05$
Lupine	O	43	AB	74	A	76	A
	B	47	A	81	A	76	A
	K	39	B	74	A	74	A
	G	44	AB	73	A	72	A
	E	44	AB	75	A	82	A
Erbse Reinsaat	O			86	A	94	A
	B			104	A	88	A
	K			93	A	92	A
	G			90	A	88	A
	E			90	A	89	A
	Z			91	A	92	A
Erbse Gemen- ge	O			61	A	67	A
	B			61	A	65	A
	K			60	A	66	A
	G			74	A	67	A
	E			60	A	60	A

* Görlitz = Ackerbohne

Tab. A 31: Anzahl Pflanzen je m² der Leguminosen im Jahr 2014

Fruchtart	Prüf- glied	Groß- zöbern	Tukey-Test $\alpha < 0,05$	Ochsenhausen*	Tukey-Test $\alpha < 0,05$
Lupine	O	75	A	41	A
	B	72	A	37	AB
	K	72	A	36	AB
	G	72	A	32	B
	E	67	A	38	A
Erbse Reinsaat	O	93	A	79	A
	B	92	A	79	A
	K	91	A	79	A
	G	84	A	73	A
	E	82	A	75	A
	Z	91	A	68	A
Erbse Gemeng e	O	62	A	51	A
	B	60	A	47	A
	K	62	A	55	A
	G	60	A	54	A
	E	56	A	55	A

* Ochsenhausen = Ackerbohne

Tab. A 32: Anzahl Pflanzen je m² des Winterweizens im Jahr 2014 (Oststandorte)

Fruchtart	Prüf- glied	Dürröhren- dorf	Tukey- Test $\alpha < 0,05$	Taucha	Tukey-Test $\alpha < 0,05$
Lupine	O	299	A	282	A
	B	304	A	269	A
	K	291	A	274	A
	G	313	A	295	A
	E	314	A	261	A
Erbse Reinsaat	O	295	A	246	A
	B	312	A	242	A
	K	297	A	277	A
	G	290	A	268	A
	E	286	A	267	A
	Z	326	A	279	A
Erbse Gemen- ge	O	278	A	221	A
	B	282	A	234	A
	K	282	A	214	A
	G	285	A	234	A
	E	294	A	238	A

Tab. A 33: Kosten der im Versuch geprüften Varianten der Schwefeldüngung (berechnet von Frau Dr. Kirsten Seidel, Landwirtschaftskammer Niedersachsen)

S-Dünger:	Einheit	Kieserit	Naturgips	Schwefel Schwefel-Lin- sen	Bittersalz	Cera Schwefel 600 flüssig
Hersteller		K+S	GFR	Intrachem	K+S	Intrachem
S-Gehalt	%	20	15	87	13	46,1
Düngemittelpreis (netto, ohne 19% USt.)	€/kg bzw. l	0,28	0,05	1,14	0,279	3,85
Nährstoffpreis (netto, ohne 19% USt.)	€/kg S	1,40	0,33	1,31	2,15	8,35
Aufwandmenge Dünger	kg bzw. l/ha	200	267	46	7,2	7,2
Nährstoff	kg S/ha	40	40	40	0,9	3,3
Gesamtkosten Dünger	€/ha	56,00	13,33	52,41	2,01	27,72
Ausbringung mit		Düngerstreuer			Feldspritze	
Ausbringungskosten	€/Arb.gang	4,31	4,31	4,31	7,81	7,81
Lohnkosten (18 €/Akh)	€/Arb.gang	1,98	1,98	1,98	2,52	2,52
	Zahl Arb.gänge	1	1	1	3	3
Gesamtkosten Arbeitserledigung	€/ha	6,29	6,29	6,29	30,99	30,99
Gesamtkosten		62,29	19,62	58,70	33,00	58,71
	Preise von:	Agravis, 15.12.2014	GFR 2014	Intrachem 2014	Agravis, 15.12.2014	Intrachem 2014